

NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET SATELITAL MEDIANTE LA PLATAFORMA STARLINK PARA LA EMPRESA PL**

AUTOR

**RONALD ARISTIDES CAMPANA SILVERIO,**

RECUENTO DE PALABRAS

**9619 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**52436 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**81 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**10.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 1, 2024 12:56 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 1, 2024 12:57 PM GMT-5**

### ● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: Campana Silverio, Ronald Aristides
D.N.I.: 71737068
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruana
Teléfono: 958225744
e-mail: ronaldcs1395@gmail.com

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: Facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico: Trabajo de Suficiencia Profesional
Título Profesional otorgado: Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: Implementación del servicio de Internet satelital mediante la plataforma Starlink para la empresa Pluspetrol,2023
Fecha de Sustentación: 16 de diciembre de 2023
Calificación: Aprobado por unanimidad
Año de Publicación: 2024

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  X  No autorizo  \_\_\_\_\_

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

Ronald Aristides Campana Silverio

---

APELLIDOS Y NOMBRES

71737068

---

DNI

---

Firma y huella:



Lima, 19 de setiembre del 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**“IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET SATELITAL  
MEDIANTE LA PLATAFORMA STARLINK PARA LA EMPRESA  
PLUSPETROL, 2023”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

CAMPANA SILVERIO, RONALD ARISTIDES

ORCID: 0009-0003-6816-2284

**ASESOR**

QUISPE AGUILAR, MAX FREDI

ORCID: 0000-0002-4199-0974

**Villa El Salvador**

**2023**



VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

En Villa El Salvador, siendo las 15:40 horas del día 16 de diciembre de 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. MARK DONNY CLEMENTE ARENAS	CIP N° 181400
Secretario	:	MG. LUDWIG PASCUAL LÓPEZ HUAMAN	CIP N° 310375
Vocal	:	MG. MARTHA ROXANA QUISPE AYALA	CIP N° 124612

Designados con Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 984-2023-UNTELS-R-D de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El Bachiller **RONALD ARISTIDES CAMPANA SILVERIO**


Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET SATELITAL MEDIANTE LA PLATAFORMA STARLINK PARA LA EMPRESA PLUSPETROL, 2023**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición APROBADO POR UNANIMIDAD Equivalencia BUENO de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 16:34 horas del día 16 de diciembre de 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

  
SECRETARIO  
MG. LUDWIG PASCUAL LÓPEZ HUAMAN  
CIP N° 310375

  
PRESIDENTE  
DR. MARK DONNY CLEMENTE ARENAS  
CIP N° 181400

  
VOCAL  
MG. MARTHA ROXANA QUISPE AYALA  
CIP N° 124612

Nota: Art. 14°. - La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por el sacrificio que realizaron para proporcionarme una formación académica, por su amor incondicional, por ser un modelo a imitar y por respaldarme de manera constante durante toda mi etapa universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme guiado y darme fortaleza para seguir adelante en cada momento de mi vida universitaria.

A mis profesores que en toda mi etapa académica me brindaron sus conocimientos y sus experiencias.

Agradezco al Ing. Max Quispe Aguilar por sus consejos y orientación para elaborar el presente trabajo.



## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>vii</b>
<b>CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>1</b>
1.1. Contexto .....	1
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	2
1.2.1. Espacial .....	2
1.2.2. Temporal.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivos General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Antecedentes: .....	4
2.1.1. Antecedentes Nacionales: .....	4
2.1.2. Antecedentes Internacionales:.....	5
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Satélite artificial:.....	7
2.2.2. Tipos de Satélites: .....	8
2.2.3. Satélites de Comunicaciones.....	11
2.2.4. Aplicaciones de los Satélites de Comunicaciones .....	12
2.2.5. Bandas de Operación .....	13
2.2.6. Constelación de Satélites .....	13
2.2.7. Cobertura de Satélites .....	14
2.2.8. Redes de satélites de datos.....	15

2.2.9.	Los elementos que conforman una red satelital de datos.....	15
2.2.10.	Topologías.....	18
2.2.11.	Azimut, Elevación y Polarización.....	20
2.2.12.	Atenuación y Disponibilidad .....	21
2.2.13.	Parámetros de Antenas.....	21
2.2.14.	Técnica de procesamiento .....	24
2.3.	Definición de términos básicos.....	25
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....</b>		<b>27</b>
3.1.	Determinación y análisis del problema .....	27
3.2.	Modelo de solución propuesto.....	28
3.3.	Resultados: .....	50
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>66</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia desarrollado consiste en implementar un servicio de internet satelital para mejorar la conexión de datos en el campamento minero de Pluspetrol, ubicado en el distrito de Trompeteros en el departamento de Loreto.

En relación a lo mencionado en el párrafo anterior, explicaré la problemática que atraviesa la empresa Pluspetrol. Actualmente, el cliente cuenta con más de 80 trabajadores en su campamento, los cuales requieren tener un servicio que les permita intercambiar información hacia su sede central. La problemática surge debido a que contaban con un servicio Vsat, que les proporciona un ancho de banda de 4Mbps, la latencia del servicio oscila entre los 600 y 800ms, lo que afecta a las VPN's y provoca desconexiones constantes.

Para dar solución a este problema, se implementó un servicio satelital LEO de la marca Starlink. Sus satélites cuentan con un sistema de antenas en conjunto, las cuales se alimentan con la misma amplitud, pero con distintas fases. Esto permite que su cobertura abarque toda el área geográfica. Este trabajo permitirá que el cliente reciba un servicio con mejores prestaciones e incremente sustancialmente su velocidad de navegación.

La implementación se realizó con todos los requerimientos y protocolos establecidos por la empresa Pluspetrol. Una vez concluida la instalación del servicio satelital, se procedió a realizar las pruebas de medición de velocidad y la verificación de la obstrucción del terminal remoto para asegurar el cumplimiento de lo solicitado por el cliente.

Es necesario mencionar que nuestra participación fue activa en el diseño, implementación y supervisión de los equipos de red instalados en el cliente Pluspetrol. En este proceso, pudimos aplicar todos los conocimientos adquiridos durante nuestra formación universitaria y la experiencia profesional obtenida. Gracias a ello, logramos completar y levantar el acta de inicio al cliente en el plazo acordado.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las telecomunicaciones vienen presentando un crecimiento significativo en su desarrollo y alcance a nivel global. Esto se debe a la creciente necesidad tanto de los individuos como de las empresas de mejorar la comunicación entre sus sedes, aumentar su productividad y fomentar su crecimiento económico.

Las empresas demandan cada vez más un servicio que sea altamente confiable, con un mayor ancho de banda y menor latencia. A lo largo de los años, los proveedores de internet han logrado mejorar estos aspectos mediante el despliegue de la fibra óptica. sin embargo, en el Perú aún existen zonas que carecen de acceso a las telecomunicaciones.

El desarrollo satelital ha permitido acortar la brecha de comunicación mediante una infraestructura tecnológica que facilita la transmisión de datos, voz y videos. Los satélites en órbita baja (LEO) han emergido como una tecnología crucial. Debido a que estos satélites se encuentran orbitando en altitudes relativamente bajas en comparación a otras órbitas, ofrecen ventajas significativas como latencias bajas y mayor ancho de banda. Esto hace que, en la actualidad, un servicio de tecnología satelital de órbita baja sea una opción eficiente para una variedad de aplicaciones.

La empresa MMX INFRA SAC, ha llevado a cabo el despliegue e instalación de los sites satelitales de Starlink en el Perú, lo que ha permitido que el servicio satelital de orbita baja sea una realidad desde el 2023. Por lo tanto, el propósito de este trabajo de suficiencia se basa en realizar un cambio a la tecnología actual que utiliza el cliente Pluspetrol. El cliente cuenta con un servicio satelital Geoestacionario y debido a sus necesidades ha decidido realizar un cambio tecnología.

## **CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Contexto**

Actualmente, en nuestro país, los operadores de servicios de conectividad e internet han aumentado el despliegue de fibra óptica en el territorio nacional. Sin embargo, todavía existen zonas que no tienen acceso al servicio de internet. Uno de los principales factores que contribuyen a esta situación es nuestro accidentado relieve, el cual encarece los proyectos de tendido de fibra óptica. Para estos casos, se recurren a soluciones satelitales. El campamento de la empresa Pluspetrol está ubicado en el distrito de Trompeteros, en el departamento de Loreto. Inicialmente este campamento contaba con una solución satelital Vsat que no cubría sus necesidades de conectividad. Por esta razón, la empresa ha solicitado los servicios de un proveedor de Internet para obtener otra solución que permita gestionar sus recursos lógicos e interconectar sus otras sedes a nivel nacional.

Se implementó un servicio satelital en órbita baja utilizando la plataforma Starlink. La empresa Movilmax ha llevado a cabo los trabajos de instalación y configuración del equipo satelital, así como la configuración del equipo firewall, que funcionará como router y estará conectado al switch. Esto permitirá que la estación del cliente pueda conectarse a su red interna y poder tener entrada y salida de información.

MMX INFRA S.A.C (MOVILMAX) es un proveedor de servicios de telecomunicaciones de banda ancha fija sobre plataforma IP. Además, ofrece un portafolio de soluciones y servicios de tecnologías de información y comunicaciones tanto para clientes corporativos y residenciales. Se encuentra ubicado en el distrito de Magdalena del Mar, Lima, habiendo iniciado actividades en el 2015.

Misión: La misión de la empresa es ser confiables, tecnológicos e innovadores, a la vez estar comprometidos con la calidad y necesidad de cada uno de los proyectos de nuestros clientes.

Visión: Ser referentes, eficientes y rentables en el mercado peruano, seguir siendo diferentes a nuestros competidores por nuestro alto estándar profesional y sólidos conocimientos técnicos.

## 1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

### 1.2.1. Espacial

El proyecto está dirigido a mejorar el servicio de internet satelital actual que tiene el cliente Pluspetrol en su sede de Trompeteros a través del servicio satelital de Starlink.

### 1.2.2. Temporal

El proyecto tuvo una duración de 3 semanas, comprendidas entre julio y agosto del 2023. Asimismo, el proyecto se desglosa en cuatro etapas: levantamiento de información, diseño, implementación y validación de la red.

**Tabla 1**  
Cronograma de proyecto Satelital – Pluspetrol.

Proyecto de Implementación Satelital – Cliente Pluspetrol																			
	Recepción del Proyecto	Días de actividades	Días totales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>Etapas</b>	<b>0</b>		<b>12</b>																
<b>Levantamiento de información</b>		5																	
Visita al cliente		3																	
Entrega de TSS		2																	
<b>Diseño</b>		5																	
Elaboración de topología		2																	
Compra de equipamiento		3																	
<b>Implementación</b>		5																	
Envío de equipamiento		2																	
Instalación y configuración		3																	
<b>Validación del servicio</b>		1																	

Fuente: Elaboración propia.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivos General**

- Implementar el servicio de internet satelital mediante la plataforma Starlink y el firewall Hillstone para la empresa Pluspetrol.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar una solución de servicio de internet satelital utilizando el equipamiento Starlink en la sede de Trompeteros de la empresa Pluspetrol.
- Implementar el servicio de internet satelital en la sede de Trompeteros de la empresa Pluspetrol.
- Validar el funcionamiento del servicio de internet satelital mediante la plataforma Starlink en la sede de Trompeteros de la empresa Pluspetrol.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes:**

#### **2.1.1. Antecedentes Nacionales:**

**(Melendez Gerson,2021) En su tesis: Optimización de redes satelitales de datos mediante el uso de satélites de órbita baja.**

El propósito de esta tesis es impulsar el desarrollo de una red de comunicaciones satelital con el fin de reducir los costos generados a las empresas que actualmente cuentan con una tecnología satelital geostacionaria la cual puede ser poco rentable y eficaz. El desarrollo de esta red satelital debe traer consigo una mejora en el rendimiento del servicio y aumentar la eficiencia del uso del espectro. Además, busca que el cambio de tecnología que tienen que realizar las empresas pueda ser factible en el aspecto técnico y en lo económico. La conclusión del autor es que el desarrollo de una solución satelital de orbita baja puede lograr reducir la falta de acceso a la comunicación en ciertas zonas del planeta. Mediante cálculos, el autor demuestra que la tasa de bits por segundo por Hertz es superior en los satélites Vsat. De esta manera, la propuesta del autor no solo reduce el gasto económico de contratar este tipo de servicios al usuario final, sino que también resulta más rentable para el proveedor de servicios

**(Cisneros Diego,2013) En su tesis: Diseño de una solución de comunicaciones para la localidad de Nuevo Loreto usando arquitectura punto-multipunto mediante transporte satelital y acceso inalámbrico.**

En su tesis, Cisneros se propone evaluar la opción de comunicaciones más sólida para la localidad de Nuevo Loreto. En este contexto, plantea una solución que utiliza una tecnología satelital geostacionaria y conexiones inalámbricas con una estructura punto a multi-punto. Inicialmente, se lleva a cabo una valoración de la situación actual de la localidad, implicando aspectos relacionados con la población, económicos y geográficos. Este análisis tiene como objetivo determinar la demanda de servicios y respaldar la elección de las tecnologías. A continuación, el autor lleva a cabo un análisis teórico de las tecnologías para desarrollar la estructura de la



propuesta de solución, acompañado de una revisión económica de los costos asociados a la implementación. El autor concluye con la comprobación de la factibilidad del diseño propuesto y demuestra que la tecnología satelital es adecuada para la red tipo punto a multipunto elegida.

**(Solano Gustavo,2020) En su tesis: Implementación e instalación de una antena satelital automática VSAT Intellian, en embarcaciones de la empresa Hayduk, para brindar servicio de datos de internet en altamar, en la empresa BMP Consulting SAC**

La contribución del presente estudio reside en la implementación e instalación de una antena satelital automática VSAT, posibilitando así la prestación del servicio de datos desde alta mar. Después de examinar diversas opciones disponibles en el mercado de tecnologías de la información y comunicación (TIC), podemos respaldar que la solución de comunicación fue examinada y evaluada en términos tecnológicos, regulatorios y económicos. En estos aspectos, se determinó que esta alternativa es la más adecuada para satisfacer las necesidades de la empresa Hayduk. Solano concluye que la instalación de un servicio VSAT para embarcaciones es rentable a largo plazo. Además, su diagnóstico de redes determinó que, en su momento, las redes satelitales VSAT eran la mejor alternativa sobre otros tipos de sistemas radio convencionales que tenían instalados. La tesis de Solano permite realizar un análisis de coste entre varios tipos de sistemas satelitales, que es lo que busco plantear en este trabajo de suficiencia.

#### **2.1.2. Antecedentes Internacionales:**

**(Ricardo Cortés, 2023) En su tesis: Diseño de una red de telecomunicaciones con acceso satelital de bajo costo para las poblaciones rurales.**

En su tesis, Cortés tiene como objetivo diseñar un sistema de transmisión y recepción por satélites en el Club Campestre San Francisco, ya que este club adquirió equipamiento de comunicaciones. Por lo tanto, en el desarrollo de su tesis, plantea la problemática de cuál es la mejor opción de enlace satelital que se pueda implementar. El autor concluye que, en relación de costos y beneficios, el diseño de una red satelital para este club es viable y podría solucionar en gran medida los obstáculos de conectividad que enfrenta actualmente. Esta tesis puede contribuir a

ofrecer una visión de otras opciones de servicio satelital de órbita baja que existen en el mercado de las telecomunicaciones.

**(Wilson Morante, 2020) En su tesis: Implementación de un enlace satelital para el monitoreo remoto de equipos alimentadores de camarón en la vía Progreso - Sabana Grande utilizando energía solar como fuente de alimentación eléctrica**

El objetivo de este proyecto de tesis es facilitar la conexión a la web a una empresa dedicada a la pesca de camarones. Se logrará mediante un enlace satelital alimentado por un sistema solar independiente de la corriente alterna, con el fin de garantizar la operatividad constante de los equipos de red cumpliendo el SLA establecido. El autor realizó un estudio y recabo información del lugar en donde se instalaría el equipamiento, considerando todos los aspectos relevantes asociados con el proyecto. Morante concluye en su tesis que es imprescindible tener conocimiento de la radiación solar que se emite en el lugar para calcular los parámetros de carga de las baterías. También se debe considerar los parámetros del equipamiento satelital a instalar, ya que es necesario conocer el consumo de corriente diario que se genera.

El autor logró eficientemente la implementación del sistema satelital mediante energía solar y obtuvo resultados favorables. Esta tesis aporta la información del datasheet del equipamiento Starlink y considera que el cliente Pluspetrol cuente con la energía correcta para no dañar los equipos a instalar.

**(Segura Hector, 2022) En su tesis: Diseño de un sistema unidireccional satelital para difusión de datos en la escuela rural Pedro Cornelio Druet.**

El propósito principal de este proyecto es proporcionar una opción económica para el acceso a Internet en una escuela rural, dado que algunos estudiantes carecen de este recurso indispensable para acceder a información actual. El autor busca resolver esta problemática en base al diseño y análisis de una red geoestacionaria, específicamente adecuada para áreas remotas o rurales sin acceso a redes públicas. Además, se presentan datos estadísticos relevantes que destacan la situación en las instituciones educativas rurales en términos de acceso a recursos tecnológicos. Héctor Segura llega a la conclusión de que es factible aplicar un sistema de Internet satelital que permitirá alcanzar el objetivo de brindar un servicio

de conexión a la Escuela Pedro Cornelio Druet. Esto me lleva a considerar que una solución más avanzada, como la de un satélite de baja órbita, podría funcionar y ofrecer una mejora al servicio actual que brinda Pluspetrol.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Satélite artificial:**

Un satélite artificial es un artefacto creado por la humanidad que se encuentra orbitando alrededor de la atmósfera terrestre. Estos dispositivos desempeñan una función crucial para el envío y recepción de señales de comunicación a larga distancia, como la televisión, Internet, pronósticos meteorológicos, geolocalización y otros servicios similares. (Rosado, 2000)

El primer satélite considerado como tal fue lanzado al espacio por Rusia en octubre de 1957. Tuvo como nombre Sputnik. Después de ello, los satélites artificiales han abarcado muchos programas de investigación en varios aspectos del conocimiento humano. (Bermudez, 1973)



Figura 1 Imagen del satélite Sputnik 2023

Fuente: National Geographic.

## **2.2.2. Tipos de Satélites:**

### **Tipos de satélites por su Uso:**

- **Satélites meteorológicos:**

Estos satélites se utilizan para identificar y analizar las características de la atmósfera, así como los diversos elementos que pueden afectar en el clima y los fenómenos atmosféricos. Existen dos tipos de satélites meteorológicos, que se definen por sus órbitas alrededor de la Tierra, los cuales pueden ser Geoestacionarios y Polares.(ruge.axessnet, 2021a)

- **Satélites militares:**

Los satélites militares son aquellos que desempeñan una función esencial en una variedad de capacidades que trascienden la mera transmisión de señales entre la órbita y la Tierra. Estos satélites tienen la habilidad de identificar y rastrear potenciales ataques con cohetes, vigilar zonas específicas y adquirir imágenes de alta calidad. Además, algunos de estos satélites militares incluso cuentan con armamento incorporado que les permite eliminar objetivos que estén causando una amenaza en la superficie terrestre y el espacio.(EcuRed, s. f.)

- **Satélites de observación de la tierra:**

Estos satélites son aquellos que permiten monitorear y recopilar información sobre el espacio terrestre, el clima, los océanos, la vegetación y la radiación. Además, este tipo de satélites tiene la capacidad de capturar imágenes para la elaboración de mapas. (ESA - Eduspace ES, 2011)

- **Satélites de navegación GPS**

Los satélites de navegación son aquellos que proporcionan información precisa sobre la ubicación geográfica de cualquier objeto en cualquier lugar de la superficie terrestre. Además, posibilitan la determinación de la longitud, latitud y altitud.

- **Satélites Astronómicos**

Son satélites que permiten observar el espacio, obtener información de estrellas, galaxias y otros objetos. (ruge.axessnet, 2021b)

- **Satélites de comunicación**

Los satélites de comunicación son aquellos que posibilitan el intercambio de información entre dos o múltiples puntos. Estos satélites hacen posible una variedad de servicios, incluyendo la transferencia de datos, la transmisión de televisión, video e internet. (Rosado, 2000)

**Tipos de satélites por su posición orbital:**

Los satélites artificiales también pueden clasificarse según la distancia que mantienen desde la superficie terrestre en relación con su posición en el espacio. Dado que todos los satélites se orbitan alrededor de la tierra, describiendo diversas órbitas y situándose a diferentes altitudes.(EOS Data Analytics, 2023)



Figura 2 Se observan lo Tipos de Orbitas.

Fuente: EOS DATA ANALITICS, 2023.

- **Órbita Geoestacionaria (GEO)**

Este tipo de satélites que se encuentran en la ubicados en la órbita geoestacionaria se destacan por su capacidad para mantenerse la misma velocidad de rotación de la Tierra. Esto les permite cubrir extensas áreas y ofrecer una amplia variedad de servicios. Están posicionados a una distancia aproximada de 35,786 kilómetros sobre la superficie terrestre, siguiendo la misma velocidad de rotación que la Tierra, lo que crea la impresión de que permanecen inmóviles sobre un punto específico de la superficie terrestre.(Tomasi, 2003)

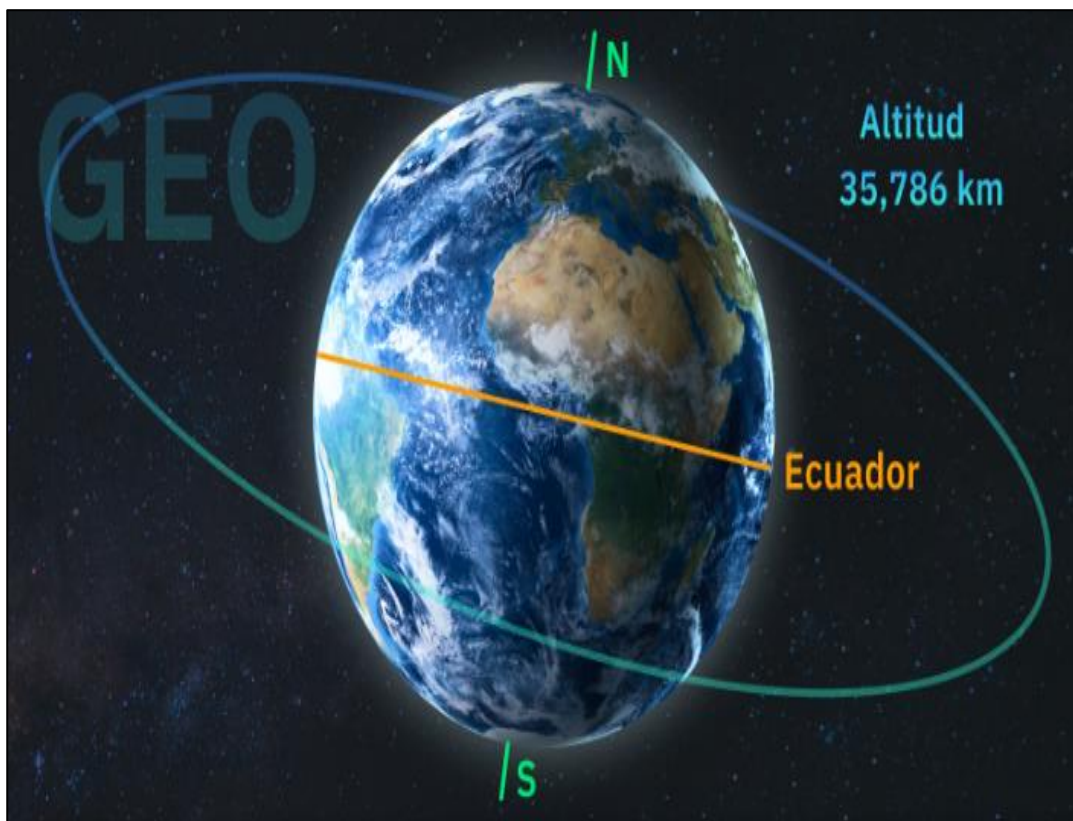


Figura 3 Órbita Geoestacionaria

Fuente: EOS DATA ANALYTICS, 2023.

- **Orbita de transferencia Geoestacionaria**

Este tipo de orbitas son utilizadas para colocar un satélite en una órbita geoestacionaria alrededor de la Tierra. Esta órbita altamente elíptica permite la transferencia de los satélites y puedan pasar de una órbita LEO a una órbita GEO.

- **Órbita media (MEO)**

Los satélites en órbita media de la Tierra, conocidos como MEO, se encuentran a altitudes que oscilan entre 10,000 y 20,000 kilómetros en relación con la superficie terrestre. Tienen un período orbital promedio de alrededor de 12 horas. Este tipo de órbita es muy apreciado para sistemas de navegación, como el GPS. (Rosado, 2000)

- **Órbita baja (LEO)**

La órbita Leo, es también llamada órbita baja, es una amplia franja que se sitúa entre los 160 km y 2,000 km de altura. A medida que la órbita es más baja, los satélites deben desplazarse a una mayor velocidad con respecto a la superficie terrestre. Su período orbital promedio es de 100 minutos, y el área de cobertura abarca aproximadamente 1,000 km de radio.

En la actualidad, las constelaciones de satélites LEO cuentan con procesamiento a bordo, lo que les permite recibir una señal, demodularla y convertirla en datos IP para su análisis. Luego, toman la decisión de enviar los paquetes a un terminal remoto ubicado en la superficie terrestre o a otro satélite que tenga una conexión directa con el terminal remoto..(Tomasi, 2003)

### **2.2.3. Satélites de Comunicaciones**

Los satélites de comunicaciones son usados a nivel global para permitir el intercambio de información entre dos puntos y conectarlos. Esto es posible gracias a los satélites artificiales y sus atributos, que permiten brindar servicios de conectividad a cualquier ubicación en la Tierra mediante la instalación de antenas de transmisión y recepción en cada punto de interés. Estos satélites de comunicaciones están equipados con componentes como antenas, amplificadores de potencia, conversores ascendentes (upconverters) y conversores descendentes (downconverters). Estos dispositivos les permiten recibir la señal transmitida desde la Tierra, amplificarla, cambiar su frecuencia, ajustar su polaridad y luego retransmitirla de nuevo a la Tierra. (Rosado, 2000)



Figura 4 Elementos que conforman una Red Satelital

Fuente: MagazIEEE Ecuador, 2022.

#### 2.2.4. Aplicaciones de los Satélites de Comunicaciones

Desde su introducción inicial, se han enviado al espacio más de 15,000 satélites artificiales. En la actualidad, hay más de 1,000 satélites en funcionamiento, con aproximadamente 400 de ellos posicionados en órbita geostacionaria. (Luque Ordóñez, 2013)

Las aplicaciones para los satélites de comunicaciones son las siguientes:

- Proporcionar servicios fijos a través de satélites en múltiples ubicaciones estáticas.
- Facilitar el servicio móvil vía satélite entre estaciones base fijas y terminales móviles.
- Ofrecer servicios de radiodifusión por satélite con un enfoque de punto a zona.



### 2.2.5. Bandas de Operación

Las antenas de los satélites funcionan en una variedad de frecuencias, todas ellas han sido diseñadas para atravesar las capas de la atmósfera. Actualmente, las principales bandas que utilizan los satélites son Banda C, Ku, Ka.

Banda de frecuencia	Rango de frecuencia (MHz) UPLINK	Rango de frecuencia (MHz) DOWNLINK	Servicios o usos
C	5925 - 6425	3700 - 4200	Fijo / DBS (Direct Broadcast Satellite)
Ku (Europa)	14000 - 14800	10700 - 11700	FSS: Fix Satellite Services
	17300 - 18100	11700 - 12500	DBS: Direct Broadcast Satellite
	14000 - 14800	12500 - 12750	Telecom
KU (America)	14000 - 14500	11700 - 12200	FSS: Fix Satellite Services
	17300 - 17800	12200 - 12700	DBS: Direct Broadcast Satellite
KA	27500 - 30000	17700 - 21200	Enlaces entre satélites. Investigación

Figura 5 Rangos de Frecuencia Satelitales.

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.6. Constelación de Satélites

Un sistema de satélites consta de uno o más satélites. Una red de satélites es un conjunto de satélites que incorpora tanto al satélite como a las estaciones terrestres. Los enlaces por satélites son las conexiones radioeléctricas entre un satélite y las estaciones terrenas transmisoras y receptoras. Cada uno de los enlaces tiene un nombre específico de acuerdo con la dirección de la transmisión. (Luque Ordóñez, 2013)

- Uplink: Cuando la conexión es desde la superficie terrestre al espacio.
- Downlink: Cuando la conexión es desde el espacio hacia la superficie terrestre.

Existen también 2 tipos de enlaces radioeléctricos:

- Enlace entre satélites
- Enlace multisatélite

Los sistemas satelitales se les secciona en dos partes:

- Segmento terrestre
- Segmento espacial

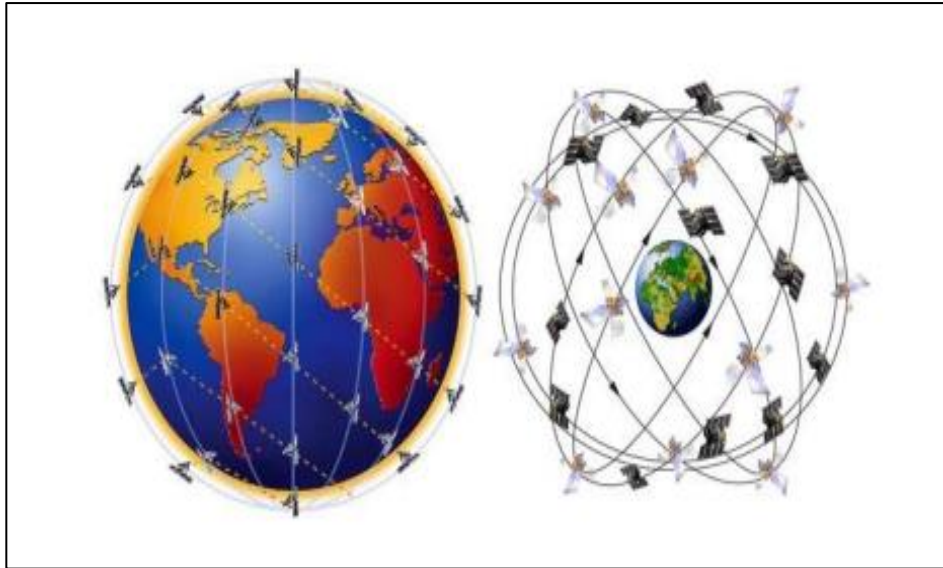


Figura 6 Constelación de satélites

Fuente: Revista ACTA, 2023.

### 2.2.7. Cobertura de Satélites

La zona de cobertura se refiere a la superficie terrestre que se encuentra dentro del alcance en el cual es posible recibir la señal de un satélite o transmitir una señal hacia él.

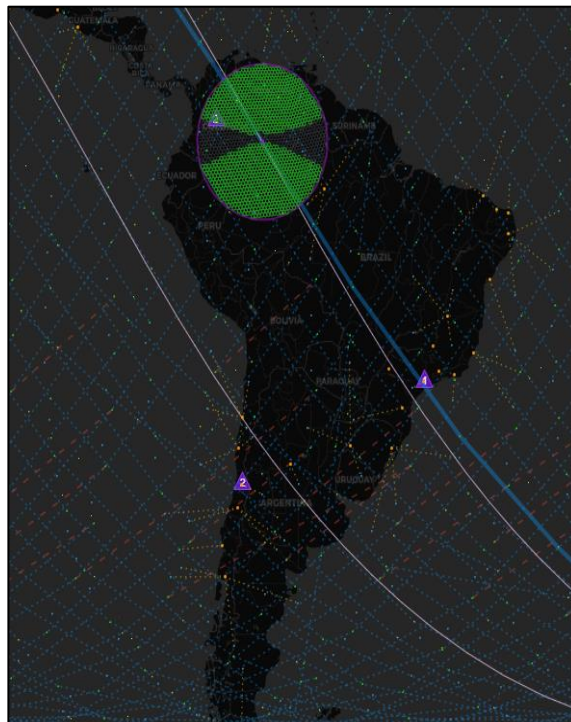


Figura 7 Cobertura de un satélite de Órbita Baja.

Fuente: Starlink.sx, 2023.

### 2.2.8. Redes de satélites de datos

Actualmente, la necesidad de estar comunicado ha llevado a desplegar redes terrestres en varios lugares del planeta. Sin embargo, todavía existen zonas donde no es viable realizar un tendido de fibra óptica o enlace de radio. Para estos casos, las redes satelitales han sido una solución que permite a los usuarios tener un servicio de conectividad con un ancho de banda considerable.

Las redes de satélites de datos constituyen una infraestructura que facilita la transmisión y recepción de información entre dos ubicaciones en la superficie terrestre mediante el uso de satélites de comunicación. Estas redes generalmente comprenden al menos un satélite en órbita y estaciones terrestres ubicadas en cualquier lugar del planeta, ya sea en el océano, en la tierra o en el aire.

### 2.2.9. Los elementos que conforman una red satelital de datos

- **Satélite de Comunicaciones:**

Es el elemento central de la red. Los satélites están ubicados en alguna de las orbitas alrededor de la Tierra y tienen la función de recibir datos de las estaciones terrestres, amplificar y retransmitir hacia otra estación terrestre o al abonado.

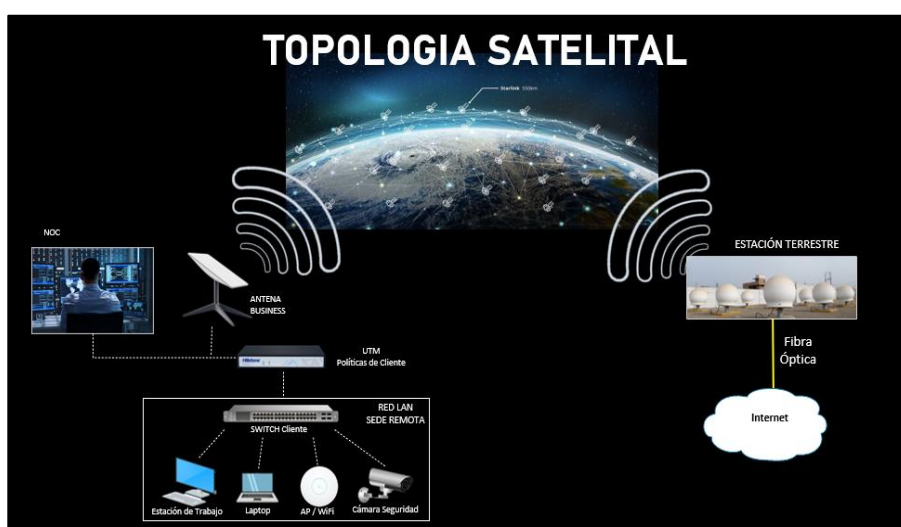


Figura 8 Diseño de Topología Satelital Starlink

Fuente: Elaboración propia.

- **Estaciones terrestres:**

Es la infraestructura instalada en la superficie terrestre que transmite y recibe información hacia los satélites. Estas pueden estar ubicadas en la superficie terrestre, en el océano y en aeronaves.



Figura 9 Estación Satelital Terrestre.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Tráfico de datos:**

Las redes satelitales permiten transportar una variedad de datos, incluyendo video, internet, imágenes, entre otros. La capacidad de estas redes de satélites depende de su diseño y configuración.

- **Terminal Remoto:**

El terminal remoto es el conjunto de equipos situado en la superficie terrestre, específicamente en las instalaciones del usuario final. Este equipo posibilita al usuario enviar y recibir información a través del satélite.



Figura 10 Terminal Remoto Starlink

Fuente: Elaboración Propia.

- **Centro de Operaciones (NOC)**

El NOC, o "Centro de Operaciones de Red" (Network Operation Center, por sus siglas en inglés), está compuesto por el personal encargado de llevar a cabo la configuración, supervisión y mantenimiento (tanto preventivo como correctivo) de la red.



Figura 11 Centro de Operaciones de Redes.

Fuente: Alvaka Networks

## 2.2.10. Topologías

- **Topología punto a punto**

En este tipo de disposición topológica, la comunicación se produce exclusivamente entre dos puntos localizados en la Tierra, donde uno actúa como transmisor y otro como receptor (y viceversa). La principal ventaja de esta tecnología radica en que el retardo en la comunicación es considerablemente inferior en comparación con una red VSAT. A este tipo de redes se les domina SCPC (Single channel per carrier). (Rosado, 2000)

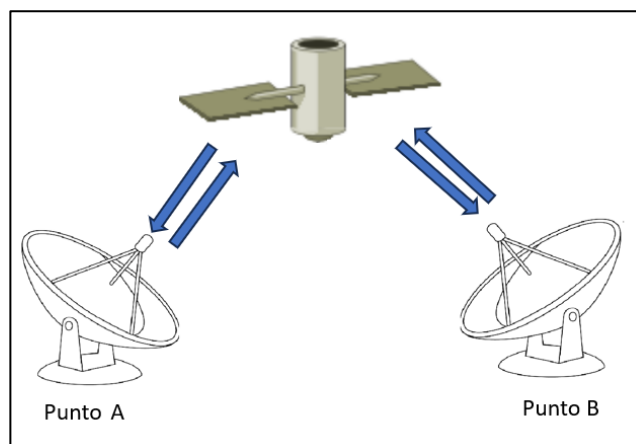


Figura 12 Topología Punto a Punto.

Fuente: Elaboración propia

- **Topología punto multipunto o estrella**

En esta configuración, el nodo central supervisa todas las interacciones dentro de la red. En otras palabras, los dispositivos terminales se comunican exclusivamente con la estación central y no entre sí. Esta configuración se aplica tanto a redes unidireccionales como bidireccionales. (Rosado, 2000)

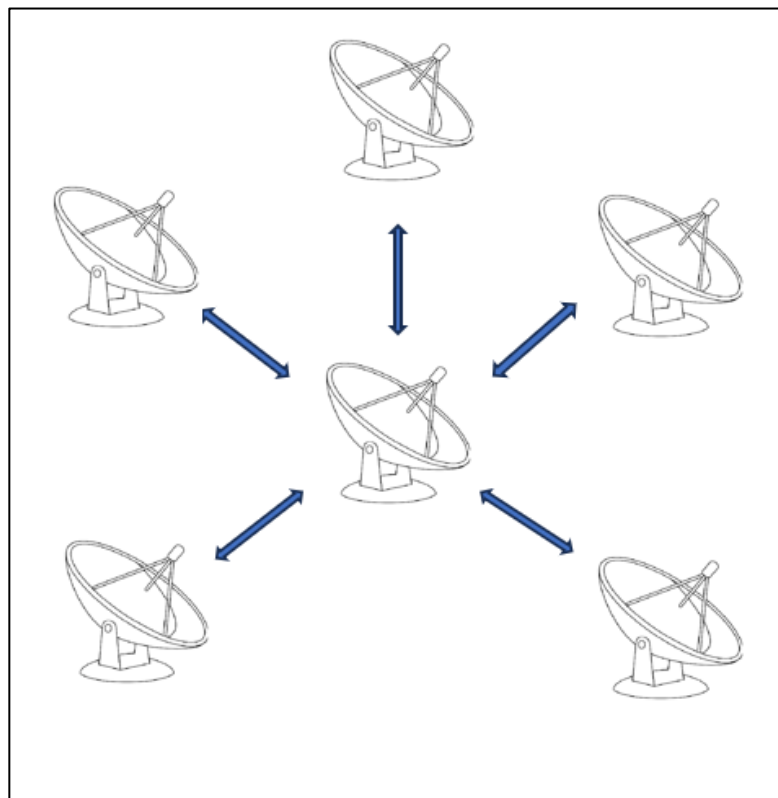


Figura 13 topología Estrella

Fuente: Elaboración propia.

- **Topología malla**

Podemos indicar que la configuración en malla se da cuando los terminales o VSAT's (Terminales de acceso muy pequeños) pueden establecer una comunicación directa entre sí sin depender del centro de operaciones (hub), a diferencia de la topología en estrella. Sin embargo, la conexión siempre se realiza a través del satélite de comunicaciones. Esta situación se presenta al aumentar las dimensiones de las antenas o la sensibilidad de los receptores, lo que explica su escasa popularidad debido a la necesidad de contar con VSAT's más avanzados. Esta configuración se implementa principalmente en redes corporativas. (Díaz Medina, 2015)

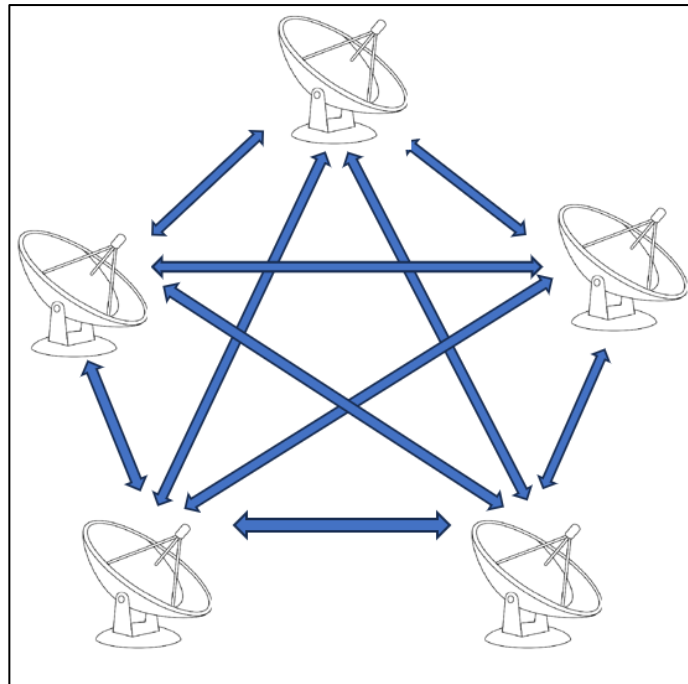


Figura 14 topología Malla  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.11. Azimut, Elevación y Polarización

Estos indicadores señalan la dirección hacia la cual está orientada la antena (apuntada) y proporcionan al instalador la capacidad de alinear la antena terrestre con la antena del satélite.

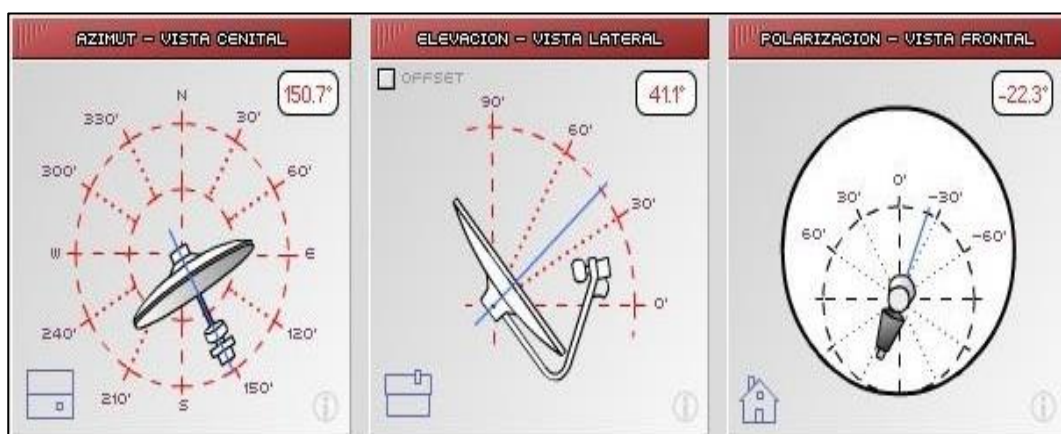


Figura 15 Descripción grafica de Azimut, elevación y Polarización  
Fuente: Criman telecomunicaciones, 2015.



### **2.2.12. Atenuación y Disponibilidad**

En las transmisiones vía satélite, la señal atraviesa diversas capas de la atmósfera terrestre, como la troposfera, estratosfera, mesosfera, entre otras, lo que incide en características como pérdida de potencia (o atenuación), despolarización, cambio de fase, entre otros aspectos. A consecuencia de estos fenómenos, la señal puede no llegar al receptor o llegar con errores significativos, Dificultando temporalmente la comunicación. Por este motivo se establece una disponibilidad basándose en estimaciones, la cual indica el porcentaje de tiempo durante el cual es posible llevar a cabo la comunicación por satélite.

En términos comerciales, por lo general se evalúa la disponibilidad del servicio de manera mensual, aunque puede haber fluctuaciones. Un ejemplo de esto es que los proveedores de capacidad satelital garantizan una disponibilidad del enlace calculada en un promedio anual.

### **2.2.13. Parámetros de Antenas**

- **Diagrama de radiación:**

Un esquema de irradiación hace referencia a un gráfico o representación visual que exhibe la distribución de la radiación en el espacio circundante a una antena u otro dispositivo emisor de ondas electromagnéticas.

Este tipo de diagramas son frecuentemente empleados en el ámbito de las telecomunicaciones, especialmente en la planificación y evaluación de antenas. El esquema de irradiación suministra datos acerca de la orientación y fuerza de la radiación electromagnética emitida por una antena en diversas direcciones.

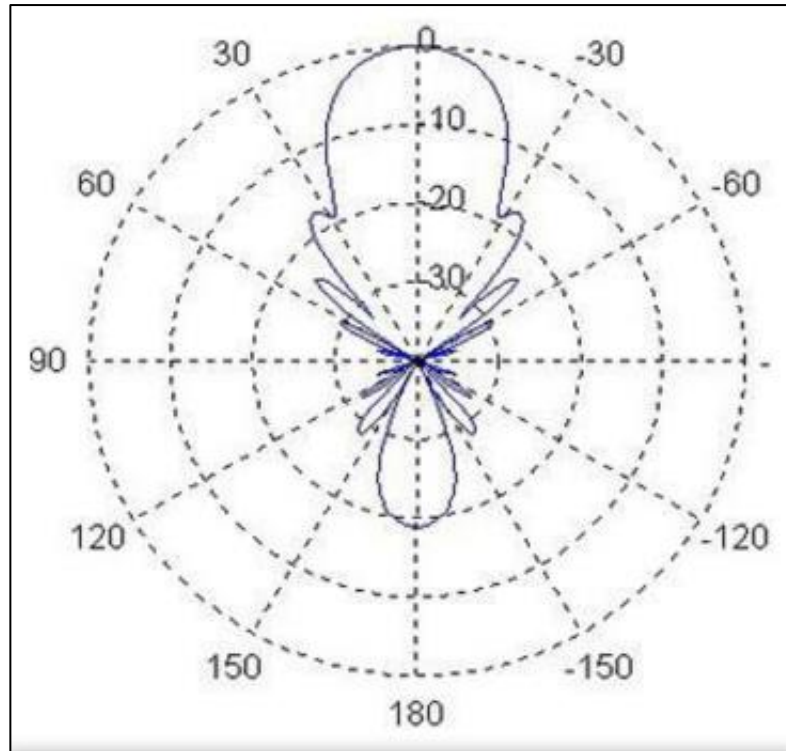


Figura 16 Diagrama de radiación en coordenadas polares.

Fuente: semanticscholar.org, 2023

- **Sensibilidad del receptor:** La sensibilidad de un receptor satelital hace referencia a su habilidad para captar señales de baja intensidad. Por lo general, se expresa como la potencia mínima de la señal que el receptor puede identificar y procesar de manera eficaz. La fórmula fundamental utilizada para determinar la sensibilidad de un receptor satelital es.

$$S = EIRP + FSPL - L_{TM} + G_e$$

Donde:

- S la sensibilidad del receptor en dBm.
- EIRP es la potencia radiada isotrópica efectiva en dBm.
- FSPL es la pérdida en el espacio libre
- $L_{TM}$  es la pérdida del medio de transmisión en dB.
- $G_e$  es la ganancia de un elemento radiante en dBi

La principal causa de disminución de energía en el espacio libre es la pérdida de trayectoria. Para altitudes típicas de los satélites Starlink, esta pérdida oscila entre 160 y 175 dB. Las pérdidas globales, considerando tanto las pérdidas en el trayecto del espacio libre como las pérdidas atmosféricas, varían en un rango de 165 a 185 dB. (Shulakova, 2023)

- **Potencia de recepción.**

La capacidad de captación de energía electromagnética por parte de una antena se define como la cantidad de señal transmitida que puede recoger. Esta capacidad se expresa en decibelios (dB) o vatios (W) y está influenciada por diversos elementos, tales como el diseño de la antena, la frecuencia de la señal, la distancia respecto.

$$P_{Rx} = \frac{P_{Tx} \times G_{Tx} \times A_{efectiva}}{4\pi D^2}$$

Donde:

- $P_{Rx}$  es la potencia de recepción.
- $P_{Tx}$  es la potencia transmitida.
- $G_{Tx}$  es la ganancia de la antena.
- $D$  es la distancia entre la antena transmisora y receptora.
- $A_{efectiva}$  es el área efectiva de la antena.

- **Potencia de ruido.**

$$P_{ruido} = K \times T \times \Delta F$$

Donde:

- $P_{ruido}$  es la potencia de ruido.
- $K$  es la constante de Boltzmann.
- $T$  es la temperatura del ambiente.
- $\Delta F$  es el ancho de banda.

## 2.2.14. Técnica de procesamiento

- **Beamforming:**

La técnica de formación de haces, conocida como "Beamforming" en inglés, se emplea en áreas como telecomunicaciones y comunicaciones inalámbricas. Su propósito es dirigir una señal transmitida o recibida hacia una dirección particular, mejorando la potencia y calidad de la señal en esa dirección específica, al mismo tiempo que se reduce al mínimo la interferencia proveniente de otras direcciones.



Figura 17 Diagrama de radiación de una antena usando la técnica beamforming.

Fuente: [www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9406](http://www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9406) , 2023

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Firewall:** Dispositivo de seguridad que permite definir y aplicar restricciones de acceso en una red privada.
- **GEO:** Órbita Terrestre Geoestacionaria. Está ubicada a una distancia aprox. 36 km de la superficie terrestre.
- **LEO:** Órbita terrestre baja. Orbita ubicada entre 200 km y 2 000 km de la superficie terrestre
- **MEO:** Son las siglas de Órbita Terrestre Media (Medium Earth Orbit, en inglés). Se refiere a una órbita situada a una distancia a partir de los 2,000 km de la superficie terrestre.
- **VSAT:** Hace referencia a las siglas de "Terminal de Apertura Muy Pequeña" (Very Small Aperture Terminal). Se trata de una antena terminal de comunicaciones bidireccionales vía satélite que facilita el intercambio de datos.
- **HUB:** Punto central de una red satelital, la cual se interconecta el satélite con el terminal remoto y permite pasar todo el tráfico de la red.
- **Gateway:** Punto central de una red VSAT, a través del cual pasado todo el tráfico de la red.
- **UPS:** Uninterruptible power supply. Es un equipo el cual permite almacenar energía en caso haya un corte por parte del proveedor energía, garantiza la continuidad de la alimentación eléctrica.
- **Outbound, downstream o Forward Link:** Se refiere al flujo de señal que se desplaza desde el gateway hacia el terminal remoto.
- **Inbound, Upstream o Return Link:** Se refiere al flujo de señal que se desplaza desde el terminal remoto hacia el gateway..
- **Uplink o subida:** Se llama así a la señal que va desde la antena en tierra (en el Gateway o terminal remoto) al satélite.
- **Downlink o bajada:** Se llama así a la señal que va desde la antena del satélite a la antena en la superficie terrestre.
- **TSS:** Es un informe técnico el cual permite conocer el estado general del sitio en el cual se pretende implementar un proyecto.

- **SCTR:** Seguro complementario de trabajo de riesgo, es el seguro que cubre accidentes de trabajos de alto riesgo. Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo, es el seguro diseñado para cubrir accidentes laborales de alto riesgo.
- **ATS:** Análisis de seguridad en el trabajo, es un documento el cual permite identificar y evaluar riesgos en el trabajo a realizar.
- **CPE:** Son equipos los cuales se arriendan a un cliente, el cual se conecta a un ISP y permite prestar algún servicio de conectividad.

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

### **3.1. Determinación y análisis del problema**

Al realizar la instalación de servicio de conectividad para cualquier cliente corporativo, es necesario cumplir con ciertas normas de seguridad y confidencialidad con los datos del cliente. Además, es esencial cumplir de pie a cabeza con lo establecido en el plan de trabajo diseñado, Con el objetivo de no incurrir en alguna falla que pueda generar gastos innecesarios tanto para la empresa como para el cliente.

Un proyecto de servicio satelital pasa por varias áreas desde su inicio hasta su entrega final, entre las cuales se encuentran el Área de Planeamiento, Planta Externa y Planta Interna. En este contexto, al tratarse de un proyecto de tipo satelital, no se requiere gestionar permisos municipales. No obstante, es necesario realizar una visita técnica en las instalaciones del cliente, esto tiene como propósito recopilar información sobre el estado actual de la sede, evaluar el espacio destinado para la colocación del equipamiento, verificar la disponibilidad de energía, entre otros aspectos.

El trabajo de suficiencia propuesto se basa en elaborar una arquitectura topológica e instalación de una solución para abordar la problemática actual que enfrenta el cliente en su sede de Trompeteros. Dicha sede, al ser remota y tener un acceso complicado a la tecnología de tendido de fibra óptica, depende de un servicio satelital Vsat. Sin embargo, este servicio entrega un ancho de banda considerablemente inferior a la necesidad que tiene el cliente.

Para llevar a cabo esta instalación, nos enfocaremos tanto en la planta interna como en la externa, con el objetivo de reducir los tiempos de implementación y lograr cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto.

### 3.2. Modelo de solución propuesto

Para mostrar el modelo de solución propuesto al problema de comunicación que enfrenta el cliente Pluspetrol, utilizaremos un diagrama de flujo que nos permitirá seguir las acciones realizadas de manera consecutiva en este proyecto.

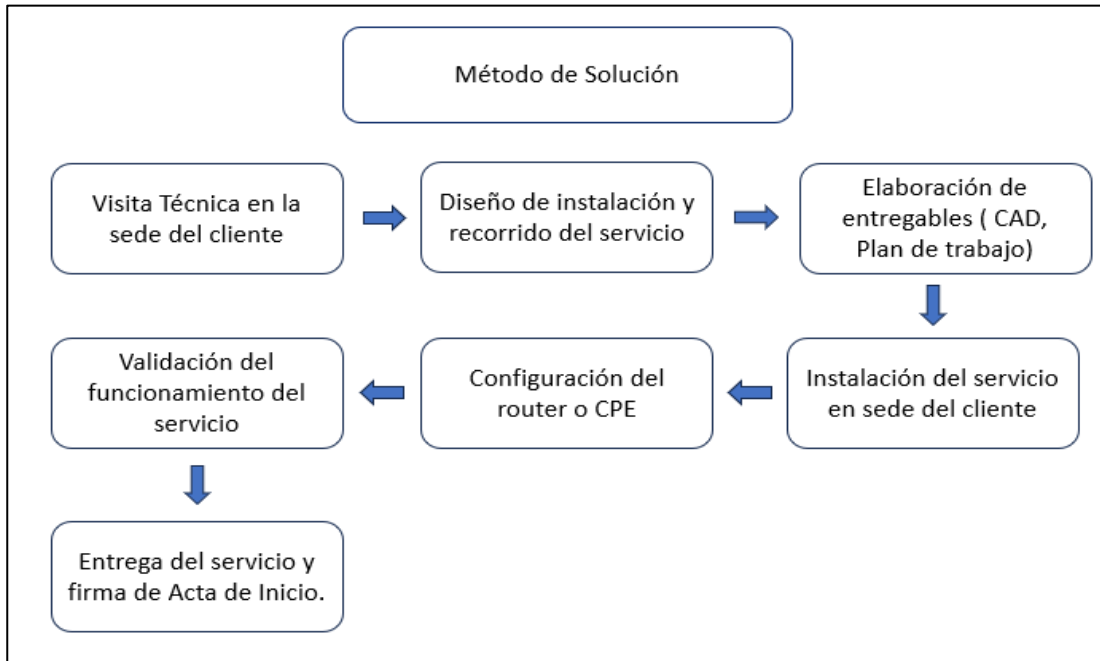


Figura 18 Diagrama de Flujo del método de solución.

Fuente: Elaboración propia.

Para este proyecto, luego de haber concluido con la visita técnica en la sede del cliente y validar que cuenta con espacio y energía estabilizada para los equipos a instalar, se realizó un diseño de solución satelital. Para la solución se determinó usar un terminal remoto de la marca Starlink.

Se decidió instalar una antena de la marca Starlink, puesto que actualmente ya cuentan con cobertura en Perú además de ello sus satélites LEO ubicados en una altura promedio de 550 km sobre la tierra. La organización satelital de esta marca está pensada de manera poco común para espacios en los cuales no se cuente con fibra óptica.

- Starlink durante sus pruebas ha registrado velocidades de descarga entre y 50 y 150 Mbps.
- Los satélites de Starlink tienen bases terrestres y a su vez se pueden establecer conexión entre ellos.



- Tienen una latencia inferior a la de otros tipos de satélites, según lo indicado por el proveedor su latencia se sitúa en un rango de 20 a 40 milisegundos.

Haciendo uso de las patentes publicadas por Space Exploration Technologies Corp. tenemos la Tabla 2 y la Tabla 3 en las que se encuentran indicada las frecuencias de trabajo del sistema Starlink en su enlace entre el satélite y su equipo terminal.

**Tabla 2**

Parámetros de las Antenas Starlink enlace Uplink.

Frecuencia (Uplink) = 14 – 14,5 GHz	
Modo	Transmisión (TX)
Polarización	Circular a izquierdas
Máxima PIRE	38.2 dB
Modulación	64QAM
Frecuencia central	14,25 GHz
Máxima Ganancia	34,6 dBi

Fuente: Starlink.com

**Tabla 3**

Parámetros de las Antenas Starlink enlace Downlink.

Frecuencia (Downlink) = 10,7 – 12,7 GHz	
Modo	Recepción (RX)
Polarización	Circular a derechas
Modulación	64QAM
Frecuencia central	11,83 GHz
Máxima Ganancia	33,2 dBi

Fuente: Starlink.com

Con estos parámetros podemos indicar que el enlace entre el satélite y el terminal remoto de la marca de Starlink, trabaja en la Banda Ku. Las antenas terminales de Starlink trabajan como un sistema de antenas en conjunto las cuales se alimentan con la misma amplitud, pero con distinta fase esto con el objetivo de orientar y modificar su diagrama de radiación. En la Figura 19 podemos observar el diagrama de radiación en 3D de una antena terminal Starlink en diferentes fases.

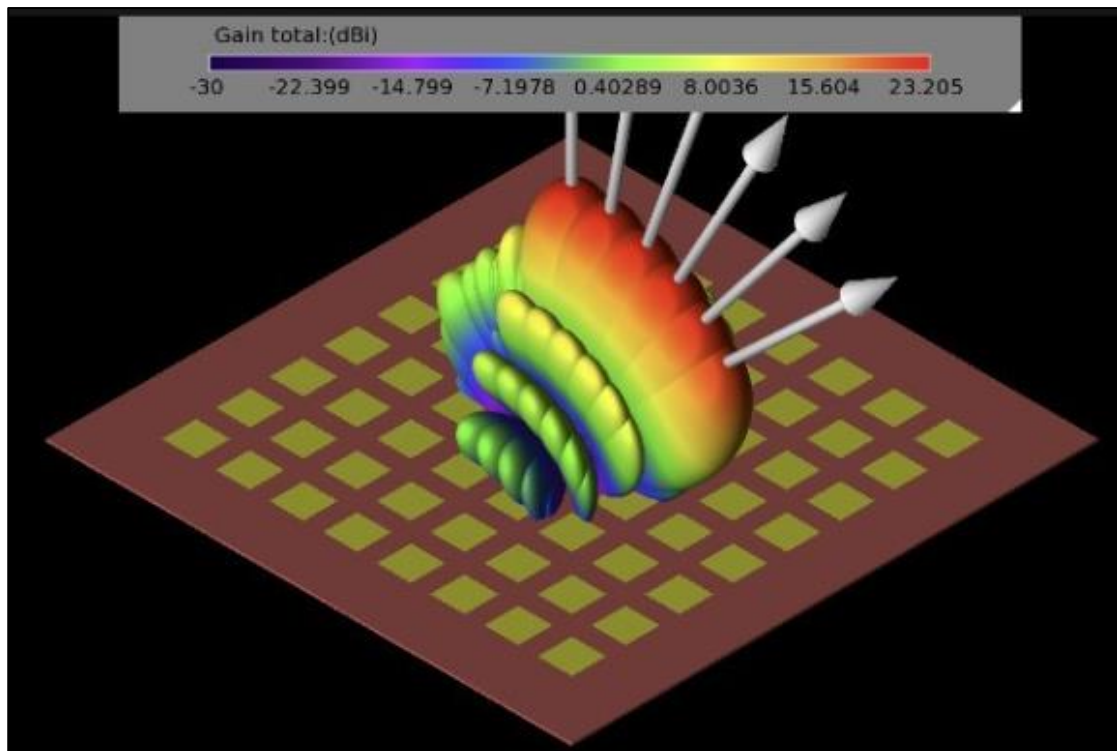


Figura 19 Diagrama de Radiación de un terminal remoto Starlink.

Fuente: [www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9406](http://www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9406), 2023

Además de ello los satélites Starlink para mejorar el rendimiento del sistema y reducir el tiempo de la comunicación tendrá la capacidad de comunicarse entre ellos. Esta conexión Inter satelital se llevará a cabo mediante láseres similares a los de la fibra óptica y permitirán la comunicación entre satélites que se encuentren en el mismo plano orbital. Debido a que Starlink cuenta con tres tipos de terminales remotos con características distintas, se decidió instalar el terminal remoto de alto rendimiento. Este terminal que según su Datasheet tiene las características expresadas en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Características del terminal remoto de alto rendimiento Starlink.

TERMINAL REMOTO STARLINK	
Antena	Matriz electrónica en fase
Orientación	Orientación automática motorizada
Clasificación ambiental	IP56
Capacidad para derretir nieve	Hasta 75 mm / hora (3 pulg. / hora)
Temperatura de funcionamiento	-30°C a 50°C (-22°F a 122°F)
Campo de visión	140°
Consumo de energía promedio	110 a 150 W

Fuente: Starlink.com

Según lo indicado en la página oficial de Starlink actualmente se cuenta con cobertura en todo el Perú. Esto se puede observar en la Figura 20.



Figura 20 Mapa de Cobertura satelital Starlink en Perú.

Fuente: Starlink.com, 2023.

En la Figura 21 podemos observar uno de los satélites de Starlink el cual fue puesto en órbita el 13 de noviembre del 2021. Al cual lo han denominado Starlink-3115 y en el momento de la captura de la figura se encontraba a una altitud de 540.8 Km con respecto a la superficie terrestre.

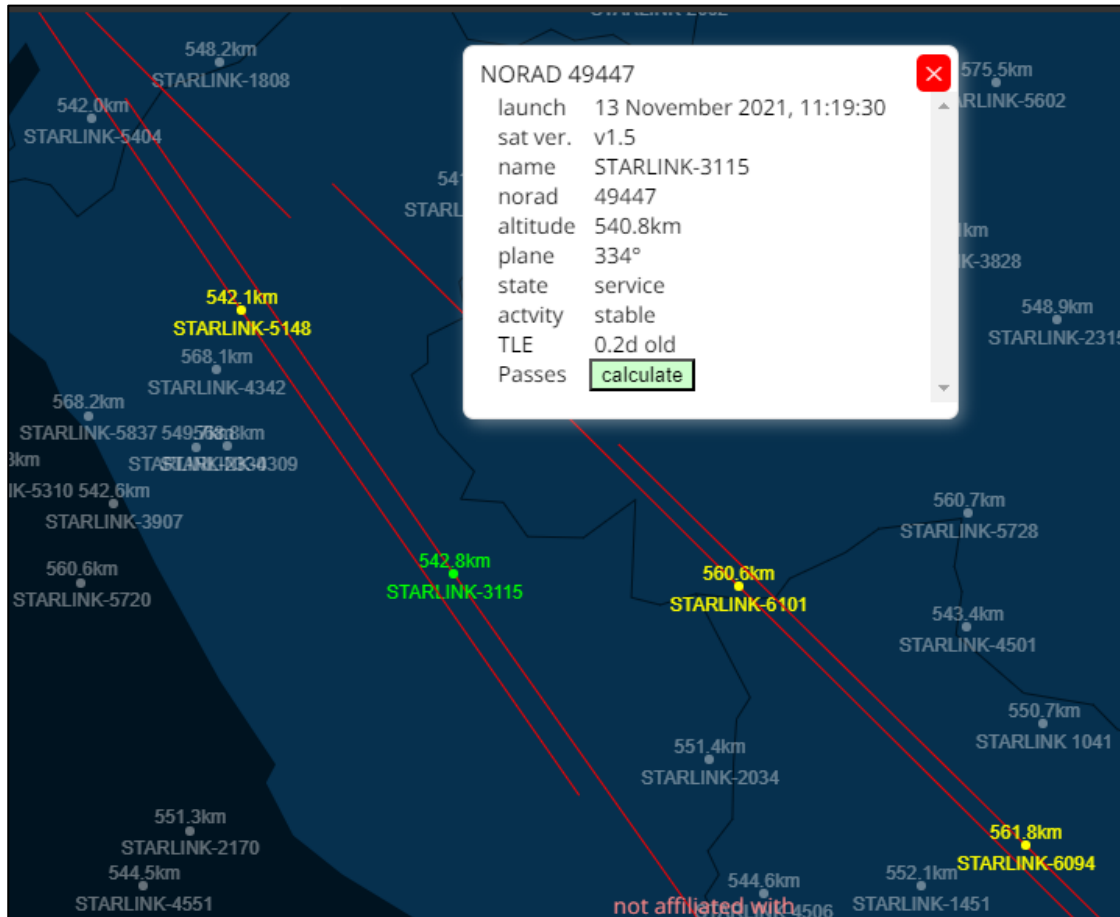


Figura 21 Vista en vivo de los satélites y cobertura de Internet Starlink.

Fuente: satellitemap.space, 2023.

En la Figura 22 podemos visualizar el diagrama topológico propuesto al cliente, en el cual se instala un terminal remoto de alto rendimiento de la marca Starlink su local. Este terminal remoto ira conectado mediante un cable de red a un equipo firewall de la marca Hillstone el cual servirá de para evitar y restringir el uso indebido del ancho de banda prioritario de 2TB destinado al cliente.

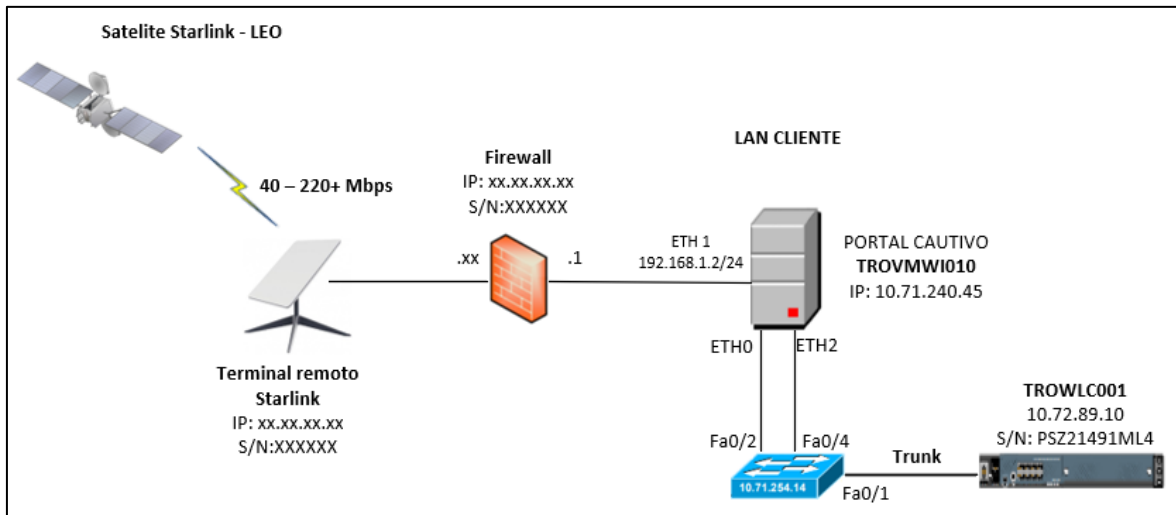


Figura 22 Topología de Red – Cliente Pluspetrol

Fuente: Elaboración propia.

El modelo de solución propuesto en el diagrama de red fue aceptado por el cliente. Como se ha mencionado, en su sede contaba con un servicio satelital VSAT con el que presentaba una latencia de 600ms a 800ms, lo cual ocasionaba caídas y poca estabilidad en sus VPNs. A diferencia de la plataforma Starlink que opera en la órbita LEO y nos ofrece una latencia de 30ms a 40 ms y con velocidades de 40 Mbps a 220 Mbps. Por esta razón, el diseño propuesto es completamente comparable a una solución de fibra óptica.

Aceptado el diseño de solución propuesta, se solicita una visita TSS en la sede del cliente como propósito de:

- Las visitas TSS son solicitadas por parte del área de planeamiento para determinar la ubicación del cliente, verificar el espacio disponible que cuenta el cliente para la colocación de los equipos y las tomas de energía disponibles.
- El TSS realizado por el personal técnico de la empresa, debe incluir un archivo CAD en el cual se pueda visualizar la distribución del local del cliente y la ubicación del gabinete en donde se instalará los equipos dimensionados para el

proyecto. Este gabinete debe contar con espacio libre, ups y energía estabilizada.

- Se debe verificar el recorrido del cable de red desde el Terminal remoto satelital hasta el equipo router, como ya mencionamos ira colocado en el gabinete del cliente.

El área de Planta externa envía el informe TSS al área de planeamiento el cual dimensiona los costos y el tiempo de implementación que tomara el proyecto.

En la Figura 23 podemos observar la elaboración del plano del cliente en Autocad en el cual se describe el lugar en el cual se ubicará el terminal remoto, también se pueden observar los materiales que se incluirán en la instalación y el recorrido del cable de Red dentro de las instalaciones.

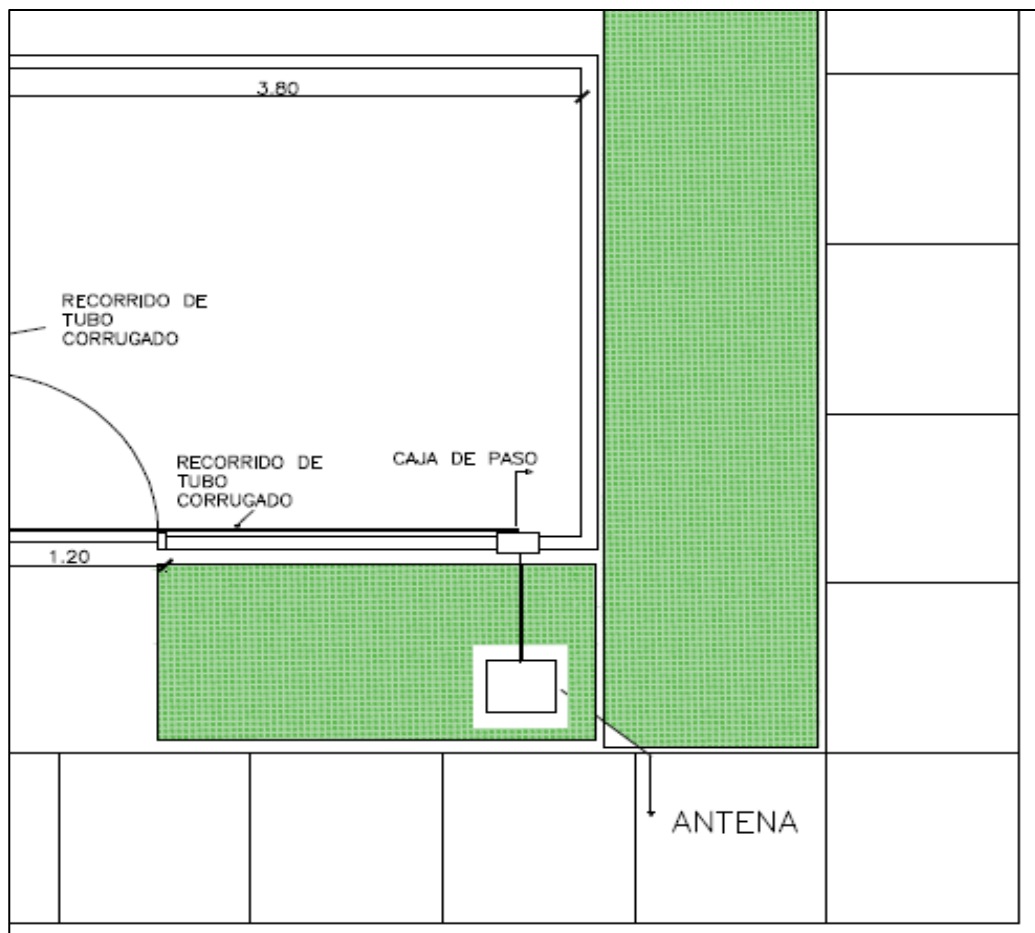


Figura 23 Diseño en planta para la instalación en el local del cliente.

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en la Figura 24 la continuación del recorrido del cable de Red hasta el gabinete existente el cual cuenta con energía estabilizada y PDU libres para la conexión del terminal remoto y del equipo firewall.

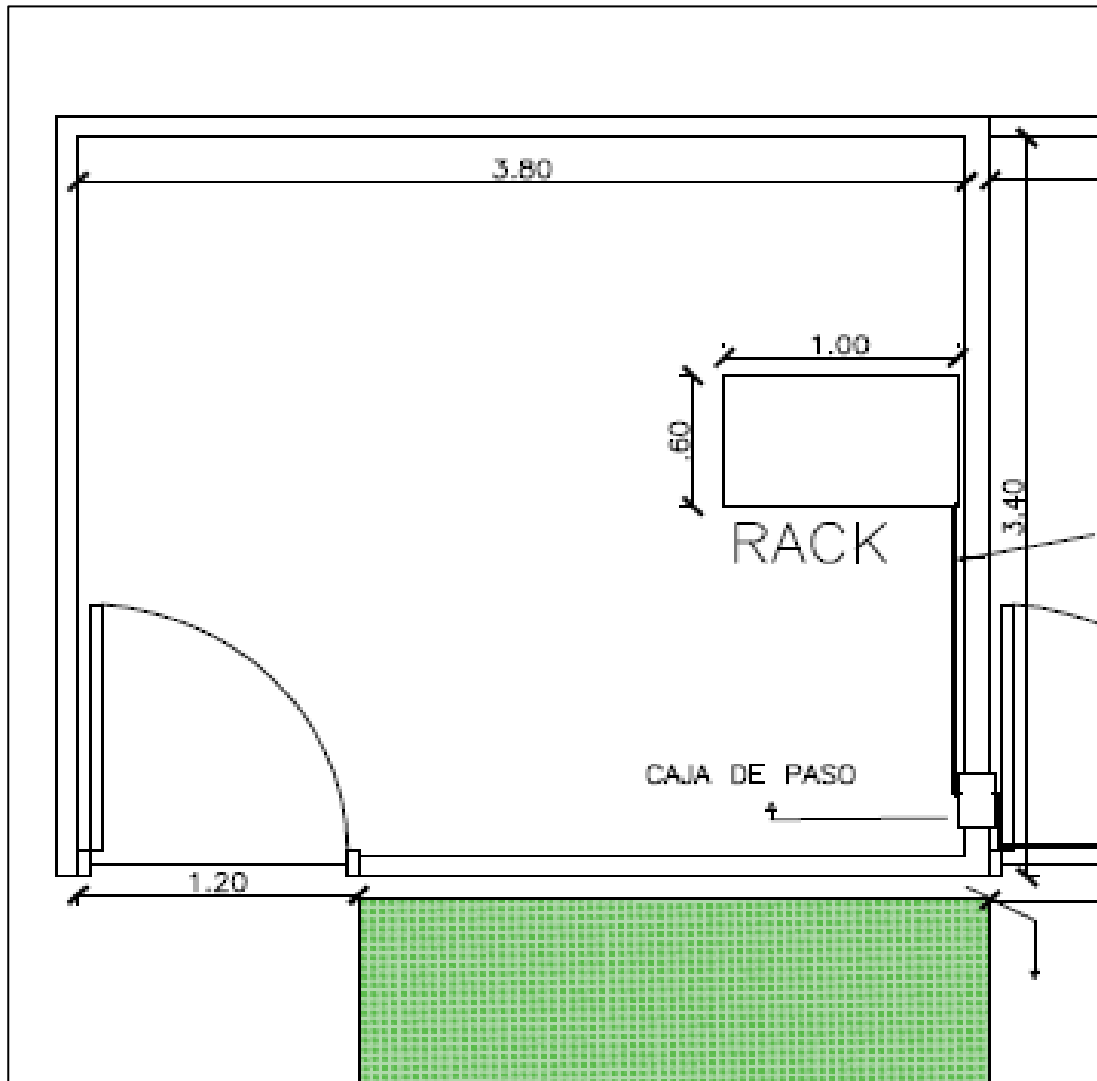


Figura 24 Ubicación del Rack del cliente en su sede.

Fuente: Elaboración Propia.

Al culminar con el dimensionamiento de tiempo de instalación y la elaboración del plan de trabajo, planeamiento se comunica con el cliente para acordar la fecha en la cual se iniciará los trabajos de instalación, además de enviar el ATS Y SCTR del personal designado para la instalación.

Al llegar la fecha y hora programada, se tiene que enviar personal a la sede del cliente, cada técnico tiene que estar capacitado y con todos sus EPP completos:

Casco dieléctrico, Guantes dieléctricos, zapatos dieléctricos, chalecos con cintas reflectivas, pantalón con cintas reflectivas, barbiquejo, fotocheck.



Figura 25 Técnico con EPP completos.

Fuente: Elaboración propia.

El personal de planta externa tiene que realizar la instalación del terminal remoto Starlink en el lugar establecido por el cliente y a la vez este tiene que cumplir con ciertas especificaciones que indica el datasheet de Starlink.

En la Figura 26 podemos observar el equipamiento que incluye el kit Starlink. El cual incluye una base metálica para posar el terminal remoto, el terminal remoto de alto performance, fuente de alimentación, enrutador wifi, cable ethernet de 25 metros, cable ethernet, cable enrutador, cable de alimentación.





Figura 26 Equipamiento Starlink.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 27 podemos observar que se realizó la instalación de la antena, en este caso se tuvo que instalar un mástil de 3 metros para no incumplir con el campo de visión de 140° que indica el datasheet y evitar la obstrucción del terminal remoto.



Figura 27 Mástil y terminal remoto Starlink instalado.

Fuente: Elaboración propia.

Cada antena Starlink debe ser activada antes de una instalación, al estar la instalación física completa, se puede conectar la alimentación y la antena encontrara automáticamente los satélites y proporcionara acceso a Internet. Se procedió a configurar la antena mediante un dispositivo celular. Para configurar el terminal remoto se tiene que descargar la aplicación de Starlink y conectarse a través de Wifi al dispositivo terminal. En la Figura 28 se puede observar que estamos todavía desconectados al dispositivo terminal y que este mismo está determinando su ubicación por medio del GPS que tiene integrado.



Figura 28 Captura del inicio de configuración de la antena Starlink.

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de que el terminal remoto se haya conectado a la Red satelital, la misma aplicación permite visualizar el estado de la obstrucción del enlace satelital, mediante el botón de obstrucción. En la Figura 29 cuando abrimos el apartado de Obstrucción, nos permite ver el patrón de la antena y visualizar las posibles

obstrucciones que afectarían el servicio. La cúpula puede observar que tiene 2 colores, el azul representa las vistas libres de obstáculos. El color rojo resalta cualquier obstrucción que detecte el plato, con la ayuda de la brújula se puede saber en qué dirección se presenta la obstrucción y diagnosticar rápidamente el problema.

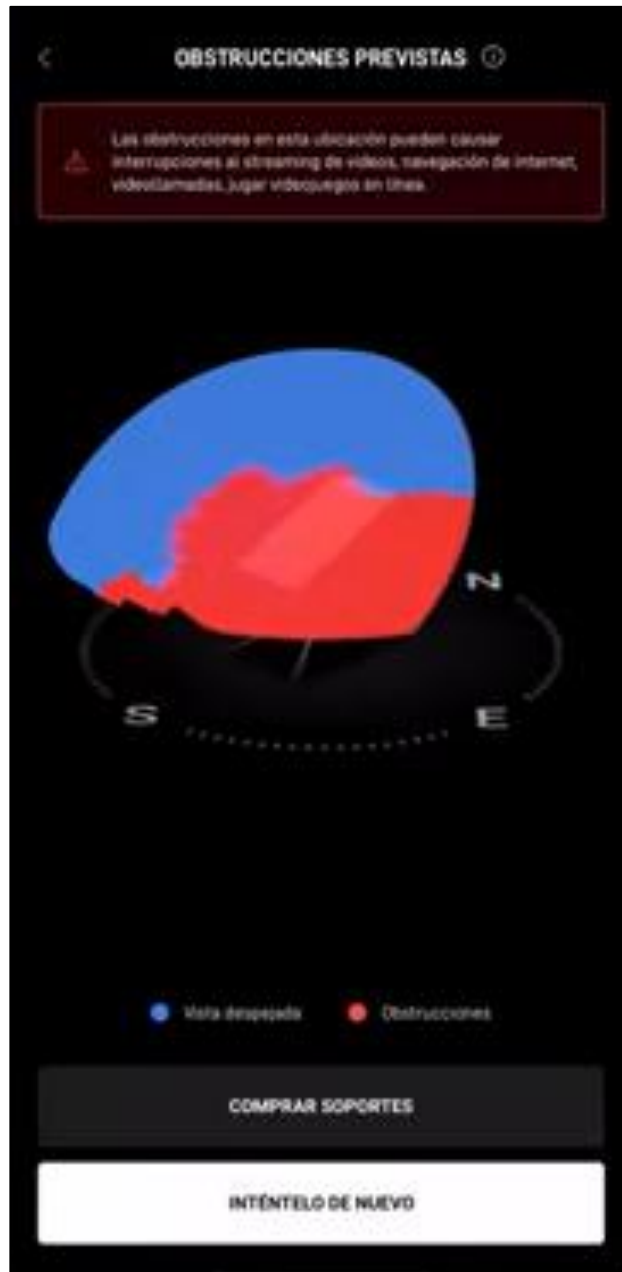


Figura 29 Captura de las obstrucciones previstas por el terminal Starlink.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se puede observar que el terminal remoto ya se encuentra en línea y conectado a la constelación de satélites. Es preciso comentar que este dispositivo terminal remoto tiene un motor el cual le permite realizar una Auto orientación y mediante las antenas busca la mejor señal emitida por los satélites de Starlink.



Figura 30 Terminal remoto Starlink en línea.  
Fuente: Elaboración Propia.

Al culminar la instalación de la antena y del recorrido del cable de ethernet hacia el gabinete del cliente, el personal de planta interna procede a realizar la instalación del equipamiento y su configuración. Para este proyecto también se consideró usar

un Firewall de la marca Hillstone. Es necesario la creación de reglas de que restrinjan el acceso a páginas que no tengan fines laborales y que permitan que la bolsa de ancho de banda sea usada de la mejor manera. Los procedimientos para la configuración del equipo son:

Upgrade de firmware: Descargar el firmware, cargar el firmware, aplicar el firmware y reiniciar.

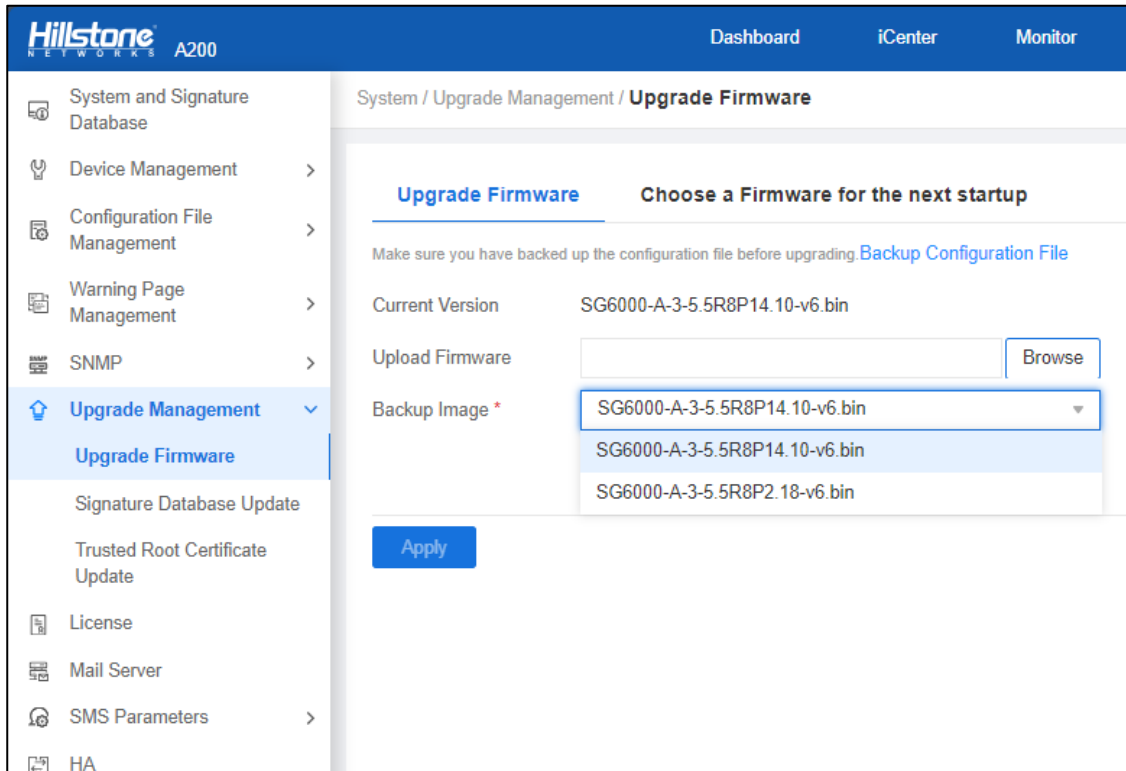


Figura 31 Actualización o Upgrade de Firmware

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 32 podemos observar que se realizó la asignación de nombre. Esto incluye indicar el circuito y nombre que tendrá el cliente.

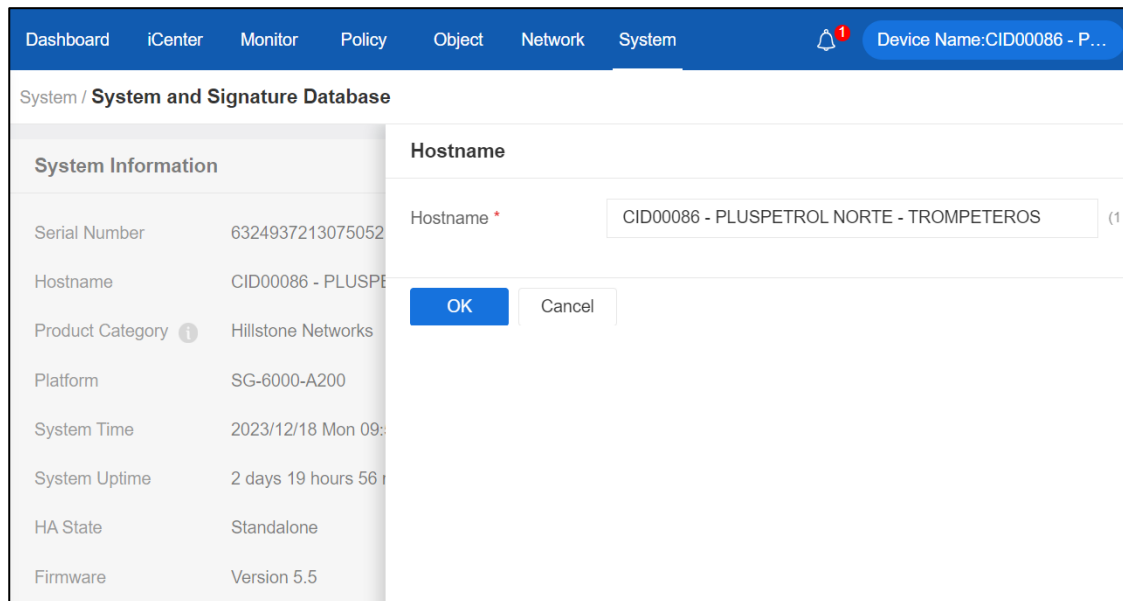


Figura 32 Asignación de Nombre del cliente al firewall con su CID.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33 podemos visualizar la configuración del puerto WAN, en esta etapa la asignación de la IP pública está sujeta a la asignación del router Starlink, por lo que se configura en el puerto ethernet 0/0 en modo DHCP, para que el firewall reciba la IP Pública del router Starlink.

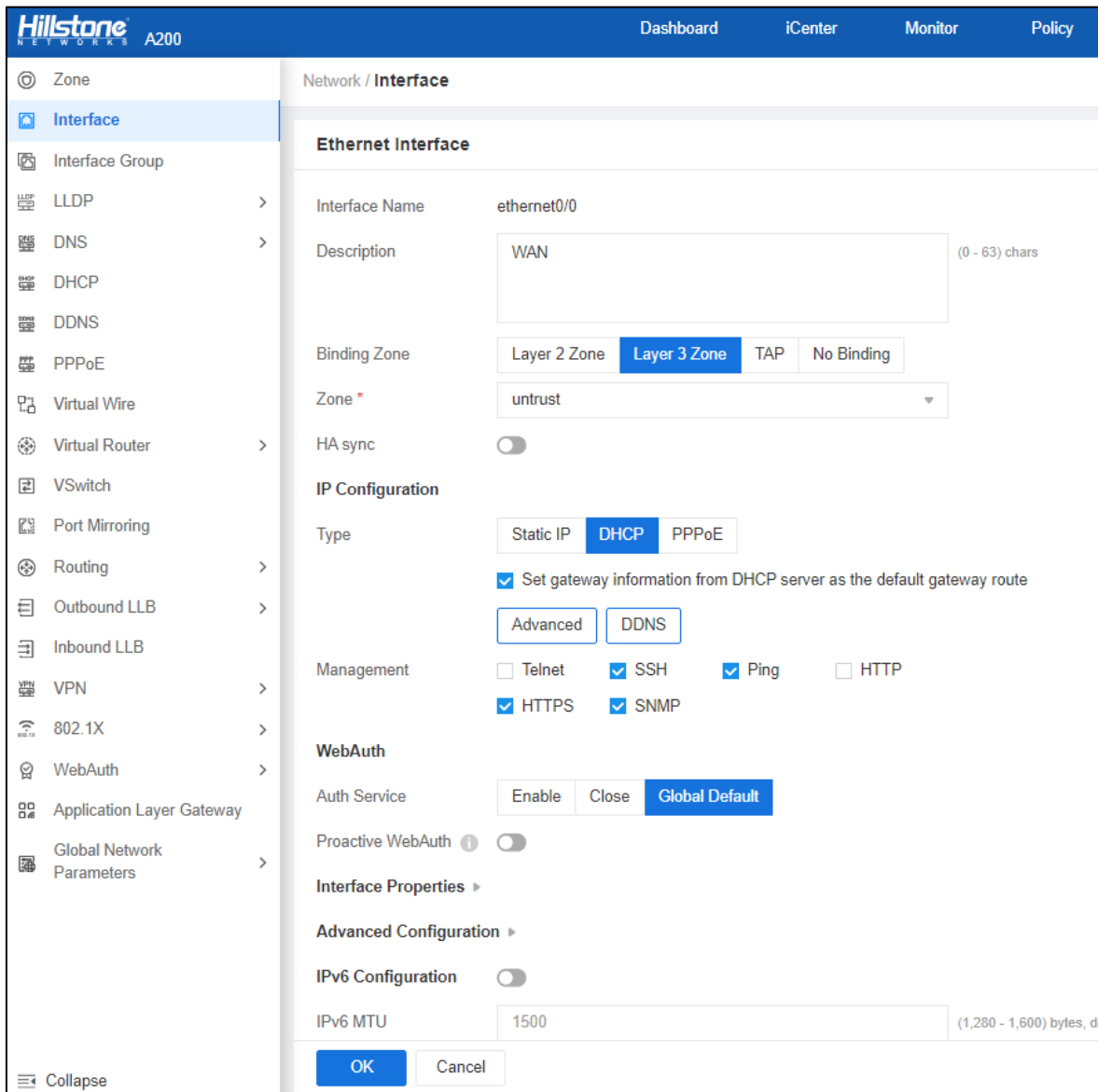


Figura 33 configuración del puerto WAN

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 34 se muestra la configuración del puerto LAN. Se tiene que solicitar al cliente qué redes requiere configurar, caso contrario, asignar la red 192.168.1.0/24 para la asignación de la LAN en el puerto ethernet 0/1.

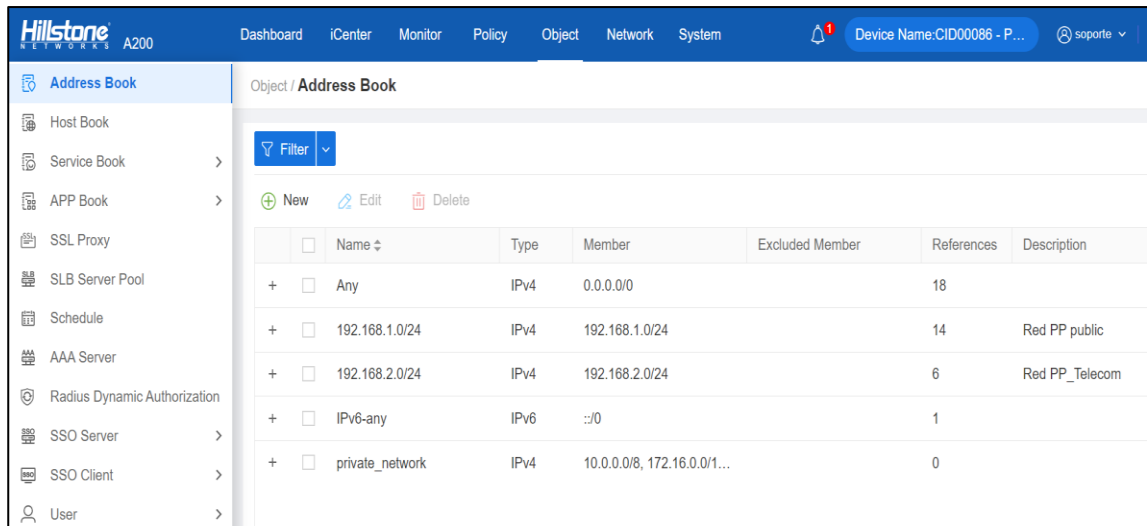


Figura 34 configuración del puerto LAN

Fuente: Elaboración propia.

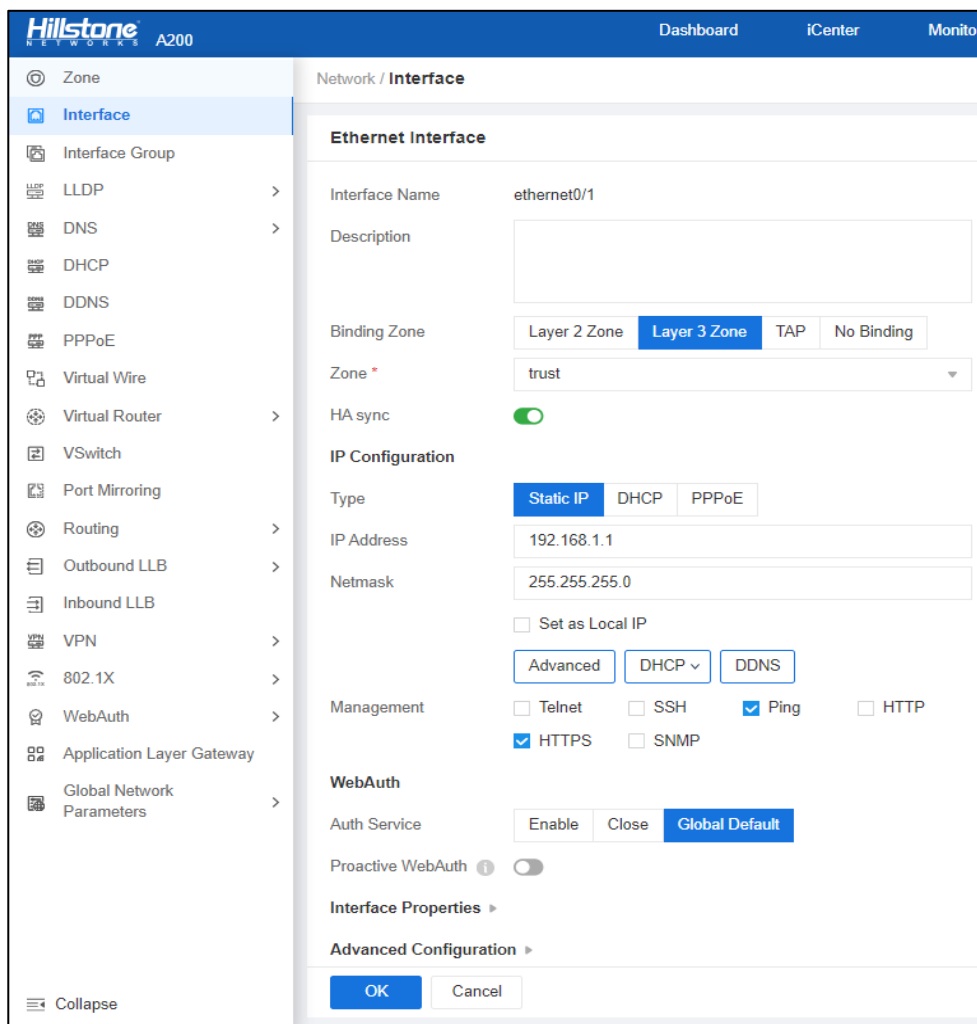


Figura 35 asignación de la LAN en el puerto 01.

Fuente: Elaboración propia.



En la Figura 36 se asigna el puerto ethernet0/1 el DHCP. Ingresar a DHCP en la interfaz e indicar el Gateway, mascara, DNS y el rango de IPs que serán asignadas a la red LAN.

The screenshot shows the configuration page for the 'ethernet0/1' interface. The 'DHCP Configuration' section is active, showing the following settings:

- Gateway: 192.168.1.1
- Netmask: 255.255.255.0
- DNS 1: 131.255.136.10
- DNS 2: 8.8.8.8
- Address Pool: A table with columns 'Start IP' and 'End IP'. One entry is shown: Start IP 192.168.1.2, End IP 192.168.1.255.

Other interface settings include: Interface Name: ethernet0/1, Binding Zone: Layer 3 Zone, Zone: trust, HA sync: enabled, IP Configuration Type: DHCP, IP Address: 192.168.1.1, Netmask: 255.255.255.0, and Management options: Ping and HTTPS checked.

Figura 36 asignación de DHCP  
Fuente: Elaboración propia.

The screenshot shows a table of network interfaces with their status and configuration. The table has columns for Interface Name, Physical Status, Management Status, Link Status, IPv4 Protocol Status, IPv6 Protocol Status, Type, and IP/Netmask.

Interface Name	Interface Status					Type	IP/Netmask
	Physical ...	Management St...	Link Status	IPv4 Protocol Status	IPv6 Protocol Status		
vswitchif1	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: Static	0.0.0.0/0
ethernet0/0	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: DHCP	138.84.38.67/23
ethernet0/1	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: Static	192.168.1.1/24
ethernet0/2	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: Static	192.168.2.1/24
ethernet0/3	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: Static	192.168.20.1/24
ethernet0/4	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: Static	0.0.0.0/0
ethernet0/5	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	IPv4: Static	0.0.0.0/0

Figura 37 configuración de Gateway, mascara y DNS  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 38 se realiza la creación de la política de salida a internet, en un firewall se realiza una configuración de lo general a lo particular, por tal motivo la política inicial deberá contener una política ANY-ANY para poder tener salida a internet. Luego de ello, se crea las políticas solicitas por el cliente para el bloqueo/acceso, se deberá generar en la parte superior de la política inicial para que tenga efecto.

Policy / Security Policy / Policy

### Policy Configuration

Name	LAN TO WAN	(0 - 95) chars
Type	IPv4	IPv6
Source Zone	trust	
Source Address	192.168.2.0/24	Maximum of the Selected is 1,024
Source User		Maximum of the selected users, user groups, and roles is 8 respectively
Destination Zone	untrust	
Destination Address	Any	Maximum of the Selected is 1,024
Service	Any	Maximum of the Selected is 1,024
Application		Maximum of the Selected is 1,024
Action	Permit	Deny Secured connection
Enable Web Redirect <input type="checkbox"/>		
<b>Protection</b> ▶		
<b>Data Security</b> ▶		
<b>Options</b> ▶		
OK Cancel		

Figura 38 Configuración de política ANY - ANY  
Fuente: Elaboración Propia.

Policy / Security Policy / **Policy**

Please enter the content to search: Destination Address  Filter

New Edit Delete Copy Paste Move Import Export Add to Aggregate Policy Remove from Aggregate Policy Search

ID	Name	Source		Destination		Service	Application	A..	Protection	Hit Count	Schedule V
		Zone	Address	Zone	Address						
6	ACCESO GENERAL A INTERN...	...	192.168.2...	...	...	Any		✓	🛡️	381,686 <a href="#">Clear</a>	yes
17	ACCESO GENERAL A APPS(B...	...	192.168.1...	...	...	Any	<ul style="list-style-type: none"> <li>Google-Play</li> <li>DNS</li> <li>VPN</li> <li>QUIC</li> </ul>	✓	🛡️	24,275 <a href="#">Clear</a>	no
12	ACCESO APPs A HERRAMIEN...	...	192.168.1...	...	...	Any	<ul style="list-style-type: none"> <li>WhatsApp-Voice</li> <li>WhatsApp-Android</li> <li>WhatsApp</li> <li>WhatsApp-FileTransfer</li> </ul>	✓	🛡️	34,386 <a href="#">Clear</a>	yes
20	BLOQUEO DE APPs STREAMI...	...	192.168.1...	...	...	Any	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facebook-Messenger</li> <li>Max+</li> <li>Disney</li> <li>Facebook</li> <li>Facebook-Apps</li> <li>Facebook-Chat</li> <li>Facebook-FileSharing</li> </ul>	✗	🛡️🛡️🛡️	247,019 <a href="#">Clear</a>	no

Activar Windows

Figura 39 Configurando políticas a solicitud del cliente

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 40 se puede observar la asignación de DNS. Asignar los DNS de la empresa proveedora de servicios 131.255.136.10 o Google 8.8.8.8 para que el equipo pueda resolver y navegar a través de las solicitudes hechas por la red LAN y consultas del mismo equipo a sus servidores.

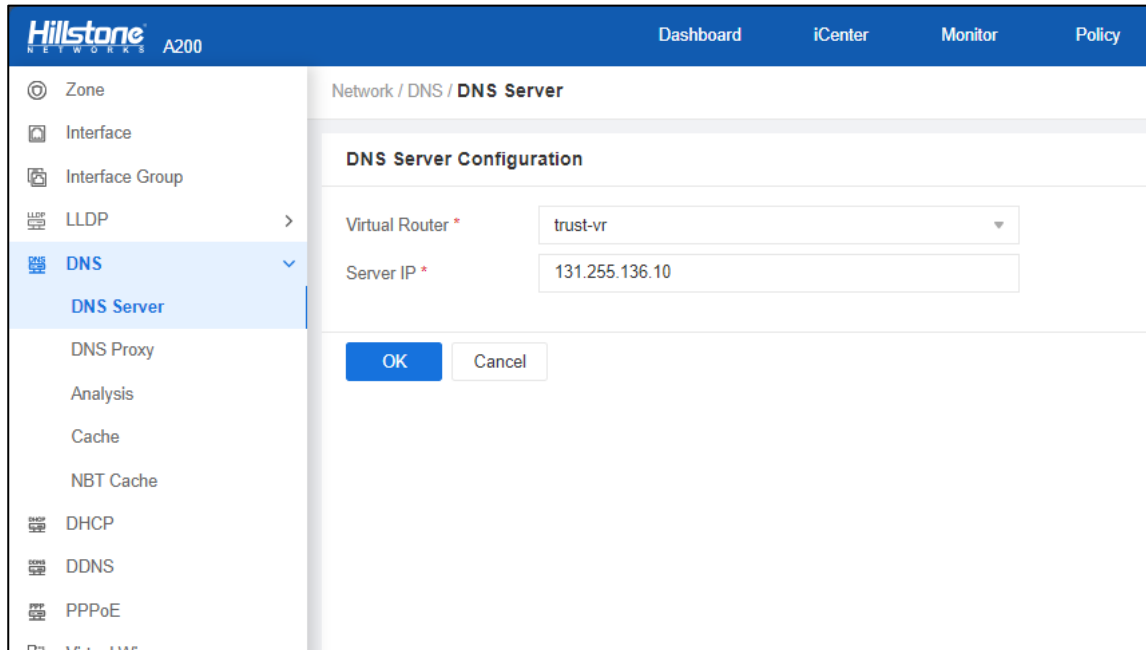


Figura 40 asignación del DNS de Movilmax.

Fuente: Elaboración propia.

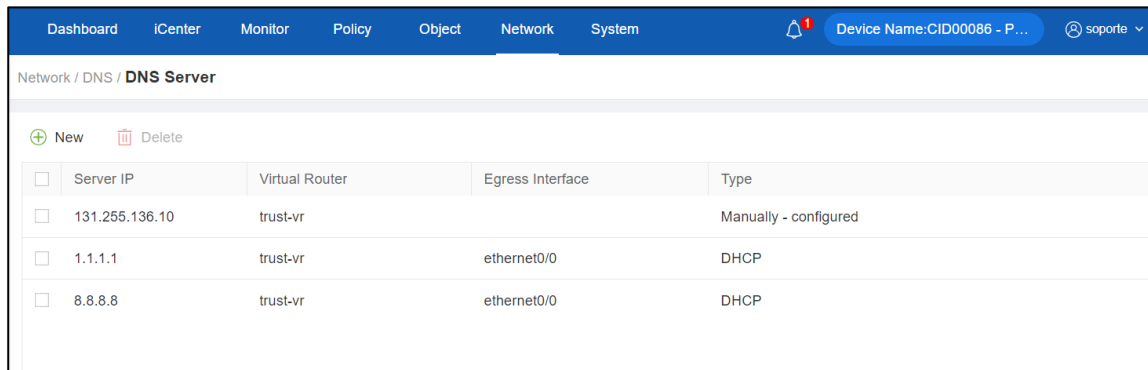


Figura 41 Verificación de DNS configurado en el equipo firewall.

Fuente: Elaboración propia.

Actualización de las bases de datos: Actualizar todas las bases de datos (DB) de las aplicaciones, categorías de URL, Antivirus e IPS.

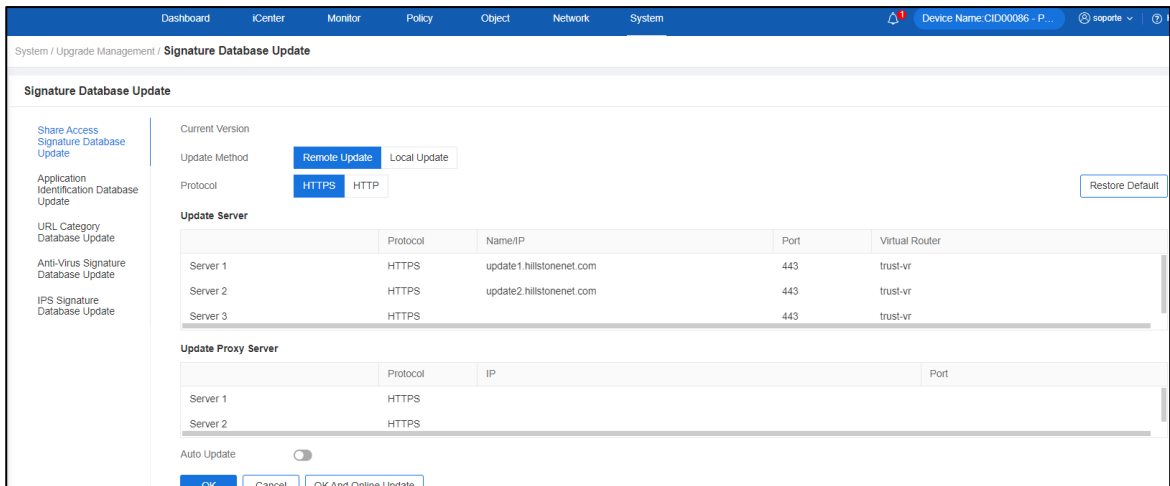


Figura 42 Procedimiento de la actualización de la Data Base.

Fuente: Elaboración propia.

Al culminar con la instalación de planta externa e interna, el supervisor del proyecto tiene 24 horas para entregar su informe de instalación para que este sea subido a al sistema de la empresa. En las Figura 43 se puede observar parte del informe de instalación del cliente.



Figura 43 Terminal remoto instalado en el cliente Pluspetrol.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez culminada la instalación se procede a realizar las validaciones con el NOC de Movilmax y con el cliente y así recibir su aprobación del servicio.

### 3.3. Resultados:

Al culminar la instalación, se continuó con la verificación del servicio de internet satelital, el cual mostró, como se puede apreciar en la Figura 44 el consumo de ancho de banda en el transcurso de 1 mes.

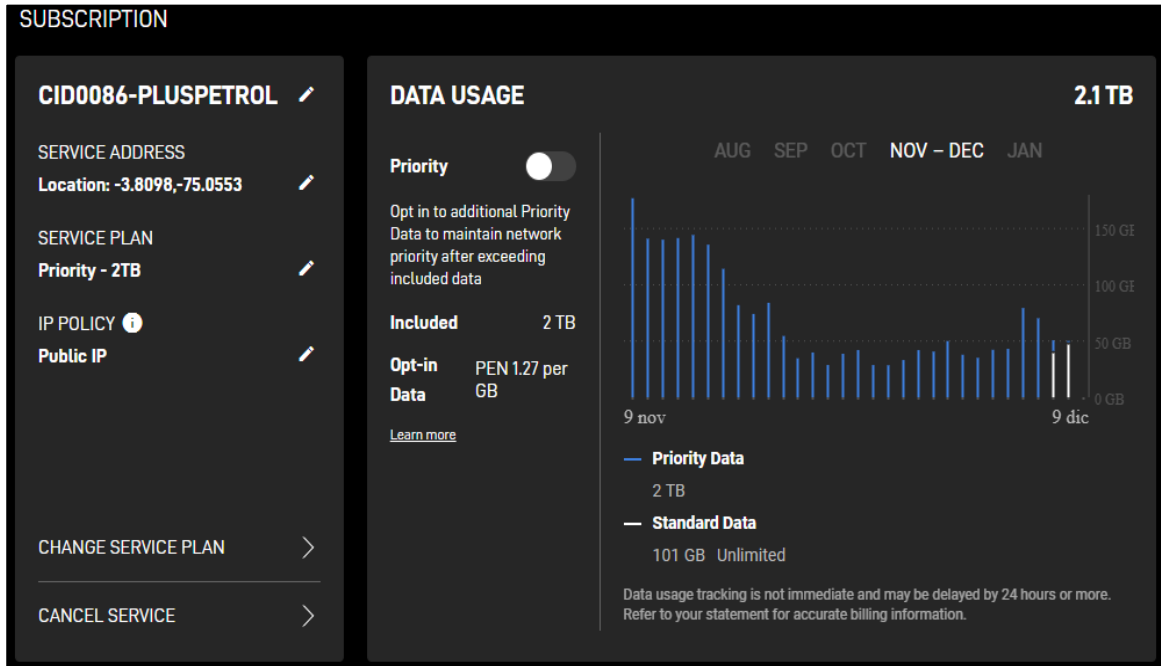


Figura 44 Consumo de ancho de banda del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 45 se realizó un test de velocidad mediante Speedtest para validar la velocidad del cliente y que este cumpla los parámetros asegurados por la marca, se observa que a velocidad de bajada es de 43,15 Mbps y la velocidad de subida es de 15.4Mbps.



Figura 45 Test de Velocidad en SpeedTest realizado en el local del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 46 se verificó el Throughput de bajada y de subida, se observa que en el Downlink se tiene picos de 60 a 70 Mbps y en el Upgrade se tienen picos de 10Mbps.

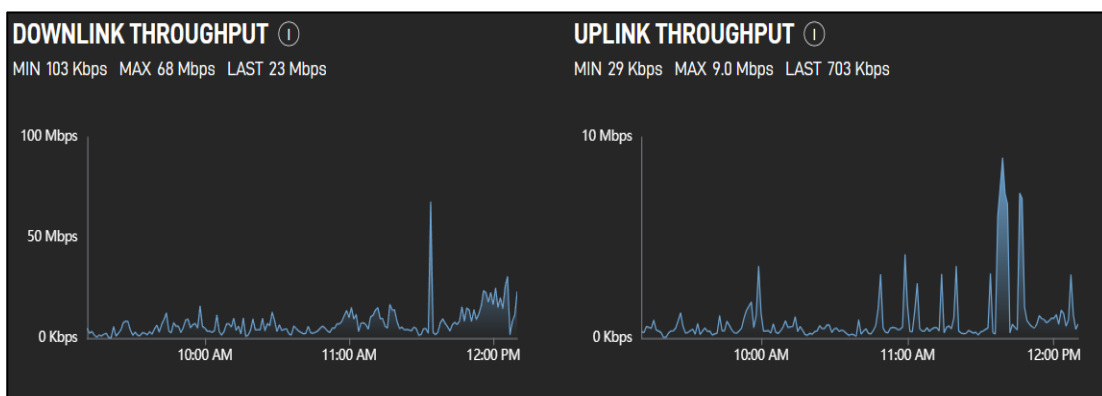


Figura 46 Verificación de ancho de banda de descarga y carga de servicio.

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó la verificación de la latencia para así asegurar que el cliente cuente con un servicio estable. En la Figura 47 se puede observar que la latencia no llega a picos mayores de 100ms, y que la latencia promedio es de 34 ms. Esto permite que las VPN del cliente tengan una conexión estable.

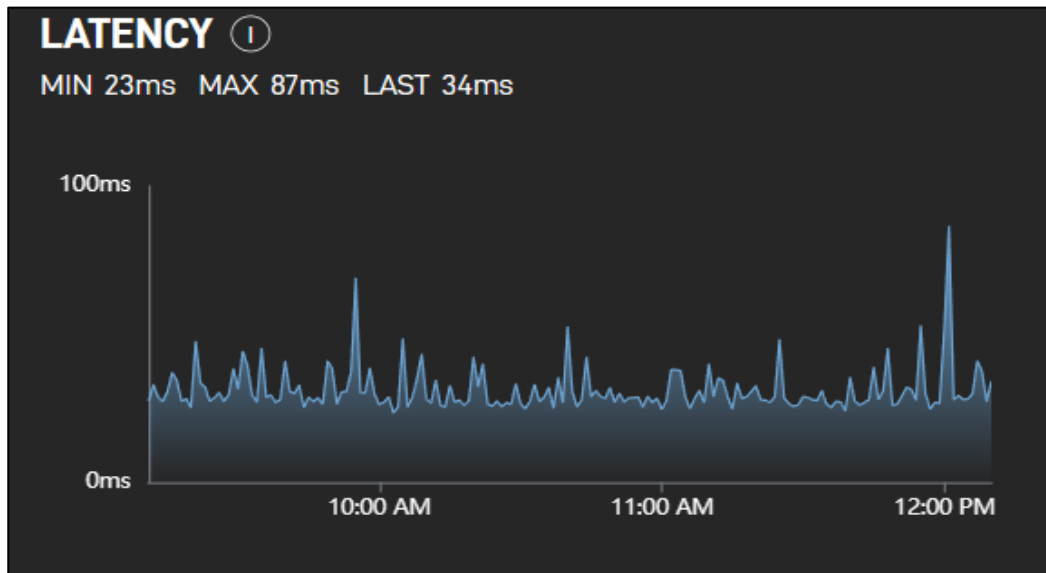


Figura 47 Verificación de la latencia en el transcurso del tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 48 se realizó un traceroute desde el equipo firewall, esto con el fin de validar la latencia del servicio. El traceroute fue hacia la IP de Movilmax 131.255.136.1. el resultado de la prueba fue de 57.750ms lo cual valida que nuestro enlace en latencia es menor a los 100 ms.



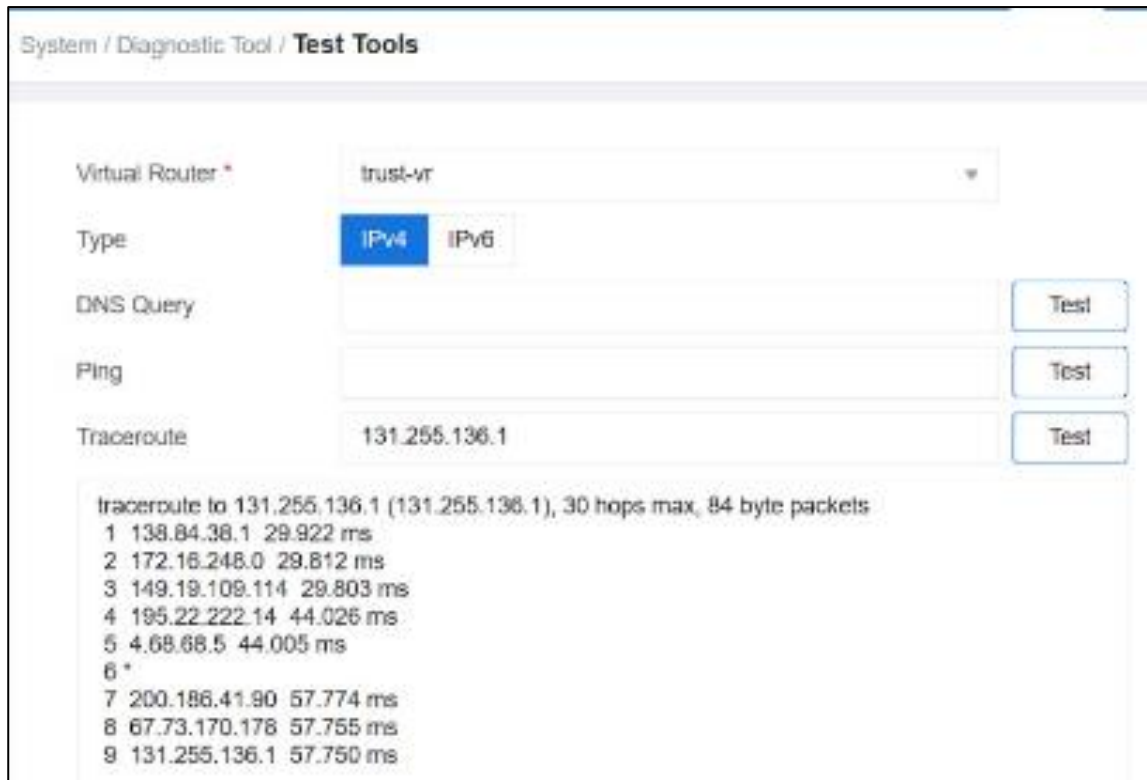


Figura 48 Validación de la Latencia del servicio satelital Starlink.

Fuente: Elaboración propia.

Para la validación de la señal en la sede del cliente realizamos un cálculo de la potencia de recepción aproximada para una distancia promedio de 550km puesto que nuestro cliente está ubicado en Loreto y tendría una elevación de 0°, además utilizando parámetros de la antena indicados por el fabricante a la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) haremos los cálculos matemáticos para validar el servicio.

**Tabla 5**

Parámetros del terminal remoto.

Parámetros a utilizar	
Área Efectiva	0.2052 m2
Ganancia de transmisión de la antena	36.4 dBi
Frecuencia central	14.25 GHz

Fuente: Presentación de la FCC de SpaceX SES-LIC-20230228-00228

**Tabla 6**

Parámetros del satélite.

Parámetros a utilizar	
Potencia de transmisión del satélite	3.69 W
Distancia de la antena al satélite	550 km

Fuente: <https://fcc.report/IBFS/SAT-MOD-20200417-00037/2274316>

Realizando el remplazo de los parámetros en la formula conseguimos el siguiente resultado:

$$P_{Rx} = \frac{P_{Tx} \times G_{Tx} \times A_{efectiva}}{4\pi D^2}$$

$$P_{Rx} = \frac{3.69 \text{ w} \times 36.4 \text{ dBi} \times 0.2052 \text{ m}^2}{4\pi (550000)^2}$$

$$P_{Rx} = 7.2505 \times 10^{-12} \text{ w}$$

$$P_{Rx} = -81.39 \text{ dBm}$$

La sensibilidad de la antena usuario de la marca Starlink es de -113dBm.(Merino-Fernandez et al., 2022)

Esto nos valida que en el lugar donde se instaló el terminal remoto funcionará correctamente, ya que nuestra potencia de recepción en Loreto no sobrepasa a la sensibilidad del terminal -113dBm.

También realizaremos el cálculo de la potencia de ruido, esto para validar el SNR que da la aplicación de Starlink.

$$P_{ruido} = K \times T \times \Delta F$$

$$P_{ruido} = 1.38 \times 10^{-23} \times 308.15 \times 14,25 \times 10^9$$

$$P_{ruido} = -102.1754 \text{ dBm}$$

En la Figura 49, se puede observar que el valor de la calidad de señal es óptimo. Según el fabricante esta señal es el SNR está expresado en porcentaje. Esto se puede calcular mediante un cálculo matemático.

$$SNR = P_{señal} - P_{ruido}$$

$$SNR = -81 - (-102.1754)$$

$$SNR = 21.1754 \text{ dB}$$

Con este resultado se valida que el valor de la calidad señal será óptimo, puesto que mientras más positivo sea el SNR mayor será la calidad de señal. El aplicativo Starlink nos confirma que la calidad recibida por el terminal remoto esta entre 93% y 100%.

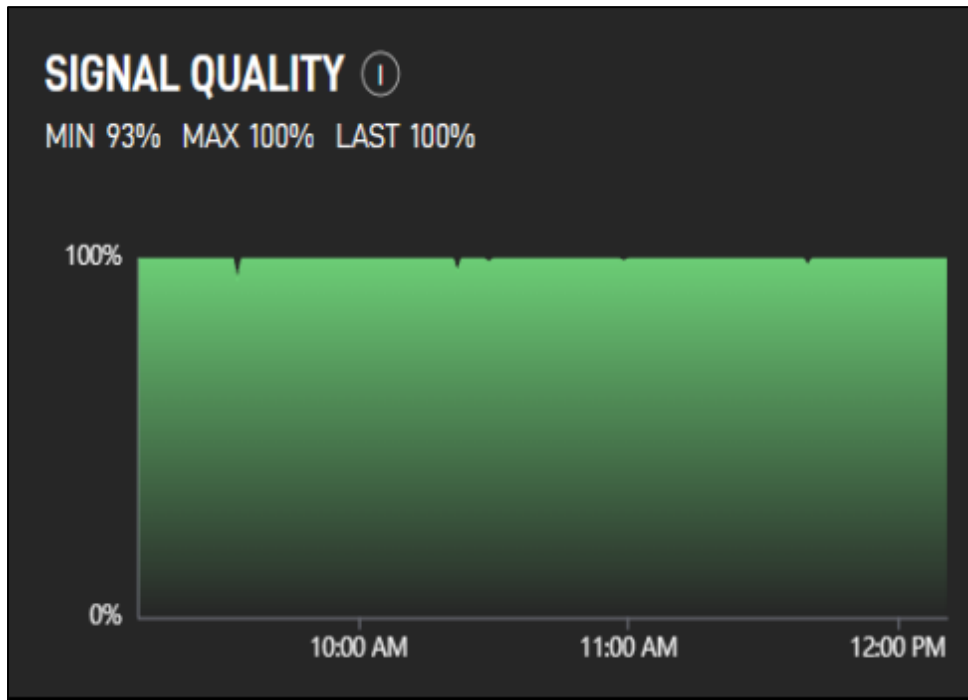


Figura 49 Verificación de la calidad de señal en el transcurso del tiempo.

Fuente: Elaboración Propia

La aplicación también nos permite visualizar el nivel de obstrucción que presenta el terminal remoto, según lo indicado por la Figura 50 se presenta un nivel de obstrucción de 0.01% lo cual no es impedimento para el buen funcionamiento del equipo terminal.

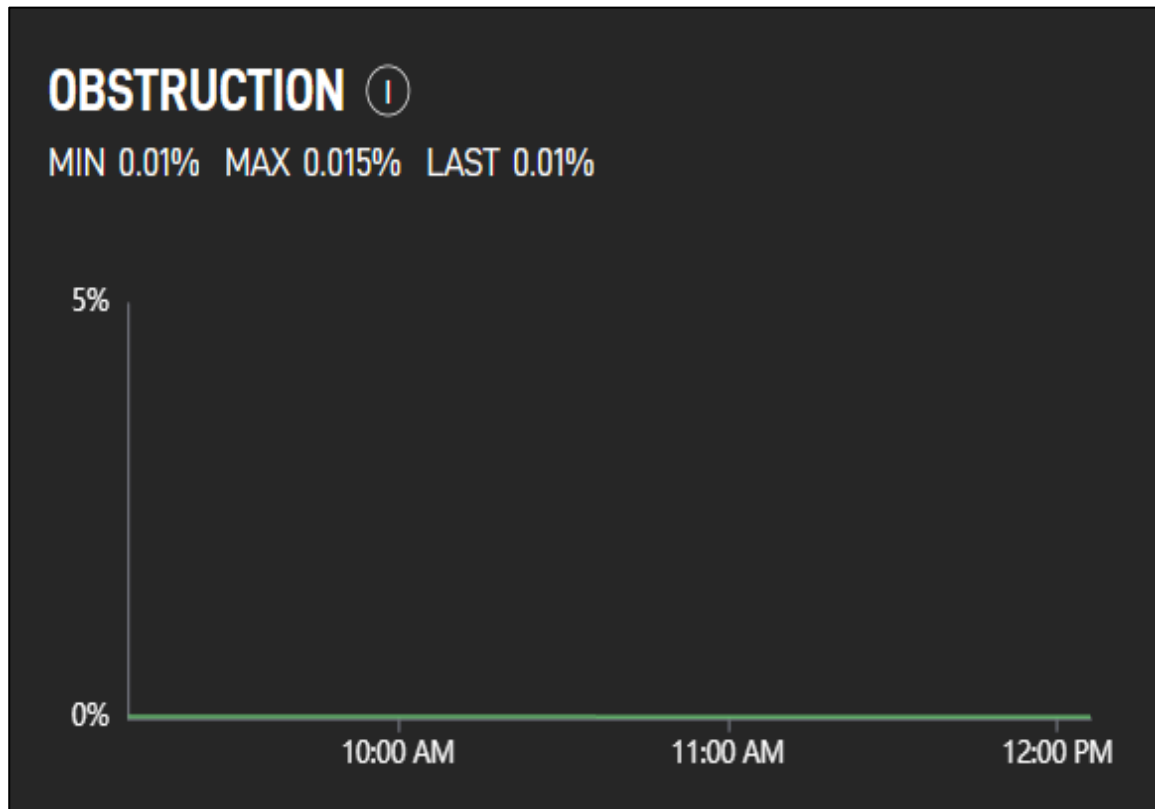


Figura 50 Verificación de la obstrucción del terminal remoto.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 51 en el recuadro negro se indica la descripción de la política la cual es permitir el acceso del tráfico a Internet. En el recuadro azul indica las redes de origen y destino, siendo el origen la red 192.168.2.0/24 (Red LAN) y el destino Internet.

ID	Name	Source		Destination		Service	Application	A..	Protection
		Zone	Address	Zone	Address				
6	ACCESO GENERAL A INTERN...	@ ...	192.168.2...	@ ...	...	Any		✓	🔒
17	ACCESO GENERAL A APPS(B...	@ ...	192.168.1...	@ ...	...	Any	Google-Play DNS VPN QUIC	✓	🔒
12	ACCESO APPS A HERRAMIEN...	@ ...	192.168.1...	@ ...	...	Any	WhatsApp-Voice	✓	🔒

Figura 51 Captura de la política establecida para el servicio de internet del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

Para la validación del funcionamiento correcto del Firewall, se realizó un seguimiento al funcionamiento del equipo y se puede observar en la Figura 52 En la pestaña Policy, se ha generado un bloqueo y acceso a páginas web y aplicativos. En la columna de Hit Count se observa el conteo de intentos que han impactado en la política los cuales esta remarcados por los cuadros de color rojo.

ID	Name	Source		Destination		Service	Application	A..	Protection	Hit Count	Schedule Val...	Sessio
		Zone	Address	Zone	Address							
6	ACCESO GENERAL A INTERNET ET...	...	192.168.2...	...	...	Any		...	652,372	Clear	yes	
17	ACCESO GENERAL A APPs(BANCO)	...	192.168.1...	...	...	Any	<ul style="list-style-type: none"> <li>Google-Play</li> <li>DNS</li> <li>VPN</li> <li>QUIC</li> </ul>	...	34,612	Clear	no	
12	ACCESO APPs A HERRAMIENTAS D...	...	192.168.1...	...	...	Any	<ul style="list-style-type: none"> <li>WhatsApp-Voice</li> <li>WhatsApp-Andr...</li> <li>WhatsApp</li> <li>WhatsApp-File...</li> </ul>	...	54,106	Clear	yes	
20	BLOQUEO DE APPs STREAMING	...	192.168.1...	...	...	Any	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facebook-Mes...</li> <li>Max+</li> <li>Disney</li> <li>Facebook</li> <li>Facebook-Apps</li> <li>Facebook-Chat</li> <li>Facebook-FileS...</li> <li>Facebook-Like ...</li> </ul>	...	337,908	Clear	no	

Figura 52 Captura de las políticas de bloqueo para el servicio del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 53 se observa que ingresando a la pestaña de URL Log podemos visualizar las URLs bloqueadas en tiempo real las cuales están señaladas por el recuadro color rojo. En el recuadro negro se puede ver la fecha y hora del intento de ingreso. En el recuadro verde se verifica que IP está intentando ingresar a estas URLs.

The screenshot shows a 'Monitor / Log / URL Log' interface. It features a 'Filter' button, 'Configure', 'Clear', and 'Export' options. The main content is a table with two columns: 'Time' and 'Message'. The table lists several log entries, each representing a blocked URL attempt. The 'Time' column contains timestamps like '2023-12-19 16:26:03'. The 'Message' column contains details such as 'WEB: IP 192.168.1.2:33772(138.84.38.67:33772)->142.250.0.94:443(142.250.0.94:443),user -,VR trust-vr,URL https://connectivitycheck.gstatic.com,catego...'. In the original image, the time and IP address fields are highlighted with black boxes, and the URL field is highlighted with a red box.

Time	Message
2023-12-19 16:26:03	WEB: IP 192.168.1.2:33772(138.84.38.67:33772)->142.250.0.94:443(142.250.0.94:443),user -,VR trust-vr,URL https://connectivitycheck.gstatic.com,catego...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:39726(138.84.38.67:39726)->151.101.178.73:443(151.101.178.73:443),user -,VR trust-vr,URL https://webcast19-normal-c-useast1a.tkt...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:39724(138.84.38.67:39724)->151.101.178.73:443(151.101.178.73:443),user -,VR trust-vr,URL https://webcast19-normal-c-useast1a.tkt...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:55744(138.84.38.67:55744)->34.102.162.219:443(34.102.162.219:443),user -,VR trust-vr,URL https://prod-mediate-events.applovin.co...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:54936(138.84.38.67:54936)->157.240.197.60:443(157.240.197.60:443),user -,VR trust-vr,URL https://media-lim1-1.cdn.whatsapp.net,c...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:54298(138.84.38.67:54298)->17.253.10.202:443(17.253.10.202:443),user -,VR trust-vr,URL https://ocsp2.apple.com,category Compute...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:39722(138.84.38.67:39722)->151.101.178.73:443(151.101.178.73:443),user -,VR trust-vr,URL https://webcast19-normal-c-useast1a.tkt...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:37666(138.84.38.67:37666)->157.240.197.60:443(157.240.197.60:443),user -,VR trust-vr,URL https://media-lim1-1.cdn.whatsapp.net,c...
2023-12-19 16:26:02	WEB: IP 192.168.1.2:54934(138.84.38.67:54934)->157.240.197.60:443(157.240.197.60:443),user -,VR trust-vr,URL https://media-lim1-1.cdn.whatsapp.net,c...

Figura 53 Captura de las URL bloqueadas en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 54 podemos observar el bloqueo de intentos de uso de aplicativos en los últimos 30 días. En el recuadro negro de la columna de Aplicaciones se tiene el nombre del aplicativo exacto al cual intentaron ingresar.

Monitor / Application Block / **Application**

Filter

Application	Real-time b...	Block coun...	Block cou...	Block count in 30...
+ Google-Play	5	11,831	158,520	415,365
+ YouTube	1	3,204	41,796	97,527
+ AndroidSystemUpdate	0	2,752	107,408	218,526
+ Facebook-Messenger	0	2,486	131,073	411,298
+ BuzzVideo	0	1,520	25,297	65,528
+ Xiaomi	0	1,418	74,355	156,120
+ QUIC	1	949	24,102	66,576
+ Facebook-Photo	1	814	27,940	78,745
+ TikTok	0	400	43,384	105,615
+ CloudFront	0	214	970	3,067

Displaying 1 - 45 of 45

Page 1

Figura 54 Captura del bloqueo a intentos de uso de aplicativos.

Fuente: Elaboración propia.



Con respecto a que tan rentable y económico es realizar un cambio de tecnología VSAT a una tecnología LEO, se puede visualizar en la Tabla 7 un resumen de características y precios.

**Tabla 7**

Comparativa de Características y precios del servicio Satelital en Loreto.

Tipo de servicio	VSAT	STARLINK	STARLINK + FIREWALL
Plazo de contrato	12 meses	12 meses	12 meses
Banda de frecuencia	Ku	Ku	Ku
Descarga	4Mbps	40 - 220 Mbps	40 - 220 Mbps
Carga	2Mbps	7 - 25 Mbps	7 - 25 Mbps
Latencia	> 500 ms	< 100 ms	< 100 ms
Precio Mensual (dólares)	\$2,530.00	\$329.21	\$700.00
Precio de instalación (dólares)	\$2,100.00	\$2,894.73	\$2,894.73
<b>Inversión total (12 meses)</b>	<b>\$55,560.00</b>	<b>\$38,687.28</b>	<b>\$43,136.76</b>

Fuente: Starlink.com & Axess Networks.com

## CONCLUSIONES

- Se implemento el servicio satelital con la plataforma Starlink y el firewall Hillstone de manera satisfactoria. En la implementación, la antena se ubicó en un mástil de 3 metros para que se pueda contar con mayor campo visual y que la señal no sea bloqueada por objetos terceros.
- El diseño se basa en una antena Starlink conectada a un adaptador ethernet para conectar un Firewall y brindar Internet a la sede de Trompeteros de la empresa Pluspetrol.
- Las políticas implementadas en el Firewall, bloqueos a redes sociales, permiten optimizar el ancho de banda contratado por el cliente evitando saturación y lentitud en la navegación.
- Se calculó Prx y SNR matemáticamente verificando los valores correctos obtenidos de la antena Starlink. Los valores de Prx y SNR calculados se obtuvieron -81.39 dBm y 21.1754 dB respectivamente.
- En la prueba de test de velocidad se obtuvo 248.31Mbps de descarga y 43.20Mbps de subida, estando en el ancho de banda contratado por el cliente. También, se verifico la latencia con un promedio de 34ms.
- Realizar el cambio de la tecnología de Vsat (Geoestacionario) a LEO con la marca Starlink hace que la inversión en el proyecto sea 12,423.00 dólares menor para el cliente, por lo que se concluye que es más rentable para las empresas contar con un servicio satelital LEO.

## RECOMENDACIONES

- Se requiere emplear un equipo GPS de alta precisión para al recopilar información, con el fin de tener registrado la ubicación exacta del local del cliente.
- Para realizar la recopilación de datos de manera efectiva, se aconseja contar con profesionales que tengan conocimiento en el diseño de planta externa e instalación de equipos satelitales. Esto para permitirá agilizar y concluir el levantamiento de información e identificar posibles obstáculos que impida el buen funcionamiento del terminal remoto. Además, estos expertos estarán en posición de determinar las herramientas y materiales requeridos para implementar la red de manera eficiente.
- Antes de proceder con la instalación de un equipo satelital, es aconsejable verificar con precisión la ubicación del terminal remoto que se instalará en la zona.
- Es recomendable que en cualquier tipo de instalación de servicio satelital con bolsa de ancho de banda se instale un equipo de seguridad que permita el control del consumo de ancho de banda al cliente, esto también garantiza el óptimo funcionamiento de la red y previene ataques a la red interna del cliente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bermudez, F. L. (1973). Ensayo de presentación geográfica de la provincia de Murcia a partir de las fotografías de satélites artificiales.
- Díaz Medina, J. A. (2015). Diseño de un telecentro en la localidad de Abelardo Lezameta, distrito de Bolognesi, departamento de Ancash [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/6021>
- EcuRed. (s. f.). Satélite militar—EcuRed. Recuperado 10 de septiembre de 2023, de [https://www.ecured.cu/Sat%C3%A9lite\\_militar](https://www.ecured.cu/Sat%C3%A9lite_militar)
- EOS Data Analytics. (2023, abril 26). Tipos De Satélites: Diferencias En Sus Funciones Y Utilidad. <https://eos.com/es/blog/tipos-de-satelites/>
- ESA - Eduspace ES. (2011, marzo 2). Satélites de observación terrestre. European Space Agency. [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_ES/SEMJC07SXIG\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMJC07SXIG_0.html)
- Luque Ordóñez, J. (2013). Comunicaciones por satélite.
- Merino-Fernandez, I., Khemchandani, S. L., Del Pino, J., & Saiz-Perez, J. (2022). Phased Array Antenna Analysis Workflow Applied to Gateways for LEO Satellite Communications. *Sensors*, 22(23), 9406.
- Rosado, C. (2000). Comunicación por satélite, Principios, tecnologías y sistemas. AHCJET.
- ruge.axessnet. (2021a, septiembre 1). Los satélites artificiales ¿Conozca como funcionan? axessnet. <https://axessnet.com/los-satelites-artificiales/>



ruge.axessnet. (2021b, septiembre 1). Los satélites artificiales ¿Conozca como funcionan? axessnet. <https://axessnet.com/los-satelites-artificiales/>

Shulakova, D. (2023). Estimation of the Starlink Global Satellite System Capacity. 11(1), 55-59.

Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (cuarta edición).

## ANEXOS

- Anexo 1. Informe de Instalación.

<b>MOVILMAX</b>		Informe de Instalación - PLUSPETROL		CODIGO: 20232007-001
				FECHA: 20/07/2023
Elaborado por:	Instalaciones	Provincia:	Loreto	
Nombre del cliente:	PLUSPETROL	Fecha y hora de solución:	19/08/2023 - 02:00	
Tipo de servicio:	Satelital			
				
1	Ubicación del Cliente			
				
2	Local del Cliente			



3

**Instalacion de Antena**



4

**Caja de paso para ingreso de cable de red**



5

**Ubicación de CPE y Adaptador Ethernet en Rack del cliente**

- Anexo 2. Guía de entrega de equipamiento



**MMX INFR A S.A.C.**  
Av. Javier Prado Oeste 2501, Piso 3 Oficina 304  
Lima - Lima - Magdalena del Mar

**R.U.C. 20600855078**

**GUÍA DE REMISIÓN - REMITENTE**

**0001 - Nº 000328**

Punto de Partida: <i>Av. Javier Prado Oeste 2501</i>	Punto de Llegada: <i>Av. Javier Prado Oeste 2501 Oficina 304</i>
Fecha de Inicio del Traslado: <i>07/07/2023</i>	Razón Social del DESTINATARIO: <i>Pius Petrol Norte en Liquidación</i>
Costo mínimo:	Número de RUC: <i>20506333202</i>
UNIDAD DE TRANSPORTE Y CONDUCTOR: Marca y Número de Placa: Nº de Constancia de Inscripción: Nº de Licencia de Conducir:	EMPRESA DE TRANSPORTES: Nombre o Razón Social:  Nº de RUC:

CÓDIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNID. DE MEDIDA	PESO TOTAL
	<i>03</i>	<i>KIT STARLINK HIGH PERFORMANCE</i>		
		<i>02 Cables de Poder</i>		
		<i>03 Router Starlink</i>		
		<i>02 Cables Serial - Serial</i>		
		<i>01 Cable Serial - RJ45</i>		
		<i>03 Router Wifi Starlink Serial</i>		
		<i>03 UTM Marca HUISTONE 4 Puerto y Cable</i>		
		<i>S/Nº 632492721207052</i>		
		<i>Modelo: S6-6000-A2</i>		

Tipo y número de comprobante de pago: *1000*

MOTIVO DEL TRASLADO:  4. CONSIGNACION  7. PARA TRANSFORMAR  10. VENTA CON ENTREGA DE CONTENIDO

1. VENTA  2. VENTA SIN ENTREGA DE CONTENIDO  3. VENTA DE BIENES TRANSFORMADOS  5. ENTRE ESTADOS DE LA NORMATIVA  6. RESULTANTE  8. R.U.C.  9. R.U.C. y Número

**REMITENTE**

**RECIBIDO**



**PLUSPETROL NORTE SA EN LIQUIDACION**

**2023**

**SIN ESTAR NECESARIAMENTE DE ACUERDO CON EL CONTENIDO**




- Anexo 3. Acta de instalación del servicio.

ACTA DE INSTALACION DE SERVICIO		MOVILMAX	
Supervisor	Unboxing en Lima - Andrés Escudero	Fecha: 13/07/2023	
<b>Datos del Cliente</b>			
Nombre	Pluspetrol Norte S.A. En Liquidación		
Dirección / Circuito	Campamento Trompeteros - Loreto (-3.80961,-75.05599) - CID00086		
Persona(s) de contacto	Juan Rosales		
	Telef	945943033	E-mail   jrosales01@ppnorte.com.pe
Tipo de Servicio	Internet	<input checked="" type="checkbox"/>	L2L
	Fibra Oscura	<input type="checkbox"/>	Seguridad
		<input checked="" type="checkbox"/>	Otros Servicios
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Datos de Instalación</b>			
Ancho de Banda	Internet Satelital plataforma Starlink		
Condición del Servicio	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>	Baja
		<input type="checkbox"/>	Otros
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de Enlace	Fibra	<input type="checkbox"/>	Satelital
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Observaciones</b>			
Se realizó las pruebas del servicio posterior a la instalación por parte del cliente del servicio de internet y seguridad en Trompeteros. Se configuraron y validaron las políticas de seguridad del firewall con su red LAN y WiFi Public/Telecom, de acuerdo al diagrama de red solicitado.			
Los equipos asociados al servicio instalado, son propiedad de MMX INFRA S.A.C.(MOVILMAX), encontrándose estos en calidad de comodato. El presente documento deja constancia de la instalación, prueba y puesta en operación del sistema de comunicaciones por parte de MMX INFRA y da conformidad de la operatividad del servicio por parte del CLIENTE.			
<b>POR EL CLIENTE</b>		<b>MMX INFRA SAC</b>	
Firma:		Firma:	
Nombre:	<b>Juan F. Rosales Távora</b> Coordinador de Sistemas	Nombre:	<b>CARLOS P. STORR MAYER ALLENDE</b> Ingeniero de Telecomunicaciones
DNI:	y Telecomunicaciones	DNI:	CIP N° 310403
Pluspetrol Norte S. A. <b>ASISTENTE TECNICO - MMX INFRA S.A.C</b>			
E-mail: noc@movilmax.com Central Telefónica: (+51)321-3000			

- Anexo 4. Vista panorámica de la instalación final



- Anexo 5. Datasheet del equipo firewall Hillstone.

	
<b>Firewall Throughput <sup>(1)</sup></b>	1 Gbps
<b>NGFW Throughput <sup>(2)</sup></b>	300 Mbps
<b>Threat Protection Throughput <sup>(3)</sup></b>	200 Mbps
<b>Maximum Concurrent Sessions <sup>(4)</sup></b>	300,000
<b>New Sessions/s <sup>(5)</sup></b>	15,000
<b>IPS Throughput <sup>(6)</sup></b>	610 Mbps
<b>AV Throughput <sup>(6)</sup></b>	550 Mbps
<b>IPsec VPN Throughput <sup>(6)</sup></b>	0.62 Gbps
<b>SSL Proxy Throughput <sup>(7)</sup></b>	15 Mbps
<b>Virtual Systems (Default/Max)</b>	N/A
<b>Firewall Policy Number</b>	4000
<b>SSL VPN Users (Default/Max)</b>	8/128
<b>IPsec Tunnel Number</b>	512
<b>Management Ports</b>	1 x Console Port, 2 x USB 2.0 Ports
<b>Fixed I/O Ports</b>	1xSFP, 5xGE
<b>Wi-Fi</b>	N/A
<b>Available Slots for Expansion Modules</b>	N/A
<b>Expansion Module Option</b>	N/A
<b>Twin-mode HA</b>	N/A
<b>Local Storage</b>	4 GB
<b>Expansion Storage Options</b>	N/A
<b>Power Specification</b>	24W, Single AC (default)
<b>Power Supply</b>	AC 100-240 V 50/60 Hz
<b>Form Factor</b>	Desktop
<b>Dimensions (W x D x H, mm)</b>	180 x 110 x 28
<b>Dimensions (W x D x H, inches)</b>	7.1 x 4.3 x 1.1
<b>Weight</b>	2.2 lb (0.6 kg)
<b>Working Temperature</b>	32-104°F (0-40°C)
<b>Relative Humidity</b>	10-95% non-condensing

- Anexo 5. Parámetros de Radiación del terminal remoto Starlink indicados a la FCC.

**TABLE 2: RADIATION FROM SPACEX PHASED ARRAY UT VERSION 1 (OCCUPATIONAL / CONTROLLED) <sup>6</sup>**

**Input Parameters**

Antenna Dimensions, $D_1, D_2$	0.57, 0.36 m
Frequency, $f$	14.25 GHz
Max Power into antenna, $P_{max}$	3.69 W
Max EIRP, $EIRP_{max}$	16218 W
Max EIRP, $10 \log(EIRP_{max})$	42.1 dBW
Aperture efficiency, $\eta$	74.3%
Maximum Transmit Duty Cycle, $DTx'$	51.5%

**Calculated Values**

Wavelength, $\lambda = \frac{c}{f}$	0.0211 m
Area of Reflector, $A = D_1 D_2$	0.2052 m <sup>2</sup>
Max Antenna Gain, $G_{max} = \frac{\eta \pi A}{\lambda^2}$	4322.8
Max Antenna Gain, $10 \log(G_{max})$	36.4 dBi
Length of Near Field, $R_{nf} = \frac{D_1^2}{4\lambda}$	3.86 m
Beginning of Far Field, $R_{ff} = 0.6 \frac{D_1^2}{\lambda}$	9.26 m


**Maximum Power Density Calculations**

Power Density in Far Field, $S_{ff} = DTx' \frac{EIRP_{max}}{4\pi R_{ff}^2}$	0.78 mW/cm <sup>2</sup>
Power Density in Near Field, $S_{nf} = DTx' \frac{4P_{max}}{\eta A}$	4.99 mW/cm <sup>2</sup>
Power Density Off-axis Near Field (20dB below peak), $S_{nf,off-axis} = \frac{S_{nf}}{100}$	0.05 mW/cm <sup>2</sup>
Power Density at Antenna Surface, $S_{ref} = DTx' \frac{4P_{max}}{A}$	3.70 mW/cm <sup>2</sup>

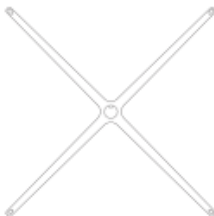
- Anexo 6. Datasheet de la Antena y componentes de Starlink.

**STARLINK HIGH PERFORMANCE KIT**
STARLINK


---




Dish




Base




Power Supply




Router




Starlink Cable  
25 m  
(82 ft)




Ethernet Cable  
5 m  
(16.5 ft)



Router Cable  
2 m  
(6.5 ft)




AC Cable (Power Supply)  
1.8 m  
(6 ft)



AC Cable (Router)  
1.8 m  
(6 ft)

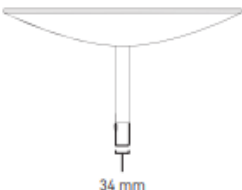
---

**STARLINK HIGH PERFORMANCE DISH**
STARLINK




575 mm  
(22.6 in)

511 mm  
(20.1 in)



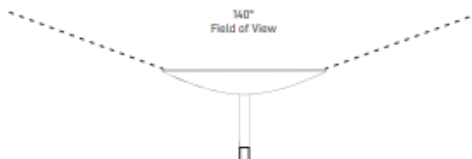
380 mm  
(15 in)

34 mm  
(1.3 in)



613 mm  
(24.1 in)

<b>Antenna</b>	Electronic Phased Array
<b>Field of View</b>	140°
<b>Orientation</b>	Motorized Self Orienting
<b>Dish Weight</b>	6.9 kg (15 lbs) without Cable 9.4 kg (21 lbs) with 25 m (82 ft) Cable
<b>Environmental Rating</b>	IP56
<b>Operating Temperature</b>	-30°C to 50°C (-22°F to 122°F)
<b>Wind Speed</b>	Operational: 80 kph+ (50 mph+)
<b>Snow Melt Capability</b>	Up to 75 mm / hour (3 in / hour)
<b>Power Consumption</b>	Average: 110-150 W
<b>Wi-Fi</b>	Dual Band Wi-Fi 5 - 3x3 MIMO
<b>User LAN</b>	RJ45 Cable



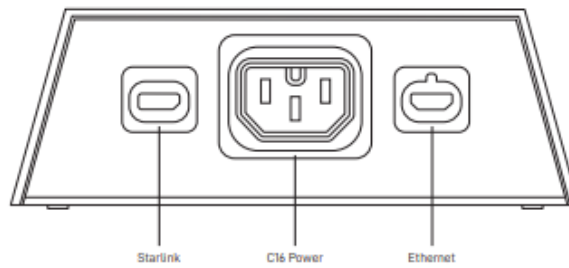
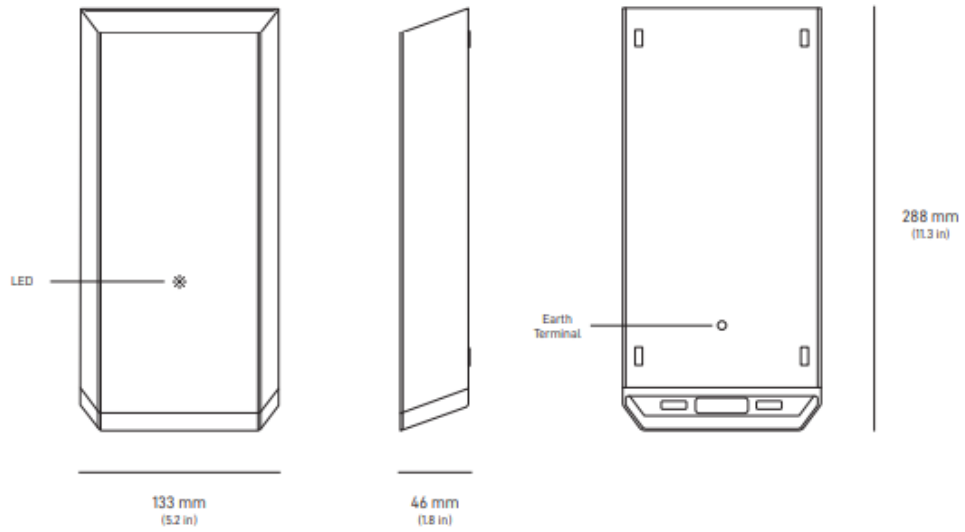
140°  
Field of View

[support.starlink.com](http://support.starlink.com)

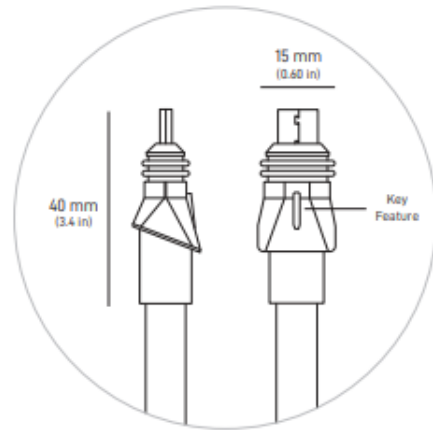
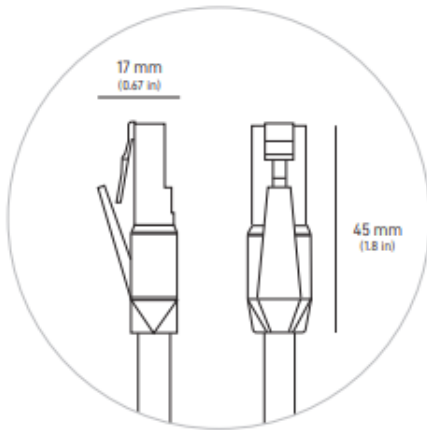
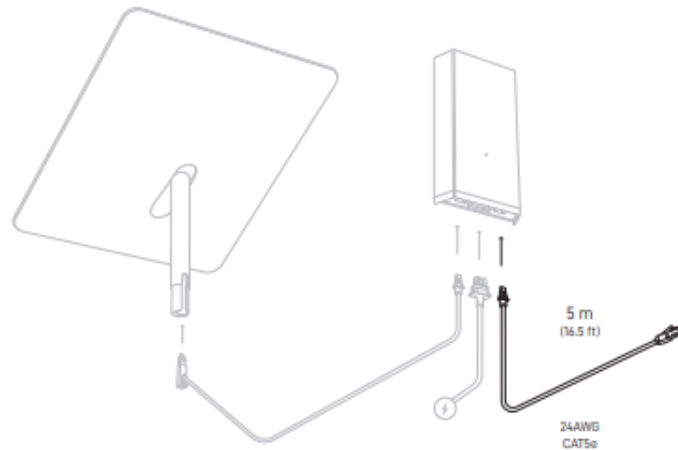
72

**POWER SUPPLY UNIT**

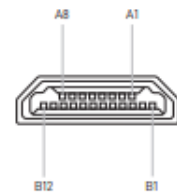
STARLINK



<b>Environmental Rating</b>	IP56
<b>Operating Temperature</b>	-30°C to 50°C (-22 to 122°F)
<b>Weight</b>	1.5kg (3lbs)
<b>Grounding</b>	Dedicated Earth Terminal
<b>Power Specifications</b>	100-240V - 6.3A 50 - 60 Hz
<b>Mounting</b>	Included Wall Mount



End	Pin	Ethernet Pin	Wire Color	Pin	End
RJ45	A1, A2	B+	Orange White	A1, A2	Power Supply
	A3, A4	B-	Orange	A3, A4	
	A5, A6	A+	Green White	A5, A6	
	A7, A8	A-	Green	A7, A8	
	B1, B2	--	N / C	B1, B2	
	B3, B4	--	N / C	B3, B4	
	B5	D+	Brown White	B5	
	B6	D-	Brown	B6	
	B7	C-	Blue White	B7	
	B8	C+	Blue	B8	
	B9, B10	--	N / C	B9, B10	
	B11, B12	--	N / C	B11, B12	
	Shield Can	Drain Wire		Shell	



support.starlink.com