

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN TELEPUERTO SATELITAL CON HIGH
THROUGHPUT SATELLITE (HTS) EN LA BANDA DE FRECUENCIA KU
EN LA EMPRESA ANDESAT PERÚ S.A.C.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

RODRIGUEZ RODRIGUEZ, GABRIEL SEBASTIAM

ASESOR

CASTRO PULCHA, BERNARDO ELIAS

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

A mi madre

Luzmila Rodríguez Guerra por brindarme todo lo necesario para salir adelante, darme todo su amor, cuidados y buenos consejos; por guiarme siempre por el buen camino y ser mi motor y motivo todos los días.

A mi padre

Justo Rodríguez Vera por el apoyo en parte de mi carrera universitaria, por las enseñanzas, por siempre confiar en mí y alentarme a no rendirme.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme salud, sabiduría y la dicha de lograr una de mis metas.

A mis padres, hermanos y familiares por haberme acompañado en mis años de estudio, por todo su amor y consejos, por apoyarme y alentarme a no rendirme en los momentos difíciles.

A Sergio Lastra Peñaloza y todo el grupo Andesat Perú, por el apoyo y los ánimos de superación que me muestran día a día en la empresa.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3.1. Teórica	3
1.3.2. Espacial.....	4
1.3.3. Temporal.....	4
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4.1. Problema General	4
1.4.2. Problemas Específicos.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
CAPÍTULO III: IMPLEMENTACION DE UN TELEPUERTO SATELITAL CON HIGH THROUGHPUT SATELLITE (HTS) EN LA BANDA DE FRECUENCIA KU	17
3.1. MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO.....	17
3.1.1. Descripción del proyecto	17
3.1.2. Consideraciones para la implementación.....	18
3.1.3. Equipos que componen el HUB satelital	21
3.1.4. Descripción detallada del Hub.....	27
3.1.5. Subsistema Forward Link:.....	30
3.1.6. Subsistema Return Link	30
3.1.7. Descripción de Instalación del telepuerto Satelital.	31
3.2. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	33
3.2.1. Pruebas de Transmisión	33

3.2.2. Pruebas de Recepción.....	34
3.2.3. Estación Remota.....	35
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES.....	39
BIBLIOGRAFIA	40
ANEXOS.....	41

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: High Throughput Satellite (HTS)	9
Figura 2: Eficiencia espectral del DVB-S2X comparadas con el DVB-S2	11
Figura 3: Telstar 19 Vantage.....	12
Figura 4: Estructura general de una estación terrena	13
Figura 5: Arquitectura de telepuerto satelital.....	17
Figura 6: Área de convergencia del beam 9	19
Figura 7: Información del lugar	20
Figura 8: Parametros de apuntamiento.....	21
Figura 9: Antena vertex 6.1m, Ku band.....	21
Figura 10: HPA Advantech.....	22
Figura 11: Guías de onda rígidas y flexible	23
Figura 12: Low Noise Block	24
Figura 13: iDirect 20-slot HUB series 15000	24
Figura 14: Potente tarjeta de línea de transmisión (ULC-T).....	25
Figura 15: Potente tarjeta de línea de recepción (ULC-R)	26
Figura 16: Switch Nexus 31108TC-V	26
Figura 17: Router cisco 3900	27
Figura 18: Diagrama de bloques del HUB.....	27
Figura 19: Diagrama de red e infraestructura	29
Figura 20: Izaje pedestal antena 6.1m	31
Figura 21: Izaje plato satelital.	32
Figura 22: Parametros de apuntamiento.....	33
Figura 23: Potencia de transmision.....	34
Figura 24: Transmisión del HPA	34
Figura 25: Espectro de la ganancia de entrada	35
Ilustración 26: Potencia de recepción	35
Figura 27: Espectro de frecuencia portadora pura.....	37
Figura 28: Rack HUB satelital	43

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Frecuencia de trabajo y carrier ID del transpondedor K17	18
Tabla 2: Datasheet antena vertex 6.1m, Ku band.....	22
Tabla 3: Especificaciones técnicas	23
Tabla 4: Portadoras de subida	30
Tabla 5: Configuración remota de prueba.....	36
Tabla 6: Valores de la remota de prueba.....	37
Tabla 7: Detalle de los servidores.....	42
Tabla 8: Información de caja de chasis.....	42
Tabla 9: Información de las tarjetas de Tx y Rx.	42

INTRODUCCIÓN

La comunicación vía satélite es uno de los resultados de estos estudios donde dos estaciones terrenas distantes entre sí (miles de kilómetros) logran comunicarse gracias a un satélite. Un satélite es de gran utilidad en diferentes campos como el militar, ambiental, medicina, prevención de desastres, etc.

Estos también se fueron sofisticando y mejorando su tecnología y rendimiento haciéndolos más eficientes, los High Throughput Satellite (HTS) son un claro ejemplo de ello. Estos satélites de alto rendimiento o caudal hacen uso de spot beams distribuidas en una determinada área para ofrecer servicios de cobertura satelital aumentando la capacidad y caudal para así satisfacer a los clientes con un menor costo por bit; y el reuso de frecuencias es uno de los factores más importantes para lograr esa alta capacidad y gran caudal.

Los satélites HTS tienen la capacidad de combinar una mayor densidad de reuso de frecuencias, utilizando transpondedores de mayor ancho de banda.

Andesat Perú S.A.C es una empresa que se dedica a proporcionar acceso al servicio de internet satelital de banda ancha, este servicio permite la comunicación entre terminales remotos y un punto de concentración, En el cual se puede asignar ancho de banda según demande la estación, y así transmitir tráfico IP.

Por ello Andesat Perú S.A.C para ofrecer un servicio de calidad que cubra todo el territorio nacional de manera constante con altos valores de ganancia tanto en la transmisión y recepción, para así tener usuarios satisfechos con una mayor demanda del servicio satelital, implemento un telepuerto satelital en el Perú específicamente en Lima en el distrito de Miraflores haciendo uso de High Throughput Satellite y diferentes equipos con tecnologías favorables para el servicio satelital.

Este trabajo de investigación consta de un capítulo inicial que trata del planteamiento del problema, en la que se define, afina y estructura de manera formal la idea que mueve la investigación planteada, en el siguiente capítulo se describe el marco teórico que va a fundamentar el proyecto considerado con base al planteamiento del problema que se ha realizado, y un tercer capítulo que trata de la metodología del trabajo para la implementación del telepuerto satelital con todos los equipos e infraestructura utilizada para su funcionamiento.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Las comunicaciones para las personas es una necesidad importante que día a día se pone en práctica desde hace miles de años, ya sea verbal o no verbal, para así poder transmitir lo que cada uno piensa ya sea con algún familiar, en la sociedad, en el trabajo, etc. Esta interacción entre dos o más personas se puede dar en un mismo ambiente o en ambientes distintos donde por medio de aparatos tecnológicos se logra esta comunicación.

Las telecomunicaciones (comunicación a distancia) juegan un papel importante en la transmisión de información entre un emisor y receptor que están en distintos lugares haciéndoles sencilla la manera de intercambiar información por diferentes medios como teléfono, radio, televisión, internet, telemetría, etc. A lo largo de los años se fueron inventando diferente tipo de tecnologías haciendo que la comunicación sea rápida, eficaz y eficiente; facilitando al ser humano y haciéndole más sencillo el intercambio de información.

En el plano militar se tenía la necesidad de comunicarse ya sea en una guerra u otro ejercicio militar, es allí que nace la comunicación vía satélite donde haciendo uso de un satélite se logra intercambiar información. Actualmente la comunicación vía satélite no solamente es utilizada por militares sino también de manera comercial por empresas, gobiernos entre otros.

Los sistemas VSAT es uno de los servicios ofrecidos, se trata de pequeños terminales que se pueden instalar en zonas rurales de difícil acceso y conectarse a un Hub central gracias a un satélite. Estas soluciones satelitales demandan una inversión muy alta, principalmente por el ancho de banda que se requiere tener disponible en un satélite y sobre todo por los costos del equipamiento. Por lo cual, en muchos casos la implementación de estas soluciones o bien se realizan con pequeños anchos de banda (bajas velocidades de Tx/Rx) o no se llegan a implementar.

Por esta razón la implementación de un telepuerto satelital (HTS) en Lima ayudara a mejorar la eficiencia de dichos sistemas para nuestro país, mediante parámetros tales como la potencia de transmisión y recepción y el uso de haces

tipo spot; lo cual permitiría tener sistemas más eficientes tanto en transmisión, eficiencia espectral y costos.

Por esta razón la empresa Andesat Perú S.A.C realizó esta infraestructura con el afán de brindar a sus usuarios una mejor calidad de servicio satelital, mayor cobertura y mejores potencias de recepción y transmisión; de esta manera posicionarse en el mercado de los sistemas satelitales como una empresa de calidad y servicio garantizado. Actualmente el telepuerto satelital funciona y poco a poco se van descartando problemas y/o situaciones que afecten el buen funcionamiento de dicha infraestructura satelital.

1.2. Justificación del Proyecto

Con este telepuerto satelital los usuarios finales (estaciones terrenas remotas) tendrán una mejor calidad de servicio debido al satélite HTS; mejorara los servicios de banda ancha satelital en el Perú ofreciendo planes de mejor calidad por el mismo precio de los satélites de servicio fijo además de la puesta en marcha del telepuerto con High Througput Satellite el aprendizaje de equipos nuevos en las diferentes etapas de la trasmisión y recepción de datos, el soporte inmediato para posibles fallas de estaciones terrenas. En conclusión, como factor de inclusión social a nivel nacional.

La compra de antenas, equipos y la infraestructura necesaria para la implementación del telepuerto satelital es posible gracias a los recursos con los cuales cuenta la empresa ANDESAT PERU S.A.C, además del respaldo técnico calificado por ello la inversión está justificada por el plan económico con resultados favorables.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

Se fundamenta en la teoría de satélites HTS, también en la teoría de los equipos utilizados en el proceso de implementación del telepuerto satelital en los diferentes procesos que realice dicho telepuerto, además de la infraestructura ya existente de telepuerto satelital en Chile.

1.3.2. Espacial.

La implementación del telepuerto satelital se realizará en los ambientes de ANDESAT PERU S.A.C. ubicado en calle José Mártir Olaya nro. 129 int. 1902 urb. Miraflores Lima.

1.3.3. Temporal.

Comprende el periodo de tiempo entre octubre del 2018 hasta el mes de marzo del 2019.

1.4. Formulación del Problema

El presente trabajo de suficiencia profesional describe la implementación y puesta en marcha de un telepuerto satelital con High Throughput Satellite en la banda de frecuencia Ku ya que en Perú no se contaba con dicha infraestructura satelital con HTS, además que la empresa brinda servicios y cuenta con varios clientes, pero el HUB está ubicado en Chile, al estar ubicado allá las ganancias y parámetros no son los mismos si la infraestructura estaría ubicada en Perú, además del soporte inmediato que se le puede brindar aquí.

1.4.1. Problema General

¿Cómo implementar un telepuerto satelital con High Throughput Satellite (HTS) en la banda de frecuencia Ku en la empresa Andesat Perú S.A.C para la satisfacción de sus clientes y su demanda potencial?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Qué efecto genera la optimización de los estándares de telecomunicaciones para los clientes de la empresa Andesat Perú S.A.C., redes por satélite que proponen una mejor eficiencia espectral en la banda de frecuencia Ku??
- ¿Cómo Analizar la calidad, rendimiento, características y ventajas de los HTS y su implementación con la banda de

frecuencia Ku, que satisfaga la demanda de consumidores y empresas?

- ¿En qué condiciones se podrá determinar valores y evaluar modelos de solución tecnología en telecomunicación eficiente para la implementación de servicios de Banda Ancha Satelital?
- ¿Cómo se relaciona la mejora de los servicios tecnológicos de banda ancha satelital en el proceso de integración de zonas alejadas de Perú y su acceso a costos permisibles?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar un telepuerto satelital con High Throughput Satellite (HTS) en la banda de frecuencia Ku en la empresa Andesat Perú S.A.C. para ofrecer soluciones satelitales en todo el territorio nacional orientada a la satisfacción de usuarios ya sean mineras, empresas privadas, gobiernos regionales, gobiernos distritales, etc. y posicionarse como una empresa de calidad en el Perú.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar la situación actual de los estándares de telecomunicaciones para redes por satélite que proponen una mejor eficiencia espectral en la banda de frecuencia Ku.
- Analizar la calidad, rendimiento, características y ventajas de los HTS y su implementación con la banda de frecuencia Ku, en el proceso de satisfacer la demanda de consumidores y empresas.
- Integrar mediante la conectividad virtual, zonas alejadas del Perú, priorizando la selva y los andes hacia la tecnología de banda ancha satelital con una mejor potencia irradiada por el

satélite HTS y brindar un servicio de calidad y bajo costo en el mercado peruano.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Merino (2014), en su tesis titulada “Análisis de viabilidad de los HTS de banda Ka para la prestación de servicios de banda ancha satelital en el Perú mediante la aplicación de modelos matemáticos en el desarrollo de cálculos de enlace” para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería de las Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú, concluye que: “El reuso de frecuencia y la utilización de spots Beams de los HTS son técnicas con mejores resultados que los satélites convencionales, esto ayuda a cubrir mayor parte del territorio nacional con mejores valores de potencia.” (p. 106)

Alcócer (2018), en su tesis titulada “Diseño de una red satelital multibanda de banda ancha para comunicaciones en el Perú” para optar el Grado Académico de Magister en Ingeniería de las Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú, concluye que: “Según los Spots Beams se puede realizar un despliegue más eficiente de estaciones VSAT, así la implementación de estos servicios son más fáciles de realizar.” (p. 100)

Romaní (2007), en su tesis titulada “Estudio de la aplicación de VSAT, cdma450 y mar al transporte y distribución de servicios de telecomunicaciones rurales en el entorno nacional” para optar el Título de Ingeniero de la Telecomunicaciones en la Pontificia Universidad Católica del Perú, concluye que: “Un factor a considerar es la distancia de cobertura. Una tecnología buena es la CDMA 450 MHz para zonas planas, en regiones planas que estén cerca al litoral, que no presenten picos muy elevados de altitud.” (p. 89)

El Ing. Wilfredo Fanola Merino en marzo de 2016 publicó en su website la definición de los satélites de alto rendimiento en donde destaca que. “Hoy en día la utilización de satélites HTS son más comunes, los satélites geoestacionarios son los más comunes, los Beams son aproximadamente de 250 a 300 Km de diámetro.”

En Londres durante una Mesa Redonda del Global VSAT Forum en diciembre de 2013 se trató el tema de los satélites de alto rendimiento: “Hace una semana GVF y Event Management Partners (EMP) fueron anfitriones de otra mesa redonda sobre satélites de alto throughput (HTS por sus siglas en Inglés), esta vez en Londres. Ellos debatieron amplios temas tecnológicos referidos a banda ancha con satélites de mayor capacidad.

2.2. Bases Teóricas

- **Satélites HTS.**

Un satélite de alto throughput (High Throughput Satellite, HTS) es aquel que cuenta con una capacidad de muchas veces la que tienen los satélites FSS tradicionales. Estos satélites logran el alto rendimiento al aprovechar las ventajas del re-uso de frecuencias y haces angostos o “spot”. Al hacerlo, reducen el costo por bit transportado, independientemente de la porción de espectro.

Para comprender como los sistemas HTS son desarrollados, hay cinco elementos que se deben considerar. Estos cinco elementos impactan en el modelo de negocio de HTS y en los servicios ofrecidos a los clientes. Los cinco elementos son: el Throughput, la Eficiencia, la Cobertura, la Arquitectura de Red y el Espectro.

Un sistema de satélites de alto caudal HTS puede ser definido como un sistema satelital que hace el uso de gran número de haces tipo mancha o pincel (spots beams) geográficamente confinados distribuidos sobre un área de servicio específica ofreciendo una cobertura continua sobre esa área de servicio y proveyendo un sistema de alta capacidad y gran caudal para el usuario a un bajo costo por bit. El área de los spots es de 200 a 500 kilómetros de diámetro, en la figura 1 podemos ver un satélite de HTS .y sus spot beam.

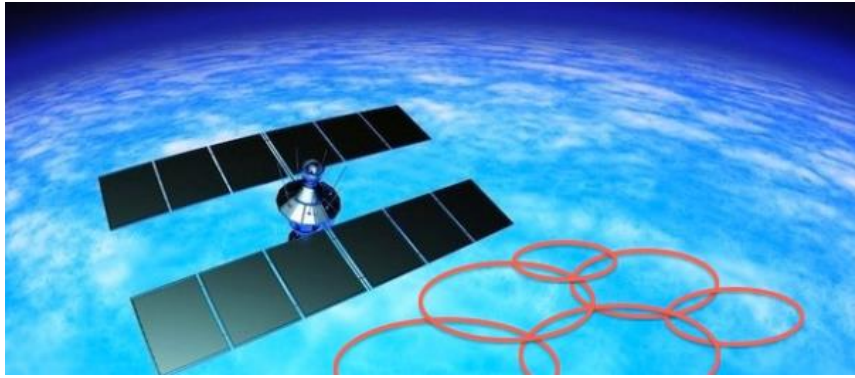


Figura 1: High Throughput Satellite (HTS)

Fuente: <http://satcompost.com/>

- **Norma DVB-S2X:**

Esta norma, está dirigida a atender uno de los factores de impacto en la industria, a ser el caudal del canal satelital. Este alto caudal es requerido por las aplicaciones que van evolucionando, tal como video Ultra HD, el acceso a Internet para personas que viajan en aviones y barcos. Para incrementar el caudal, son necesarios, una mejor modulación y la corrección de errores los cuales determinan en gran medida, la performance del enlace satelital, su caudal efectivo de canal y mejora en su disponibilidad.

Al respecto, la norma DVB-S2 es un sistema digital de transmisión satelital desarrollado por el Proyecto DVB. Esta hace uso de las últimas técnicas de modulación y codificación para llevar a una performance que se aproxima a los límites teóricos de tales sistemas. La norma DVB-S2 reemplazará a la norma DVB-S en el futuro conforme los nuevos servicios de televisión de Alta definición (High Definition TV – HD/TV) atraigan a los usuarios para actualizar sus receptores a los modelos DVB-S2 más eficientes.

La norma DVB-S2X es una extensión de la especificación DVB-S2 que provee adicionales tecnologías y características. DVB-S2X fue publicado como la parte 2 de la norma ETSI EN 302 307 siendo la parte 1 la DVB-S2. S2X ofrecer una performance mejorada y características a las aplicaciones del núcleo de la DVB-S2, incluyendo Direct to Home (DTH), contribución o IP trunking, VSAT y DSNG. Esta especificación también provee un rango operacional extendido para cubrir los

mercados emergentes tal como las aplicaciones móviles. Estas se aplican a las operaciones lineal y no lineal de los amplificadores del satélite. Se han obtenido mejoras en la modulación debido a la habilidad de disponer de mayor nivel de procesamiento de la señal. Entre las mejoras introducidas tenemos:

- Un menor factor de roll-off de 5%, 10% y 15%. (en adición al 20%, 25% and 35% en DVB-S2)
- Una granularidad más fina y extensión del número de modos de modulación y codificación (64-APSK, 128-APSK y 256-APSK)
- Nuevas opciones de constelación para para canales lineales y no lineales
- Situaciones de interferencia
- Opciones adicionales de entrelazado de datos (scrambling) para situaciones de interferencia co-canal críticas
- Mezcla (bonding) hasta 3 canales
- Soporte de operación a un muy bajo SNR hasta -10 dB SNR usadas en aplicaciones móviles (tales como marítimas, aeronáuticas, o en trenes)
- Opción de supertramas
- Estas mejoras producen como resultado las siguientes eficiencias espectrales mostradas en la figura 2 para DVB-S2X comparado con el DVB-S2.

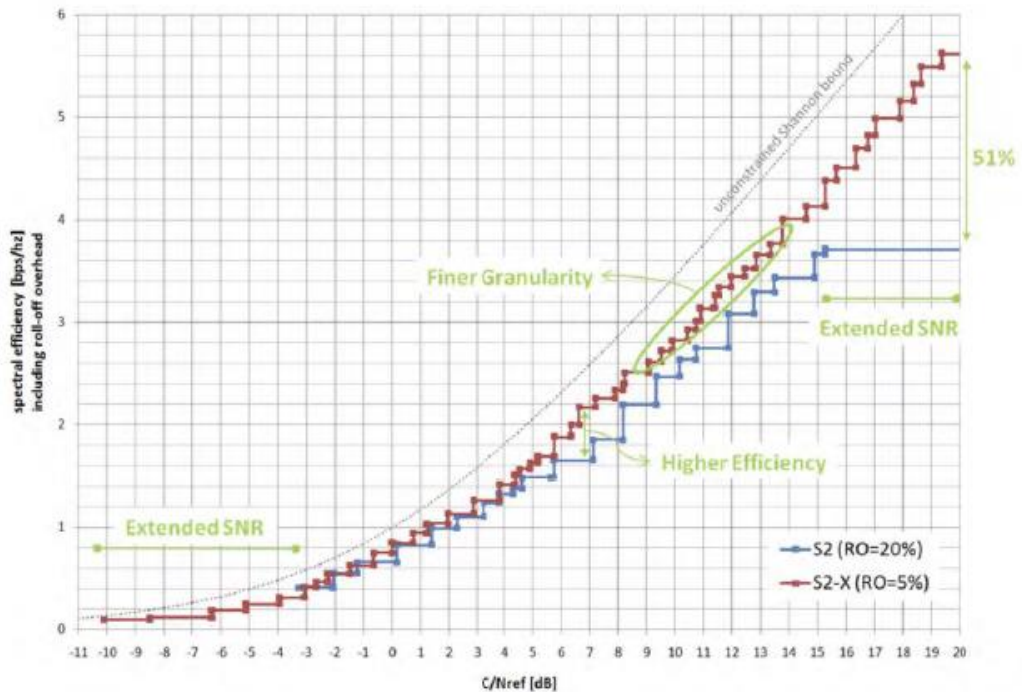


Figura 2: Eficiencia espectral del DVB-S2X comparadas con el DVB-S2
Fuente: <http://tesis.pucp.edu.pe>

- **Telstar 19 Vantage**

Telstar 19 VANTAGE forma parte de una nueva generación de satélites Telesat que combinan haces regionales amplios y potentes haces puntuales de satélites de alto rendimiento (HTS) en un diseño optimizado para atender los tipos de aplicaciones de uso intensivo de ancho de banda que cada vez más demandan los usuarios de todo el mundo.

Operando desde la ubicación orbital principal de Telesat de 63 grados Oeste, al igual que el satélite Telstar 14R altamente utilizado de Telesat, Telstar 19 VANTAGE, La figura 3 se aprecia el telstar 19 Vantage que fue construido por SSL, una compañía de maxas technologies, y tiene una vida útil de diseño de 15 años; Este satélite ofrece importantes ventajas a los clientes de Telesat que atienden a los mercados de consumidores, empresas y movilidad. Tiene distintas zonas de cobertura en América y en el Atlántico tanto en la banda Ku como en la banda Ka.

- Operadores de telecomunicaciones fijas e inalámbricas
- Proveedores de servicios de telecomunicaciones en industrias petrolera y de gas
- Comunicaciones de gobierno y militares
- Proveedores privados de servicios de redes de datos
- Proveedores de servicios de datos para industrias marítimas y aeronáuticas
- Organizaciones globales
- Proveedores de servicios de televisión, DTH y distribución de servicios de TV
- Haces de spot múltiples de 2° o menos
- Haces de spot de 160 Mbps de capacidad
- Haces de banda ancha de 40 Mbps de capacidad
- Capacidad de 25 – 60 Gbps.



Figura 3: Telstar 19 Vantage
 Fuente: <https://www.telesat.com/>

- **Estación terrena**

Tiene el objetivo de permitir una comunicación directa con el satélite para mandar o recibir información. Estas estaciones consisten de una serie de equipos interconectados entre sí con una antena o un conjunto de antenas, que puede tener un extremo de entrada y salida de señales de comunicación en banda base o en frecuencia intermedia y otro de

transmisión y recepción de radiación hacia y desde uno o más satélites. Por ellos realiza funciones como la modulación, demodulación, conversión de frecuencias, codificación, multiplexación, conversión analógico-digital, etc. Además, algunos tipos de estaciones terrenas solo tienen la capacidad de transmitir o recibir y pueden ser el punto de origen o final de señales o estar enlazadas también por medio de redes terrenales con sitios distantes de origen y destino. Por ello la designación de estación terrena es utilizada indistintamente para indicar todo equipo terminal que se comunica desde la Tierra con un satélite, sin importar si está fijo en algún punto, o si está instalado en un barco, avión, o cualquier vehículo terrestre como un autobús, un auto o un camión de carga.

Una estación terrena consta de 4 bloques o subsistemas principales que organizados tienen la estructura mostrada en la figura 4.

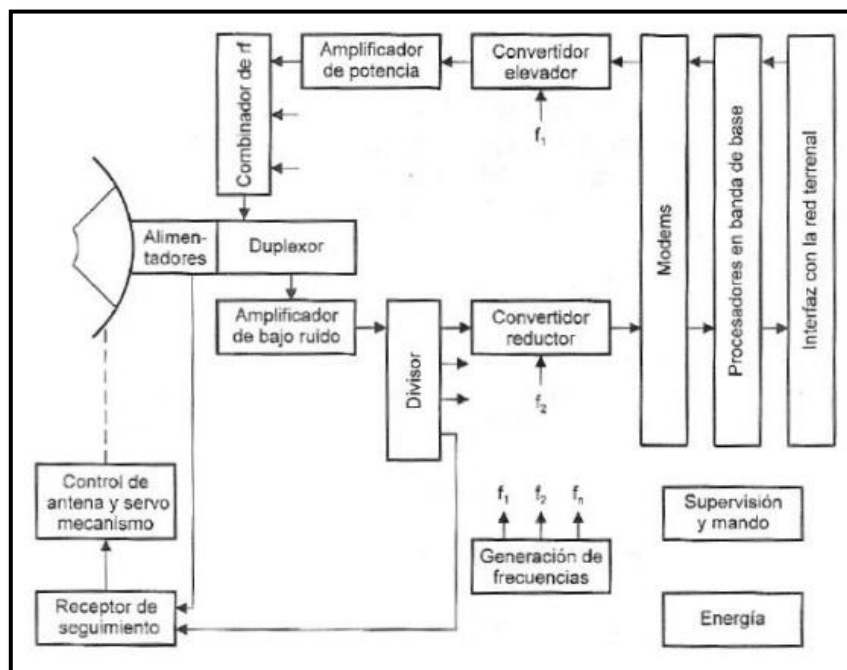


Figura 4: Estructura general de una estación terrena
Fuente: <http://www.ptolomeo.unam.mx>

▪ **La Banda 'Ku' (12 – 18 GHz)**

Es una de las más versátiles del espectro de microondas ya que proporciona diferentes servicios de banda ancha por satélite como

vídeo, dato y voz. Las dimensiones de estas antenas son de 1.2m de diámetro.

En el mundo hay muchos satélites que proporcionan cobertura de banda Ku. Los servicios en la banda Ku son muy confiables, y aunque la lluvia produce mayores pérdidas a diferencia que la banda C, esta pérdida se puede compensar con la tecnología, por lo que la disponibilidad resultante en la banda Ku es aceptable para la mayoría de aplicaciones.

2.3. Definición de Términos Básicos

a) Satélite

Un satélite es un objeto en el espacio que orbita o da vueltas alrededor de un objeto más grande. Hay dos tipos de satélites: naturales (como la luna que orbita la Tierra) o artificiales (como la Estación Espacial Internacional que orbita la Tierra).

b) Frecuencia

Frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

c) Telepuerto

Un Telepuerto, Estación terrestre o Estación Terrena es una estación de radio terrestre para telecomunicaciones para la retransmisión de distintos servicios de televisión, voz y datos vía satélite. Estos complejos, que reciben su nombre por las similitudes conceptuales que presenta con las estaciones portuarias, son puntos de conexión entre los satélites y las redes de comunicaciones terrestres, permitiendo la transmisión y recepción de señales de comunicación y solventando así la falta de redes de transmisión por cable en áreas remotas o aisladas. Suelen estar formados por un conjunto de grandes antenas que emiten las señales ya preparadas (comprimidas, digitalizadas y con el acceso condicional incorporado) al satélite.

d) Modulación

Conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información de forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias.

e) Beam

También conocido como haz puntual, es una señal del satélite concentrada en la potencia de los transpondedores y cubren un área geográfica determinada en la tierra, con lo cual se busca que las terminales satelitales terrestres ubicadas en la zona de recepción tengan cobertura de este BEAM.

f) Transponder

La fusión de su nombre viene de las palabras inglesas Transmitter (Transmisor) y Responder (contestador/respondedor). La función de este dispositivo es de Recibir, amplificar y reenviar una señal en una banda distinta, estos transpondedores son usados en la comunicación vía satélite para adaptar la señal saliente/entrante del satélite.

g) LNB

'Low Noise Block' dispositivo de recepción encargado de reducir la frecuencia recibida del enlace descendente en un enlace satelital para poder ser enviada por el cable coaxial en un enlace satelital.

h) HPA

Al Amplificador de alta potencia (HPA, High Power Amplifier) también se le conoce como transmisor o transceptor (Transceiver) ya que está en la parte transmisora. Este tiene la exclusiva función de entregar los niveles de potencia necesarios para establecer el enlace, o equalizar

niveles con el convertidor de subida para evitar caer en saturación de alguno de los equipos a los que esté conectado.

i) HUB

Son estaciones satelitales terrestres que forman parte de un sistema satelital, están compuestas por antenas de grandes dimensiones, encargadas de enviar información al satélite, tales como Televisión digital, Radio, Internet, Monitoreo Climatológico, etc. Además, en un HUB se administran todos los parámetros del satélite con el que se trabaja verificando los niveles de potencia, estados de alarmas, congestión satelital, entre otras aplicaciones.

j) Latencia

Son los retardos temporales en un medio de comunicación, producidos por la demora de propagación y transmisión de paquetes dentro de la red. Las sumas de todos estos retardos en el sistema son consideradas en milisegundos.

k) Latencia

Son los retardos temporales en un medio de comunicación, producidos por la demora de propagación y transmisión de paquetes dentro de la red. Las sumas de todos estos retardos en el sistema son consideradas en milisegundos.

l) SNR

Signal-to Noise Ratio, es definida como la proporción existente entre la potencia transmitida (VSAT) y el ruido que lo corrompe, su unidad de medida es en decibelios dB.

CAPÍTULO III: IMPLEMENTACION DE UN TELEPUERTO SATELITAL CON HIGH THROUGHPUT SATELLITE (HTS) EN LA BANDA DE FRECUENCIA KU

3.1. Modelo de solución propuesto

3.1.1. Descripción del proyecto

La implementación del telepuerto satelital con HTS en el distrito de Miraflores en el departamento de Lima se realizó de manera sistematizada, planificando los recursos, equipos, materiales y personal técnico. La documentación técnica del proyecto, las hojas informativas con datos de implementación y configuración de equipos, parámetros de integración del enlace y el data center, lista de equipamiento, etc. fueron de vital importancia para Andesat Perú S.A.C ya que con ello se pudo implementar el telepuerto satelital.

En la figura 5 vemos el esquema de un telepuerto satelital que consta de una antena satelital conectada a un data center estas a su vez conectadas a un satélite que brinda una porción de su capacidad para la transmisión y recepción de datos.

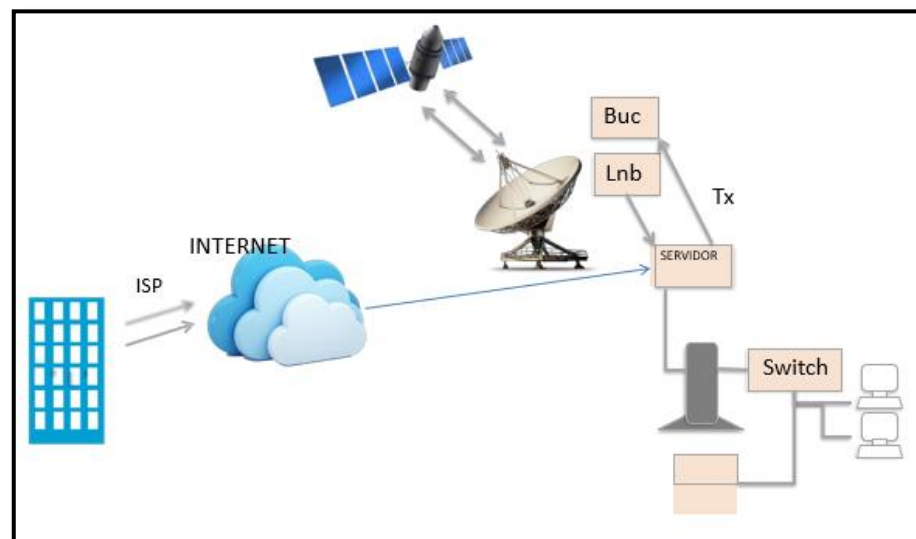


Figura 5: Arquitectura de telepuerto satelital
Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Consideraciones para la implementación

Para la implementación del HUB satelital debe tener en cuenta las siguientes características técnicas:

a) Telstar 19 Vantage

Satélite de comunicaciones geoestacionario de alto rendimiento lanzado al espacio el 22 de julio del 2018, ubicado a 63 grados de longitud oeste (63° W) y con una vida útil de 15 años; tiene las siguientes características para la banda Ku.

- Cobertura en HTS vigas sobre Brasil y la región andina.
- 56 transpondedores físicos (249 transpondedores equivalentes).
- Ancho de banda total de 9,395 MHz.
- Uso de Spot beams.
- Polarización lineal.

El transpondedor el cual fue asignado a Andesat Perú es el K17, y cuenta con 5 diferentes carrier ID como muestra la tabla 1, además de la frecuencia en la que trabaja este transpondedor.

CarrierId	Transponder	ULFreq	ULPol	DLFreq	DLPol
	K17-AS9VjAS9H	14,428.9500	V	11,378.9500	H
365623.00	K17-AS9VjAS9H	14,424.0000	V	11,374.0000	H
365624.00	K17-AS9VjAS9H	14,427.5000	V	11,377.5000	H
365625.00	K17-AS9VjAS9H	14,429.0000	V	11,379.0000	H
365626.00	K17-AS9VjAS9H	14,430.0000	V	11,380.0000	H
365627.00	K17-AS9VjAS9H	14,431.0000	V	11,381.0000	H

Tabla 1: Frecuencia de trabajo y carrier ID del transpondedor K17
Fuente: Telesat

Para la banda Ku Andesat Perú S.A.C. hace uso del beam 9 para el enlace de subida (uplink) así como para el enlace de bajada (downlink), la figura 6 muestra la pisada en el Perú del beam 9, así como también las diferentes potencias según el área donde se encuentre la estación remota; una estación mientras más alejado esté del centro del spot beam tendrán menor potencia, por ello deberá de compensar esta pérdida de potencia haciendo uso ya sea

de una antena de mayor diámetro o un buc de mayor potencia o cables coaxiales de categorías superiores, según sea el caso.

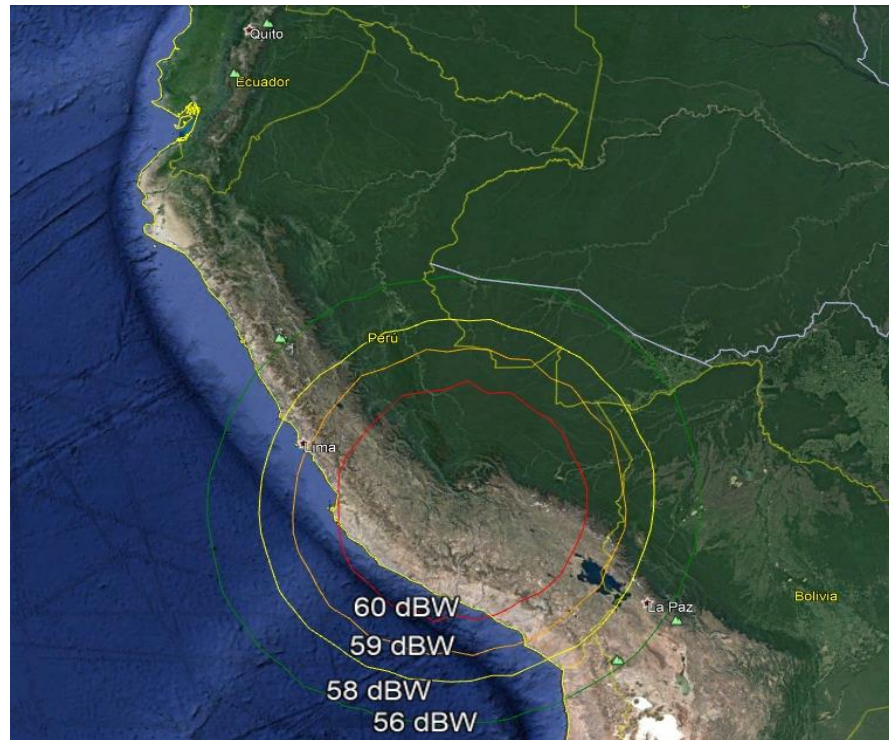


Figura 6: Área de convergencia del beam 9
Fuente: Andesat Perú S.A.C.

b) Ubicación del HUB satelital

El HUB satelital está ubicado en ca. José Mártir Olaya nro. 129 urb. Miraflores Lima. Andesat Lima Teleport es el nombre asignado al telepuerto, la figura 7 muestra la ubicación, el nombre del telepuerto, las coordenadas geográficas y la localización del data center.


Customer Name	Andesat Lima
Teleport Name	Andesat Lima Teleport
Teleport Location	Jose Mártir Olaya 129
Geographic Coordinates (Decimal)	12°7'77"S 77°1'50"W
Google maps URL https://www.google.com/maps/place/Calle+M%C3%A1rtir+Jos%C3%A9+Olaya+129,+Miraflores+15074/@-12.1199032,-77.0308698,348m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x9105c819d14724bd:0xb3cd2854b0c1f5d4!8m2!3d-12.1194485!4d-77.0300442	
Equipment Location	Office 1905
Remote monitoring and control for iDirect support	Will be available via TeamViewer upon request

Figura 7: Información del lugar
Fuente: Guía de instalación del Hub

c) Características del HUB satelital

Las principales características del telepuerto son las siguientes:

- Opera con el estándar DVB-S2X para servicio de telecontrol, tele medida y acceso a internet en el Perú.
- Utilización del satélite telstar 19 vantage en banda Ku.
- Uso de tecnología idirect.
- Sistema totalmente redundante. El Hub actual tiene capacidad para dar servicio a 1000 estaciones remotas
- Disponibilidad de puntos de agregación de clientes que están conectados por vías redundantes al Hub.

d) Especificaciones técnicas para el apuntamiento.

El apuntamiento de la antena master 6.1m se realizó siguiendo las especificaciones tomadas de diferentes paginas especializadas en

cálculos de enlaces satelitales, la figura 8, nos muestra los valores en elevación, azimut y polarización que debe tener nuestra antena.

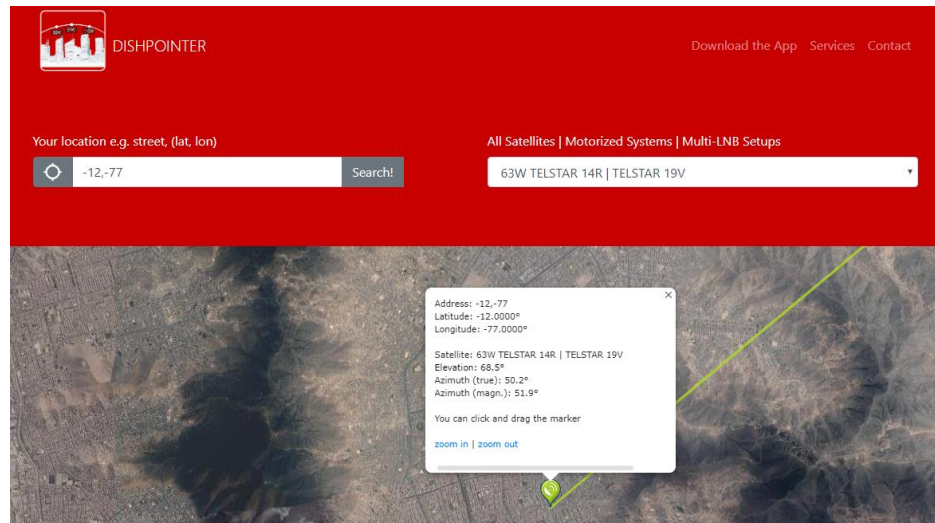


Figura 8: Parámetros de apuntamiento
Fuente: <https://www.dishpointer.com/>

3.1.3. Equipos que componen el HUB satelital

Para la implementación del HUB, se realizaron en dos ambientes, La azotea de antenas y el Data center; En el primer ambiente se instaló una antena vertex banda Ku de 6.1 metros de diámetro, que se muestra en la figura 9, además de pedestal galvanizado y 3 axis motorizables para los movimientos de azimut, elevación y polarización.



Figura 9: Antena vertex 6.1m, Ku band
Fuente: <https://www.intelsatgeneral.com>

Esta antena recibe a una frecuencia entre 11.7 a 12.2 GHz y transmite a la frecuencia de 14 a 14.5 GHz tal como muestra la tabla 2 tomada del datasheet del fabricante.

SPECIFICATIONS (MIDBAND)	STANDARD	
	RECEIVE	TRANSMIT
Frequency*	11.7-12.2 GHz	14.0-14.5 GHz
Typical Gain at Midband	55.7 dBi	57.1 dBi
VSWR	1.25:1	1.25:1
Beamwidth: -3 dB	0.29°	0.24°
-15 dB	0.60°	0.50°
Antenna Noise Temperature at Midband	2 Port Feed	
5° Elevation	66°K	
10° Elevation	49°K	
20° Elevation	39°K	
40° Elevation	36°K	
Typical G/T at 20° Elevation, Clear Horizon, 12 GHz		
With 250°K LNA, dB/°K	30.9	
With 190°K LNA, dB/°K	31.9	
Power Handling Capability**	1 kW	
Feed Interface	WR-75 Choke	WR-75 Flat
Feed Insertion Loss	0.25 dB	0.25 dB
Port-to-Port Isolation: Tx to Rx	30 dB	30 dB
Cross Polarization Isolation: On Axis LP	35 dB	35 dB
Within 1 dB Beamwidth	30 dB	30 dB
SideLobes: 1st SideLobe	-14 dB	
1° to 7°	29-25 Log θ dBi	
7° to 9.2°	+8 dBi	
9.2° to 48°	32-25 Log θ dBi	
48° to 180°	-10 dBi	
* Other Frequencies available		
** Higher power optional		

Tabla 2: Datasheet antena vertex 6.1m, Ku band
Fuente: <https://www.sky-brokers.com>

También se instaló un HPA, de la marca advantech de 200 watts de potencia en banda Ku, figura 10, se hizo uso de guías de onda rígida y flexible para comunicar el feeder con el HPA figura 11.



Figura 10: HPA Advantech
Fuente: <https://advantechwireless.com>



Figura 11: Guías de onda rígidas y flexible
 Fuente: <https://www.satcomresources.com>

El HPA ópera en banda extendida y las especificaciones se muestran en la tabla 3, este tiene un sistema de redundante 1+1, por si alguno falla el otro entra a operar sin que se vea afectado el servicio.

Technical Specifications			
Ku-Band			
Electrical Characteristics	200W		250W
RF Output at P1dB	53 dBm		54 dBm
RF Output at P Lin	50 dBm		51 dBm
Output Frequency Range	Lower Ku: 12.75 - 13.25 GHz	Standard Ku: 14.00 - 14.50 GHz	Extended Ku: 13.75 - 14.50 GHz
Input Frequency Range	Lower Ku: 950 - 1450 MHz	Standard Ku: 950 - 1450 MHz	Extended Ku: 950 - 1700 MHz
Local Oscillator Frequency	Lower Ku: 11.80 GHz	Standard Ku: 13.05 GHz	Extended Ku: 12.80 GHz
Gain Stability Over Temp.	Low Ku Band: ± 1.5 dB nominal; ± 2.25 dB max Standard Band: ± 1.5 dB nominal; ± 2.0 dB max Extended Band: ± 1.5 dB nominal; ± 2.25 dB max		
Gain Variation at fixed temp	Low Ku Band: ± 0.75 dB over max over 40 MHz; ± 2.25 dB over full band Standard Band: ± 0.5 dB over max over 40 MHz; ± 2.0 dB over full band Extended Band: ± 0.75 dB over max over 40 MHz; ± 2.25 dB over full band		
Linear Gain	70 dB min.		
User Adjustable Gain	20 dB nominal in 0.5 dB steps		

Tabla 3: Especificaciones técnicas
 Fuente: Datasheet HPA

Otro elemento de suma importancia para la parte de recepción del sistema es el LNB figura 12, al igual que el HPA cuenta con un sistema redundante 1+1, con un switch de conmutación, para que el servicio no se vea afectado.



Figura 12: Low Noise Block

Fuente: <https://www.servsatcommunications.com>

El HUB se instaló en 1 rack dentro del data center y se utilizó tecnología iDirect; dentro del rack se encuentra el chasis iDirect, figura 13.



Figura 13: iDirect 20-slot HUB series 15000

Fuente: <https://www.chillteleport.com>

Esta contiene las tarjetas de línea de transmisión (ULC-T) y las tarjetas de línea de recepción (ULC-R), figura 14 y 15 respectivamente las cuales detallaremos a continuación:

- **Tarjeta de línea de transmisión (ULC-T)**
 - Modulador.
 - DVB-S2, DVB-S2X.
 - Pre-distorsión lineal.
 - Listo para HTS.
 - Puede coexistir con tarjetas de línea de la serie XLC existentes.
 - Admite tasas de símbolos mucho más altas, hasta 120 Msps.



Figura 14: Potente tarjeta de línea de transmisión (ULC-T)
Fuente: <https://www.idirect.net>

- **Tarjeta de línea de recepción (ULC-R):**
 - Demodulador.
 - Hasta 16 canales.
 - TDMA adaptativa
 - Listo para HTS
 - Puede coexistir con tarjetas de línea de la serie XLC existentes.



Figura 15: Potente tarjeta de línea de recepción (ULC-R)
Fuente: <https://www.idirect.net>

Como parte del HUB satelital para la parte de señalización y enrutamiento del tráfico IP se instaló el switch cisco nexus 31108TC-V y un router cisco 3900, figura 16 y 17 respectivamente, las especificaciones se muestran a continuación:

- **Switch:**
 - Cisco Nexus 31108TC-V.
 - 48 puertos 10GBASE-T fijos (pueden funcionar a velocidades de 100 Mbps, 1 Gbps y 10 Gbps).
 - 6 puertos QSFP fijos (cada puerto QSFP28 puede admitir 40, 100 y 4 x 10 Gigabit Ethernet).

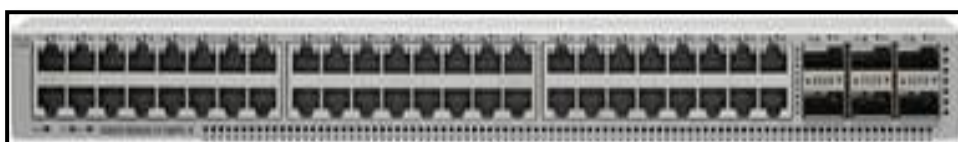


Figura 16: Switch Nexus 31108TC-V
Fuente: <https://www.cisco.com>

- **Router:**
 - Cisco 3900
 - Enrutador de servicio integrado (ISR)



Figura 17: Router cisco 3900
Fuente: <https://www.cisco.com>

3.1.4. Descripción detallada del Hub

El Hub es un sistema escalable compacto para el estándar DVB-S2X basado en redes satelitales bidireccionales, un solo rack es suficiente para instalar el equipo con redundancia total de transmisión, recepción y control de equipos y servidores de aplicaciones adicionales. Conceptualmente, el HUB está compuesto por los siguientes subsistemas (figura 18).

- Forward Link Sub system (FLSS)
- Return Link Sub system (RLSS)
- Traffic Handling sub system (THSS)
- Network Control Center (NCC)

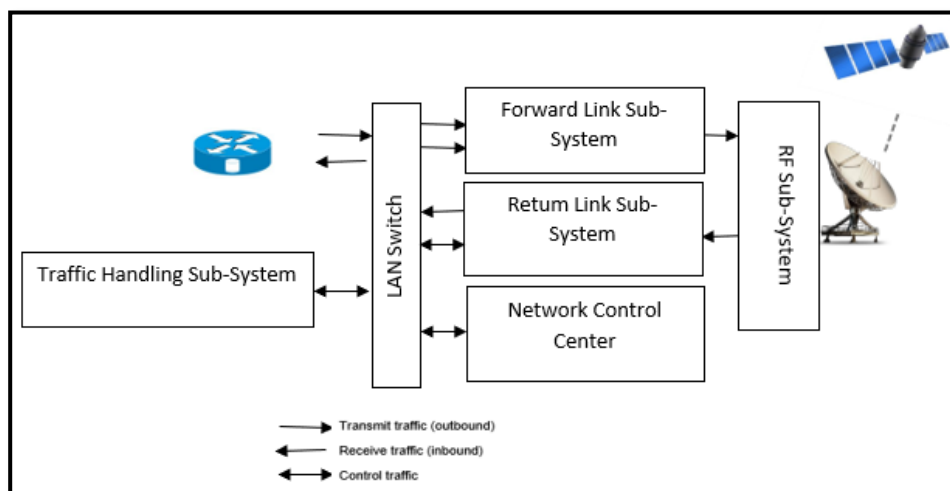


Figura 18: Diagrama de bloques del HUB
Fuente: Elaboración propia

El correcto funcionamiento de todos estos sub sistemas nos proporcionara las siguientes aplicaciones para que los usuarios tengan acceso a ellas:

- Voz sobre IP
- Acceso a internet
- Telemedicina
- Video conferencia
- Aprendizaje a distancia
- VPN
- Backup lines
- Intranet, etc.

La siguiente figura 19 nos muestra la infraestructura del hub de manera detallada, ahí apreciamos las diferentes etapas, en la parte RF tanto en la recepción y transmisión de datos, las tarjetas de red que se utilizan, para luego pasar a la parte de datos, con todos los equipos necesarios para enrutar la información y tener una comunicación half dúplex, antes de la salida a internet, el HUB satelital fue diseñado por la empresa idirect, que cuenta con la experiencia necesaria para su instalación, personal de esta empresa también fue parte del proceso de instalación del telepuerto satelital.

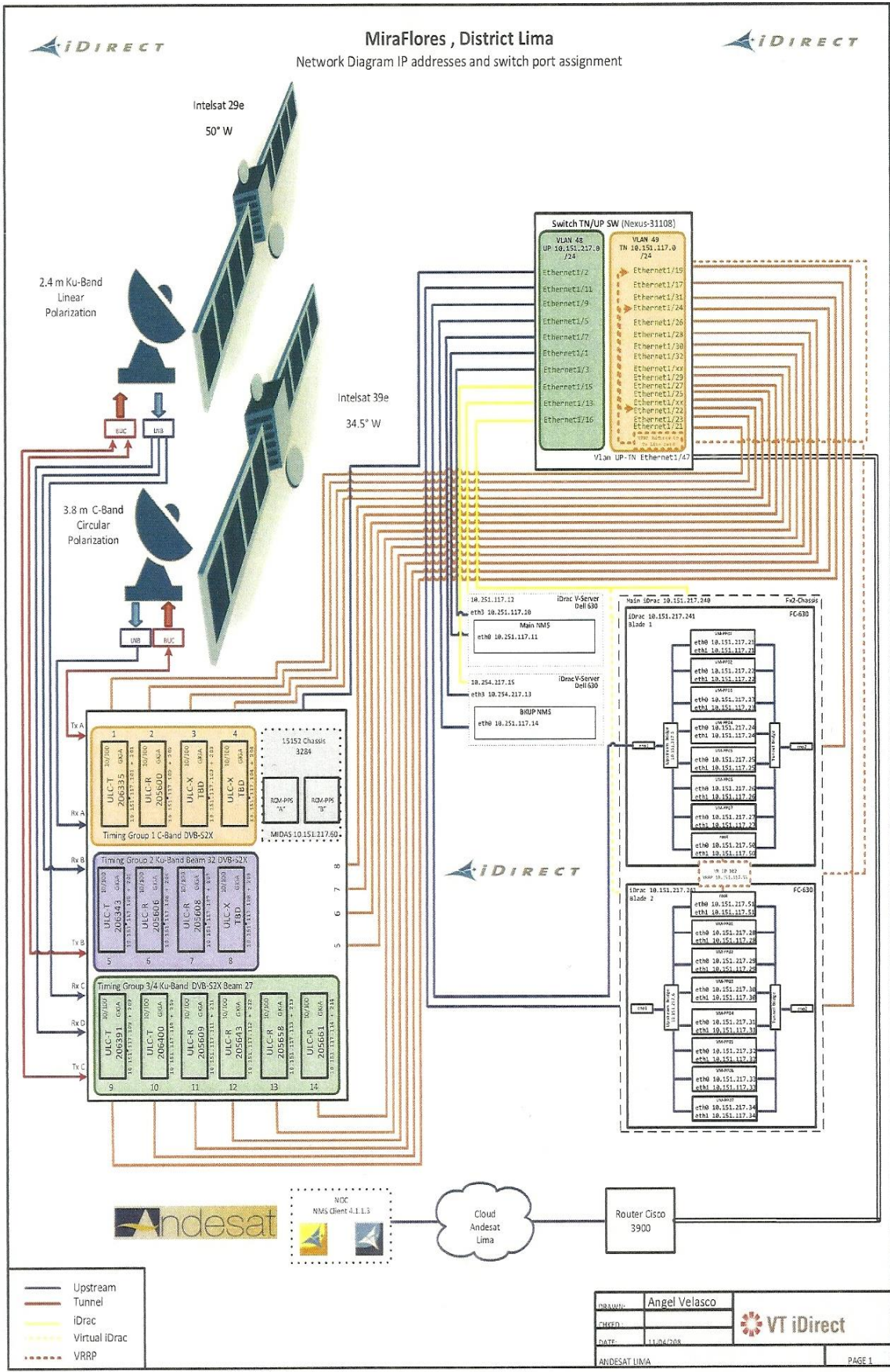


Figura 19: Diagrama de red e infraestructura
Fuente: Guía de instalación del Hub

3.1.5. Subsistema Forward Link:

El subsistema Forward Link (FLSS) es un canal unidireccional del Hub hacia los terminales satelitales, es el link entre la red IP y el subsistema de RF. Este compuesto de la siguiente manera:

a) Modulador DVB-S2X

El sistema contiene más de un modulador DVB-S2X, estas unidades vienen en una variedad de data rates; La velocidad de datos es seleccionada de acuerdo a las necesidades del cliente, y es configurable remotamente, tabla 4.

Estas proveen una salida en banda L (950-1525 MHz), el modulador, este soporta aplicaciones QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, 64APSK, 128APSK, 256APSK con una velocidad por símbolo (symbol Rate) 119 Msps y con una variedad de datos disponibles, en la siguiente tabla 1 veremos en detalle las portadoras de subida.

ID	Hub	Carrier	Type	Freq Uplink/Down...	Informatio...	Symbol Ra...	Chip Rate ...	Throughp...	MODCOD/Spreadi...	C/No (dB...	Traffic ...
1	ULC-R 205609 Slot 11	IB01 B9 5MHz	Adaptive	14424.0 / 11374.0	6249.00	4166.00	4166.00	4954.88	QPSK3/4	▼ 73.80	490
2	ULC-R 205609 Slot 11	IB02 B9 2MHz	Adaptive	14427.5 / 11377.5	3998.40	1666.00	1666.00	3023.49	8PSK4/5	▼ 74.62	299
3	ULC-R 205609 Slot 11	IB03 B9 1MHz	Adaptive	14429.0 / 11379.0	1999.20	833.00	833.00	1537.02	8PSK4/5	▼ 71.61	152
4	ULC-R 205609 Slot 11	IB04 B9 1MHz	Adaptive	14430.0 / 11380.0	1874.25	833.00	833.00	1435.90	8PSK3/4	▼ 70.61	142
5	ULC-R 205609 Slot 11	IB05 B9 1MHz	Adaptive	14431.0 / 11381.0	1249.50	833.00	833.00	1041.54	QPSK3/4	▼ 66.81	103
6	ULC-R 205609 Slot 11	IB06 B9 5MHz	Adaptive	14434.0 / 11384.0	6249.00	4166.00	4166.00	4954.88	QPSK3/4	▼ 73.80	490

Tabla 4: Portadoras de subida

Fuente: Plataforma iDirect.

b) Encapsulador de IP (IPE)

El IPE encapsula los datos IP en un paquete DVB, el IPE es un enlace esencial entre la LAN de Hub y el equipo de transmisión. El formato de salida es un estándar Digital Video Broadcasting (DVB).

3.1.6. Subsistema Return Link

El subsistema de enlace de retorno (RLSS) contiene todo el equipo para convertir la señal recibida desde el satélite a un datagrama IP, este subsistema está compuesto por un equipo análogo y digital que trabajan juntos.

a) Splitter maestro IF

El splitter maestro de IF cumple las siguientes funciones:

- Tiene la entrada para la señal en banda L receptionada de la antena y LNB/PLL
- La señal recibida en banda L es amplificada y tiene diez salidas para la distribución a los racks receptores.
- El splitter provee el voltaje DC y una señal de 10 MHz del LNB/PLL si una fuente externa es requerida.

b) Demodulador Multicanal (MCD)

La entrada del demodulador multicanal es una señal en banda L proveniente del master splitter, que soporta diferentes tipos de modulación (SS-BPSK (SF: 2/4/8), BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM),

3.1.7. Descripción de Instalación del telepuerto Satelital.

Primero se realizó la instalación de la antena de 6.1, que, con ayuda de una grúa, figura 20 y 21, se pudo izar hasta la azotea del edificio en la ubicación antes mencionada, los trabajos se realizaron de madrugada, se cerró la calle ya que es una zona bastante transitada, los trabajos duraron aproximadamente 4 horas.



Figura 20: Izaje pedestal antena 6.1m

Fuente: Elaboración propia

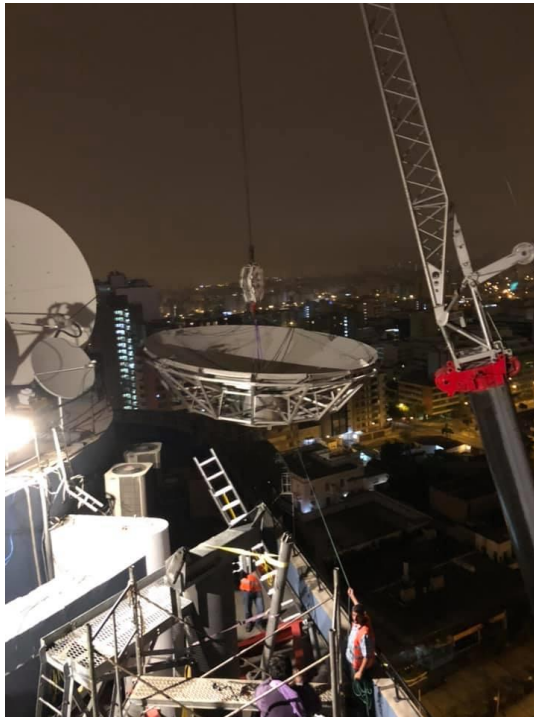


Figura 21: Izaje plato satelital.
Fuente: Elaboración propia

Días después se realizaron los trabajos de instalación de motores para los movimientos de la antena, adecuación de guías de onda desde el feeder hacia el LNB y HPA respectivamente, se tendieron cables RG-11 desde el data center hacia la antena master 6.1m para completar las etapas de recepción y transmisión.

Terminados los trabajos de instalación se precedió al apuntamiento de la antena master 6.1m, con ayuda de algunos programas y analizador de espectro, para alcanzar valores adecuados para su buen funcionamiento y operatividad de la misma, se utilizó el software Hiltron que se muestra en la figura 22. Ahí se realizó el barrido de antena para descartar que se esté en algún lóbulo secundario, los valores mostrados en la figura 22 corresponden al lóbulo principal y a los valores máximos de apuntamiento.

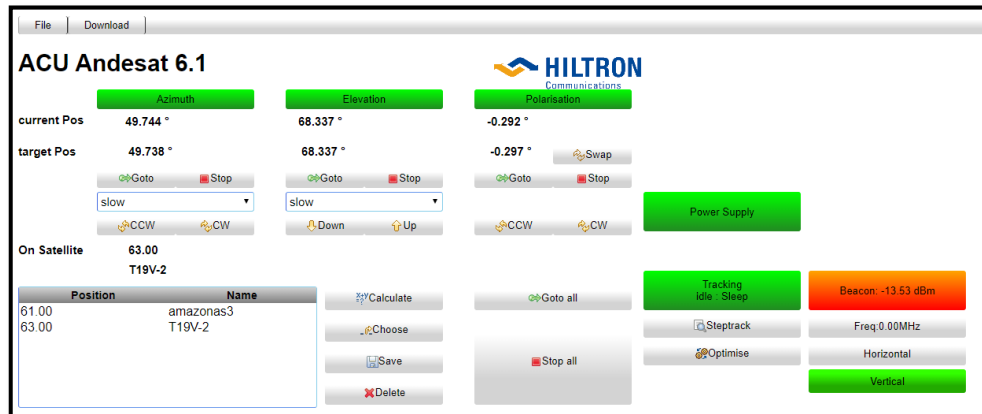


Figura 22: Parámetros de apuntamiento
Fuente: Andesat Perú

Paralelo a esto se realizaban trabajos en el data center instalando y configurando los equipos antes mencionados, todo se realizó en el plazo estipulado, algunos ajustes fueron necesarios antes de conectar todo el sistema para su posterior verificación.

3.2. Pruebas y resultados

Para determinar los resultados de la implementación se realizaron diferentes pruebas para así determinar si la ganancia de la antena es la adecuada, en la plataforma se vio el espectro de la señal y también se hizo pruebas de calidad en los terminales a continuación describiremos dichas pruebas.

3.2.1. Pruebas de Transmisión

- **En la tarjeta de Tx.**

La potencia de transmisión de la tarjeta está configurada según los niveles de potencia del transmisor del HUB (HPA), en la figura 23 se muestran dicha potencia tomada de la plataforma idirect.


```
Using username "admin".

Entering character mode
Escape character is '^]'.

Username: admin
Password: *****

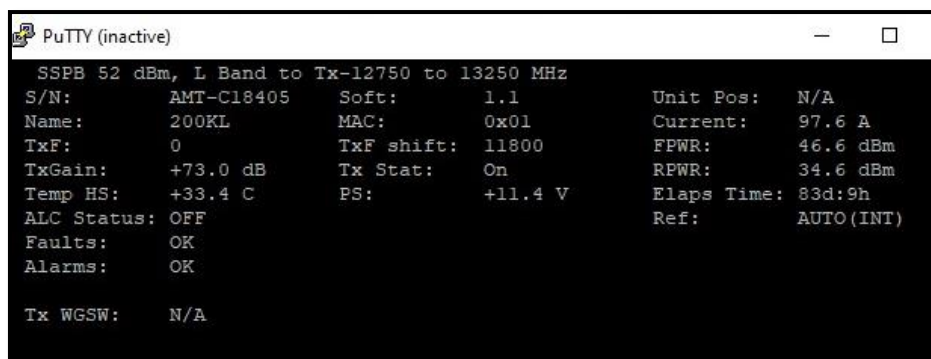
[Hub:206343] admin@telnet:127.0.0.1;50093
> tx power
power = -12.500000 dbm

[Hub:206343] admin@telnet:127.0.0.1;50093
>
```

Figura 23: Potencia de transmisión
Fuente: Plataforma iDirect.

- **En el HPA**

La potencia de transmisión del HPA es de 46.6 dBm, esta transmitiendo a una temperatura de 33.4°C, no muestra fallas ni alarmar, se encuentra en óptimas condiciones.



```
PuTTY (inactive)
SSPB 52 dBm, L Band to Tx-12750 to 13250 MHz
S/N:      AMT-C18405      Soft:      1.1      Unit Pos:  N/A
Name:     200KL          MAC:       0x01     Current:   97.6 A
TxF:      0             TxF shift: 11800   FPWR:     46.6 dBm
TxGain:   +73.0 dB      Tx Stat:   On       RPWR:     34.6 dBm
Temp HS:  +33.4 C      PS:       +11.4 V    Elaps Time: 83d:9h
ALC Status: OFF      Ref:      AUTO(INT)
Faults:   OK
Alarms:   OK
Tx WGSW:  N/A
```

Figura 24: Transmisión del HPA
Fuente: Andesat Perú S.A.C.

3.2.2. Pruebas de Recepción.

- **En el analizador de espectro**

El espectro según la potencia de bajada, vemos la diferencia de niveles entre el piso de ruido y la portadora de bajada, la figura 25 muestra esta diferencia.

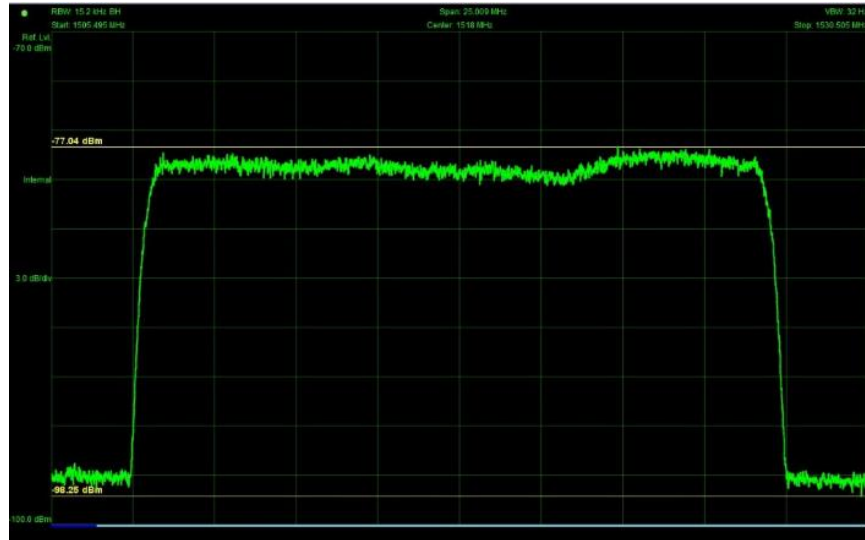


Figura 25: Espectro de la ganancia de entrada
Fuente: Analizador de Espectro

- **En la tarjeta de Rx.**

La figura 24 muestra el valor de la potencia de recepción de del HUB satelital donde podemos apreciar un valor de -46.69 dBm.

```
Using username "admin".
Entering character mode
Escape character is '^]'.
Username: admin
Password: *****

[Hub:205609] admin@telnet:127.0.0.1;53239
> rx power
Rx Power: -46.69 (dBm)
FE AGC DAC: 12
FE AGC ATT: 0.00 (dB)
IF AGC ATT1: 0.00 (dB)
IF AGC ATT2: 0.00 (dB)
Scaled IF ATT: 0 (0-65535)
U96 Ch0 Voltage: 13.92 (V)
Rx IF power: -60.66

[Hub:205609] admin@telnet:127.0.0.1;53239
```

Ilustración 26: Potencia de recepción
Fuente: Plataforma iDirect.

3.2.3. Estación Remota.

Fue necesario la instalación de una VSAT de prueba para realizar la conexión con el HUB satelital, la remota de prueba cuenta con una antena de 1.2 metros de diámetro, canister, feed, LNB, BUC, cable

RG-6 y un modem satelital; Al igual que la antena master de 6.1 metros se apuntó al telstar 19 vantage, debiendo obtener valores óptimos de SNR para su activación dentro de la plataforma. Para realizar el apuntamiento al modem satelital se le cargo previamente un package con la versión de trabajo de la plataforma satelital y Option File (OPT) generada en la plataforma, donde se le configuro ancho de banda en subida y bajada, la geo localización, la red para la transmisión de datos, la modulación, potencia, etc. Alguno de estos datos los mostramos a continuación en la tabla 5.

ID	372
Type-SN	iQ200Rackmount.32212
Derived ID	620789204
LAN IP Address	11.11.11.1
LAN Subnet Mask	255.255.255.248
LAN Gateway	
Mgmt IP Address	111.11.11.1
Mgmt Subnet Mask	255.255.255.248
Max Power	-23.000000 dBm
Initial Power	-25.000000 dBm
Max Downstream Information Rate	1000.000000 kbps
Max Upstream Information Rate	1000.000000 kbps
Min Upstream Information Rate	
MUSiC Box	No

Tabla 5: Configuración remota de prueba

Fuente: Plataforma iDirect

Las pruebas de transmisión y recepción fueron positiva y se muestran en la tabla 6, siendo el downstream C/N de 14.84 dB y el upstream C/N o de 66.69 dBHz, estos valores pueden variar según la ubicación de la remota, o por la electrónica usada en el punto.

Avg Downstream C/N	14.84 dB
Avg Upstream C/No	66.69 dBHz
Avg Upstream C/N	n/a
Avg Tx Pwr	-23.00 dBm
Avg Temp	10.00 °C
TDM Lost	0
Rx Input Power	-52.00 dB
Digital Rx Gain	-52.00 dB
FLL DAC	-879828
BUC 48v	28823
Rx COF	2164
Up Time	1 day 12 hours 39 min 20 sec

Tabla 6: Valores de la remota de prueba
Fuente: Plataforma iDirect.

Se transmitió una portadora pura a una frecuencia de 14437 MHz, se tuvo respuesta de la remota indicando la operatividad de la misma, la figura 27 muestra el espectro de la portadora pura que se transmitió.

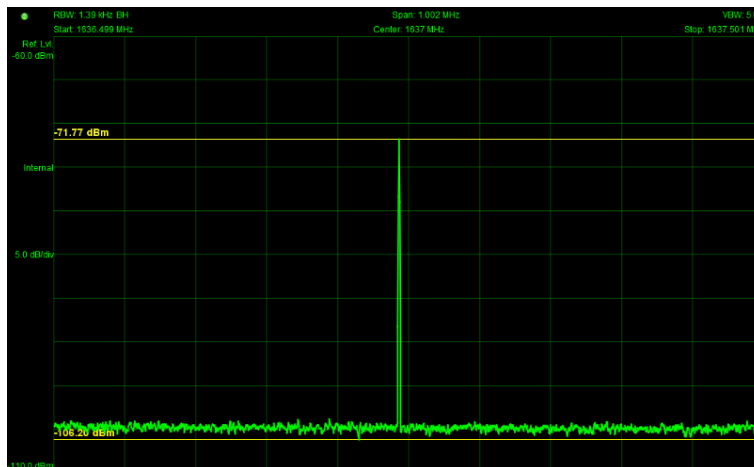


Figura 27: Espectro de frecuencia portadora pura
Fuente: Andesat Perú S.A.C

CONCLUSIONES

- Se realizó la implementación de un telepuerto satelital con HTS en la banda de frecuencia Ku, en la empresa Andesat Perú, para atender la demanda de banda ancha satelital en el territorio peruano.
- La norma DVB-S2X, es uno de los estándares que ayudó a la mejora de los sistemas de comunicación satelital, comparada con su sucesora DVB-S2 tiene mejor performance a la hora de su aplicación en el telepuerto satelital.
- Los satélites HTS comparados con los satélites convencionales, tienen una mejor respuesta la cual permite, el reuso de frecuencias, mejor cobertura y reduce el costo por bit, todo ello favorece al usuario final que hace uso del internet satelital, teniendo una mejor modulación y demodulación como se aprecia en los resultados obtenidos en la estación remota.
- Las estaciones VSAT ayudan a la integración de lugares apartados dentro del territorio nacional, el beam 9 tiene buena potencia a lo largo del sur del Perú, esto ayuda a tener estaciones remotas con antenas de 1.2m de diámetro que son fáciles de trasladar e instalar, para el norte del Perú se hace uso del beam 8 o beam del norte.

RECOMENDACIONES

- Lograr las máximas ganancias tanto en recepción como en transmisión para ello la alineación de la antena, así como los movimientos finos de esta son esenciales para lograr dichos alcances.
- Para la implementación de este enlace satelital se recomienda que el personal de campo utilice todos sus equipos de Protección Personal (EPP's), debido a que en esta zona el clima juega un factor importante.
- Revisar que la pernería fina de los soportes y de las antenas, que estén completamente ajustada y en perfectas condiciones, caso contrario realizar el cambio respectivo.
- Se recomienda hacer un seguimiento y monitoreo del enlace satelital, mediante la plataforma U2000; esto para cerciorarse de que no haya una degradación de los niveles de recepción Rx ajenos a la implementación.
- Tener etiquetados y bien mapeados los cables y equipos dentro del data center por si en el futuro se presenta algún inconveniente e identificar dicho problema rápido.

BIBLIOGRAFIA

- Daniel Minoli. (2015). Innovations in Satellite Communication and Satellite Technology. (1ra Ed.). USA: Wiley.
- Daniel Minoli. (2016). High Throughput Satellites Technology and Applications. Taylor and Francis.
- The Satellite Communication Applications Handbook. Bruce Elbert, 1997. Artech House
- VSAT Networks. J. Maral. J. Wiley & Sons Ltd. 1995.
- VSATs: Very Small Aperture Terminals. J. Everett et. al. Peter Peregrinus Ltd. 1992.

Links:

- http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_High_Throughput_Satellites-Main_Report.pdf
- <http://www.hughes.com/resources/the-view-from-jupiterhigh-throughput-satellite-systems/download>
- <http://airfax.com/blog/wpcontent/uploads/2014/03/MILCOM-2012-HighThroughput-Ku-band-Satellites-for-AeronauticalApplications.pdf>
- http://www.harriscaprock.com/downloads/HarrisCapRock_WhitePaper-Ka-Ku_Analysis.pdf
- <http://www.wilfredofanola.com/2016/03/21/definiendosatellites-de-alto-throughput-hts>
- <http://satcompost.com/satelites-de-alto-throughput-lamesa-redonda-de-gvf-en-londres-cambio-de-juego-enaccion>
- <https://itunews.itu.int/es/2746-La-banda-ancha-porsatelite-alcanza-la-mayoria-de-edad.note.aspx>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: IMPLEMENTACION DE UN TELEPUERTO SATELITAL CON HIGH THROUGHPUT SATELLITES (HTS) EN LA BANDA DE FRECUENCIA KU EN LA EMPRESA ANDESAT PERÚ S.A.C

RESPONSABLE: RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ GABRIEL SEBÁSTIAN

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLE	INDICADORES	MARCO TEORICO
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo implementar un telepuerto satelital con high throughput satelites (HTS) en la banda de frecuencia ku en la empresa Andesat Perú S.A.C.?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Implementar de manera correcta y eficiente un telepuerto satelital con high throughput satelites (HTS) en la banda de frecuencia ku en la empresa Andesat Perú S.A.C.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>High throughput satelites (HTS)</p>	<p>D1: Re-uso de frecuencias</p> <p>D2: Reducción el costo por bit transportado</p> <p>D3: Área de los spots es de 200 a 500 kilómetros de diámetro.</p>	<p>- Mayor potencia.</p> <p>- Rendimiento elevado.</p> <p>- Spots beam.</p> <p>- Modulación.</p> <p>- Demodulación.</p> <p>- Ganancia de Tx.</p> <p>- Estación remota.</p> <p>- Mayor ancho de banda (BW).</p> <p>- Mas velocidad en el enlace.</p>
<p>Problemas Especificos</p> <p>P1: ¿De qué manera influye los high throughput satelites (HTS) en la implementación de un telepuerto satelital en la banda de frecuencia ku en la empresa Andesat Perú S.A.C.?</p> <p>P2: ¿Serán eficientes los High Throughput Satelites (HTS) para la banda de frecuencia ku?</p>	<p>Objetivo Especificos</p> <p>Determinar la influencia de los High Throughput Satelites (HTS) en la implementación de un telepuerto satelital en la banda de frecuencia ku en la empresa andesat Perú S.A.C.</p> <p>Mostrar la eficiencia de los High Throughput Satelites (HTS) para la banda de frecuencia ku.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Implementación de un telepuerto satelital.</p> <p>Variable Interviniente</p> <p>Banda de frecuencia Ku.</p>	<p>D1: DVB-S2X</p> <p>D2: Telstar 19 vantage</p> <p>D3: Ganancia de Tx y Rx</p> <p>D1: Menos costo de instalación</p> <p>D2: capacidad para transportar gran cantidad de datos.</p>	

Server	eth0	Serial No.
V-Server NMS1	80:18:44:E2:4E:3C	C7VZ8N2
V-Server NMS2	80:18:44:E3:66:C8	C8409N2
NMS 1 VM	F6:18:44:E2:4E:3C	N/A
NMS 2 VM	F6:18:44:E3:66:C8	N/A

Tabla 7: Detalle de los servidores
Fuente: Guía de instalación del Hub

Server	iDrac	Serial No.
Fx2 Chassis	54:48:10:F1:9E:A8	CMC-B5XBHQ2

Tabla 8: Información de caja de chassis
Fuente: Guía de instalación del Hub

Chassis Slot	Type	MGMT IP	GIG0 IP	S/N
01	ULC-T	10.151.217.101	10.151.217.201	206335
02	ULC-R	10.151.217.102	10.151.217.202	205600
05	ULC-T	10.151.217.105	10.151.217.205	206343
06	ULC-R	10.151.217.106	10.151.217.206	205606
07	ULC-R	10.151.217.107	10.151.217.207	205608
09	ULC-T	10.151.217.109	10.151.217.209	206391
10	ULC-T	10.151.217.110	10.151.217.210	206400
11	ULC-R	10.151.217.111	10.151.217.211	205609
12	ULC-R	10.151.217.112	10.151.217.212	205643
13	ULC-R	10.151.217.113	10.151.217.213	205658
14	ULC-R	10.151.217.114	10.151.217.214	205661

Tabla 9: Información de las tarjetas de Tx y Rx.
Fuente: Guía de instalación del Hub

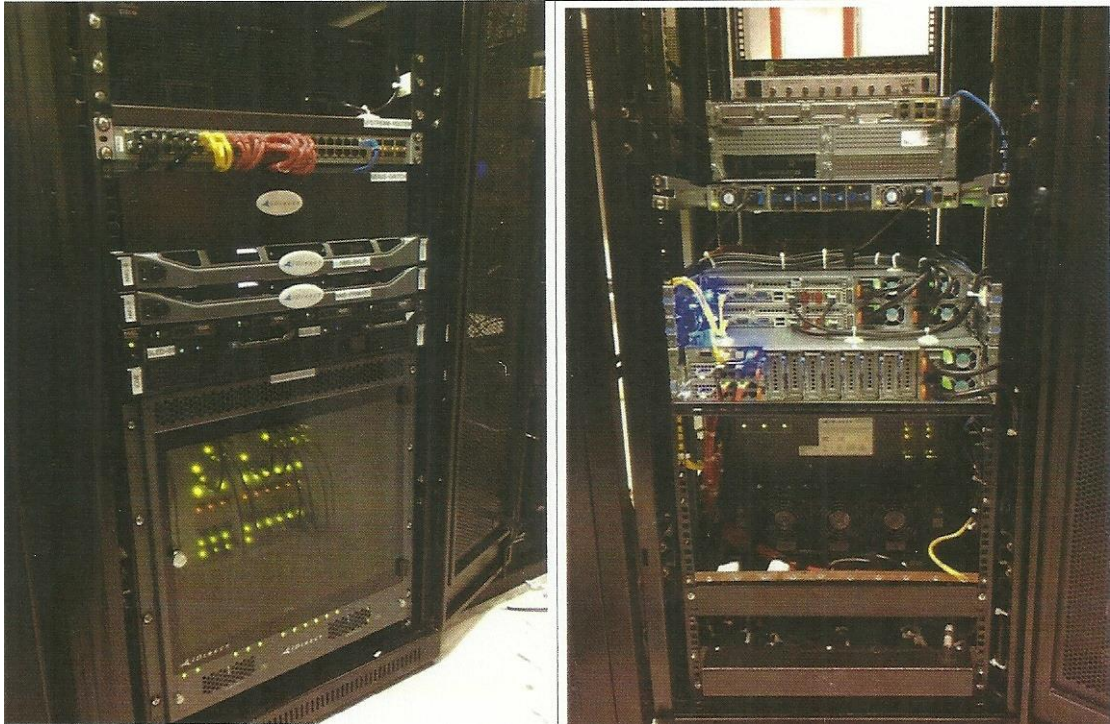


Figura 28: Rack HUB satelital
Fuente: Guía de instalación del Hub