

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



“DISEÑO DE UN TELECENTRO PARA LA UNIDAD
EDUCATIVA YALACA DEL MUNICIPIO DE NOR
YUNGAS DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ”

**Memoria Laboral – PETAENG presentado para la obtención del Grado de
Licenciatura**

POR: MARIA RENE QUINO CONDORI

TUTOR: ING. EDWIN FÉLIX IBARRA GARCÍA

LA PAZ – BOLIVIA
Noviembre, 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su incansable labor en apoyarme y alentarme siempre, en cada paso que doy, son y siempre serán mi gran inspiración en mi vida para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y muchas cosas más, si las menciono aun me quedaría muy corta en las palabras de tanto que agradecer y a mi familia por estar siempre presente, guiándome, por su comprensión apoyo incondicional, por ser un ejemplo a seguir.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4.1 TÉCNICA.....	5
1.4.2 ECONÓMICA.....	5
1.4.3 SOCIAL	6
1.4.4 ACADÉMICA.....	6
1.5 DELIMITACIÓN	7
1.5.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	7
1.5.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL	7
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO	8
2.1 COMUNIDAD DE YALACA	8
2.1.1 EDUCACIÓN	10
2.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES SATELITALES	11
2.2.1 SATÉLITE DE COMUNICACIÓN.....	11
2.2.2 HISTORIA Y DESARROLLO	12
2.2.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SATELITAL.....	16
2.3 BANDAS DE FRECUENCIAS.....	18
2.3.1 BANDA C.....	19

2.3.2	BANDA Ku.....	19
2.3.3	BANDA Ka.....	20
2.4	ORBITAS DE SATÉLITES.....	20
2.4.1	SATÉLITES DE ÓRBITA BAJA (LEO).....	21
2.4.2	SATÉLITES DE ÓRBITA MEDIA (MEO)	22
2.4.3	SATÉLITES DE ÓRBITA GEOESTACIONARIA (GEO).....	22
2.4.4	SATÉLITES DE ÓRBITA ELÍPTICA ALTA (HEO).....	23
2.5	MODELOS DE ENLACE DE SISTEMAS SATELITALES.....	23
2.5.1	MODELO DE ENLACE DE SUBIDA.....	23
2.5.2	TRANSPONDEDOR	24
2.5.3	MODELO DE ENLACE DE BAJADA.....	25
2.5.4	ENLACES CRUZADOS	26
2.6	PARÁMETROS DEL SISTEMA DE SATÉLITES	26
2.6.1	PÉRDIDA POR REDUCCIÓN.....	26
2.6.2	POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y ENERGÍA DE BIT.....	27
2.6.3	POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA ISOTRÓPICAMENTE.....	28
2.6.4	TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO.....	29
2.6.5	DENSIDAD DE RUIDO.....	31
2.6.6	RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO	31
2.6.7	RELACIÓN DE ENERGÍA DE BIT A DENSIDAD DE RUIDO	32
2.6.8	RELACIÓN DE GANANCIA A TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO	33
2.7	ECUACIONES DE ENLACE DEL SISTEMA DE SATÉLITES	34
2.7.1	ECUACIONES DE ENLACE.....	34
2.7.1.1	ECUACIÓN DE ENLACE DE SUBIDA.....	35
2.7.1.2	ECUACIÓN DE ENLACE DE BAJADA	35
2.8	SATÉLITE TUPAK KATARI (TKSAT-1)	36
2.8.1	MAPA DE COBERTURA	37
2.8.2	PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO.....	38
2.9	CARACTERÍSTICA DE UNA ANTENA PARABÓLICA.....	39
2.9.1	ÁNGULO DE ELEVACIÓN	40
2.9.2	ÁNGULO DE APUNTAMIENTO	40
2.9.3	ÁNGULO DE AZIMUT	40

2.10	GEOMETRÍA DE UNA ANTENA OFFSET	41
2.10.1	ALIMENTADOR	43
2.10.2	CONVERSORES	43
2.10.3	CABLE	44
2.10.4	MODEM.....	45
2.11	SISTEMA SATELITAL VSAT	45
2.11.1	CÓMO OPERA Y SOPORTA ESTA RED	46
2.11.2	SECTORES Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL VSAT	46
2.11.3	ESTACIÓN VSAT	47
2.12	MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE (MULTIPLEXACIÓN)	47
2.13	TELECENTRO	49
2.13.1	FORMA DE LA RED PARA TELECENTROS	49
2.13.2	FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE TELECENTROS	50
CAPÍTULO 3.....		52
3.1	MARCO PRÁCTICO.....	52
3.1.1	UBICACIÓN DEL TELECENTRO.	52
3.1.2	SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	53
3.1.3	SISTEMA DE TIERRA.	59
3.1.4	INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	61
3.1.5	CALCULOS PARA EL TELECENTRO.....	70
3.2	ANÁLISIS DE COSTOS.....	86
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
•	CONCLUSIONES	87
•	RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		89
ANEXOS		90

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. 1: Localización de la Unidad Educativa Yalaca</i>	3
<i>Figura 2. 1: Plano referencial de la Comunidad de Yalaca</i>	8
<i>Figura 2. 2: Constelaciones satelitales</i>	12
<i>Figura 2. 3: Satélite Telstar</i>	14
<i>Figura 2. 4: Arquitectura del Sistema Satelital</i>	16
<i>Figura 2. 5: Segmentos Satelitales</i>	17
<i>Figura 2. 6: Segmento de Control</i>	18
<i>Figura 2. 7: Trayectorias de los diferentes orbitas de Satélites</i>	21
<i>Figura 2. 8: Satélites de Órbita Geoestacionaria (GEO)</i>	23
<i>Figura 2. 9: Modelo de enlace de subida al satélite</i>	24
<i>Figura 2. 10: Transpondedor de satélite</i>	24
<i>Figura 2. 11: Modelo de enlace satelital de bajada</i>	25
<i>Figura 2. 12: Enlace Entre Satélites</i>	26
<i>Figura 2. 13: Curva característica de entrada/salida de un amplificador de alta potencia (HPA)</i>	27
<i>Figura 2. 14: Sistema satelital general mostrando las ganancias y pérdidas incurridas en las secciones de enlace de subida y de bajada</i>	34
<i>Figura 2. 15: Mapa de Cobertura</i>	38
<i>Figura 2. 16: Órbita y cobertura TKSAT-1 – 3D</i>	39
<i>Figura 2. 17: Angulo de elevación</i>	40
<i>Figura 2. 18: Angulo de azimut</i>	41
<i>Figura 2. 19: Diagrama geométrico de una antena Offset</i>	42
<i>Figura 2. 20: Punto focal en una antena Offset</i>	42
<i>Figura 2. 21: Punto focal en una antena Offset</i>	48
<i>Figura 2. 22: Diagrama de la red de Telecentros</i>	50
<i>Figura 2. 23: Arquitectura de un Telecentro</i>	51
<i>Figura 3. 1: Ubicación del telecentro Yalaca</i>	52
<i>Figura 3. 2: Ubicación del Estación terrena de Amachuma</i>	53
<i>Figura 3. 3: Jabalina y los aditivos químicos y naturales</i>	59
<i>Figura 3. 4: Tierra tratada con aditivos químicos y naturales</i>	60
<i>Figura 3. 5: Diagrama de dimensiones de sistema de tierra</i>	60
<i>Figura 3. 6: Diagrama de dimensiones de la antena</i>	62

Figura 3. 7: Diseño del telecentro	62
Figura 3. 8: Porcentajes que debe cubrir nuestro ancho de banda.....	63
Figura 3. 9: Crecimiento de las páginas web del 2005 al 2013	66
Figura 3. 10: Angulo de Azimut.....	67
Figura 3. 11: Inclinación LNB.....	68
Figura 3. 12: Datos aproximados de emplazamiento de la antena.....	68
Figura 3. 13: Contornos PIRE y G/T.....	69
Figura 3. 14: Uplink - FWD	72
Figura 3. 15: ASI (Up) - FWD.....	72
Figura 3. 16: Downlink - FWD.....	73
Figura 3. 17: ASI (Downlink) - FWD	73
Figura 3. 18: Rain - FWD.....	74
Figura 3. 19: Satellite - FWD	74
Figura 3. 20: Carriers - FWD	75
Figura 3. 21: Uplink - Return	79
Figura 3. 22: ASI (Up) - Return.....	79
Figura 3. 23: Downlink - Return.....	80
Figura 3. 24: ASI (Downlink) - Return.....	80
Figura 3. 25: Rain - Return	81
Figura 3. 26: Satellite - Return.....	81
Figura 3. 27: Carriers - Return	82

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2. 1: Comunidad Yalaca</i>	10
<i>Tabla 2. 2: Educación Pública</i>	10
<i>Tabla 2. 3: Banda de frecuencia</i>	19
<i>Tabla 2. 4: Comparación de unidades de ruido</i>	31
<i>Tabla 2. 5: Información Técnica Satélite de Telecomunicaciones TKSAT-1</i>	36
<i>Tabla 2. 6: Parámetros de Funcionamiento de las Bandas Ku, Ka y C</i>	38
<i>Tabla 3. 1: Selección de Antena</i>	53
<i>Tabla 3. 2: Selección de LNB</i>	55
<i>Tabla 3. 3: Selección de BUC</i>	56
<i>Tabla 3. 4: Selección de Modem</i>	57
<i>Tabla 3. 5: Selección de UPS</i>	58
<i>Tabla 3. 6: Aplicación de Red</i>	64
<i>Tabla 3. 7: Codificadores para la aplicación de VoIP</i>	64
<i>Tabla 3. 8: Tamaño de la cabecera del nivel de enlace Ethernet</i>	65
<i>Tabla 3. 9: Ancho de Banda necesario para nuestro diseño de telecentro</i>	67
<i>Tabla 3. 10: Enlace Forward (Amachuma - Yalaca)</i>	70
<i>Tabla 3. 11: Enlace Return (Yalaca- Amachuma)</i>	71
<i>Tabla 3. 12: Datos del Satélite</i>	71

RESUMEN

El presente proyecto pretende contribuir al estudio aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para promover sustentar un desarrollo continuo que hoy en día se va dando.

Dentro de este contexto de estudio, analizaremos como es el funcionamiento de nuestro satélite TKSAT-1 (Túpac Katari), los telecentros, centrándonos en aquello cuyo principal objetivo sea contribuir desarrollo humano de la Comunidad de Yalaca.

Podemos definir un telecentro como un local de acceso público para el acceso a las TIC. Estos telecentros pretenden dar acceso a las TIC de una manera realista y económica a los usuarios de la Comunidad de Yalaca, concentrando los servicios y las infraestructuras básicas de telecomunicación en un lugar dentro de la Comunidad.

A lo largo de este documento, se describirá un panorama del diseño del telecentro, analizando experiencias que se está llevando a cabo en el cumplimiento de las políticas tecnológicas que lleva el estado, por agentes de telecomunicaciones, estudiando cuáles son las organizaciones que están impulsando el establecimiento telecentros, como por modelos, haciendo una clasificación en función de parámetros como sistema de financiación, objetivos, localización, beneficiarios o servicios ofrecidos, brindando así el crecimiento y apoyo en la era tecnológica.

Por ello, se presentan una investigación proyectiva ubicada en el nivel comprensivo, en la cual se pretende el diseño de un telecentro, aptado a las necesidades, compatible con la naturaleza de sus actividades, a objeto de facilitar, difundir la necesidad y se propone en un futuro la implementación del mismo.

INTRODUCCIÓN

La tecnología desde sus inicios ha jugado un papel muy importante en la vida de la humanidad pues ha permitido su desarrollo social, económico y cultural; a finales del siglo XX, los avances logrados por la tecnología y en particular por las Tecnologías de la Información y Comunicación, han hecho que hoy en día se esté viviendo una revolución tecnológica que en siglos pasados no se podía imaginar.

Actualmente en la sociedad mundial ya es común la presencia de las nuevas TIC que prometen desarrollar y modernizar a la humanidad.

Hoy en día las TIC están transformando profundamente numerosos aspectos de la vida cultural, social y económica de la humanidad, como por ejemplo los métodos de trabajo, la organización de las empresas, los métodos de la educación y la formación, así como el modo de comunicación de las personas entre sí, dando paso al nacimiento de la Sociedad de la Información.

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC), ofrecen mayores oportunidades en distintos ámbitos, tales como la educación, la salud, la participación democrática, la investigación científica, la gestión de los gobiernos, los derechos humanos, la equidad de género, la protección del medio ambiente, la competitividad y las actividades económicas y productivas.

Las esperanzas se centran en la posibilidad de que las TIC contribuyan a revertir dos de las principales causas de la pobreza: la falta de acceso al conocimiento y las limitaciones de la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Uno de los grandes desafíos que asume la educación en Bolivia es utilizar las tecnologías de la información y comunicación en el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto implica generar condiciones de infraestructura y desarrollar estrategias de capacitación que permitan eliminar el analfabetismo digital, transfiriendo metodologías para innovar en el aula con contenidos desarrollados para la utilización eficaz de las TIC, además, sin dejar de considerar las capacidades y la predisposición de los docentes a

innovar en sus aulas. El énfasis educativo busca maximizar el uso de las TIC que se pone a disposición de los docentes y estudiantes.

El presente trabajo hace conocer el diseño de un telecentro, de manera que este trabajo se pueda implementar el telecentro, donde por objeto se pretenda cumplir de un espacio donde los estudiantes y profesores puedan acceder a una serie de recursos tecnológicos que posibiliten iniciar un proyecto individual o colectivo, este al acceso además de la comunidad, se plantea fundamentalmente que los estudiantes y profesores utilicen las TIC en los procesos educativos cotidianos, esto significa que los estudiantes podrán usar las computadoras para preparar presentaciones, hacer sus investigaciones o intercambiar información con otros usuarios, mientras que los docentes utilizaran los equipos para sus actividades de planificación educativa, para el desarrollo de actividades pedagógicas en las distintas áreas curriculares.

CAPÍTULO 1.

1.1 ANTECEDENTES

El satélite TKSAT-1 (Túpac Katari) es el primer satélite artificial de telecomunicaciones propiedad del Estado Plurinacional de Bolivia, lanzado a órbita el 20 de diciembre de 2013, desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang, utilizando un cohete Larga Marcha 3 B/E. Inicia sus operaciones comerciales en abril de 2014 y tiene actualmente más de 130 clientes con los servicios de segmento espacial, transmisión de Radio y TV y Datos.

La misión del satélite TKSAT-1 es de gestionar y ejecutar la implementación de los proyectos espaciales del Estado, así como asimilar, desarrollar y aplicar el conocimiento espacial en beneficio de los bolivianos.

En un futuro próximo el satélite TKSAT-1, pretende ser la empresa de clase mundial que brinde servicios con excelencia e innovación, que participe activamente en el intercambio de conocimientos con la comunidad espacial internacional para que los beneficios de la tecnología espacial alcancen a todos los bolivianos.

La Agencia Boliviana Espacial ABE, la empresa pública nacional estratégica del Estado Plurinacional de Bolivia creada el año 2010, para la gestión, implementación y administración, del Programa Satelital Túpac Katari y para el desarrollo de proyectos espaciales de nuestro país.

En Bolivia hoy en día se hacen políticas de avances tecnológicos, con el uso de nuestro satélite adquirido el Tupac Katari (87,2°W), las empresas de telecomunicaciones locales hacen todo el esfuerzo técnico posible para aprovechar este recurso tecnológico y así de esta forma tener una cobertura cada vez mayor y brindar servicios de transmisión de datos móviles y/o terrestres con una mayor calidad y eficiencia tecnológica.

Un proyecto educativo permitió la instalación de 469 Telecentros Educativos Comunitarios (TEC), implementados en todo el territorio nacional para beneficiar a los estudiantes de colegios del área rural.

De acuerdo con un informe anual del Ministerio de Educación, el proyecto benefició a más de 57 mil estudiantes y 4.000 maestros que ya cuentan con espacios de computación.

Asimismo, el documento indica que paralelamente se entregó 5.577 computadoras y otros equipos de informática a colegios de todo el país.

La capacitación de los administradores de Telecentros fue fundamental en este proyecto, que ya llevó estos cursos a los departamentos de Tarija (35) y Chuquisaca (26) y con ello logró conformar la red de TEC en ambos departamentos.

Como metas futuras, el informe señala que se tiene previsto el lanzamiento del Portal de Telecentros, con el propósito de sistematizar experiencias, además de difundir las páginas web de las unidades educativas y de los municipios.

El sitio en internet también será utilizado para dar a conocer la información sobre saberes ancestrales, turismo, producción y actividades de la comunidad educativa en general.

Los telecentros existen en casi toda Bolivia y son a veces conocidos bajo diferentes nombres (por ejemplo centros rurales de conocimiento, infocentros, centros de tecnología comunitaria, centros multimedia comunitarios o telecentros escolares).

El Telecentro es un lugar de trabajo donde se utilizan las Tic's "Tecnologías de la Información" (ordenadores, Internet) para desarrollar actividades individuales y profesionales; facilita el acceso a la información actualizada, la formación, el empleo, los servicios públicos, las relaciones sociales y la cultura.

Es un centro público donde la gente puede utilizar computadoras con acceso a Internet y otras tecnologías que ayudan a recopilar información y a comunicarse con otras personas al mismo tiempo que desarrollan habilidades digitales.

Cada telecentro es diferente pero todos convergen en el uso de la tecnología para el desarrollo educativo, social, creando contactos, promoviendo temas relativos a la educación, salud y crea oportunidades económicas.

Una de las ventajas más significativa para la puesta en funcionamiento de un Telecentro rural, es el uso de enlaces satelitales, vale decir que independientemente de la ubicación geográfica donde se plantee posicionar el Telecentro Rural, no existiría problema alguno en el enlace VSAT-SATELITE.

El presente trabajo se enfoca comprender y analizar el desarrollo técnico en el diseño de una red satelital para el servicio de un Telecentro Rural en la Unidad Educativa Yalaca, del

municipio de Nor Yungas, del departamento de La Paz y dar a conocer los costos y beneficios que se tendrá por este beneficio. Todo este desarrollo ayudará al acceso de la información educativa actualizada, comunicación, interactividad e interrelación de la comunidad con la sociedad en general.

El conocimiento de la situación educativa de la Comunidad de Yalaca se constituye un aspecto fundamental en la evolución del desarrollo social de los pueblos por ser uno de los pilares más sólidos en que se apoya un cambio que proyecta mejorar la vida.

La situación educativa ha mejorado en las principales comunidades de Nor Yungas, pero sigue siendo precaria en algunas comunidades rurales por las grandes distancias que tienen que recorrer los niños (as) para llegar a sus escuelas.

La Unidad Educativa Yalaca, cuenta con pequeña infraestructura de aulas y una cancha, con cantidad de alumnado variado, existe un abandono considerado, ya que los padres de familia piensan en ofrecerles a sus hijos mejores condiciones de estudio, para su superación.

La Unidad Educativa Yalaca, del municipio de Nor Yungas, está ubicada al noreste del departamento de La Paz, y al este de la cordillera Oriental de los Andes, tiene una extensión aproximada de 1.088 km², se encuentra poblada por personas que se dedican a sobrevivir de su principal actividad que es la agricultura y el turismo, conocidos más como productores del café, constituyéndose estas labores en sus únicas fuentes de ingresos y sustento.



Figura 1. 1: Localización de la Unidad Educativa Yalaca
Fuente: <https://elevationmap.net/comunidad-yalaca-coroico-nor-yungas-bo-1000133207>

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- El acceso a las tecnologías de información y comunicación no son suficientes para toda la comunidad de Yalaca, lo que conlleva a que se encuentren en una desventaja en el conocimiento y desarrollo tecnológico.
- El servicio de telefonía móvil que se tiene en el lugar no cumple con los estándares mínimos de servicio, constantemente se presentan cortes de dichos servicios perjudicando de gran manera en la vida cotidiana de los pobladores de Yalaca.
- Existe una dificultad de promover sus productos, la comunidad de Yalaca se constituye básicamente en una población netamente productora y tienen la necesidad de tener una comunicación fluida con poblaciones vecinas para lograr comercializar sus productos. A su vez también sus actividades culturales son afectadas por falta de comunicación en el lugar.
- La falta de acceso de información educativa, es un problema serio para toda la comunidad ya que existe una desactualización total, y esto conlleva a que la población esté en desventaja con el resto de las comunidades.

FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Qué características tecnológicas tendrá el diseño de red satelital para el telecentro, para acceder a la información, en la Unidad Educativa Yalaca, del municipio de Nor Yungas, del departamento de la Paz?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- ✚ Diseñar un Telecentro con enlace satelital, para la Unidad Educativa de Yalaca, del municipio de Nor Yungas, del departamento de La Paz.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos de servicios, en la unidad educativa Yalaca, del municipio de Nor Yungas, del departamento de La Paz.

- Diseñar y proponer el equipamiento necesario para el funcionamiento del telecentro.
- Realizar el cálculo del enlace satelital.
- Determinar los costos económicos del Telecentro.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 TÉCNICA.

La importancia técnica del presente proyecto es debido a la falta de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la comunidad de Yalaca, que estas tiene un propósito general que pueden incorporarse en el sector de actividad, gracias al servicio que brinda nuestro satélite y la comunicación tecnología con el telecentro, nos permitira optimizar los procesos que sustentan las actividades cotidianas de la sociedad actual.

A fin de generar complementariedades intrasectoriales que permitan aprovechar el potencial de una sociedad basada en la información y el conocimiento.

Tomando en cuenta esta oportunidad, y a la vez, el rezago en el acceso y uso de estas tecnologías (conocida como "brecha digital"), es necesario formular políticas públicas tendientes a reducir esta brecha y promover la formación y articulación de sociedades de la información con las tecnologías de la información y comunicación.

Por eso, es el diseño del telecentro para la creación de sociedades de la información demanda la masificación del acceso a estas tecnologías, y su adopción en este sector en la Comunidad de Yalaca.

1.4.2 ECONÓMICA.

El interés económico de este trabajo es promover el desarrollo en la comunidad Yalaca, con el acceso de telecentros, para reducir la despoblación por la falta de acceso a tecnologías actuales, para motivar que se queden en sus tierras y cuente con los servicios de las tecnologías para el mejor desarrollo de los habitantes, ya que los recursos de una comunidad depende mucho del número de habitantes, así cubrir sus necesidades, mediante los programas operativos anuales POA, para ejecutar distintos proyectos, a favor de la Comunidad de Yalaca.

Los telecentros en área rural, en los países de Latinoamérica se tornan necesarios por varias razones, una de ellas es optimizar procesos educativos, productivos y organizativos en las diferentes esferas de la colectividad latinoamericana para generar un mayor valor económico y social cuyos efectos positivos redundarán en el crecimiento de los pueblos.

1.4.3 SOCIAL.

El aporte social en la Comunidad Yalaca será sectorial tendrá un impacto directo y contribuye a las políticas de desarrollo social, con este servicio de los telecentros, donde se pretenden promover el uso, no solo los niños, jóvenes, podrán acceder toda la comunidad, mejorar la interrelación con la sociedad con el uso de las plataformas electrónicas en tiempo casi real, la comunicación con la comunidad de Yalaca con La Paz podría ser un claro ejemplo, contarán con un a información actualizada, noticias, habrá la integración, con otros municipios, y otros, enfocamos nuestro aporte al Vivir Bien como satisfacción de necesidades materiales y espirituales.

A través de estos telecentros, en la sociedad, se reducirán las asimetrías del acceso a las Tecnologías de Información y Comunicación que existen entre la zona urbana y las zonas rurales y periurbanas.

1.4.4 ACADÉMICA.

La importancia académicamente será que el telecentro, en la comunidad de Yalaca, es muy necesario, porque este servicio debe estar al alcance hoy en día de todos, para el mejor desarrollo en la formación educativa, en primaria con también en secundaria, estar presente en todas las materias como ser: matemática, física, química, idiomas, geografía, biología, es una gran apoyo y recurso, contar con plataformas educativas, de voz, datos y video, pedagógicamente importante y hoy en día muy necesario, que con las nuevas normas de la educación se quiere llegar al conocimiento no de manera mecánica si pensante, ser, saber, hacer y decidir, que satisfaga necesidades educativas.

Este proyecto se puede implementar, con una de las empresas de telecomunicaciones, ya que contamos con nuestro satélite Tupac Katari y también ellas quieren ofrecer este servicio, para el cumplimiento de su misión y visión, donde se podría presentar una propuesta al ministerio de educación.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

Unidad Educativa Yalaca, del Municipio de Nor Yungas, del departamento de La Paz

1.5.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Gestión 2019.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 COMUNIDAD DE YALACA

La Comunidad de Yalaca es una de las 108 comunidades del municipio de Nor Yungas, perteneciente a la Sub Central Agraria “Julio Ponce de León” junto con otras siete comunidades; San Pablo, San José de Llojeta, Inca Pampa, Munaypata, Pancarani, Apando y Lacahuarca y esta pertenece a la Central Agraria Coroico “16 de Enero”. (Existen 14 Sub Centrales y 3 Centrales Agrarias). Como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2. 1: Plano referencial de la Comunidad de Yalaca
Fuente: Instituto Geográfico Militar

Su estructura orgánica está conformada por un Secretario General y Secretarías de; Actas Hacienda, Agricultura, Relaciones, Justicia, Viabilidad, Educación, Deportes, Medio Ambiente y por Comités del Agua, Luz, Vivienda y Comunal representados por un presidente, un secretario y un vocal. Son elegidos a finales de año en reunión ordinaria en forma democrática por simple mayoría y desempeñan sus funciones ad honorem.

Su estructura económica al tratarse de una comunidad tiene una función social y productiva, su propósito y finalidad es el bienestar de todos y cada uno de los miembros de la comunidad con el objetivo el de vivir bien.

Su funcionamiento de la comunidad como organización sindical está en base de aportes voluntarios y multas por atrasos y faltas a reuniones cada 15 de cada mes y a trabajos comunitarios de 15 jornadas al año.

Estos aportes e ingresos están destinados a las diferentes necesidades de funcionamiento de

la organización sindical en la comunidad y son utilizadas de manera eficiente. Con respecto a los ingresos económicos de los miembros de la comunidad y tratándose de pequeños productores agrícolas de subsistencia del área rural, están relacionados directamente con la pequeña producción agrícola en una zona tradicional en el cultivo de coca, café, plátano, banano, cítricos y flores. La mayoría de los miembros de la comunidad tienen otras actividades que en muchos casos les genera mejores ingresos como ser; albañiles, transportistas, comerciantes, algunos profesionales y cuidadores o “Representantes” estos últimos reciben una remuneración anual de algunos propietarios miembros de la comunidad y del sindicato que viven o migraron a la ciudad de La Paz donde tienen su residencia, sus familias y sus actividades dejando su propiedad al cuidado de estos “Representantes” que son miembros de la comunidad y del sindicato.

En el ámbito social de la comunidad de Yalaca está conformada por 130 familias, de 3 a 4 integrantes, la mayoría de pequeños productores agrícolas de subsistencia del área rural y los clasifica en miembros de la comunidad Activos (aquellos que cumplen a reuniones y trabajos comunitarios) y Pasivos (aquellos que no cumplen a reuniones y trabajos comunitarios sancionados con multas que son del orden monetario).

Su entorno ecológico de la comunidad de Yalaca y los Yungas de Bolivia en su integridad conforma una de las cuatro ecoregiones de más alto valor en biodiversidad del país.

La comunidad de Yalaca también limita al Este con el cerro Uchumachi que se encuentra en gestiones para ser declarado Reserva Forestal y a 10 Km. del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata.

La comunidad de Yalaca cuenta con 520 habitantes aproximadamente, según los datos del censo del INE 2012. La tasa anual de crecimiento intercensal del año 2012, es del orden de 1,59 %, menor a la tasa anual de crecimiento del departamento de La Paz de 2,29 % y mucho menor a la tasa anual de crecimiento del país de 2,74 % con datos del INE Censo 2012. Este indicador se da debido a fenómenos de migración a la ciudad de La Paz, lo que representa mejores oportunidades de trabajo, educación.

Como se muestra en la tabla 2.1. Las tasas de crecimiento de la Comunidad de Yalaca aproximadamente, se trabajaron con datos de referencia del último censo 2012.

Tabla 2. 1: Comunidad Yalaca

	TOTAL	Hombres	Mujeres	TCI 01-12
YALACA	522	273	249	1.59%

Fuente: Elaboración propia, con datos del Censo 2012 INE.

2.1.1 EDUCACIÓN

El conocimiento de la situación educativa de una región constituye un aspecto fundamental en la evolución del desarrollo social de los pueblos por ser uno de los pilares más sólidos en que se apoya un cambio que proyecta mejorar la vida de los hombres. La situación educativa ha mejorado mucho en los principales poblados de Nor Yungas, pero sigue siendo precaria en algunas comunidades rurales por las grandes distancias que tienen que recorrer los niños(as) para llegar a sus escuelas.

Como se muestra en la tabla 2.2. Se puede apreciar según los datos INE del censo 2012, entre los matriculados en edad escolar de 4 a 19 años, hay una tasa de abandono de 10 por ciento en ambos sexos, una tasa de promoción del 86 %. El índice de insatisfacción en educación es de 56 %.

También podemos observar que existe un 56 % de hombres frente a un 44 % de mujeres matriculadas, pero hay más abandono entre los hombres que las mujeres y por último la tasa de promoción de las mujeres son mayores al respecto de los hombres.

Tabla 2. 2: Educación Pública

Comunidad Yalaca	Ambos	Hombres	Mujeres
Número de Matriculados	260	145	115
Tasa de Abandono	50	35	15
Tasa de Efectivos	210	110	100
Tasa de Promoción	191	96	97
Tasa de Reprobación	19	14	3

Fuente: Elaboración propia, con datos del Censo 2012 INE.

La Unidad Educativa Yalaca, se encuentra en la misma comunidad que lleva el mismo, tiene aproximadamente entre 260 estudiantes con respecto a 520 habitantes; 105 en el nivel secundario y 115 en el nivel primario, Son 17 estudiantes, entre varones y mujeres, que se

asume serán bachilleres en esta gestión. Son cinco profesores para todos los niveles, un director y un administrativo. Cuenta con una infraestructura de 10 aulas, una dirección y una cancha.

En la comunidad de Yalaca presenta una tasa de deserción de 10,6% aproximadamente en el área de la educativa.

2.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES SATELITALES

2.2.1 SATÉLITE DE COMUNICACIÓN

En términos astronómicos, un satélite es un cuerpo celeste que gira en órbita en torno a un planeta (por ejemplo, la Luna es un satélite de la Tierra). Sin embargo, en términos aeroespaciales un satélite es un vehículo espacial lanzado por humanos, que describe órbitas alrededor de la Tierra o de otro cuerpo celeste. Los satélites de comunicaciones son fabricados por el hombre y giran en órbita en torno a la Tierra, permitiendo efectuar una multitud de comunicaciones hacia una gran variedad de consumidores, incluyendo suscriptores militares, gubernamentales, privados y comerciales. (TOMASI, 2003)

En esencia, un satélite de comunicaciones es una repetidora de microondas en el cielo, formada por una diversa combinación de uno o más de los siguientes dispositivos: receptor, transmisor, regenerador, filtro, computadora de a bordo, multiplexor, demultiplexor, antena, guía de onda y casi cualquier otro circuito de comunicaciones electrónicas que se haya desarrollado. Una radiorepetidora satelital se llama transpondedor, y un satélite puede tener muchos de ellos. Un sistema satelital consiste en uno o más vehículos espaciales, una estación en la Tierra para controlar el funcionamiento del sistema y una red de estaciones usuarias en la Tierra que proporcionan las instalaciones de interfaz para transmitir y recibir el tráfico de comunicaciones terrestres a través del sistema satelital. (TOMASI, 2003) Como se muestra en la figura 2.2.

Las transmisiones de y hacia los satélites se clasifican como de bus y de carga útil. En el bus se incluyen los mecanismos de control que respaldan la operación de carga útil. La carga útil es la información real de usuarios que pasa por el sistema. Aunque en años recientes hay cada vez más demanda de nuevos servicios de emisión de datos y de televisión, la transmisión de señales telefónicas convencionales de voz (en forma analógica

o digital) sigue siendo el grueso de la carga útil de los satélites. (TOMASI, 2003)



Figura 2. 2: Constelaciones satelitales

Fuente: <http://consultoriaempresariamaslimpias.blogspot.com/2014/09/orbita-satelital.html>

A principios de la década de 1960, la AT&T dio a conocer estudios que indicaban que unos pocos satélites poderosos, de diseño avanzado, podrían manejar más tráfico telefónico que toda la red existente de comunicaciones de larga distancia de AT&T. Se estimó que el costo de estos satélites sería sólo una fracción del costo de instalaciones terrestres equivalente, por microondas o por cable subterráneo. Desafortunadamente, como AT&T era una compañía privada y los reglamentos oficiales les prohibían desarrollar los sistemas satelitales, se dejó que compañías más pequeñas y mucho menos lucrativas desarrollaran los sistemas satelitales, y AT&T continuó invirtiendo millones de dólares cada año para investigar sistemas convencionales terrestres, de microondas y de cable metálico. Por esta causa, los primeros desarrollos de la tecnología de satélites fueron lentos. (TOMASI, 2003)

2.2.2 HISTORIA Y DESARROLLO.

El tipo más sencillo de satélite es un reflector pasivo, que sólo “rebota” las señales de un lugar a otro. Un satélite pasivo refleja las señales de regreso a la Tierra, porque no hay a

bordo dispositivos de ganancia que amplifiquen o modifiquen las señales. La Luna es un satélite natural de la Tierra, visible por reflexión de la luz solar, y que tiene una órbita ligeramente elíptica. En consecuencia, la Luna fue el primer satélite pasivo en 1954, cuando la Marina de E. U. A., transmitió bien el primer mensaje por este sistema de comunicaciones de la Tierra a la Luna y a la Tierra. (TOMASI, 2003)

En 1956 se estableció un sistema de repetidoras entre Washington, D. C., y Hawaii, y hasta 1962 ofreció un servicio confiable de radiocomunicaciones de larga distancia, limitado sólo por la disponibilidad de la Luna. Sin embargo, al paso del tiempo, se vio que la Luna es un satélite de comunicaciones incómodo y no confiable, porque sólo está sobre el horizonte la mitad del tiempo, y su posición respecto a la Tierra cambia en forma constante.

Una ventaja obvia de los satélites pasivos es que no requieren equipos electrónicos complicados a bordo, aunque no necesariamente carezcan de energía. Algunos satélites pasivos requieren transmisores por radiofaro, para fines de rastreo y telemetría. Un radiofaro es una portadora no modulada, transmitida en forma continua, a la que se puede fijar una estación terrestre para usarla en la determinación del lugar exacto de un satélite, para que la estación terrestre pueda alinear sus antenas. Otra desventaja de los satélites pasivos es su uso ineficiente de la potencia transmitida. Por ejemplo, una cantidad tan pequeña como 1 parte de cada 10¹⁸ de la potencia transmitida por la estación terrestre regresa en realidad a las antenas receptoras de otras estaciones terrestres.

En 1957, Rusia lanzó el Sputnik I, el primer satélite terrestre activo. Un satélite activo es capaz de recibir, amplificar, reconformar, regenerar y retransmitir información. El Sputnik I transmitió información de telemetría durante 21 días. Después, el mismo año, Estados Unidos lanzó el Explorer I, que transmitió información de telemetría durante casi cinco meses. (TOMASI, 2003)

La NASA lanzó el Score, en 1958, un satélite cónico de 150 lb. Con una grabación en cinta a bordo, retransmitió el mensaje de Navidad de 1958, del presidente Eisenhower. Score fue el primer satélite artificial en usarse para retransmitir comunicaciones terrestres. Era un satélite repetidor con retardo, porque recibía transmisiones de estaciones terrestres, las guardaba en cinta magnética, y a continuación las reemitía después hacia estaciones terrestres, más adelante en su órbita. (TOMASI, 2003)

También la NASA, en conjunto con Bell Telephone Laboratories y el Jet Propulsion Laboratory lanzaron Echo en 1960, un globo de plástico de 100 pies de diámetro, con recubrimiento de aluminio. Echo reflejaba en forma pasiva las señales que recibía de grandes antenas de la estación terrestre. Era sencillo y confiable, pero requería transmisores de potencia extremadamente alta en las estaciones terrestres. La primera transmisión trasatlántica en usar un satélite se logró con Echo. También en 1960, el Departamento de la Defensa de E. U. A., lanzó Courier, que fue el primer satélite del tipo de transpondedor. Courier transmitió 3W de potencia y sólo duró 17 días. (TOMASI, 2003)

En 1962, AT&T lanzó Telstar I, el primer satélite activo en recibir y transmitir señales de radio en forma simultánea. El equipo electrónico de Telstar I se dañó con la radiación de los recién descubiertos cinturones de Van Allen y, en consecuencia, sólo duró unas pocas semanas. En 1963 fue lanzado Telstar II, con éxito, y era idéntico, electrónicamente, al Telstar I, pero más resistente a la radiación. Se usó Telstar II para transmisiones telefónicas, de TV, facsímil y datos, y logró transmitir bien la primera transmisión trasatlántica de video. (TOMASI, 2003) Como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2. 3: Satélite Telstar

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_comunicaciones

El Syncom I se lanzó en febrero de 1963, y fue el primer intento de colocar en órbita un satélite geosincrónico. Desafortunadamente, se perdió durante su inyección en órbita; sin embargo, fueron lanzados con éxito el Syncom II y el Syncom III en febrero de 1963 y en agosto de 1964, respectivamente. El satélite Syncom II se usó en la transmisión de los Juegos Olímpicos de Tokio, en 1964. Los satélites Syncom demostraron la factibilidad de usar satélites geosíncronos. (TOMASI, 2003)

A partir de los proyectos Syncom, varias naciones y empresas privadas han lanzado con éxito satélites que hoy se usan para proporcionar comunicaciones globales nacionales, regionales e internacionales. Hoy, hay varios cientos de sistemas satelitales de comunicaciones que funcionan casi en cualquier rincón del mundo. Estas empresas proporcionan circuitos mundiales, telefónicos y de datos, de portadora común fija, emisión de televisión de punto a punto, distribución de red de televisión, emisión de música, servicio de teléfono móvil, servicio de navegación y redes privadas de comunicaciones para grandes corporaciones, agencias gubernamentales y aplicaciones militares.

El primer satélite comercial de telecomunicaciones fue Intelsat I (apodado pájaro madrugador). Fue lanzado de Cabo Kennedy en 1965, y usó dos transpondedores y un ancho de banda de 25 MHz, para conducir en forma simultánea una señal de televisión y 480 canales de voz. Intelsat quiere decir Organización Internacional de Telecomunicaciones Satelitales. Es una red comercial global que se manifestó en 1964, desde el interior de las Naciones Unidas. Es un consorcio de más de 120 naciones, que tiene el compromiso de proporcionar comunicaciones satelitales a nivel mundial, sin discriminación, usando cuatro categorías básicas de servicio: telefonía internacional conmutada pública, emisiones de radio y TV, redes de líneas privadas y comerciales y comunicaciones domésticas y regionales. Entre 1966 y 1987, Intelsat lanzó una serie de satélites llamados Intelsat II, III, IV, V y VI. El Intelsat VI tiene una capacidad de 80,000 canales de voz. Entre los lanzamientos más recientes de satélites de Intelsat están los vehículos espaciales de las series 500, 600, 700 y 800. (TOMASI, 2003)

La antigua Unión Soviética lanzó el primer conjunto de satélites domésticos (Domsats) o nacionales en 1966, llamándolos Molniya, que quiere decir “relámpago”. Los Domsats son satélites que son propiedad de un solo país, que los opera y usa. En 1972, Canadá lanzó su primer satélite comercial llamado Anik, palabra Inuit que quiere decir “hermanito”. La Western Union lanzó su primer satélite Westar en 1984, y la Radio Corporation of America (RCA) lanzó sus primeros

Satcom (Satellite Communications) en 1975. Hoy, en Estados Unidos, una empresa de propiedad pública, llamada Communications Satellite Corporation (Comsat) reglamenta el uso y funcionamiento de los satélites estadounidenses, y también establece sus tarifas.

Aunque una empresa o gobierno puede poseer un satélite, por lo general, sus instalaciones se ponen a la disposición de quien quiera pagarlas. En Estados Unidos se usa hoy la mayor parte del tiempo mundial disponible de satélites: el 24%; el segundo lugar es de Gran Bretaña con 13% y les sigue Francia con 6%. (TOMASI, 2003)

2.2.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SATELITAL

Todos los satélites artificiales, tienen unos componentes comunes, y otros específicos de su misión:

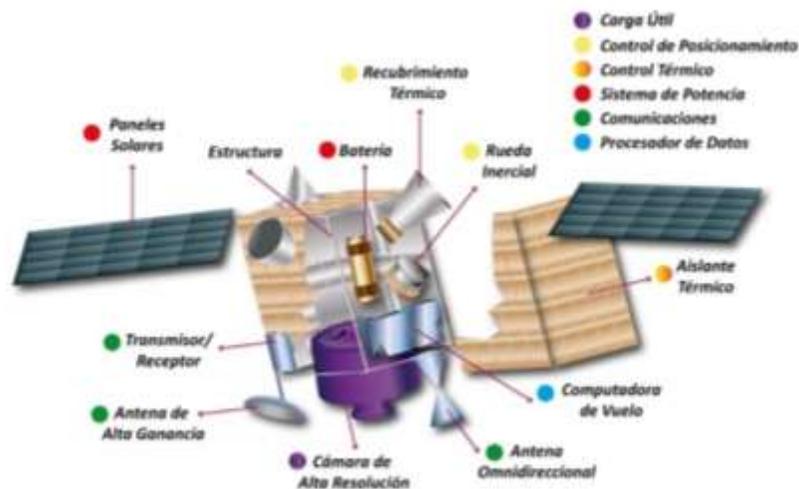


Figura 2. 4: Arquitectura del Sistema Satelital

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_comunicaciones

Los sistemas comunes son:

- **Sistema de suministro de energía:** Asegura el funcionamiento de los sistemas. Normalmente está constituido por paneles solares.
- **Sistema de control:** Es el ordenador principal del satélite y procesa las instrucciones almacenadas y las instrucciones recibidas desde la Tierra.
- **Sistema de comunicaciones:** Conjunto de antenas y transmisores para poder comunicarse con las estaciones de seguimiento, para recibir instrucciones y enviar los datos captados.
- **Sistema de posicionamiento:** Mantienen el satélite en la posición establecida y lo apuntan hacia su(s) objetivo(s).

- **Blindaje térmico:** Constituye el aislante térmico que protege los instrumentos del satélite de los cambios bruscos de temperatura a los que están sometidos, dependiendo de si reciben radiación solar o están de espaldas al Sol. Esta protección, es la que da el color dorado característico de muchos satélites.
- **Carga útil:** Conjunto de instrumentos adaptados a las tareas asignadas al satélite. Varían según el tipo de satélite. (Satelites, 2006) Como se muestra en la figura 2.4.

2.2.3.1 SEGMENTO ESPACIAL

El segmento espacial consta de uno o más satélites que realizan las funciones de recepción, conversión, conmutación y transmisión de la señal enviada por las diferentes estaciones terrenas o satélites. Como se muestra en la figura 2.5.

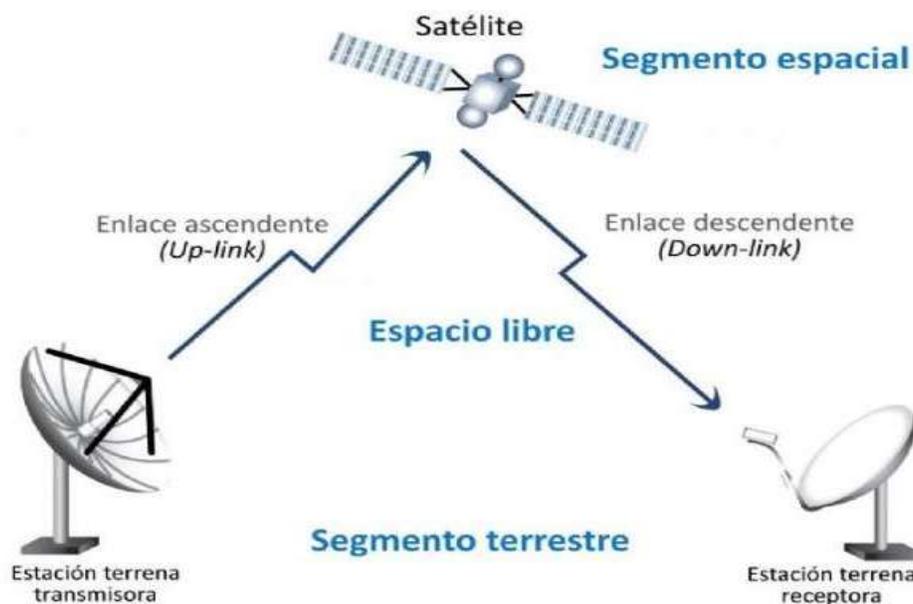


Figura 2. 5: Segmentos Satelitales
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Segmento_espacial

2.2.3.2 SEGMENTO TERRENO

Está constituido por las estaciones terrenas y/o receptoras, encargadas de establecer los enlaces de conexión con el segmento espacial y de proveer los medios de interconexión con redes terrenas o terminales de usuario. (Wikipedia, 2019)

La estructura de dichas estaciones varía según el tipo de tráfico que manejen. (Satelites, 2006)

2.2.3.3 SEGMENTO CONTROL

El segmento de control se compone de todas las instalaciones en tierra para el control y seguimiento de los satélites. (Satelites, 2006). Como se muestra en la figura 2.6.

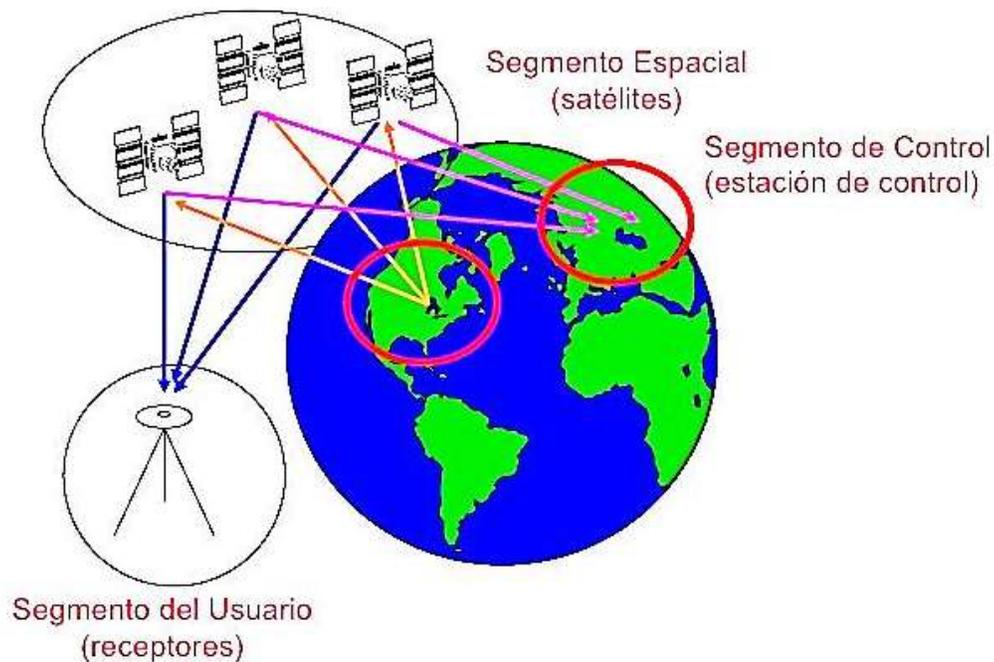


Figura 2. 6: Segmento de Control
Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Segmento>

2.3 BANDAS DE FRECUENCIAS

Las bandas de frecuencia, se definen como los rangos del espectro electromagnético entre los cuales se hallan las ondas transmitidas desde y hacia las antenas satelitales, asignadas a diferentes usos de las radiocomunicaciones como radiodifusión, telefonía móvil o radionavegación. Las bandas de frecuencia más usadas en la actualidad son la C, Ku y Ka, también, existen algunas bandas como la X y L, como se muestra en la tabla 2.3. (Axesat, 2015)

Tabla 2. 3: Banda de frecuencia

Banda	Frecuencia ascendente (GHz)	Frecuencia descendente (GHz)	Problemas
<u>C</u>	5,925 - 6,425	3,7 - 4,2	Interferencia Terrestre
<u>Ku</u>	14,0 - 14,5	11,7 - 12,2	Lluvia
<u>Ka</u>	27,5 - 30,5	17,7 - 21,7	Lluvia

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_comunicaciones

2.3.1 BANDA C

Se encuentra en el rango de 5.9 a 6.4 GHz de canal ascendente y un margen de 3.7 a 4.2 GHz para el canal descendente; su principal limitante es el hecho que proporciona transmisiones de una potencia relativamente baja con relación a otras bandas sin embargo a favor de la banda C se tiene la mejor recepción en comparación que la banda Ku por su inmunidad a interferencias ambientales, y además de poseer un desarrollo tecnológico que tiene un bajo costo. Como desventajas tenemos que el costo que implica la fabricación de una antena de características similares en comparación a otra banda como la Ku se encarece, ya que el diámetro de la antena debe ser proporcional a la longitud de onda que recibe, esto implica que los diámetros sean mayores en comparación a los de la banda Ku aumentando su costo. Otra desventaja es su susceptibilidad de recibir y causar interferencias desde satélites adyacentes y sistemas terrestres que comparten la misma banda como por ejemplo las radio bases de telefonía móvil. Entre las aplicaciones de la banda C se encuentran el servicio para radio aficionado, Difusión de señales de televisión, Internet, Sistemas de aviación. (Axesat, 2015)

2.3.2 BANDA Ku

Se encuentra en el rango de 14.0 a 14.5 GHz. Es usada desde hace muchos años y se generalizó con la aparición de las Vsats (Terminal de Apertura Muy Pequeña). El rango de frecuencia de la banda Ku permite alcanzar alta eficiencia, lo cual puede llegar a mantener niveles de disponibilidad superiores al 99.5%. Asimismo, su uso permite utilizar equipamiento pequeño, por ejemplo, antenas satelitales de 74 cm, lo que hace que se

reduzca su complejidad y costo logístico así como la instalación de los servicios.

En la transmisión y recepción de señales las bandas de frecuencia son una parte importante en las telecomunicaciones.

A través del tiempo surgió la necesidad de usar las bandas de frecuencia Ku ya que “anteriormente se trabajaba con bandas como la banda C, la cual aunque brinda disponibilidades de servicio muy altas, sus eficiencias no son buenas; esto se ve reflejado en que los anchos de banda alcanzados no eran altos o producirlos se volvía muy costoso”; afirma Pablo Hoyos, vicepresidente de operaciones y producto de Axesat, empresa líder en soluciones satelitales. Por causa de esto, la banda Ku llegó para mejorar la eficiencia y alcanzar anchos de banda superiores a un menor costo. (Axesat, 2015)

Si bien la banda de frecuencia Ku se recomienda para cualquier sector que requiera ancho de banda alto, se sugiere aplicarla a sectores petroleros, financieros, mineros y energéticos. En la actualidad, las compañías autorizadas de la fabricación de antenas satelitales, trabajan para renovar la potencia con la que se recibe la señal en la tierra. Si se generaliza más el uso de la banda de frecuencia Ku junto a los satélites HTS, se podría entregar eficiencia mucho mayor. (Axesat, 2015)

2.3.3 BANDA Ka

Se encuentra en el rango de 27.5 a 30.5 GHz. La banda Ka trabaja con ondas más cortas y alcanza mayores eficiencias aunque la disponibilidad de la banda Ku es superior a la banda Ka. Generalmente los operadores satelitales que utilizan la banda de frecuencia Ka usan mecanismos como el FAP (Fair Access Policy), este hace que los clientes no puedan hacer uso del canal libremente todo el tiempo. Los usos de la banda Ka se centran en empresas pequeñas y residencias. La asesoría de expertos en el tema es importante para atender las necesidades de su compañía, de acuerdo a la solución y banda de frecuencia que se ajusta. (Axesat, 2015)

2.4 ORBITAS DE SATÉLITES

Si el satélite describe su órbita en la misma dirección que la de rotación de la Tierra (en el sentido de las manecillas del reloj) y su velocidad angular es mayor que la de la Tierra (ω_s

$> \omega_e$), la órbita se llama prógrada o posígrada. Si su órbita tiene dirección contraria a la de rotación de la Tierra, o la misma dirección, pero con una velocidad angular menor que la de la Tierra ($\omega_s < \omega_e$), la órbita del satélite es retrógrada. La mayoría de los satélites asíncronos gira en torno a la Tierra con órbitas prógradas. Por consiguiente, su posición cambia en forma continua con respecto a un punto fijo de la Tierra. Por lo mismo, los satélites asíncronos se deben usar cuando están disponibles, lo cual puede ser sólo de 15 minutos por órbita. Otra desventaja de estos satélites es la necesidad de equipo complicado y costoso de rastreo en las estaciones terrestres, para poder localizar al satélite cuando se avista en cada órbita, y entonces enganchar la antena al satélite y seguirlo a medida que va pasando. Sin embargo, una gran ventaja de los satélites orbitales es que no se requieren a bordo cohetes de propulsión para mantenerlos en sus órbitas respectivas. Como se muestra en la figura 2.7. (Curioseantes, 2016)

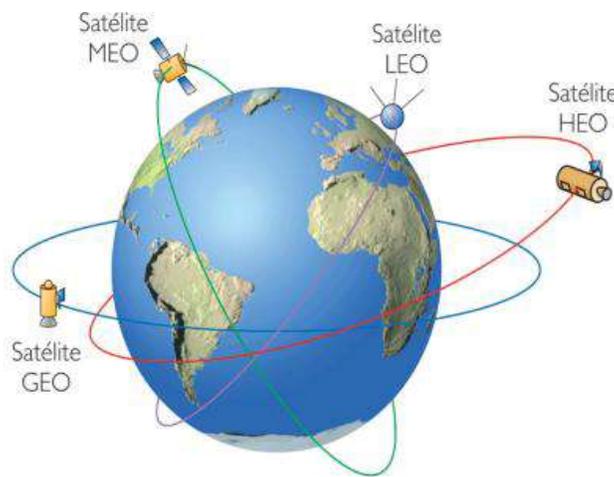


Figura 2. 7: Trayectorias de los diferentes orbitas de Satélites.
Fuente: <http://curioseantes.blogspot.com/2015/10/leo-meo-geo-heo-y-ss0.html>

2.4.1 SATÉLITES DE ÓRBITA BAJA (LEO)

LEO: Low Earth Orbit. Comúnmente conocida como "órbita baja", es una amplia franja orbital que se sitúa entre los 160 Km de altura y los 2000 Km de altura. Como la velocidad orbital es mayor cuanto más baja sea la órbita, los objetos situados en esta franja se mueven a gran velocidad respecto de la superficie terrestre, cubriendo una órbita completa en minutos o pocas horas. (Curioseantes, 2016)

La desventaja es que, como están "rozando" las capas exteriores de la atmósfera terrestre,

tienen un rápido decaimiento orbital y necesitan ser reposicionados con frecuencia para devolverlos a la altura orbital correcta.

Es la clase de órbita circular donde se encuentra la Estación Espacial Internacional, la gran mayoría de los satélites meteorológicos o de observación, y muchos satélites de comunicaciones. (Curioseantes, 2016)

2.4.2 SATÉLITES DE ÓRBITA MEDIA (MEO)

MEO: Medium Earth Orbit Órbita circular intermedia, entre 2.000 y 36.000 Km de distancia de la superficie terrestre, con un período orbital promedio de varias horas (12 horas en promedio) Usada por satélites de observación, defensa y posicionamiento, como las redes satelitales de GPS, y los satélites Glonass rusos o los Galileo europeos.

Un tipo especial de órbita intermedia es la órbita Molnya, especialmente usada por los países cercanos al círculo polar ártico. Esta órbita desarrollada por Rusia, es altamente elíptica y muy inclinada, de modo tener alta visibilidad desde las zonas polares.

La ventaja de ésta órbita es que permite a los países nórdicos establecer satélites de comunicaciones para las regiones donde los geostacionarios no pueden llegar. (Curioseantes, 2016)

2.4.3 SATÉLITES DE ÓRBITA GEOESTACIONARIA (GEO)

GEO: Geostationary Orbit es quizás la más conocida de todas: la órbita geoestacionaria. Esta órbita ecuatorial se ubica a 35.786 km de la superficie terrestre y tiene un período orbital de exactamente 23,93446 horas (coincidiendo con la duración del día sideral), lo que hace que los satélites puestos en esa órbita parezcan "inmóviles" en el espacio, ya que rotan con la misma velocidad angular que la tierra.

Esta órbita es el lugar donde se ubican todos los satélites que proveen internet, televisión, telefonía y datos a distintas regiones del globo. Como se muestra en la figura 2.8.

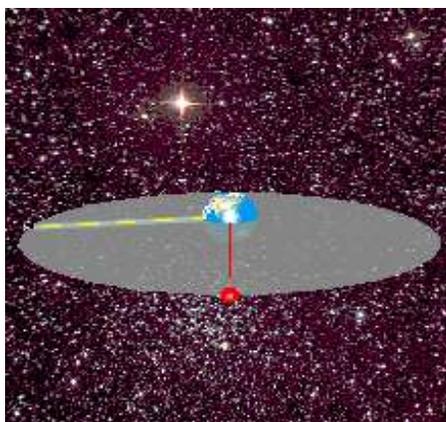


Figura 2. 8: Satélites de Órbita Geoestacionaria (GEO)
Fuente: <http://curioseantes.blogspot.com/2015/10/leo-meo-geo-heo-y-ss.html>

2.4.4 SATÉLITES DE ÓRBITA ELÍPTICA ALTA (HEO)

HEO: High Earth Orbit Básicamente, son todas las órbitas altas, que se ubican más allá de las órbitas geoestacionarias, a más de 36.000 Km y con períodos orbitales mayores a 24 horas.

Vistos desde la tierra, los objetos en esa órbita parecen que retrocedieran a lo largo del día.

Los más famosos satélites en este tipo de órbita fueron los VELA (satélites estadounidenses, del plan Vela Avanzado; fueron parte del proyecto Vela), diseñados para observar las actividades rusas y prevenir un eventual ataque nuclear en la época de la guerra fría. De ellos se produjo el famoso incidente VELA, del que nunca se confirmó origen. (Curioseantes, 2016)

2.5 MODELOS DE ENLACE DE SISTEMAS SATELITALES

En esencia, un sistema satelital consiste en tres secciones básicas: un enlace de subida, un satélite transpondedor y un enlace de bajada. (TOMASI, 2003)

2.5.1 MODELO DE ENLACE DE SUBIDA

El principal componente de la sección de enlace de subida de un sistema satelital es la estación terrestre transmisora. Una estación transmisora terrestre suele consistir de un modulador de FI, un convertidor elevador de frecuencia de FI a microondas RF, un amplificador de alta potencia (HPA, de high-power amplifier) y algún medio de limitar la

banda del espectro final de salida (es decir, un filtro pasabandas de salida). La figura 2.9 muestra el diagrama de bloques de un transmisor de estación terrestre. El modulador de FI convierte las señales de banda base que entran a una frecuencia intermedia modulada FM, PSK o QAM. El convertidor elevador, que es un mezclador y filtro pasabandas, convierte la FI a una RF adecuada de portadora. El HPA proporciona la sensibilidad adecuada de entrada y la potencia de salida para propagar la señal hasta el satélite transpondedor. Los HPA que se suelen usar son klistrones y tubos de onda viajera. (TOMASI, 2003)

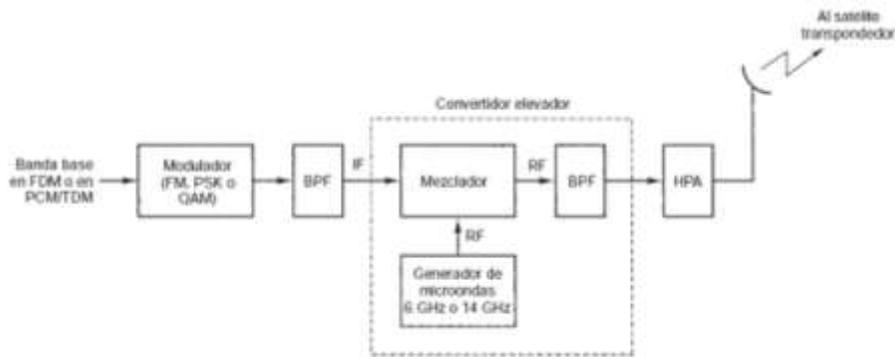


Figura 2. 9: Modelo de enlace de subida al satélite
Fuente: TOMASI, W; 2003

2.5.2 TRANSPONDEDOR

Un transpondedor satelital típico consiste en un dispositivo limitador de banda de entrada (filtro pasabandas), un amplificador de bajo ruido (LNA, de low-noise amplifier) de entrada, un desplazador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasabandas de salida. La figura 2.10 muestra un diagrama de bloques simplificado de un transpondedor satelital. (TOMASI, 2003)

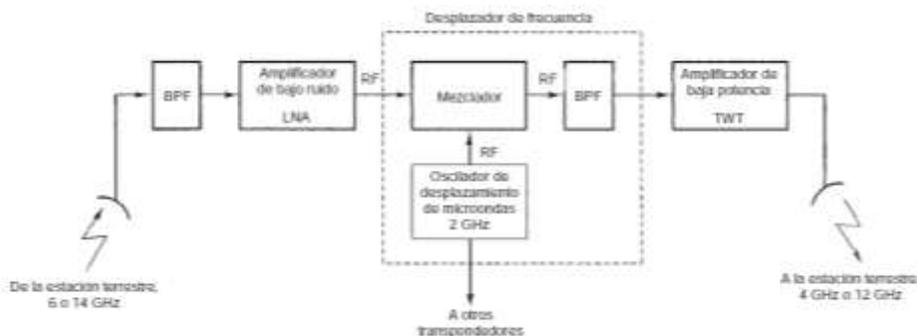


Figura 2. 10: Transpondedor de satélite
Fuente: TOMASI, W; 2003

Este transpondedor es una repetidora RF a RF. Otras configuraciones del transpondedor son repetidoras de FI y de banda base, parecidas a las que se usan en las repetidoras de microondas.

En la figura 2.11, el BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA. Un dispositivo que se usa con frecuencia como LNA es un diodo túnel. La salida del LNA se alimenta a un desplazador de frecuencias, que es un oscilador de desplazamiento y un BPF, que convierte la frecuencia de banda alta del enlace de subida, en frecuencia de banda baja del enlace de bajada. (TOMASI, 2003)

El amplificador de potencia de bajo nivel, que suele ser un tubo de onda viajera, amplifica la señal de RF para su transmisión por el enlace de bajada, hacia las estaciones receptoras terrestres.

Cada canal satelital de RF requiere un transpondedor por separado.

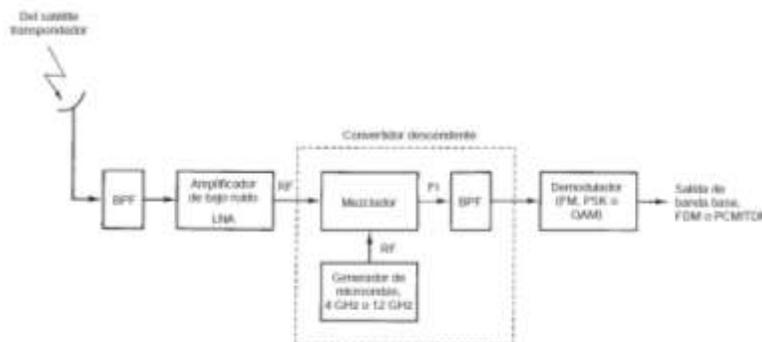


Figura 2. 11: Modelo de enlace satelital de bajada
Fuente: TOMASI, W; 2003

2.5.3 MODELO DE ENLACE DE BAJADA

Un receptor en la estación terrestre comprende un BPF de entrada, un LNA y un convertidor descendente de RF a FI. La figura 2.11 muestra un diagrama de bloques de un receptor típico de estación terrestre. También aquí, el BPF limita la potencia de entrada de ruido al LNA. Éste es un dispositivo de gran sensibilidad y bajo ruido, como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor descendente de RF a FI es una combinación de mezclador y filtro pasabandas, que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia FI. (TOMASI, 2003)

2.5.4 ENLACES CRUZADOS

A veces se presenta una aplicación en donde es necesario comunicarse entre satélites. Esto se hace con enlaces satelitales cruzados o enlaces intersatelitales (ISL, de intersatellite links), como se ve en la figura 2.12. Una desventaja de usar un ISL es que tanto el transmisor como el receptor están acotados por espacio. En consecuencia, tanto la potencia de salida del transmisor como la sensibilidad de entrada del receptor son limitadas. (TOMASI, 2003)

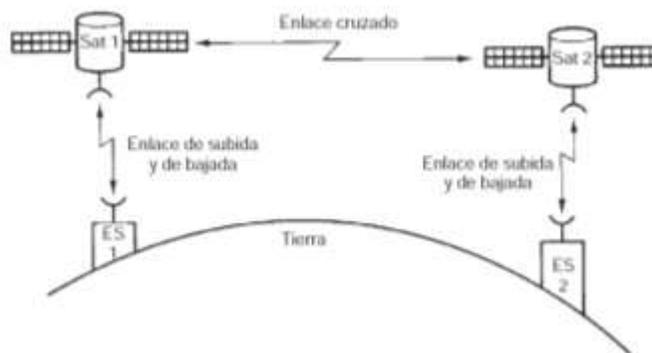


Figura 2. 12: Enlace Entre Satélites
Fuente: TOMASI, W; 2003

2.6 PARÁMETROS DEL SISTEMA DE SATÉLITES

2.6.1 PÉRDIDA POR REDUCCIÓN

Los amplificadores de alta potencia que se usan en las estaciones transmisoras terrestres y los tubos de onda viajera que se usan en los satélites transpondedores son dispositivos no lineales; su ganancia (potencia de salida entre potencia de entrada) depende del nivel de la señal de entrada. (TOMASI, 2003)

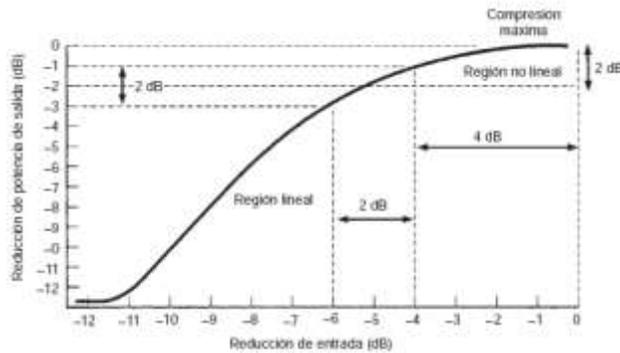


Figura 2. 13: Curva característica de entrada/salida de un amplificador de alta potencia (HPA)
Fuente: TOMASI, W; 2003

En la figura 2.13 se muestra una curva característica de potencia de salida en función de potencia de entrada. Se aprecia que al paso que se reduce la potencia de entrada en 4 dB, la potencia de salida sólo se reduce 1 dB. Hay una compresión de potencia obvia. Para reducir la cantidad de distorsión por intermodulación causada por la amplificación no lineal del HPA, se debe reducir la potencia de entrada en varios dB. Esto permite que el HPA funcione en una región más lineal. La cantidad de reducción de nivel de salida respecto a los niveles nominales equivale a una pérdida, y se le llama con propiedad perdida por reducción (L_{bo}). (TOMASI, 2003)

2.6.2 POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y ENERGÍA DE BIT

Para funcionar con la mayor eficiencia posible, un amplificador de potencia debe trabajar tan cerca como sea posible de la saturación. La potencia saturada de salida se representa por $P_{o(sat)}$ o simplemente por P_t . La potencia de salida de un transmisor de estación terrestre a satélite es mucho mayor que la de salida de un amplificador de potencia de transmisor terrestre de microondas.

En consecuencia, cuando se manejan sistemas satelitales, la P_t se expresa, generalmente, en dBW (decibelios respecto a 1 W), y no en dBm (decibelios respecto a 1 mW). (TOMASI, 2003)

Los sistemas satelitales más modernos usan ya sea modulación por conmutación de fase (PSK) o modulación por amplitud en cuadratura (QAM), más que la modulación convencional de frecuencia (FM). En la PSK y la QAM, la banda base de entrada suele ser una señal multiplexada por división de tiempo y codificada por PCM, de naturaleza digital.

También, en PSK y QAM se pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización de transmisión. En consecuencia, un parámetro más indicativo que la potencia de la portadora es la energía por bit, E_b . (TOMASI, 2003). La definición de E_b es:

$$E_b = P_t T_b$$

Dónde:

E_b = energía de un solo bit (joules por bit)

P_t = potencia total saturada de salida (watts, o joules por segundo)

T_b = tiempo de un solo bit (segundos)

o también, como $T_b = 1/f_b$, siendo f_b la frecuencia de bits,

$$E_b = \frac{P_t}{f_b} = \frac{J/S}{b/S} = \frac{Joules}{bit}$$

2.6.3 POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA ISOTRÓPICAMENTE

La *potencia efectiva irradiada isotrópicamente* (EIRP, de *effective isotropic radiated power*) se define como una potencia equivalente de transmisión, y se expresa como sigue:

$$EIRP = P_{ent} A_t$$

Dónde:

EIRP = Potencia Efectiva Irradiada Isotrópicamente (watts)

P_{ent} = Potencia de Entrada a la Antena (watts)

A_t = Ganancia de la Antena de Transmisión (relación adimensional)

En forma logarítmica,

$$EIRP_{(dBW)} = P_{ent(dBW)} + A_{t(dB)}$$

Con respecto a la salida del transmisor,

$$P_{ent} = P_t - L_{bo} - L_{bf}$$

Así,

$$EIRP = P_t - L_{bo} - L_{bf} + A_t$$

Donde

P_{ent} = Potencia de entrada a la antena (dBW por watt)

L_{bo} = pérdidas por reducción de HPA (decibelios)

L_{bf} = pérdida total por ramificación y en alimentador (decibelios)

A_t = ganancia de la antena de transmisión (decibelios)

P_t = potencia de salida saturada de amplificador (dBW por watt)

2.6.4 TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO

En los sistemas terrestres de microondas, el ruido que se introduce en un receptor o en un componente dentro de un receptor se solía especificar por el parámetro índice de ruido. En los sistemas satelitales de comunicaciones con frecuencia es necesario diferenciar o medir el ruido en incrementos tan pequeños como una décima o una centésima de decibel. En su forma normal, el índice de ruido es inadecuado para estos cálculos tan precisos. En consecuencia, se acostumbra usar la *temperatura ambiente* (T) y la *temperatura equivalente de ruido* (T_e) al evaluar el funcionamiento de un sistema satelital. (TOMASI, 2003)

$$N = KTB$$

De esta ecuación se despeja T :

$$T = \frac{N}{KB}$$

Donde

N = potencia total de ruido (watts)

K = constante de Boltzmann (joules por kelvin)

B = ancho de banda (hertz)

T = temperatura del ambiente (kelvin)

$$F = 1 + \frac{T_e}{T}$$

Donde

T_e = temperatura equivalente de ruido (kelvin)

F = factor de ruido (adimensional)

T = temperatura del ambiente (kelvin)

La ecuación sigue

$$T_e = T (F - 1)$$

Las temperaturas equivalentes de ruido características de los receptores que se usan en los transpondedores de satélite son de unos 1000 K. Para los receptores de estación terrestre, los valores de T_e son de 20 a 1000 K. La temperatura equivalente de ruido es más útil en general cuando se expresa en forma logarítmica, referida a 1 K, en unidades dBK como sigue:

$$T_{e(\text{dBK})} = 10 \log T_e$$

Para una temperatura equivalente de ruido de 100 K, $T_{e(\text{dBK})}$ es:

$$T_e = 10 \log 100 \text{ o } 20 \text{ dBK}$$

La temperatura equivalente de ruido es un valor hipotético que se puede calcular, pero que no se puede medir. Con frecuencia se usa la temperatura equivalente de ruido y no el índice de ruido, por ser un método más exacto para expresar el ruido aportado por un dispositivo o un receptor, al evaluar su funcionamiento. En esencia, la temperatura equivalente de ruido T_e representa la potencia de ruido presente en la entrada a un dispositivo, más el ruido agregado internamente por ese dispositivo. Esto permite analizar las características de ruido de un dispositivo tan sólo con evaluar una temperatura equivalente de ruido. Como se verá en las descripciones que siguen, T_e es un parámetro muy útil al evaluar el desempeño de un sistema satelital. (TOMASI, 2003)

El factor de ruido, el índice de ruido, la temperatura equivalente de ruido y los dBK se resumen en la tabla 2.4.

Tabla 2. 4: Comparación de unidades de ruido

Factor de ruido (F) (adimensional)	Índice de ruido (NF) (dB)	Temperatura equivalente (T _e) (°K)	dBK
1.2	0.79	60	17.78
1.3	1.14	90	19.54
1.4	1.46	120	20.79
2.5	4	450	26.53
10	10	2700	34.31

Fuente: TOMASI, W; 2003

2.6.5 DENSIDAD DE RUIDO

En términos simples, la *densidad de ruido*, N_0 , es la potencia de ruido normalizada a un ancho de banda de 1 Hz, o la potencia de ruido presente en un ancho de banda de 1 Hz. La ecuación de la densidad de ruido es

$$N_0 = \frac{N}{B} = \frac{KT_e B}{B} = KT_e$$

En la que N_0 = densidad de ruido (watts por hertz) (N_0 se suele expresar simplemente en watts; el hertz recíproco está implícito en la definición de N_0);

$$1 \text{ W/Hz} = \frac{1 \text{ joule/seg}}{1 \text{ ciclo/seg}} = \frac{1 \text{ joule}}{\text{ciclo}}$$

N = potencia total de ruido (watts)

B = ancho de banda (hertz)

K = constante de Boltzmann (joules por kelvin)

T_e = temperatura equivalente de ruido (kelvin)

Expresada como logaritmo, con 1 W/Hz como referencia,

$$\begin{aligned} N_{0(\text{dBW/Hz})} &= 10 \log N - 10 \log B \quad (18-10) \\ &= 10 \log K + 10 \log T_e \end{aligned}$$

2.6.6 RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO

La relación C/N_0 es la relación de la potencia promedio de portadora de banda ancha a densidad de ruido. La *potencia de portadora de banda ancha* es la potencia combinada de la portadora y sus bandas laterales asociadas. La densidad de ruido es el ruido térmico

presente en un ancho de banda normalizado de 1 Hz. La relación de portadora a densidad de ruido también se puede expresar en función de la temperatura de ruido. La ecuación correspondiente es

$$\frac{C}{N_0} = \frac{C}{KT_e}$$

Expresada en forma logarítmica,

$$\frac{C}{N_0} \text{ (dB)} = C_{\text{(dBW)}} - N_{0\text{(dBW)}}$$

2.6.7 RELACIÓN DE ENERGÍA DE BIT A DENSIDAD DE RUIDO

La relación E_b/N_0 es uno de los parámetros más importantes y de uso más frecuente para evaluar un sistema digital de radio. La relación E_b/N_0 es una forma cómoda para comparar sistemas digitales que usan distintas frecuencias de transmisión, esquemas de modulación o técnicas de codificación. (TOMASI, 2003)

La definición matemática de E_b/N_0 es

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C/f_b}{N/B} = \frac{CB}{Nf_b}$$

Esta relación es un término adecuado para cálculos de sistemas digitales y comparaciones de funcionamiento, pero en el mundo real es más cómodo medir la relación de potencia de portadora de banda ancha a densidad de ruido, y convertirla a E_b/N_0 . Si se reordena la ecuación, se obtiene lo siguiente

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} \times \frac{B}{f_b}$$

La relación E_b/N_0 es el producto de la relación de portadora a ruido, C/N , por la relación de ancho de banda de ruido a frecuencia de bits, B/f_b . Expresada en forma logarítmica,

$$\frac{E_b}{N_0} \text{ (dB)} = \frac{C}{N} \text{ (dB)} + \frac{B}{f_b} \text{ (dB)}$$

La energía por bit, E_b , permanece constante mientras no cambien la potencia total de portadora de banda ancha, C , y la velocidad de transmisión, en bps. También, la densidad de ruido N_0 permanece constante mientras la temperatura de ruido permanezca constante.

Se puede llegar entonces a la siguiente conclusión: para valores fijos de potencia de portadora, frecuencia de bits y temperatura de ruido, la relación E_b/N_0 permanece constante, y es independiente de la técnica de codificación, el esquema de modulación o el ancho de banda que se usen, siempre cuando el ancho de banda sea igual a la frecuencia de bits.

2.6.8 RELACIÓN DE GANANCIA A TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO

En esencia, la relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido, G/T_e , es una cifra de mérito que representa la calidad de un receptor de satélite o de estación terrestre. Para un receptor, G/T_e es la relación de la ganancia de la antena receptora a la temperatura equivalente de ruido,

T_e , del receptor. Debido a las potencias de portadora tan extremadamente pequeñas en recepción que hay en los sistemas satelitales, con mucha frecuencia se ubica físicamente un amplificador de bajo ruido (LNA, de low-noise amplifier). Cuando así sucede, G/T_e es una relación de la ganancia de la antena receptora más la ganancia del LNA, entre la temperatura equivalente de ruido. (TOMASI, 2003)

Es decir, para este caso,

$$\frac{G}{T_e} = \frac{A_r + A_{(LNA)}}{T_e}$$

Expresada en logaritmos

$$\frac{G}{T_e} \text{ (dBK}^{-1}\text{)} = A_{r(\text{dB})} + A_{(LNA)(\text{dB})} - T_{e(\text{dBK})}$$

La relación G/T_e es un parámetro útil para determinar las relaciones E_b/N_0 y C/N en los receptores del satélite transpondedor y de la estación terrestre. En esencia, es el único parámetro que se requiere en un receptor de satélite o de estación terrestre cuando se completa el cálculo de los gastos de enlace. (TOMASI, 2003)

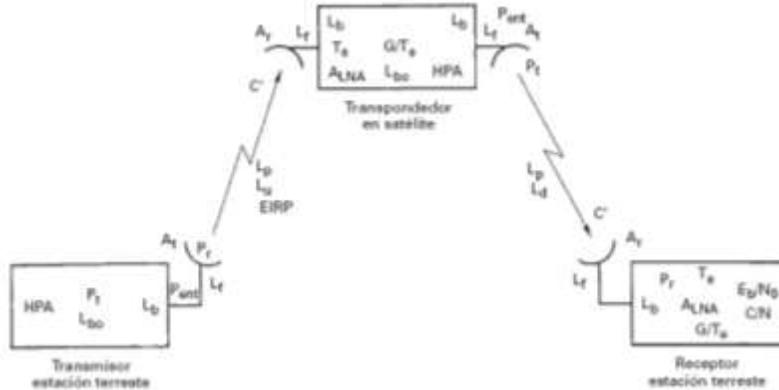


Figura 2. 14: Sistema satelital general mostrando las ganancias y pérdidas incurridas en las secciones de enlace de subida y de bajada
Fuente: TOMASI, W; 2003

2.7 ECUACIONES DE ENLACE DEL SISTEMA DE SATÉLITES

La incidencia de errores de un sistema digital satelital es bastante predecible. Como se muestra en la figura 2.14, el diagrama de bloques simplificado de uno de estos sistemas, e identifica las diversas ganancias y pérdidas que pueden afectar el funcionamiento del sistema. Cuando se evalúa el funcionamiento de un sistema digital satelital, primero se examinan por separado los parámetros del enlace de subida y el de bajada y, a continuación, se determina la eficiencia general, combinándolos en la forma adecuada. Téngase en cuenta que un radio digital de microondas o un radio de satélite sólo quiere decir que las señales de banda base original y demodulada son de naturaleza digital. La parte de RF del radio es analógica; esto es, es FSK, PSK, QAM o alguna de las demás modulaciones de mayor nivel, que van con una portadora analógica de microondas.

2.7.1 ECUACIONES DE ENLACE

Se usan las siguientes ecuaciones de enlace para analizar por separado las secciones de enlace de subida y de bajada de un sistema aislado satelital de portadora de radiofrecuencia. En estas ecuaciones sólo se consideran ganancias y pérdidas ideales, y efectos de ruido térmico asociados con el transmisor de la estación terrestre, receptor de la estación terrestre y el transpondedor del satélite.

2.7.1.1 ECUACIÓN DE ENLACE DE SUBIDA

$$\frac{C}{N_0} = \frac{A_t P_{\text{ent}}(L_p L_u) A_r}{K T_e} = \frac{A_t P_{\text{ent}}(L_p L_u)}{K} \times \frac{G}{T_e}$$

En donde L_d y L_u son las pérdidas adicionales atmosféricas en enlace de subida y de bajada, respectivamente. Las señales de enlace de subida y de bajada deben atravesar la atmósfera terrestre, donde son absorbidas en forma parcial por la humedad, el oxígeno y las partículas en el aire. Dependiendo del ángulo de elevación, la distancia que recorre la señal de RF a través de la atmósfera varía de una a otra estación terrestre. Ya que L_p , L_u y L_d representan pérdidas, son valores decimales menores que 1. La relación G/T_e es la ganancia de la antena receptora más la del LNA, divididas entre la temperatura equivalente de ruido en la entrada. (TOMASI, 2003)

Expresada en forma logarítmica

$$\begin{aligned} \frac{C}{N_0} &= \underbrace{10 \log A_t P_{\text{ent}}}_{\text{EIRP estación terrestre}} - \underbrace{20 \log \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)}_{\text{pérdidas en la trayectoria por espacio libre } L_p} + \underbrace{10 \log \left(\frac{G}{T_e} \right)}_{\text{G/T}_e \text{ de satélite}} - \underbrace{10 \log L_u}_{\text{pérdidas atmosféricas adicionales}} - \underbrace{10 \log K}_{\text{constante de Boltzmann}} \\ &= \text{EIRP (dBW)} - L_p \text{ (dB)} + \frac{G}{T_e} \text{ (dBK}^{-1}\text{)} - L_u \text{ (dB)} - K \text{ (dBWK)} \end{aligned}$$

2.7.1.2 ECUACIÓN DE ENLACE DE BAJADA

$$\frac{C}{N_0} = \frac{A_t P_{\text{ent}}(L_p L_d) A_r}{K T_e} = \frac{A_t P_{\text{ent}}(L_p L_d)}{K} \times \frac{G}{T_e}$$

Expresada en logaritmos

$$\begin{aligned} \frac{C}{N_0} &= \underbrace{10 \log A_t P_{\text{ent}}}_{\text{EIRP satélite}} - \underbrace{20 \log \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)}_{\text{pérdidas en la trayectoria por espacio libre } L_p} + \underbrace{10 \log \left(\frac{G}{T_e} \right)}_{\text{G/T}_e \text{ de estación terrestre}} - \underbrace{10 \log L_d}_{\text{pérdidas atmosféricas adicionales}} - \underbrace{10 \log K}_{\text{constante de Boltzmann}} \\ &= \text{EIRP (dBW)} - L_p \text{ (dB)} + \frac{G}{T_e} \text{ (dBK}^{-1}\text{)} - L_d \text{ (dB)} - K \text{ (dBWK)} \end{aligned}$$

2.8 SATÉLITE TUPAK KATARI (TKSAT-1)

El satélite Tupac Katari -1 fue lanzado el 20 de diciembre del año 2013 e inició su servicio comercial en el mes de abril del siguiente año; desde entonces y hasta ahora, la operación y administración de ese satélite es la principal actividad de la Agencia. (ABE, 2016)

El satélite Túpac Katari – 1 es controlado desde las estaciones terrenas de Amachuma, en La Paz y La Guardia en Santa Cruz, ambas facilidades son propiedad de la ABE. En la estación de Amachuma, se ha implementado también un telepuerto, que permite la prestación de servicios de telecomunicaciones a diversos clientes.

En el mes de mayo del año 2016, La ABE ha obtenido una licencia que le permite prestar servicios de telecomunicaciones directamente al público en las áreas rurales de nuestro país. (ABE, 2016)

El satélite Túpac Katari (TKSAT-1) es un satélite de telecomunicaciones, diseñado para funcionar en las bandas de frecuencias satelitales C, Ku FSS, Ku BSS y Ka, siendo capaz de ofrecer servicios de telecomunicaciones tales como Voz, Datos y Video, siendo los principales servicios requeridos en la actualidad el de Internet y Televisión Satelital, que se provee a nuestro usuarios dispersos en todo el territorio nacional. (ABE, 2016)

El satélite ofrece diferentes coberturas geográficas con diferentes antenas específicamente diseñadas para dar cobertura a determinados territorios de nuestro continente y proveer los servicios a los usuarios conforme a sus requerimientos. Los servicios provistos a través del satélite TKSAT-1 gozan de la confianza de nuestros usuarios y los mismos son provistos conforme a estándares internacionales de calidad y disponibilidad para servicios de telecomunicaciones. (ABE, 2016)

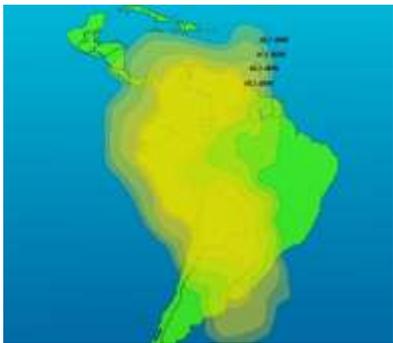
Tabla 2. 5: Información Técnica Satélite de Telecomunicaciones TKSAT-1

Información Técnica Satélite de Telecomunicaciones TKSAT-1			
Tipo de Satélite	Comunicaciones	Número de canales	30
Bandas de Frecuencias	C / Ku FSS / Ku BSS / Ka	Fecha de lanzamiento	Diciembre 2013

Información Técnica Satélite de Telecomunicaciones TKSAT-1			
Vida útil estimada	15 años	Plataforma	DFH-4
Dimensiones	2360mm × 2100mm × 3600mm	Peso	5100 Kg.
Posición orbital	87.2° Oeste	Tipo de órbita	Geoestacionaria
Altitud orbital	36,000 Km.	Vehículo de lanzamiento	LM.3BE

Fuente: <https://www.abe.bo/ficha-tecnica-tksat-1/>

2.8.1 MAPA DE COBERTURA

Ku FSS	Ku BSS
 <p>Mapa de cobertura para Ku FSS que muestra una gran zona de cobertura amarilla y verde sobre América del Sur y el Océano Pacífico.</p>	 <p>Mapa de cobertura para Ku BSS que muestra una zona de cobertura más limitada, principalmente amarilla y verde, sobre América del Sur.</p>
Ka	C

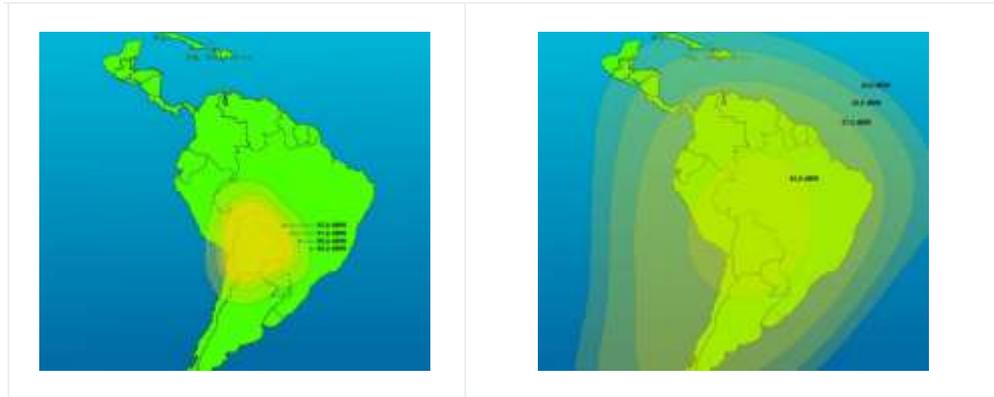


Figura 2. 15: Mapa de Cobertura
Fuente: <https://www.abe.bo/ficha-tecnica-tnsat-1/>

2.8.2 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

Tabla 2. 6: Parámetros de Funcionamiento de las Bandas Ku, Ka y C

Banda Ku FSS		Banda Ku BSS	
Total Canales	22	Total transponders	4
Ancho de Banda por Canal	36 MHz	MHz por Transponders	36MHz
Polarización Uplink	V/H	Polarización Uplink	LHCP
Polarización Downlink	H/V	Polarización Downlink	RCHP
EIRP al borde de las áreas de Cobertura	(46 – 46 – 49) dBW	EIRP al borde del área de Cobertura	54 dBW

Banda Ka		Banda C	
Total Transponders	2	Total Transponders	2
MHz por Transponders	120 MHz	MHz por Transponders	28 MHz
Polarización Uplink	RHCP	Polarización Uplink	LHCP
Polarización Downlink	LHCP	Polarización Downlink	RHCP
EIRP al borde de las áreas de Cobertura	51 dBW	EIRP al borde de las áreas de Cobertura	(40,5 – 36) dBW

Fuente: <https://www.abe.bo/ficha-tecnica-tksat-1/>

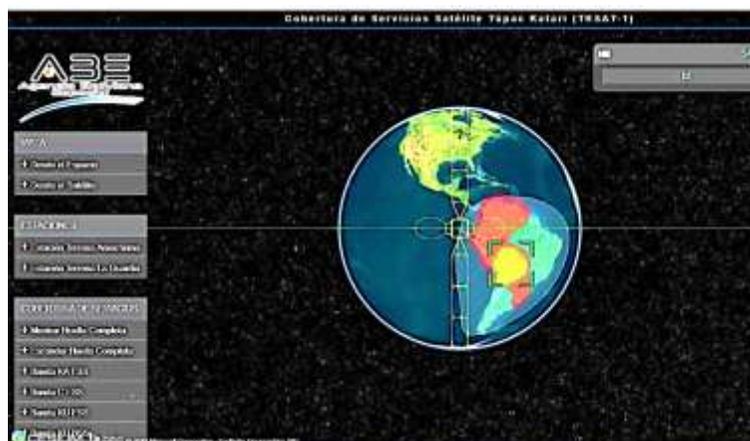


Figura 2. 16: Órbita y cobertura TKSAT-1 – 3D
Fuente: <https://www.abe.bo/ficha-tecnica-tksat-1/>

2.9 CARACTERÍSTICA DE UNA ANTENA PARABÓLICA

Una antena parabólica se usa para comunicaciones satelitales por su directividad y una ganancia elevada, por lo que es muy común encontrar este tipo de antenas instaladas en ciudades, pueblos y lugares aislados, ya que una de las razones del uso de este tipo de antenas, no solo es el entretenimiento, sino que la recepción de señales terrestres puede ser baja o prácticamente nula, ya sea por no encontrarse dentro de un área de cobertura o

porque la situación geográfica impida la correcta recepción, mientras que la satelital puede ser óptima .

Las antenas parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad alta por lo que son muy usadas para enlaces satelitales. Las antenas parabólicas son en esencia una superficie metálica que sirve de reflector y un elemento radiante (receptor), situado en su foco.

La orientación de la antena se basa en el cálculo de los ángulos de elevación, azimut y polarización también llamados ángulos de vista derivados de parámetros de la posición del satélite y de la estación terrena. (Wikipedia, 2014)

2.9.1 ÁNGULO DE ELEVACIÓN

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Como se muestra en la figura 2.16.

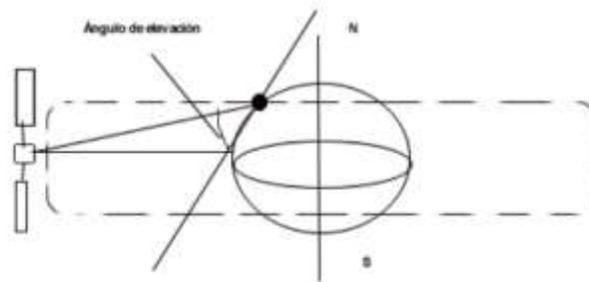


Figura 2. 17: Ángulo de elevación
Fuente: TOMASI, W; 2003

2.9.2 ÁNGULO DE APUNTAMIENTO

Se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena, se mide desde el norte geográfico en dirección de las manecillas del reloj. Los ángulos de elevación y azimut, dependen ambos, de la latitud y la longitud de la estación terrena, así como la posición orbital del satélite. (Wikipedia, 2014)

2.9.3 ÁNGULO DE AZIMUT

El ángulo del plano de polarización se ajusta girando el conversor (LNB), respecto a la vertical en el sentido de las agujas del reloj. Este ángulo, dependerá de la ubicación

geográfica de la antena. Como se muestra en la figura 2.17.

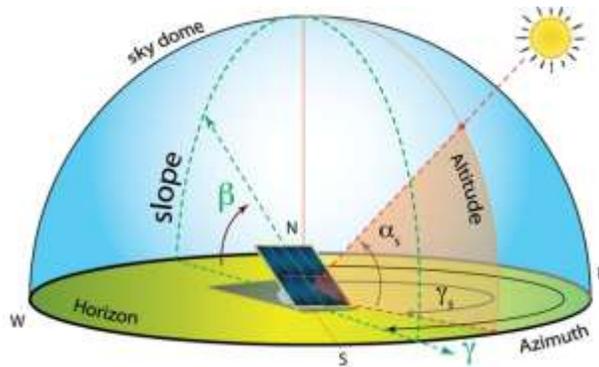


Figura 2. 18: Angulo de azimut

Fuente: <http://biblus.accasoftware.com/es/disenio-de-una-instalacion-fotovoltaica/azimut-y-angulo-de-tilt/>

2.10 GEOMETRÍA DE UNA ANTENA OFFSET.

Las señales emitidas por los satélites que llegan al plato son muy tenues, esto hace que se deba captar la mayor energía posible y concentrarla en un solo punto, donde se encuentra el foco de la antena, esto se consigue mediante un reflector parabólico, ya que en ella, cualquier punto P que está a igual distancia de un punto f (foco) situado en el eje x, a partir de un punto D situado en la perpendicular de una línea recta paralela al eje y (que se denomina directriz), como se puede ver en la Figura 2.18.

En una parábola, toda línea paralela al eje x, que incide sobre un punto de ésta, se desvía hacia el foco f con un ángulo Θ , que geoméricamente se demuestra que es igual a Θ' . De este modo se deduce que si el eje x de la parábola se apunta hacia un punto del espacio, todas las radiaciones que procedan de este punto sean paralelas al eje x, se desviarán hacia el foco f.

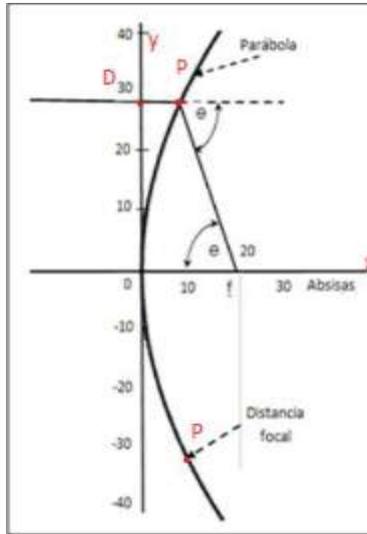


Figura 2. 19: Diagrama geométrico de una antena Offset.

Fuente: PEREZ, C; 2008

Las antenas parabólicas tipo offset son un sector de un paraboloides de forma oval y asimétrica. El punto focal no está montado en el centro del plato, por esta razón son llamadas antenas de foco desplazado, de esta manera la trayectoria de la onda que incide en el plato no es obstruida ni por el alimentador o por los soportes que lo fijan en el punto focal, como efecto teniendo una mayor ganancia que una antena de foco primario, de igual diámetro, donde la ganancia aumenta del 50% inicial de una antena de foco primario y llegando a alcanzar ganancias que varían entre un rango de 55% a 75%. Como se puede ver en la Figura 2.19.

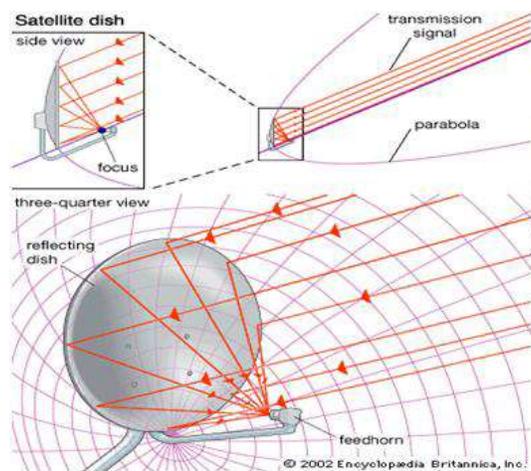


Figura 2. 20: Punto focal en una antena Offset.

Fuente: PEREZ, C; 2008

2.10.1 ALIMENTADOR

El alimentador o iluminador se encarga de recoger las microondas concentradas en el foco de la parábola y pasarlas al elemento siguiente. El alimentador nos permite recibir todas las polaridades que llegan a la antena, las cuales serán separadas más adelante. Para separar las dos polaridades más usuales (polarización lineal, vertical y horizontal) hay dos tipos de dispositivos, uno para instalaciones de vecinos: ortomodo, y otro para instalaciones unifamiliares: polarrotor

- Polarrotor: permite la recepción de las dos polaridades utilizando un solo conversor **LNB**. Su funcionamiento se basa en el giro de 90° de una sonda situada en su interior. Como se pierden los canales de la otra polaridad no puede utilizarse en instalaciones colectivas.
- Ortomodo: permite la recepción simultánea de señales con polarización vertical y horizontal mediante la utilización de un repartidor de guías de onda en el que una de las guías se gira 90°. A él se tendrá que conectar dos conversores LNB, uno para cada polarización. (PEREZ, 2008)

2.10.2 CONVERSORES

La señal del haz descendente, que se refleja en la superficie de la antena parabólica, orientada al satélite determinado, concentra toda su energía en el Foco, y a través del iluminador situado en dicho punto, se introduce la señal en el amplificador previo.

La señal captada por la antena es muy débil, por la gran atenuación que sufre en el espacio desde el satélite hasta el punto de recepción; además, por tener una frecuencia muy elevada, debe ser cambiada para que llegue al receptor (sintonizador de satélite) a una frecuencia mucho más baja, con lo que se logra que se propague por el cable coaxial con una atenuación menor. El dispositivo encargado de ello se denomina Conversor y al ser de bajo nivel de ruido se denomina conversor de bajo nivel de ruido o LNC, que unido a un amplificador de bajo nivel de ruido o LNA y a un oscilador local, forma lo que se llama LNB (Low Noise Block) o bloque de Bajo nivel de ruido, que comúnmente se denomina Conversor LNB.

Los LNB han de ser Universales o Digitales, para poder recibir todo el ancho de banda, desde 10,7 a 12,75 GHz, conocida como banda Ku.

La alimentación del conversor se realiza a través del propio cable de señal con sus correspondientes filtros de baja frecuencia en 15 ó 20 V de tensión continua.

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. Existen varias versiones de HPAs, dependiendo de la potencia radiada y de otros factores; los hay de estado sólido los SSPA (Solid State Power Amplifier) o SSHPA y los hay analógicos de Tubos de Vacío como los TWT (Travelling Wave Tube) y los KPA (Klystron Power Amplifiers). Los SSPAs generalmente se usan para potencias bajas, los TWTs y los KPAs se utilizan para potencias muy altas. (PEREZ, 2008)

2.10.3 CABLE

El cable que conecta la antena con la unidad interior de sintonía (tarjeta módem) ha de ser de buenas características, es decir, poca atenuación en el margen de frecuencias utilizado, los fabricantes disponen de varios modelos de este tipo de cable para poder utilizar en la instalación, sin embargo algunos instaladores utilizan el cable normal de televisión con el consiguiente aumento de la atenuación y una posible pérdida de calidad de imagen si hay muchos metros de cable; el cable más usual en esta conexión y más usado es el cable coaxial apantallado de 75 Ω .

El Cable coaxial consiste en un cable conductor interno (cilíndrico) separado de otro cable conductor externo por anillos aislantes o por un aislante macizo. Todo esto se recubre por otra capa aislante que es la funda del cable.

Este cable, aunque es más caro que el par trenzado, se puede utilizar a más larga distancia, con velocidades de transmisión superiores, menos interferencias y permite conectar más estaciones.

Se utiliza para transmitir señales analógicas o digitales. Sus inconvenientes principales son: atenuación, ruido térmico, ruido de intermodulación.

2.10.4 MODEM

Existen dos tipos de módems para la conexión por satélite (satmódem), en función de la conexión a Internet:

- Los módems unidireccionales (unimódem), cuya característica principal es que sólo pueden recibir datos. Sólo cuentan con un canal de entrada, también llamado directo o "forward" y son conocidos como DVB-IP. Así, para enviar y recibir datos desde Internet se necesita además una conexión terrestre (telefónica o por cable).
- Los módems bidireccionales (bimódem), capaces de recibir y enviar datos. Además del canal de entrada, cuentan con un canal de retorno (subida o uplink), vía satélite. Estos módems cuentan con el estándar DOCSIS over satellite y, adicionalmente, con DVB-RCS (Return Channel via Satellite). No necesita una conexión adicional convencional.

2.11 SISTEMA SATELITAL VSAT

La volatilidad y rapidez de la comunicación es uno de los retos a los cuales se enfrentan actualmente miles de empresas que operan en lugares remotos o de difícil acceso. Debido a esto, es común hoy en día que muchas compañías opten por implementar en su flujo de procesos, sistemas satelitales que les permitan tener una red de comunicación **ágil e independiente**; por esta razón existen en el mercado un sinnúmero de soluciones para esta necesidad, como, por ejemplo: las antenas, las cuales ofrecen todo un ecosistema de aplicaciones y ventajas para recibir y enviar información sin importar la ubicación geográfica.

La tecnología satelital VSAT, usa un tipo de antena que recibe y transmite datos y que por su sigla en inglés significa Terminal de Apertura Muy Pequeña. Esta antena consta de pequeños terminales que se pueden instalar en sitios dispersos y conectarse a un HUB central gracias a un satélite; además se destaca que el tamaño de sus platos puede variar de 0.75 hasta 3.8 metros. (PEREZ, 2008)

2.11.1 CÓMO OPERA Y SOPORTA ESTA RED

La tecnología satelital VSAT opera en diferentes frecuencias, formas y tamaños. Normalmente, las frecuencias de operación son banda C y banda Ku y trabaja con Red en Estrella (Hub privado), Punto-a-Punto (Hub privado personalizado) capaz de soportar una gran cantidad de lugares y Sistemas Mesh, los cuales son regularmente más pequeños que los sistemas en estrella (entre 5 y 30 sitios generalmente).

Gracias a este entorno de operación, este tipo de antena ofrece servicios vía satélite capaces de soportar Internet, LAN, comunicaciones Voz IP, video y datos; creando de esta manera potentes redes públicas y privadas de comunicación confiable. (PEREZ, 2008)

2.11.2 SECTORES Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL VSAT

Puesto que la tecnología VSAT representa una solución rentable para compañías que quieren tener una red de comunicación independiente y la vez conectar muchos sitios dispersos geográficamente, son cada vez más los sectores y las aplicaciones en donde se implementa esta antena, dependiendo de su objetivo: solo recibir o recibir y enviar datos.

Bolsa de valores, educación a distancia y distribución de análisis financieros, son algunas aplicaciones de las empresas que solo reciben información a través de la red VSAT. En el lado contrario, la demanda para recibir y mandar datos es más amplia con aproximadamente más de 20 aplicaciones en el mercado, algunas que se pueden resaltar son las transacciones bancarias en cajeros automáticos, sistemas de reserva, transferencias bancarias electrónicas, transferencias de datos médicos y control de proceso de distribución remota y telemetría, entre otras.

Uno de los sectores que más implementa la tecnología satelital VSAT, para recibir datos, es el minero, debido a que las zonas bajo tierra son de difícil acceso y la cobertura de las ondas de radio tradicionales pueden ser bastante débiles para penetrar obstáculos y superficies propias de las minas, limitando una eficiente transmisión de datos. En este caso, para lograr una comunicación de calidad, se utilizan enlaces satelitales geoestacionarios para habilitar el envío de señales Wifi bajo tierra instalando instalar Terminales de apertura muy pequeña VSAT en la superficie las cuales reciben, vía satélite, señales en las bandas

Ku y C, proporcionando de esta manera conectividad en toda la mina junto al Wifi-subterráneo. (PEREZ, 2008)

2.11.3 ESTACIÓN VSAT

Hay una estación remota VSAT por cada sitio remoto que se quiera conectar, pudiendo ser de hasta varios cientos o miles de sitios. Desde el punto de vista de las comunicaciones hay dos segmentos dentro del proceso de transmisión y recepción en la red: ellos incluyen el segmento terrestre, que consta del equipo en el HUB y en los puntos donde hay VSATs, y el segmento espacial, que es la conexión desde y hacia el satélite. Se puede conectar a través de VSATs un gran número de estaciones remotas con terminales para usuarios finales, con un centro de procesamiento de datos o con el HUB. La información saliente del HUB a las VSATs, es enviada al satélite y éste la refleja para que cada terminal VSAT la recepcione. A su vez, las terminales envían información al satélite, el que la refleja para que el HUB la recepcione y llegue a casa central. Este proceso, donde toda la comunicación pasa a través del procesador del HUB hacia cada uno de los sitios remotos independientemente, se denomina topología estrella. Otra configuración común de red VSAT es la "punto-multipunto" (broadcast networks).

2.12 MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE (MULTIPLEXACIÓN)

El acceso múltiple está definido como una técnica donde más de un par de estaciones terrestres pueden simultáneamente usar un transponder del satélite. (PEREZ, 2008)

La mayoría de las aplicaciones de comunicaciones por satélite involucran un número grande de estaciones terrestres comunicándose una con la otra a través de un canal satelital (de voz, datos o vídeo). El concepto de múltiple acceso involucra sistemas que hacen posible que múltiples estaciones terrestres interconecten sus enlaces de comunicaciones a través de un simple transponder. Esas portadoras pueden ser moduladas por canales simples o múltiples que incluyen señales de voz, datos o vídeo. (PEREZ, 2008)

Existen muchas implementaciones específicas de sistemas de múltiple acceso, pero existen solo tres tipos de sistemas fundamentales:

- **Frecuency-división múltiple access (FDMA)**

El acceso múltiple por división de frecuencias. Este tipo de sistemas canalizan el transponedor usando múltiples portadoras, donde a cada portadora le asigna un par de frecuencias. El ancho de banda total utilizado dependerá del número total de portadoras. Existen dos variantes de esta técnica: SCPC (Single Channel Per Carrier) y MCPC (Multiple Channel Per Carrier). (PEREZ, 2008)

- **Time-division múltiple access (TDMA)**

El Acceso múltiple por división de tiempo está caracterizado por el uso de ranuras de tiempo asignadas a cada portadora. Existen otras variantes a este método, el más conocido es DAMA (Demand Assigned Multiple Access), el cual asigna ranuras de tiempo de acuerdo a la demanda del canal. Una de las ventajas del TDMA con respecto a los otros es que optimiza del ancho de banda. Como se muestra en la figura 2.21. (PEREZ, 2008)

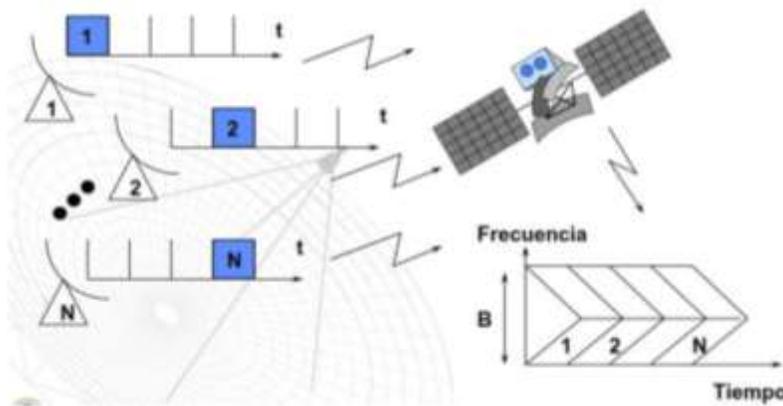


Figura 2. 21: Punto focal en una antena Offset.

Fuente: PEREZ, C; 2008

- **Code-division múltiple access (CDMA)**

El Acceso múltiple por división de código mejor conocido como Spread Spectrum (Espectro esparcido) es una técnica de modulación que convierten la señal en banda base en una señal modulada con un espectro de ancho de banda que cubre o se esparce sobre una banda de magnitud más grande que la que normalmente se necesita para transmitir la señal en banda base por sí misma. Es una técnica muy robusta en contra de la interferencia en el espectro común de radio y ha sido usado muy ampliamente en aplicaciones militares. Esta

técnica se aplica en comunicaciones vía satélite particularmente para transmisión de datos a bajas velocidades.

2.13 TELECENTRO

El termino de Telecentro proviene de “Tele referido a las telecomunicaciones mediante tecnología satelital o terrestre” y “Centro por el lugar o ambiente de instalación de este sistema” este servicio es brindado por un satélite (geoestacionario) o mediante tecnología terrestre por BTS (radio bases en caso de que exista cobertura de telefonía celular móvil), utilizada para la comunicación de datos interactivos y con diversos protocolos, operación de redes con conmutación de paquetes, servicios de voz, transmisión de datos y video, se puede mencionar entre sus principales características las siguientes:

- ✓ La calidad y disponibilidad del enlace vía satélite son muy superiores a los medios tradicionales de comunicación.
- ✓ Soportan aplicaciones multimedia integradas en PC (voz, datos, imágenes).
- ✓ Interconexión de redes locales, comunicaciones de voz/fax, vídeo conferencias /transmisión de imágenes y otras aplicaciones.
- ✓ Diferente tipo de acceso mediante Satélite o por cobertura de BTS

2.13.1 FORMA DE LA RED PARA TELECENTROS

Estas son algunas de sus principales características las cuales nos presentan una forma práctica y sencilla para su manipulación y aplicaciones.

De manera general un sistema satelital de comunicaciones se encuentra conformada por dos partes principales de operación las cuales son fundamentales para el desarrollo de la misma arquitectura.

La topología o arquitectura que se emplea es la de tipo estrella con su respectivo respaldo o sistema de eventualidades en caso de algún desperfecto en su trama principal, los elementos básicos que componen una red de telecentros son: Segmento Espacial y el Segmento Terrestre.

Independientemente la parte satelital con su enlace a tierra y la parte terrestre con la asignación de canales de uso para las celdas de comunicación móvil son importantes para el desarrollo como se ve en la figura 2.22, del proyecto y se mencionan a continuación. (ENTEL, 2017)

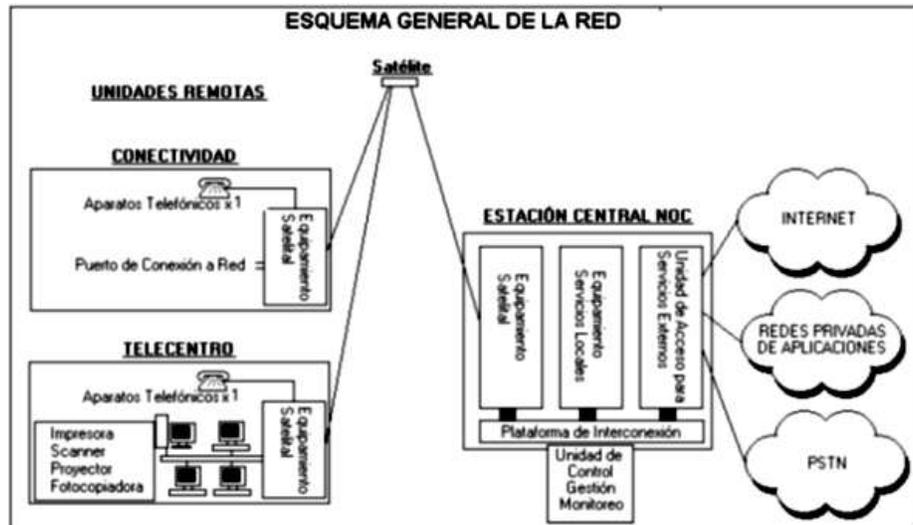


Figura 2. 22: Diagrama de la red de Telecentros

Fuente: Entel, 2017

2.13.2 FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE TELECENTROS

En el futuro una combinación de servicios que incluirán: texto, gráficos, video, audio y posiblemente animación en un terminal de ordenador y las redes locales para datos y voz, que antes estaban separadas confluirán en una sola, conectada a la estación VSAT.

Los protocolos usados en el enlace VSAT deberán soportar los dos tipos de tráfico:

- Tráfico continuo: voz y video procesado en tiempo real. Por tanto la mejor opción será la tecnología de conmutación de circuitos. (ENTEL, 2017)
- Tráfico a ráfagas: información digital entre ordenadores, sin necesidad de procesamiento en tiempo real. Por tanto la mejor opción será la tecnología orientada a paquetes.

El usuario tendrá conexiones simultáneas de voz, datos y video de baja velocidad. Esto puede ser posible con conexiones del portátil del usuario con la estación VSAT de forma cableada o no.

Una vez terminado el trabajo, llamar al HUB SATELITAL a la empresa de telecomunicaciones con el que se brindara el servicio, si sería con ENTEL S.A. comunicarse al 800-10-0024 con quienes se realizarán las pruebas de calidad de enlace, se deben obtener los mejores parámetros posibles de (C/N upstream), (C/N downstream), (Tx Power), (Rx Power), y realizar tests de 1 dB de compresión. Todos estos resultados se deben registrar en el formulario de instalación y pruebas.

Desde una PC conectada directamente al router satelital realizar pruebas de conectividad ICMP al servidor DNS, los mismos deben tener un tiempo de respuesta RTT aproximadamente entre 530 ms y 800 ms, no deben existir timeouts. (ENTEL, 2017)

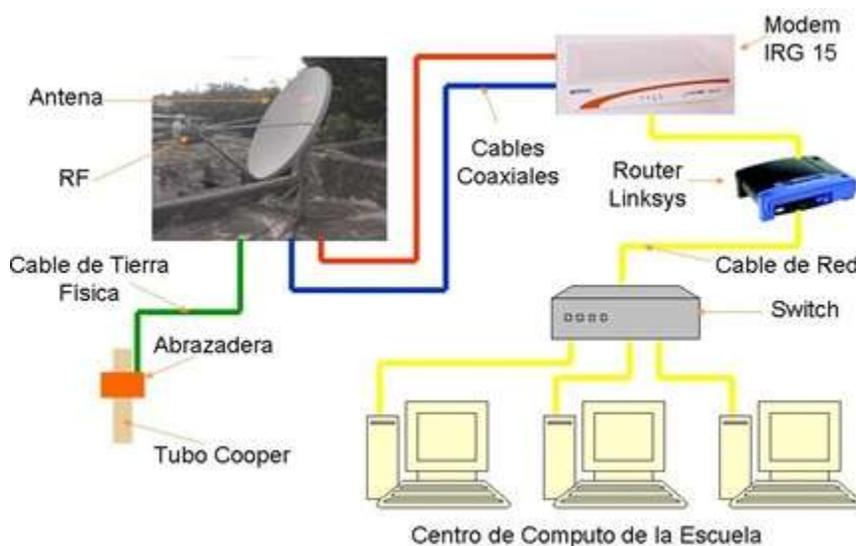


Figura 2. 23: Arquitectura de un Telecentro

Fuente: <https://www.netzek.com/2017/01/comunicaciones-satelitales.html>

Realizar pruebas de transferencia de archivos FTP para saturar el canal de acceso. Conectarse al servidor FTP de ENTEL (200.87.100.18) y realizar descarga de archivos superiores a 2 Mbps, posteriormente realizar subidas de archivos desde la PC hacia el servidor FTP. Verificar con un medidor de ancho de banda (DIUCE o Netpersec) la tasa de transferencia de archivos. Verificar en ambos casos que el rendimiento sea superior al CIR del perfil del enlace. Realizar las mismas pruebas de conectividad y transferencia de archivos desde las computadoras que componen el TELECENTRO, Como se muestra en la figura 2.23. (ENTEL, 2017)

CAPÍTULO 3.

3.1 MARCO PRÁCTICO

3.1.1 UBICACIÓN DEL TELECENTRO.

El diseño será en la Unidad Educativa Yalaca de la Comunidad de Yalaca, 1ra. Sección de la Provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz, a 5 Km. al sureste del municipio urbano de Coroico camino a Carmen Pampa y limita al Norte con la comunidad de Munaypata, al Sur con la comunidad de Incapampa, al Este con el cerro Uchumachi y al Oeste con el Río Coroico, con una extensión aproximada de 281 hectáreas y por donde atraviesa el arroyo “Yalaca” y existe dos vertientes de agua. Como se ve en la figura 3.1.

Replanteada por Resolución Suprema Nro. 88376 de fecha 9 de diciembre de 1959 como “Ex Hacienda Yalaca”.

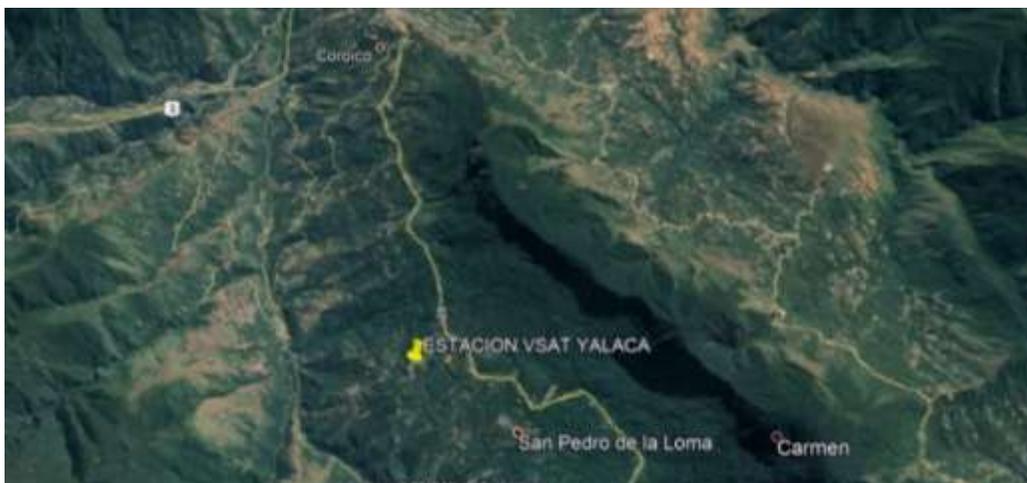


Figura 3. 1: Ubicación del telecentro Yalaca.

Fuente: Elaboración propia

Datos de Yalaca:

LATITUD: -16,22

LONGITUD: -67,73

ALTITUD: 1569,00m/517,69ftl



Figura 3. 2: Ubicación del Estación terrena de Amachuma
Fuente: Elaboración propia

Datos de Amachuma:

LATITUD: -16,62 S

LONGITUD: -68,13 W

ALTITUD: 4 km/517,69ftl

3.1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS.

ANTENA

Tabla 3. 1: Selección de Antena

MARCA	EQUIPO	DESCRIPCIÓN
GD Satcom 1120 Series 1.2M Ku- Band Antenna System		<ul style="list-style-type: none"> - 1.2M Ku Rx/Tx Ant, .6 f/d, Tier 1 Feed Support - Tx Operating Frequency: 13.75 - 15.00GHz - Rx Operating Frequency: 10.95 - 12.75GHz - Polarization: Linear Cross Pol - Feed Interface: WR75 Waveguide Flange

<p>Global Skyware 1.2M Type 123, Class II, Ku-Band Tx/Rx</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Polarization: Linear Cross Pol - Tx Operating Frequency: 13.75 - 14.5 GHz - Rx Operating Frequency: 10.95 - 12.75 GHz - Fine azimuth and elevation adjustments - Mast Requirement: 2.88" to 3.00", (73mm to 76mm) mast pipe interface
<p>GD Satcom 1132 Series 1.2M Ku-Band Antenna System</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Antenna Size: 1.2M - Antenna Optics: Prime Focus, Offset Feed - Reflector Material: Glass Fiber Reinforced Polyester SMC - Mount Type: Elevation over Azimuth - Mast Pipe Size: 2.5" SCH 40 Pipe (2.88" OD) 73 mm. - Tx Operating Frequency: 13.75 - 14.5 GHz - Rx Operating Frequency: 10.95 - 12.75 GHz - Polarization: Linear Cross Pol - Feed Interface: WR75 Waveguide Flange - OMT/TRF, Tier 2 Feed Support

Fuente: Elaboración propia

- ✓ El diseño del telecentro, usará la antena **GD Satcom 1132 Series 1.2M Ku-Band Antenna System**, sus especificaciones técnicas, características nos ayudan y brindan la cobertura que necesitamos.

LNB

Tabla 3. 2: Selección de LNB

MARCA	FIGURA	DESCRIPCIÓN
<p>SPC Electronics SPC5400AF Ku-Band External Reference LNB</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Input Frequency: 11.70 to 12.20 GHz - IF output Frequency: 950 to 1450 GHz - Local Oscillator Frequency: 10.75 GHz - LO Stability: Locked to External Reference Source - Type F output - Noise Figure: 0.8 dB
<p>Norsat 4508C Ku- Band DRO LNB</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Input Frequency: 10.95 - 11.70 GHz - L.O. Stability: +/-500 kHz - Noise Figure: 0.8 dB - Output Connector: F-Type Female - L.O. Frequency: 10.00 GHz - Conversion Gain: 60 dB
<p>NJRC NJR2841SN Ku-Band 2LO PLL LNB</p>		<p>Internal Ref. (± 3 ppm)</p> <p>Switchable Local</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local Frequency: 9.75 / 10.6 GHz <p>Full Ku-Band Coverage</p> <ul style="list-style-type: none"> • RF Frequency: 10.70 - 12.75 GHz (Low Band) 10.70 - 11.70 GHz (High Band) 11.70 - 12.75 GHz <p>Local Switching Line-up</p> <p>Local Frequency Selected by</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mechanical Switch: NJR2841 series • 22 kHz Tone On/Off: NJR2842 series • Input Voltage (High/Low): NJR2843 series

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Norsat 4508C Ku-Band DRO LNB** cumple con las características del diseño del telecentro, sus especificaciones técnicas son las que necesitamos y el precio es acorde a la necesidad, es un buen LNB.

BUC

Tabla 3. 3: Selección de BUC

MARCA	FIGURA	DESCRIPCIÓN
Mission Microwave 55W Ku- Band STINGER BUC		<ul style="list-style-type: none"> -55W of Saturated Output Power for High Data Rate Capability -Industry’s Highest Efficiency drawing only 185W at Linear Output Power -Ultra-Compact 4.5 lb Package -High Reliability for long life under the harshest conditions -Small enough
Terrasat IBUC R 200W Full Ku-Band BUC		<ul style="list-style-type: none"> - Output Frequency Range: 13.75 – 14.50 GHz - Power Output: 200W P1dB, +52.5 dBm - Reference: External 10 MHz - Input Connector: Type N female (50 Ohm) - IBUC Power Supply: AC power - Output Connector: WR75 - AGC/ALC: User selectable
Terrasat IBUC 2e 10W C- Band BUC		<ul style="list-style-type: none"> - Output Frequency Range: 5.850 – 6.425 GHz - Power Output: 10W, +40 dBm P1 Db - Power Input: DC over IFL, 37-60 VDC - Power consumption: 65 Watts - Input Connector: Type N female (75 Ohm) - Output Connector: WR137 - AGC/ALC: User selectable - Options: Type F or TNC input, internal 10 MHz

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Mission Microwave 55W Ku-Band STINGER BUC**, cumple con lo que requerimos y su precio bueno.

MODEM

Tabla 3. 4: Selección de Modem

MARCA	FIGURA	DESCRIPCIÓN
Evolution X3 Satellite Router		Este router es la nueva generación de modems satelitales destacando la implementación standard de DVB-S2. Ideal para aquellas frecuencias anchas que requieran acceso al Internet, VPN y redes de empresas. Además para tiempo real VoIP y conferencias en video. Otras opciones disponibles.
Modem 4G - NEWSKY		- Modem Satelital Idirect Evolution X3 y X1 Banda Ku y Banda C, Ideal para aquellas frecuencias anchas que requieran acceso al Internet, VPN y redes de empresas. Además para tiempo real VoIP y conferencias en video. Otras opciones disponibles.

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Modem 4G – NEWSKY**, es ideal para nuestro ancho de banda y sirve también para video transferencias.

UPS

Tabla 3. 5: Selección de UPS

MARCA	FIGURA	DESCRIPCIÓN
APC modelo BR1500G		<ul style="list-style-type: none"> -1500VA / 865W batería de respaldo – Regulación automática de voltaje – 10 salidas totales – 5 tomacorrientes con batería de respaldo – pantalla LCD
CP600LCD – Cyber Power UPS compacta		<ul style="list-style-type: none"> – 8 salidas totales – 4 puntos de venta con batería de respaldo – Pantalla LCD multifunción – Topología en espera – Onda sinusoidal simulada – Calificación Energy Star
BE600M1 – UPS		<ul style="list-style-type: none"> - 7 puntos de venta totales de los cuales 5 tienen batería de respaldo – Un puerto de carga USB 1.5A – Copia de seguridad de la batería 600VA / 330W – 6 milisegundos de tiempo de transferencia – Software PowerChute

Fuente: Elaboración propia

- ✓ APC modelo **BR1500G** Se lo escogió por que puede cubrir los cortes de la energía, realmente puede depender de su batería de respaldo de 1500VA / 865W. Cualquier dispositivo electrónico importante, como una computadora o un disco duro externo, puede beneficiarse de una energía ininterrumpida.

- Listado de Herramientas

- Taladro Rotomartillo 1/2
- Brocas 5/8 corta de concreto y 5/8 larga concreto 1/4 corta concreto
- Llave española 1/2 -9/16
- Llave española 10 mm
- Llave española 7 mm (Para armado OMT, BUC y LNB)
- Llave (matraca de 3/8) con dados 1/2 y 10mm
- Segueta
- Brújula
- Pinza ponchadora para terminales de ojillo

- Martillo
- Juego desarmadores
- Pistola calafateadora
- Pinza para crimpado de conector rg6
- Cortador/pelador de cable rg6
- Extensión de Corriente (40 mts)

3.1.3 SISTEMA DE TIERRA.

La puesta a tierra es muy importante en una instalación de telecomunicaciones de cualquier tipo de estación porque este sistema es el que protege a los equipos de la descarga de los rayos eléctricos.

1. Cavar 3x3 metros de forma rectangular, 2,5 m a 3 metros de profundidad con el fin de introducir la jabalina de cobre en su totalidad esta tienen una longitud de 3.5 metros de largo. Como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3. 3: Jabalina y los aditivos químicos y naturales
Fuente: Entel, 2017

2. La tierra para que tenga una menor resistencia es trabajada con diferentes elementos químicos y naturales. Como se muestra en la figura 3.4.
 - Geo Gel (2 bolsas)
 - Toronita (2 bolsas)
 - Tierra negra, Bosta de vacas (3 saquitos)



Figura 3. 4: Tierra tratada con aditivos químicos y naturales
Fuente: Entel, 2017

- Una vez introducidas las jabalinas en las cuatro esquinas del perímetro de la antena se procede a unir las mediante un cable de cobre 0.80 milímetros de diámetro, para la unión del cable con las jabalinas. Como se muestra en la figura 3.5.

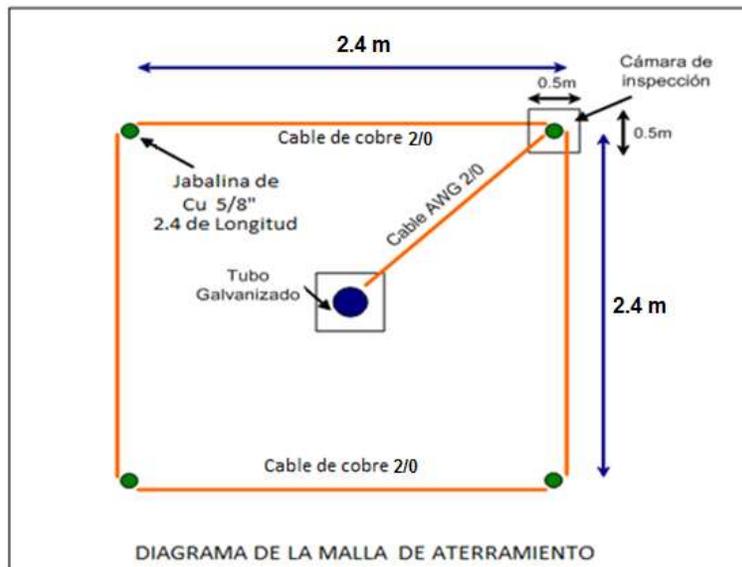


Figura 3. 5: Diagrama de dimensiones de sistema de tierra
Fuente: Entel, 2017

- El sistema de puesta a tierra debe garantizar una resistividad menor o igual a 5 ohmios. Se realiza un circuito tipo malla cuadrangular, con cuatro polos de disipación, el objeto es para reducir la resistividad del sistema, con las siguientes características:

5. Estas jabalinas están unidas en malla mediante cable de cobre desnudo AWG 2/0. Todas las uniones se realizarán con soldadura exotérmica ó Cadwell. .

3.1.4 INSTALACIÓN DE EQUIPOS.

- INSTALACIÓN DE TELECENTRO

Con los datos de la prospección y en coordinación con el responsable del lugar y bajo su autorización se procede a ejecutar la instalación de acuerdo a las siguientes especificaciones: La antena satelital para ser instalada es de 1.2 m. de diámetro tipo offset. Bajo norma referencial establece para la Fundación de la Antena

El montaje de la antena se realizará sobre un tubo galvanizado de 3 pulgadas de diámetro totalmente vertical y en nivel. Este tubo deberá ser parte de la base de antena La base para el soporte de la antena, está compuesta por un tubo galvanizado de 3 pulgadas de diámetro y una longitud de 2 metros; el montaje debe considerar:

- Base de concreto para el soporte del tubo. Tiene las dimensiones de 80x80x100 cm (ancho/largo/profundidad).
- La base de concreto tiene un pretil de 15 Cm., respecto a la superficie del terreno
- El soporte (tubo Galvanizado) debe contar con transversales de fierro tipo “L” (de 40 cm, de largo cada uno) galvanizados y soldados, para garantizar la sujeción de la base de la antena en el piso, que será empotrada en la base de hormigón.
- La separación de la antena, equipos externos a los equipos internos debe ser de 30 metros como máximo (longitud de los cables Tx y Rx son de 30 metros), como se puede ver en la figura 3.6.

Cada terminal del Telecentro debe quedar energizada por una toma corrientes seguro provisto. Con el número de tomas exacto para alimentar únicamente cada terminal.

Para la instalación de la Red interna del Telecentro, a continuación se muestra el modelo referencial del Telecentro, como se muestra en la figura 3.7.

- CALCULO PARA EL ANCHO DE BANDA

Para el ancho de banda requerido debe cubrir:



Figura 3. 8: Porcentajes que debe cubrir nuestro ancho de banda

Fuente: Elaboración propia

Se pensó en el tipo de flujo de tráfico como se muestra en la tabla 3.1, el flujo de tráfico es de carácter bidireccional pero la simetría depende de la aplicación, puede ser también servidor a servidor.

Tabla 3. 6: Aplicación de Red

NOMBRE DE LA APLICACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN	¿NUEVA APLICACIÓN?	CRITICO	COMENTARIOS
CORREO ELECTRÓNICO	Datos	SI	2	Enviar y recibir correos
EXPLORADOR WEB	Datos, video, voz	SI	2	Navegación en internet
VIDEO CONFERENCIA	Video voz	SI	1	Envío de datos y video
TELEFONÍA IP	Voz	SI	1	Paquete de voz
PUBLICACIONES WEB	Datos	SI	3	Enviar datos
APRENDIZAJE EN LÍNEA	Datos, video, voz	SI	1	Recibir video o documentos
COMERCIO ELECTRÓNICO	Datos	SI	2	Enviar ofertas, interacción con el cliente

Fuente: Elaboración propia

✓ Ancho de Banda de VoIP

Ancho de banda para voz sobre IP, es un método por el cual tomamos señales analógicas de voz se les transforma en datos digitales que pueden ser transmitidos a través de Internet hacia una dirección determinada. Como se muestra en la tabla 3.2.

DRc= Tasa de datos de voz codificada (kbps)

Tt= Tamaño de trama (ms)

Tla= Retardo de “lookahead” (ms)

Utilizaremos el G.729 es eficiente al diseño,

Tabla 3. 7: Codificadores para la aplicación de VoIP

CODEC	DRc (kbps)	Tt (ms)	Tla	Algoritmo
G.711	64kbps	0,125	-	PCM
G.726	16,24,32,40	0,125	-	ADPCM
G.729	8	10	5ms	CS-ACELP
G.723.1	6,4 ó 5,3	30	7,5ms	ACELP/MP-MLQ
G.728	64kbps	0,625	-	LD-CELP
iLBC-	15,2 ó 13,33	20 ó 30	-	BI-LPC
GSM	13	22,5	-	RPELTP

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo:

Tamaño de trama=(DRc)(Tt)

Tamaño de trama=(8Kbps)(10ms)(1Byte/8Bits)

Tamaño de trama=10Bytes

Tamaño de paquete= (3) (10Bytes)

Tamaño de paquete= 30Bytes

Tabla 3. 8: Tamaño de la cabecera del nivel de enlace Ethernet

7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46*1500 bytes	4 bytes	12 bytes
Preámbulo	SFD	MAC Dest	MAC Origen	Tipo/ Long	DATAGRAMA IP	FCS	IFG

Fuente: Elaboración propia

Sobrecarga total = Cabeceras IP + Encabezado del nivel de enlace, como se muestra en la tabla.

Sobrecarga total = 40Bytes + 38 Bytes

Sobrecarga total = 78Bytes

Tamaño de paquete VoIP= Tamaño de paquete + Sobrecarga total

Tamaño de paquete VoIP= 30Bytes + 78Bytes

Tamaño de paquete VoIP= 108Bytes

Ancho de banda (Kbps)= (Tamaño de paquete VoIP/Duración del paquete)x(8Bits/1Byte)

Ancho de banda (Kbps)=(108Bytes/30ms)x(8Bits/1Byte)

Ancho de banda (Kbps)= 28,8 Kbps

✓ Ancho de Banda de Datos

Requerimiento de ancho de banda para **datos**, correo electrónico, la información que podemos enviar de 25MB pero eso es la capacidad limitante y cuando ponemos más el texto este ocupa 20Bytes, pero trabajaremos con el dato aproximado de 520Kbps, por 4 correos simultáneos, y será como trabajar con más de 25MB.

$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{email}} \times T_{\text{carga}}$$

$$T_{\text{usuario}} = (520\text{Kbps/correo}) (4\text{correos}/360\text{seg}) (8\text{Bits}/1\text{Byte})$$

$$T_{\text{usuario}} = 4.62 \text{ Kbps}$$

Dónde:

T_{usuario} = Trafico de correo electrónico por cada usuario

T_{email} = Tamaño promedio de correo electrónico

T_{carga} = Carga de correo electrónico de usuario por hora

$$T_{\text{usuario}} = 4.62 \text{ Kbps} * 5_{\text{usuarios}}$$

$$T_{\text{usuario}} = 23.1\text{Kbps}$$

✓ Ancho de Banda de Acceso A Internet

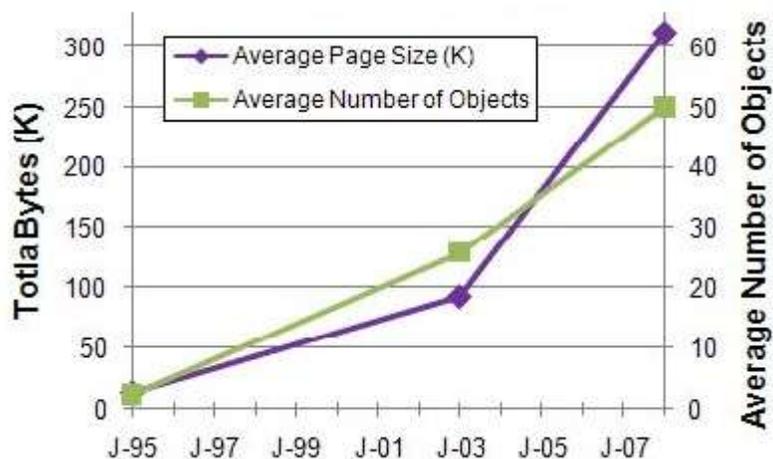


Figura 3. 9: Crecimiento de las páginas web del 2005 al 2013

Fuente: <https://www.maxglaser.net/el-tamano-de-las-paginas-web-se-ha-triplicado-desde-el-2013/>

Para este cálculo es necesario conocer el tipo de banda de los sitios web, en los últimos año se ha triplicado el tamaño y consideraremos como dato 1114Kbps, como se muestra en la figura 3.9, será eficiente y cumplirá con la capacidad de que los datos nos llegue de manera confiable y oportuna.

$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{sito web}} \times T_{\text{carga}}$$

$$T_{\text{usuario}} = (1114\text{Kbps/sito web}) (1 \text{ sitio web} /30\text{seg}) (8\text{Bits}/1\text{Byte})$$

$$T_{\text{usuario}} = 297 \text{ Kbps}$$

Dónde:

T_{usuario} = Trafico de sitio web por cada usuario

T_{email} = Tamaño promedio de sitio web

T_{carga} = Carga de sitio web de usuario por hora

$T_{\text{usuario}} = 297 \text{ Kbps} * 5_{\text{usuarios}}$

$T_{\text{usuario}} = 1485 \text{ Kbps}$

Ancho de banda para cubrir video conferencias mínimamente debe de 128Kbps.

Tabla 3. 9: Ancho de Banda necesario para nuestro diseño de telecentro

Trafico en Kbps por:				
VoIP	Email	Acceso Internet	Video - Conferencia	Total Ancho de Banda (Kbps)
28,8	23,1	1485	128	1664,9

Fuente: Elaboración propia

- APUNTAMIENTO DE LA ANTENA

Una vez instalado el equipo, la antena se debe apuntar hacia el satélite. Las fórmulas para el cálculo de los ángulos de azimut y elevación se pueden utilizar como primera aproximación. Como se muestra en la figura 3.10.

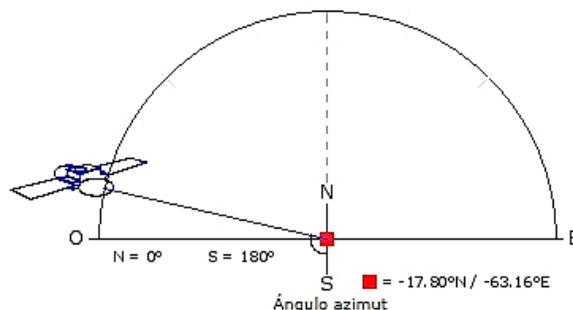


Figura 3. 10: Angulo de Azimut

Fuente: https://www.satlex.it/es/azel_calc-params.html?satlo=-15.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=&la=&lo=&country_code=us&diam_w=75&diam_h=80

El azimut se define desde el norte geográfico mientras el norte magnético es el dado por una brújula colocada en ese lugar. La diferencia es la declinación magnética cuyo valor depende de la localización y del año. Como se muestra en la figura 3.11 será la inclinación de LNB.

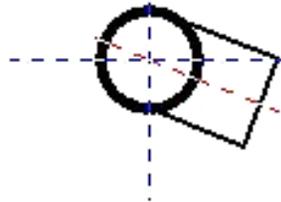


Figura 3. 11: Inclinación LNB

Fuente: https://www.satlex.it/es/azel_calc-params.html?satlo=-15.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=&la=&lo=&country_code=us&diam_w=75&diam_h=80

El ángulo de elevación debe ser medido desde el horizonte, que es definido por el plano horizontal local, y es fácilmente determinable por una (spirit level). Una vez se ha realizado la primera aproximación, se necesita refinar el apuntamiento para maximizar la potencia recibida desde el satélite. Como se muestra en la figura 3.12.

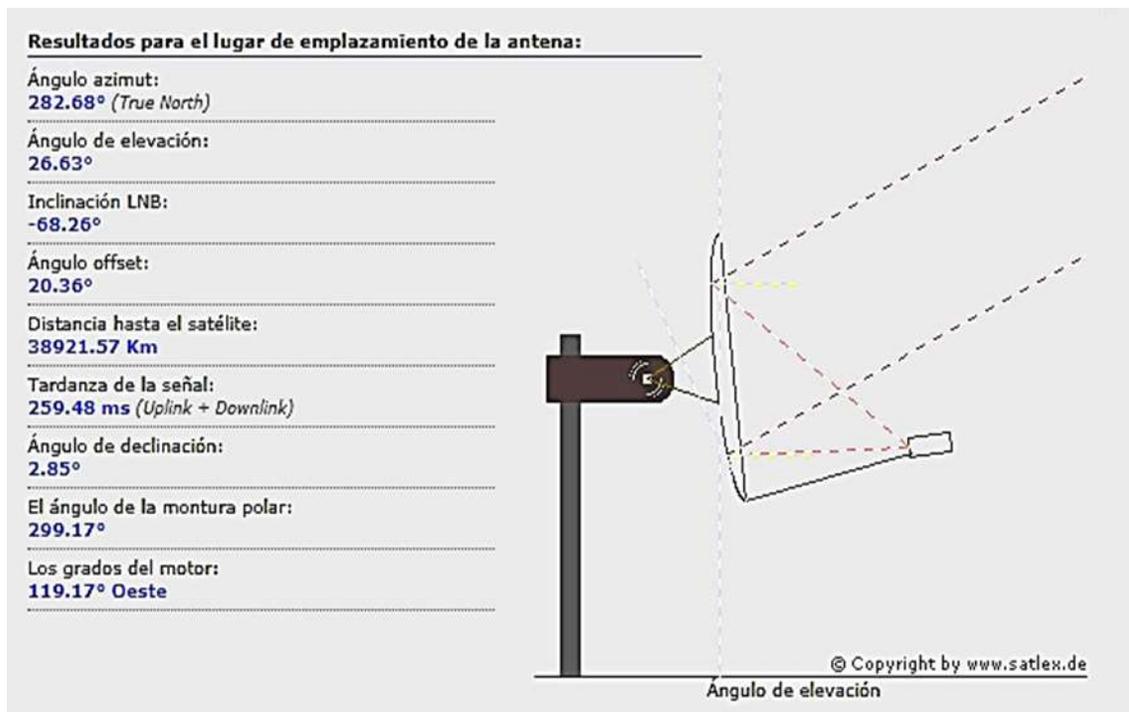


Figura 3. 12: Datos aproximados de emplazamiento de la antena

Fuente: https://www.satlex.it/es/azel_calc-params.html?satlo=-15.0&user_satlo=&user_satlo_dir=E&location=&la=&lo=&country_code=us&diam_w=75&diam_h=80

- PIRE

El trabajo del PIRE, es acorde a nuestro satélite Tksat-1:

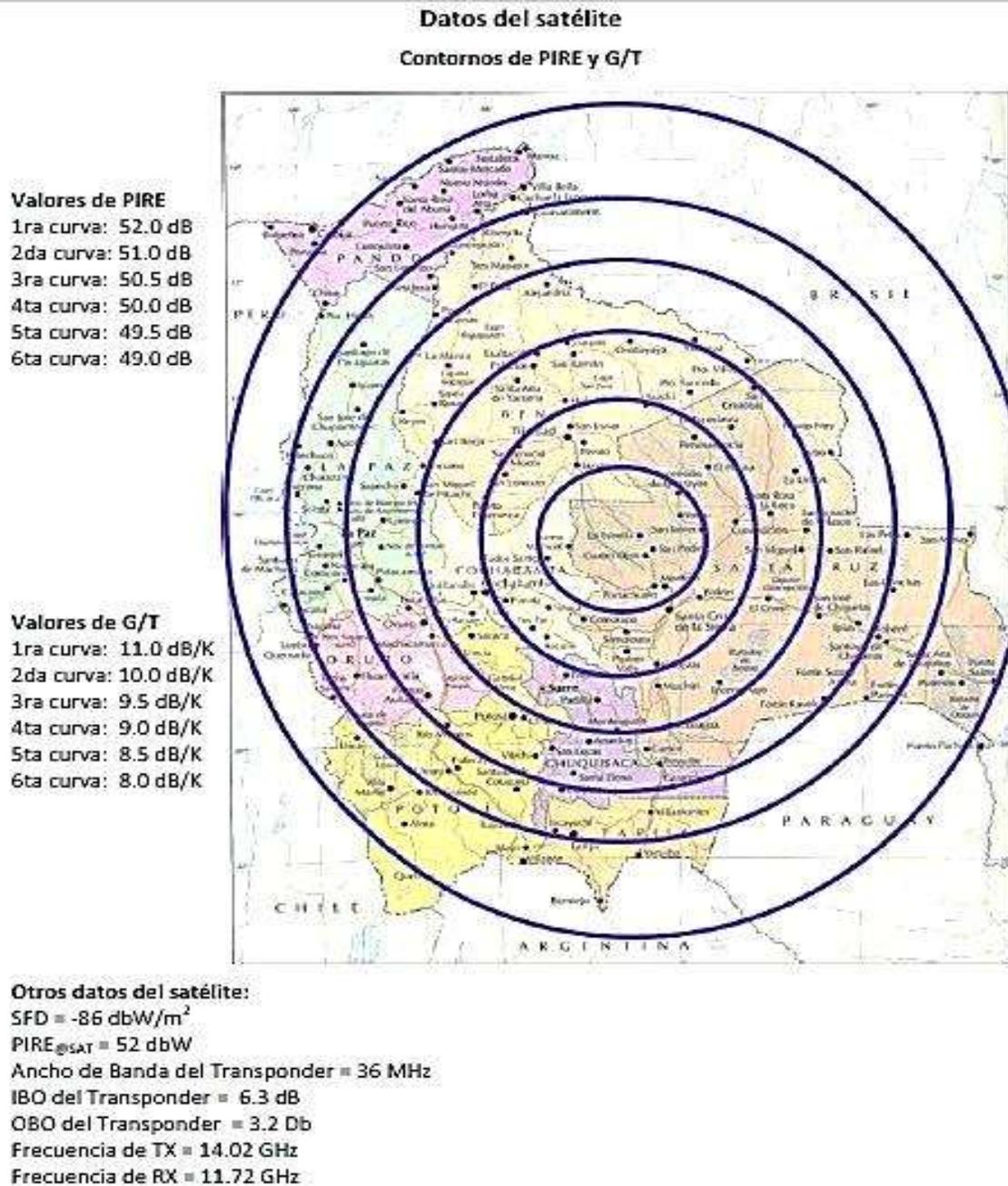


Figura 3. 13: Contornos PIRE y G/T
Fuente: ANDRADE, J; 2017

3.1.5 CALCULOS PARA EL TELECENTRO.

Existe una diversidad de software en paquetes con los cuales se puede realizar el apuntamiento de las antenas parabólicas, las empresas de telecomunicaciones utilizan un software que cumpla con las expectativas para la implementación de los telecentros.

El software que se empleó para calcular fue “SatMaster”, permite obtener con mucha facilidad los datos de azimut y elevación a partir de la latitud y longitud del lugar donde se desea instalar una estación Vsat remota.

Este programa realizara una simulación con los datos de la ubicación que los tenemos el 3.1.1 del presente documento y datos de la hoja técnica de los anexos 1 y 2 de la estación de Amachuma hasta Yalaca donde estará nuestro telecentro.

Datos utilizados en los cálculos:

ENLACE FORWARD (AMACHUMA - YALACA)	
SATÉLITE	TUPAC KATARI 87,2 °W
ESTACIÓN TRANSMISORA	ESTACIÓN TERRENA AMACHUMA
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	16.62 S 68.13 W
TIPO DE ANTENA	PARABÓLICA CASSEGRAIN
DIÁMETRO DE ANTENA	7,3m
GANANCIA DE ANTENA	58 dBi
FRECUENCIA DE TX	14.02 GHz
FRECUENCIA DE RX	11.72 GHz

Tabla 3. 10: Enlace Forward (Amachuma - Yalaca)

Fuente: Elaboración propia

ENLACE RETURN (YALACA- AMACHUMA)	
SATÉLITE	TUPAC KATARI 87,2 °W
ESTACIÓN TRANSMISORA	VSAT YALACA
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	16.22 S 67.73 W
TIPO DE ANTENA	PARABÓLICA TIPO OFFSET
DIÁMETRO DE ANTENA	1.2m
GANANCIA DE ANTENA	41.4 dBi
FRECUENCIA DE TX	14.02 GHz
FRECUENCIA DE RX	11.72 GHz

Tabla 3. 11: Enlace Return (Yalaca- Amachuma)

Fuente: Elaboración propia

DATOS DEL SATÉLITE	
PIRE AMACHUMA	50 dbw (CUARTA CURVA DE CONTORNO)
PIRE YALACA	50 dbW (CUARTA CURVA DE CONTORNO)
G/T AMACHUMA	9,48 db/K (CUARTA CURVA DE CONTORNO)
G/T YALACA	9,48 db/K (CUARTA CURVA DE CONTORNO)
SFD	-82,4 dbW/m ²

Tabla 3. 12: Datos del Satélite

Fuente: Elaboración propia

ENLACE FORWARD (AMACHUMA - YALACA)

1. En el programa colocamos los datos de la Estación de Amachuma primeramente.

Interference units Csat/lo (dB-Hz) C/I (dB)

Site name	AMACHUMA		Site	
Site latitude *	16.62S	Csat/ACIo dB-Hz	140	Satellite
Site longitude *	68.13W	Csat/CCIo dB-Hz	140	
Site altitude km	4	ES HPA OBO dB	4	
Frequency GHz	14.003	No of carriers / HPA	1	Reverse
Polarization (V,H or C)	V	HPA Csat/IMo dB-Hz	140	Freeze
Availability %	99	UPC dB	0	
Antenna diameter (m)	7.3	HPA power W	MIN	
Ant. eff.gain %dBi	58			OK
Coupling loss dB	2.4			Cancel
Antenna mispointing dB	1			Help
Other path losses dB	0			

Uplink | ASI (up) | Downlink | ASI (down) | Rain Model | Satellite | Carriers

Figura 3. 14: Uplink - FWD

Fuente: Elaboración propia

2. El dato de la directividad de la antenna en la Banda Ku, con la que trabajaremos.

Interfering Uplinks

Include Switches: Sat1 Sat2 Sat3 Sat4

EIRP density dBW/Hz

Satellite longitude*

Use known total value below (option)

Csat/ASIo dB-Hz: 140

Uplink | ASI (up) | Downlink | ASI (down) | Rain Model | Satellite | Carriers

Figura 3. 15: ASI (Up) - FWD

Fuente: Elaboración propia

3. El dato del Diseño del telecentro de la Unidad Educativa de Yalaca (los datos de ubicación).

Interference units: Csat/lo (dB-Hz) C/I (dB)

Site name: YALACA

Site latitude: 16.22S LNB noise fig. temp. dB.K: 1.2

Site longitude: 67.73W Antenna noise temp. K: AUTO

Site altitude km: 1.57 Csat/AClo dB-Hz: 140

Frequency GHz: 11.713 Csat/CClo dB-Hz: 140

Polarization (V,H or C): H

Availability %: 99

Antenna diameter (m): 1.2

Ant. eff. gain % dBi: 41.4

Coupling loss dB: 0

Antenna mispointing dB: 0

Other path losses dB: 0

Buttons: Site, Satellite, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / Downlink / ASI (down) / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 3. 16: Downlink - FWD

Fuente: Elaboración propia

4. El dato de la directividad de la antena.

Interfering Downlinks

Include switches: Sat1 Sat2 Sat3 Sat4

EIRP density dBW/Hz: [] [] [] []

Satellite longitude: [] [] [] []

Use known total value below (option)

Csat/ASIo dB-Hz: 110

Buttons: Site, Satellite, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / Downlink / ASI (down) / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 3. 17: ASI (Downlink) - FWD

Fuente: Elaboración propia

5. El dato, del mejor escenario supondremos el cielo despejado.

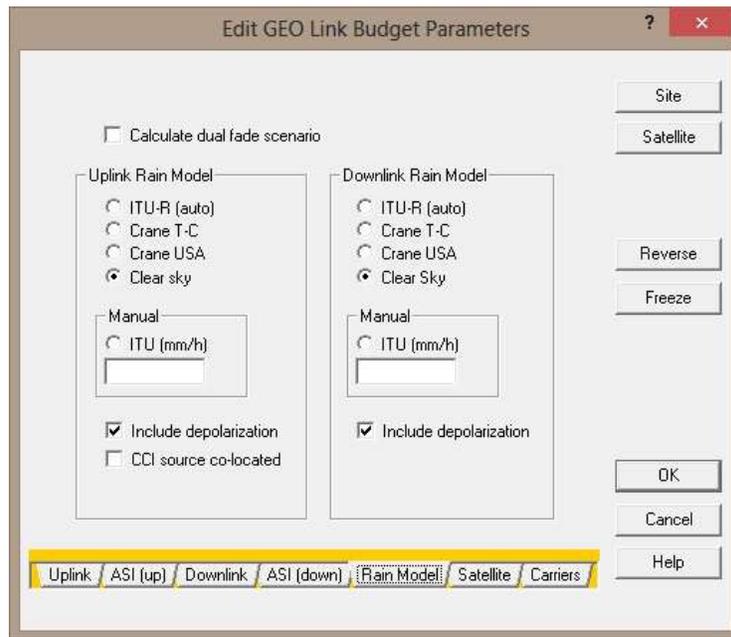


Figura 3. 18: Rain - FWD
Fuente: Elaboración propia

6. El dato de nuestro satélite el Tksat-1 en los que trabaja (mediante la ficha técnica del documento del Tksat-1).

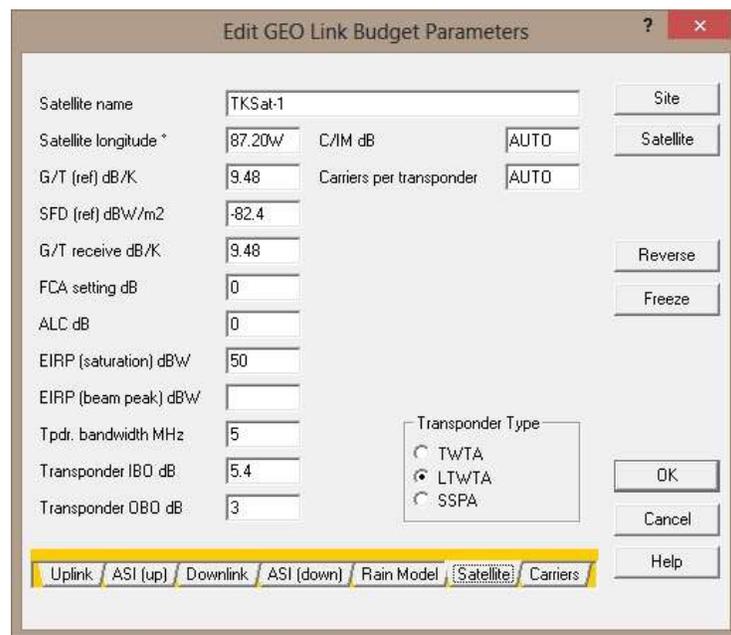


Figura 3. 19: Satellite - FWD
Fuente: Elaboración propia

7. El dato de la figura 3.13 y de los anexo.

Service name: KU UPLINK

Coverage: BOLIVIA

Rate: Info rate Mbps, Symbol rate Mbaud (4.17)

Required Target (dB): Eb/No, Es/No (7.91)

Overhead % info rate: 0

FEC code rate: 0.7427

Spreading gain dB: 0

(1 + Roll off factor): 1.2

Carrier spacing factor: 1.2

BW allocation step MHz: 0

Implementation loss dB: 0

System margin dB: 2

Modulation: 1 bit/symbol, M-(A)PSK (M=8), M-QAM

Modcod: DVBS2X, DVBS, Manual

NS3, NS4

DVBS2,normal frame,8-PSK (3/4),no pilots

Buttons: Site, Satellite, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / Downlink / ASI (down) / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 3. 20: Carriers - FWD

Fuente: Elaboración propia

Respuesta de nuestra simulación

Link Budget

Produced using Satmaster Pro

Monday 23 September 2019

Service Name	KU UPLINK
Coverage	BOLIVIA
Uplink earth station	AMACHUMA
Downlink earth station	YALACA
Satellite name	TKSat-1
Modcod	DVBS2,normal frame,8-PSK (3/4),no pilots

Link Input Parameters

	Up	Down	Units
Site latitude	16.62S	16.22S	degrees
Site longitude	68.13W	67.73W	degrees
Site altitude	4.000	1.570	km
Frequency	14.003	11.713	GHz
Polarization	Vertical	Horizontal	
Rain model	Clear sky	Clear sky	
Rain zone or R0.01% (mm/h)	0	0	
Availability (average year)	N/A	N/A	%
Antenna aperture	7.3	1.2	metres
Antenna efficiency or gain (+ or - prefix)	58	41.4	% or dBi
Coupling loss	2.4	0	dB
Antenna mispoint loss	1	0	dB
Other path losses (site diversity gain -ve)	0	0	dB
LNB noise figure or temp (+ prefix)		1.2	dB or K
Antenna noise		60.18	K
Csat/ACIo	140		dB-Hz
Csat/ASIo	140.00		dB-Hz
Csat/CCIo	140		dB-Hz
HPA C/IMo	140		dB-Hz
Csat/ACIo		140	dB-Hz
Csat/ASIo		110.00	dB-Hz
Csat/CCIo		140	dB-Hz
Uplink station HPA output back-off	4		dB
Uplink power control available	0		dB
Number of carriers / HPA	1		
Required HPA power	MIN		W

Satellite Input Parameters

	Value	Units
Satellite longitude	87.20W	degrees
Transponder type	LTWTA	
G/T Reference	9.48	dB/K
SFD Reference	-82.4	dBW/m2
Receive G/T	9.48	dB/K
Attenuator pad (gain step)	0	dB
Effective SFD	-82.40	dBW/m2
Satellite ALC	0	dB
EIRP (saturation)	50	dBW
EIRP (beam peak)		dBW
Transponder bandwidth	5	MHz
Input back off total	5.4	dB
Output back off total	3	dB
C/IM	19.62	dB
Carriers per transponder	AUTO	

Carrier/Link Input Parameters

	Value	Units
Modulation	8-PSK	
Required Es/No	7.91	dB
Symbol rate	4.17	Mbaud
Information rate overhead	0	%
FEC code rate	0.7427	
Spreading gain	0	dB
(1 + Roll off factor)	1.2	
Carrier spacing factor	1.2	
Bandwidth allocation step size	0	MHz
Implementation loss	0	dB
System margin	2	dB

Calculations at Saturation

	Value	Units
Gain 1m^2	44.38	dB/m2
Uplink C/No	111.30	dB-Hz
Downlink C/No	91.08	dB-Hz
Total C/No	91.04	dB-Hz
Uplink EIRP for saturation	80.88	dBW

General Calculations	Up	Down	Units
Elevation	60.66	60.61	degrees
True azimuth	309.60	308.31	degrees
Compass bearing	317.96	317.12	degrees
Path distance to satellite	36488.68	36491.24	km
XPD during rain	0.00	0.00	dB
Propagation time delay	0.121713	0.121721	seconds
Antenna efficiency	58.00	41.40	%
Antenna gain	58.23	39.53	dBi
Availability (average year)	N/A	N/A	%
Link downtime (average year)	N/A	N/A	hours
Availability (worst month)	N/A	N/A	%
Link downtime (worst month)	N/A	N/A	hours

Uplink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Transmit EIRP	64.12	64.12	64.12	dBW
Uplink power control used	0.00	0.00	0.00	dB
Transponder input back-off (total)	5.40	5.40	5.40	dB
Input back-off per carrier	16.75	16.75	16.75	dB
Antenna mispoint	1.00	1.00	1.00	dB
Free space loss	206.62	206.62	206.62	dB
Atmospheric absorption (Ag(1%) cap)	0.04	0.04	0.04	dB
Tropospheric scintillation	0.00	0.00	0.00	dB
Cloud attenuation (Ac(1%) cap)	0.00	0.00	0.00	dB
Rain attenuation	0.00	0.00	0.00	dB
Total attenuation (gas-rain-cloud-scintillation)	0.04	0.04	0.04	dB
Other path losses	0.00	0.00	0.00	dB
C/No (thermal)	94.55	94.55	94.55	dB-Hz
C/N (thermal)	28.34	28.34	28.34	dB
C/ACI	57.04	57.04	57.04	dB
C/ASI	57.04	57.04	57.04	dB
C/CCI	57.04	57.04	57.04	dB
C/IM	69.80	69.80	69.80	dB
C/I (total)	52.20	52.20	52.20	dB
C/(N+I) [Es/(No+Io)]	28.33	28.33	28.33	dB
Eb/(No+Io)	24.85	24.85	24.85	dB

Downlink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Satellite EIRP total	50.00	50.00	50.00	dBW
Transponder output back-off (total)	3.00	3.00	3.00	dB
Output back-off per carrier	14.35	14.35	14.35	dB
Satellite EIRP per carrier	35.65	35.65	35.65	dBW
Antenna mispoint	0.00	0.00	0.00	dB
Free space loss	205.06	205.06	205.06	dB
Atmospheric absorption (Ag(1%) cap)	0.08	0.08	0.08	dB
Tropospheric scintillation	0.00	0.00	0.00	dB
Cloud attenuation (Ac(1%) cap)	0.00	0.00	0.00	dB
Rain attenuation	0.00	0.00	0.00	dB
Total attenuation (gas-rain-cloud-scintillation)	0.08	0.08	0.08	dB
Other path losses	0.00	0.00	0.00	dB
Noise increase due to precipitation	0.00	0.00	0.00	dB
Downlink degradation (DND)	0.00	0.00	0.00	dB
Total system noise	155.18	155.18	155.17	K
Figure of merit (G/T)	17.63	17.63	17.63	dB/K
C/No (thermal)	76.73	76.73	76.73	dB-Hz
C/N (thermal)	10.53	10.53	10.53	dB
C/ACI	59.44	59.44	59.44	dB
C/ASI	29.44	29.44	29.44	dB
C/CCI	59.44	59.44	59.44	dB
C/IM	19.62	19.62	19.62	dB
C/I (total)	19.19	19.19	19.19	dB
C/(N+I) [Es/(No+Io)]	9.97	9.97	9.97	dB
Eb/(No+Io)	6.49	6.49	6.49	dB

Totals per Carrier (End-to-End)	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
C/No (thermal)	76.66	76.66	76.66	dB-Hz
C/N (thermal)	10.46	10.46	10.46	dB
C/ACI	55.07	55.07	55.07	dB
C/ASI	29.44	29.44	29.44	dB
C/CCI	55.07	55.07	55.07	dB
C/IM	19.62	19.62	19.62	dB
C/I (total)	19.19	19.19	19.19	dB
C/(No+Io)	76.11	76.11	76.11	dB-Hz
C/(N+I) [Es/(No+Io)]	9.91	9.91	9.91	dB
Eb/(No+Io)	6.43	6.43	6.43	dB
Implementation loss	0.00	0.00	0.00	dB
System margin	2.00	2.00	2.00	dB

EIRP Density Calculations	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Flange transmit (up)	-60.31	-60.31	-60.31	dBW/Hz
Satellite (down)	-30.56	-30.56	-30.56	dBW/Hz
Satellite beam peak (down)	N/A	N/A	N/A	dBW/Hz
Flange receive (down)	-196.16	-196.16	-196.16	dBW/Hz

Earth Station Power Requirements	Value	Units
EIRP per carrier	64.12	dBW
Available uplink power control	0.00	dB
Total EIRP required	64.12	dBW
Antenna gain	58.23	dBi
Antenna feed flange power per carrier	5.89	dBW
HPA output back off	4.00	dB
Waveguide loss	2.4	dB
Number of HPA carriers	1	
Total HPA power required	12.2899	dBW
Required HPA power	16.9431	W

Space Segment Utilization	Value	Units
Overall availability	N/A	%
Information rate	9.2912	Mbps
Information rate (inc overhead)	9.2912	Mbps
Transmit rate	12.5100	Mbps
Symbol rate	4.1700	Mbaud
Noise Bandwidth	66.20	dB-Hz
Occupied bandwidth	5.0040	MHz
Minimum allocated bandwidth required	5.0040	MHz
Allocated transponder bandwidth	5.0040	MHz
Overall Link efficiency	1.857	bps/Hz
Percentage transponder bandwidth used	100.08	%
Used transponder power	35.65	dBW
Percentage transponder power used	7.32	%
Max carriers / transponder	1.00	
Limited by:	Bandwidth	
Power equivalent bandwidth usage	0.3661	MHz

Fuente: Elaboración propia

ENLACE RETURN (YALACA- AMACHUMA)

1. En el programa colocamos los datos de la Estación de donde estará el Diseño del telecentro de la Unidad Educativa de Yalaca

Parameter	Value	Unit
Site name	YALACA	
Site latitude	16.22S	°
Site longitude	67.73W	°
Site altitude	1.57	km
Frequency	11.713	GHz
Polarization	V	(V, H or C)
Overall availability	99	%
Antenna diameter	1.2	m
Ant. eff. gain	41.4	dBi
Coupling loss	0	dB
Antenna mispointing	0	dB
Other path losses	0	dB
Csat/ACIo	140	dB-Hz
Csat/CCIo	140	dB-Hz
ES HPA OBO	4	dB
No of carriers / HPA	1	
HPA Csat/IMo	140	dB-Hz
UPC	0	dB
HPA power	MIN	W

Figura 3. 21: Uplink - Return
Fuente: Elaboración propia

2. El dato de la directividad de la antena en la banda Ku que trabaja.

Parameter	Value
Interfering Uplinks	
Include Switches	Sat1 <input type="checkbox"/> Sat2 <input type="checkbox"/> Sat3 <input type="checkbox"/> Sat4 <input type="checkbox"/>
EIRP density	
Satellite longitude	
Use known total value below (option)	<input checked="" type="checkbox"/>
Csat/ASIo	140

Figura 3. 22: ASI (Up) - Return
Fuente: Elaboración propia

3. El dato de la Estación de Amachuma.

Interference units: Csat/Io (dB-Hz) C/I (dB)

Site name: AMACHUMA

Site latitude °: 16.62S LNB noise fig,temp dB,K: 1.2

Site longitude °: 68.13W Antenna noise temp. K: AUTO

Site altitude km: 4 Csat/ACIo dB-Hz: 140

Frequency GHz: 14.003 Csat/CCIo dB-Hz: 140

Polarization (V,H or C): H

Availability %: AUTO

Antenna diameter (m): 7.3

Ant. eff.gain %,dBi: 58

Coupling loss dB: 2.4

Antenna mispointing dB: 1

Other path losses dB: 0

Buttons: Site, Satellite, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / **Downlink** / ASI (down) / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 3. 23: Downlink - Return
Fuente: Elaboración propia

4. El dato de la directividad de la antena, en la en la banda Ku que trabaja.

Interfering Downlinks

Include switches: Sat1 Sat2 Sat3 Sat4

EIRP density dBW/Hz: [] [] [] []

Satellite longitude: [] [] [] []

Use known total value below (option)

Csat/ASIo dB-Hz: 110

Buttons: Site, Satellite, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / Downlink / **ASI (down)** / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 3. 24: ASI (Downlink) - Return
Fuente: Elaboración propia

5. El dato del mejor escenario supondremos el cielo si es despejado.

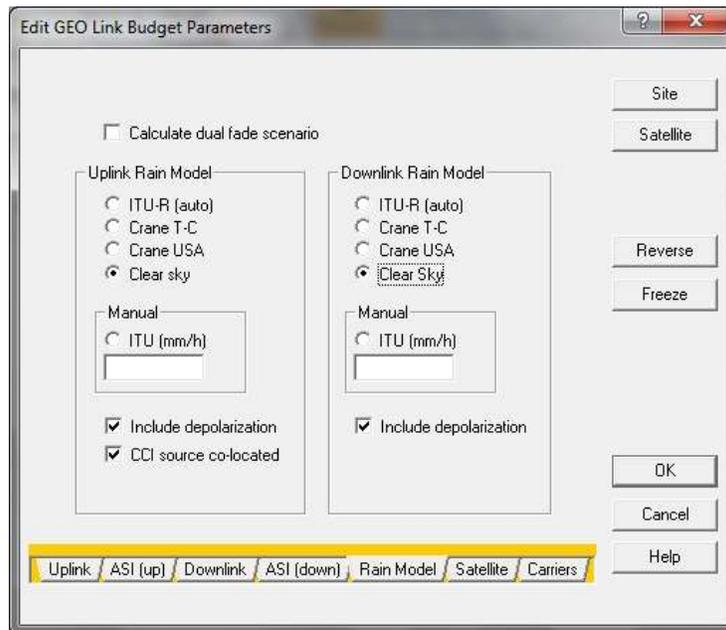


Figura 3. 25: Rain - Return
Fuente: Elaboración propia

6. El dato de nuestro satélite el Tksat-1 en los que trabaja (mediante la ficha técnica del documento del Tksat-1).

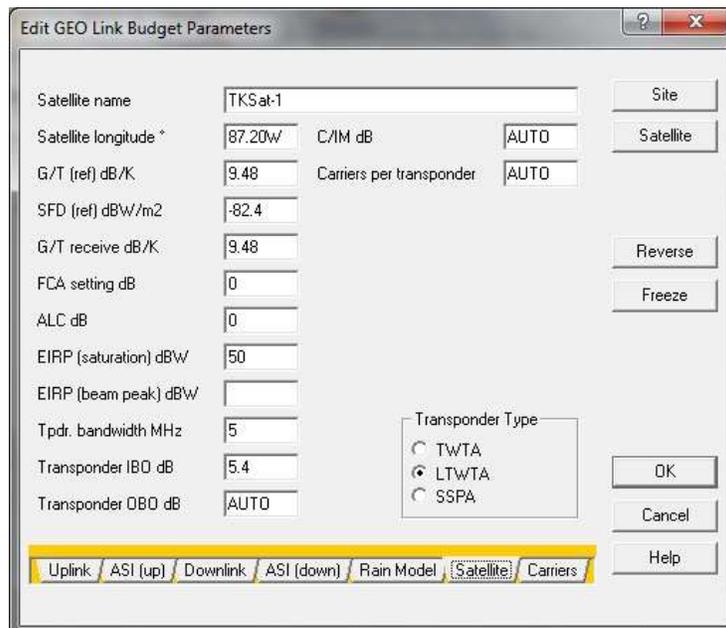


Figura 3. 26: Satellite - Return
Fuente: Elaboración propia

7. El dato de la figura 3.13 y de los anexo.

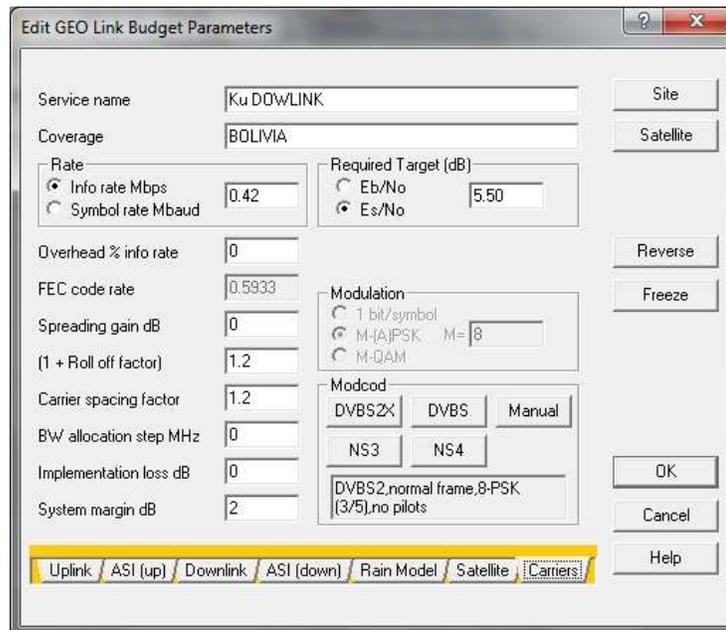


Figura 3. 27: Carriers - Return

Fuente: Elaboración propia

Respuesta de nuestra simulación

Link Budget
 Produced using Satmaster Pro
 Monday 23 September 2019

Service Name	Ku DOWLINK		
Coverage	BOLIVIA		
Uplink earth station	YALACA		
Downlink earth station	AMACHUMA		
Satellite name	TKSat-1		
Modcod	DVBS2,normal frame,8-PSK (3/5),no pilots		

Link Input Parameters	Up	Down	Units
Site latitude	16.22S	16.62S	degrees
Site longitude	67.73W	68.13W	degrees
Site altitude	1.570	4.000	km
Frequency	11.713	14.003	GHz
Polarization	Vertical	Horizontal	
Rain model	Clear sky	Clear sky	
Rain zone or R0.01% (mm/h)	0	0	
Availability (average year)	N/A	N/A	%
Antenna aperture	1.2	7.3	metres
Antenna efficiency or gain (+ or - prefix)	41.4	58	% or dB
Coupling loss	0	2.4	dB
Antenna mispoint loss	0	1	dB
Other path losses (site diversity gain -ve)	0	0	dB
LNB noise figure or temp (+ prefix)		1.2	dB or K
Antenna noise		42.92	K
Csat/ACIo	140		dB-Hz
Csat/ASIo	140.00		dB-Hz
Csat/CCIo	140		dB-Hz
HPA C/IMo	140		dB-Hz
Csat/ACIo		140	dB-Hz
Csat/ASIo		110.00	dB-Hz
Csat/CCIo		140	dB-Hz
Uplink station HPA output back-off	4		dB
Uplink power control available	0		dB
Number of carriers / HPA	1		
Required HPA power	MIN		W

Satellite Input Parameters	Value	Units
Satellite longitude	87.20W	degrees
Transponder type	LTWTA	
G/T Reference	9.48	dB/K
SFD Reference	-82.4	dBW/m2
Receive G/T	9.48	dB/K
Attenuator pad (gain step)	0	dB
Effective SFD	-82.40	dBW/m2
Satellite ALC	0	dB
EIRP (saturation)	50	dBW
EIRP (beam peak)		dBW
Transponder bandwidth	5	MHz
Input back off total	5.4	dB
Output back off total	AUTO	dB
C/M	19.62	dB
Carriers per transponder	AUTO	

Carrier/Link Input Parameters	Value	Units
Modulation	8-PSK	
Required Es/No	5.50	dB
Symbol rate	0.42	Mbaud
Information rate overhead	0	%
FEC code rate	0.5933	
Spreading gain	0	dB
(1 + Roll off factor)	1.2	
Carrier spacing factor	1.2	
Bandwidth allocation step size	0	MHz
Implementation loss	0	dB
System margin	2	dB

Calculations at Saturation	Value	Units
Gain 1m^2	42.83	dB/m2
Uplink C/No	112.85	dB-Hz
Downlink C/No	102.94	dB-Hz
Total C/No	102.52	dB-Hz
Uplink EIRP for saturation	79.91	dBW

General Calculations	Up	Down	Units
Elevation	60.61	60.66	degrees
True azimuth	308.31	309.60	degrees
Compass bearing	317.12	317.96	degrees
Path distance to satellite	36491.24	36488.68	km
XPD during rain	0.00	0.00	dB
Propagation time delay	0.121721	0.121713	seconds
Antenna efficiency	41.40	58.00	%
Antenna gain	39.53	58.23	dBi
Availability (average year)	N/A	N/A	%
Link downtime (average year)	N/A	N/A	hours
Availability (worst month)	N/A	N/A	%
Link downtime (worst month)	N/A	N/A	hours

Uplink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Transmit EIRP	40.40	40.40	40.40	dBW
Uplink power control used	0.00	0.00	0.00	dB
Transponder input back-off (total)	5.40	5.40	5.40	dB
Input back-off per carrier	39.51	39.51	39.51	dB
Antenna mispoint	0.00	0.00	0.00	dB
Free space loss	205.06	205.06	205.06	dB
Atmospheric absorption (Ag(1%) cap)	0.08	0.08	0.08	dB
Tropospheric scintillation	0.00	0.00	0.00	dB
Cloud attenuation (Ac(1%) cap)	0.00	0.00	0.00	dB
Rain attenuation	0.00	0.00	0.00	dB
Total attenuation (gas-rain-cloud-scintillation)	0.08	0.08	0.08	dB
Other path losses	0.00	0.00	0.00	dB
C/No (thermal)	73.34	73.34	73.34	dB-Hz
C/N (thermal)	17.10	17.10	17.10	dB
C/ACI	44.25	44.25	44.25	dB
C/ASI	44.25	44.25	44.25	dB
C/CCI	44.25	44.25	44.25	dB
C/IM	79.77	79.77	79.77	dB
C/I (total)	39.48	39.48	39.48	dB
C/(N+I) [Es/(No+Io)]	17.08	17.08	17.08	dB
Eb/(No+Io)	14.57	14.57	14.57	dB

Downlink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Satellite EIRP total	50.00	50.00	50.00	dBW
Transponder output back-off (total)	3.50	3.50	3.50	dB
Output back-off per carrier	37.61	37.61	37.61	dB
Satellite EIRP per carrier	12.39	12.39	12.39	dBW
Antenna mispoint	1.00	1.00	1.00	dB
Free space loss	206.62	206.62	206.62	dB
Atmospheric absorption (Ag(1%) cap)	0.04	0.04	0.04	dB
Tropospheric scintillation	0.00	0.00	0.00	dB
Cloud attenuation (Ac(1%) cap)	0.00	0.00	0.00	dB
Rain attenuation	0.00	0.00	0.00	dB
Total attenuation (gas-rain-cloud-scintillation)	0.04	0.04	0.04	dB
Other path losses	0.00	0.00	0.00	dB
Noise increase due to precipitation	0.00	0.00	0.00	dB
Downlink degradation (DND)	0.00	0.00	0.00	dB
Total system noise	241.67	241.67	241.66	K
Figure of merit (G/T)	32.00	32.00	32.00	dB/K
C/No (thermal)	65.33	65.33	65.33	dB-Hz
C/N (thermal)	9.10	9.10	9.10	dB
C/ACI	46.16	46.16	46.16	dB
C/ASI	16.16	16.16	16.16	dB
C/CCI	46.16	46.16	46.16	dB
C/IM	19.62	19.62	19.62	dB
C/I (total)	14.54	14.54	14.54	dB
C/(N+I) [Es/(No+Io)]	8.01	8.01	8.01	dB
Eb/(No+Io)	5.50	5.50	5.50	dB

Totals per Carrier (End-to-End)	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
C/No (thermal)	64.69	64.69	64.69	dB-Hz
C/N (thermal)	8.46	8.46	8.46	dB
C/ACI	42.09	42.09	42.09	dB
C/ASI	16.15	16.15	16.15	dB
C/CCI	42.09	42.09	42.09	dB
C/IM	19.62	19.62	19.62	dB
C/I (total)	14.52	14.52	14.52	dB
C/(No+Io)	63.73	63.73	63.73	dB-Hz
C/(N+I) [Es/(No+Io)]	7.50	7.50	7.50	dB
Eb/(No+Io)	5.00	5.00	5.00	dB
Implementation loss	0.00	0.00	0.00	dB
System margin	2.00	2.00	2.00	dB

Net Es/(No+Io)	5.50	5.50	5.50	dB
Required Es/(No+Io)	5.50	5.50	5.50	dB
Excess margin	0.00	0.00	0.00	dB

EIRP Density Calculations	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Flange transmit (up)	-55.37	-55.37	-55.37	dBW/Hz
Satellite (down)	-43.84	-43.84	-43.84	dBW/Hz
Satellite beam peak (down)	N/A	N/A	N/A	dBW/Hz
Flange receive (down)	-193.27	-193.27	-193.27	dBW/Hz

Earth Station Power Requirements	Value	Units
EIRP per carrier	40.40	dBW
Available uplink power control	0.00	dB
Total EIRP required	40.40	dBW
Antenna gain	39.53	dB _i
Antenna feed flange power per carrier	0.87	dBW
HPA output back off	4.00	dB
Waveguide loss	0	dB
Number of HPA carriers	1	
Total HPA power required	4.8658	dBW
Required HPA power	3.0661	W

Space Segment Utilization	Value	Units
Overall availability	N/A	%
Information rate	0.7476	Mbps
Information rate (inc overhead)	0.7476	Mbps
Transmit rate	1.2600	Mbps

Required Es/(No+Io)	5.50	5.50	5.50	dB
Excess margin	0.00	0.00	0.00	dB
EIRP Density Calculations				
Flange transmit (up)	-55.37	-55.37	-55.37	dBW/Hz
Satellite (down)	-43.84	-43.84	-43.84	dBW/Hz
Satellite beam peak (down)	N/A	N/A	N/A	dBW/Hz
Flange receive (down)	-193.27	-193.27	-193.27	dBW/Hz
Earth Station Power Requirements				
	Value			Units
EIRP per carrier	40.40			dBW
Available uplink power control	0.00			dB
Total EIRP required	40.40			dBW
Antenna gain	39.53			dBi
Antenna feed flange power per carrier	0.87			dBW
HPA output back off	4.00			dB
Waveguide loss	0			dB
Number of HPA carriers	1			
Total HPA power required	4.8658			dBW
Required HPA power	3.0661			W
Space Segment Utilization				
	Value			Units
Overall availability	N/A			%
Information rate	0.7476			Mbps
Information rate (inc overhead)	0.7476			Mbps
Transmit rate	1.2600			Mbps
Symbol rate	0.4200			Mbaud
Noise Bandwidth	56.23			dB-Hz
Occupied bandwidth	0.5040			MHz
Minimum allocated bandwidth required	0.5040			MHz
Allocated transponder bandwidth	0.5040			MHz
Overall Link efficiency	1.483			bps/Hz
Percentage transponder bandwidth used	10.08			%
Used transponder power	12.39			dBW
Percentage transponder power used	0.04			%
Max carriers / transponder	9.92			
Limited by:	Bandwidth			
Power equivalent bandwidth usage	0.0019			MHz

Fuente: Elaboración propia

3.2 ANÁLISIS DE COSTOS

En el análisis de costos nos basaremos en los costos y gastos para el: Diseño del Telecentro en la Unidad Educativa Yalaca, entre ellos podemos mencionar:

Tabla 3. 13: Costos para el Telecentro

ITEM	Equipos	Cantidad	Unidades	Precio Unidad (Bs)
1	Satcom 1.2M Ku-Band Antenna	1	Unidad	13.000,00
2	Norsat 4508C Ku-Band DRO LNB	1	Unidad	
3	Mission Microwave 55W Ku-Band STINGER BUC	1	Unidad	
4	UPS APC modelo BR1500G	1	Unidad	1.500,00
5	Box de Computación - Intel	5	Unidad	15.000,00
6	Modem 4G - NEWSKY	1	Unidad	1.250,00
7	Router inalámbrico Marca NEWSKY DM7614R	1	Unidad	840,00
8	Box de Cables Marca Skinet	1	Unidad	700,00
9	Rack Genérico	1	Unidad	420,00
10	Box de protección Marca 3M y Skynet	1	Unidad	350,00
Costo Total				33.060,00

Fuente: Elaboración propia

- **CONCLUSIONES**

A través del presente estudio se ha podido analizar la situación de la Comunidad Yalaca y determinar el nivel de carencia en cuanto a servicios básicos y más aún en servicios tecnológicos, es por ello la importancia del presente proyecto que ofrece la posibilidad de que la comunidad pueda tener una oportunidad de acceso a la tecnología, lo que permitiría desarrollarse de mejor manera y por qué no, mejorar su calidad de vida.

Existen muchos medios para proveer servicios tecnológicos de información, sin embargo, la mayor parte de ellos son poco aplicables en el caso de comunidades rurales tanto por sus costos, así como por la dificultad de acceso, es por ello que el presente proyecto considerando los diferentes medios ha seleccionado el sistema VSAT como aplicable para este caso específico.

Como se ha demostrado en el proyecto, se considera factible el uso del contenido del mismo para realizar un diseño de un telecentro rural para actividades educativas. Por lo expuesto se concluye lo siguiente:

- ✚ De acuerdo a lo previsto en los objetivos, ha sido posible llegar a realizar el diseño del telecentro, mismo que se ha elaborado de acuerdo a los requerimientos de la población y análisis técnico.
- ✚ Se ha dimensionado y optimizado el canal de datos y los requerimientos del telecentro, se ha seleccionado el sistema VSAT por cumplir con los requisitos propuestos por el mismo proyecto.

Con investigación propuesta a través del estudio de costos e inversiones realizado en el marco administrativo y técnico se ha podido concluir que el diseño de un modelo de telecentro para la Unidad Educativa Yalaca del municipio de Nor Yungas del departamento de La Paz que permite tener acceso a la conexión de Internet vía comunicación satelital es factible y se encuentra en las posibilidades de implementarlo siguiendo las investigaciones y recomendaciones propuestas en el desarrollo de este proyecto.

- **RECOMENDACIONES**

Es importante mencionar que la presente idea no solamente se quede en papel, sino que sea la herramienta fundamental para que cualquier comunidad que tenga las condiciones técnicas y económicas realice todo el proceso de gestión necesaria para que se pueda implementar y se ponga en marcha el telecentro, con todos los beneficios que el mismo traería a la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE.* (2016). Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://www.abe.bo/ficha-tecnica-tnsat-1/>
- Axesat.* (2015). Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://axesat.com/bandas-de-frecuencia-comunicacion-satelital/>
- Biblus.* (2017). Recuperado el 13 de Septiembre de 2019, de <http://biblus.accasoftware.com/es/disenio-de-una-instalacion-fotovoltaica/azimut-y-angulo-de-tilt/>
- Curioseantes.* (2016). Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <http://curioseantes.blogspot.com/2015/10/leo-meo-geo-heo-y-sso.html>
- ENTEL. (2017). Anexo 1 - Contratación para Instalación de Telecentros.
- PEREZ, C. (2008). Antenas con reflector parabolico.
- Satelites.* (2006). Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/satelite2.htm>
- TOMASI, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Educación.
- VSAT. (2017). Recuperado el 15 de Septiembre de 2009, de <https://www.coursehero.com/file/p2v0gs4/Hay-una-estaci%C3%B3n-remota-VSAT-por-cada-sitio-remoto-que-se-quiera-conectar/>
- Wikipedia.* (2014). Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Antena_parab%C3%B3lica
- Wikipedia.* (2019). Recuperado el 13 de Septiembre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_comunicaciones

Model 7.3m Cassegrain Antenna

Technical Specifications

Electrical ⁽¹⁾	C-Band 4-Port Circular Polarized		C-Band 4-Port Linear Polarized		Ext. C-Band 4-Port Linear Polarized		Ku-Band 4-Port Linear Polarized		DBS-Band 4-Port Linear Polarized	
	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit
Frequency (GHz)	3.625 - 4.200	5.850 - 6.425	3.625 - 4.200	5.850 - 6.425	3.400 - 4.200	5.850 - 6.725	10.700 - 12.750	13.750 - 14.500	10.700 - 12.750	17.300 - 18.400
Antenna Gain, Midband dBi ⁽²⁾	48.10	51.70	48.10	51.80	48.00	51.80	56.50	58.10	56.90	59.60
VSWR	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1
Pattern Beamwidth ⁽²⁾										
-3 dB, at midband	0.67°	0.45°	0.67°	0.44°	0.67°	0.43°	0.23°	0.20°	0.23°	0.17°
-15 dB, at midband	1.41°	0.94°	1.41°	0.92°	1.41°	0.90°	0.48°	0.42°	0.48°	0.36°
Antenna Noise Temperature										
5° Elevation	52 K		49 K		53 K		87 K		75 K	
10° Elevation	43 K		40 K		44 K		73 K		60 K	
20° Elevation	37 K		35 K		39 K		65 K		51 K	
40° Elevation	35 K		33 K		37 K		61 K		47 K	
Typical G/T (dB/K) ⁽²⁾										
4.000 GHz, 30 K LNA	29.8		30.0		29.6					
11.725 GHz, 70 K LNA							35.2		36.1	
Axial Ratio	0.50 dB	0.50 dB								
Power Handling (total)		10 kW CW		10 kW CW		10 kW CW		2 kW CW		2 kW CW
Cross Polarization Isolation										
On Axis	30.8 dB	30.8 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB
Within 1.0 dB beamwidth	30.8 dB	30.8 dB	30.0 dB	30.0 dB	30.0 dB	30.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	30.0 dB
Port to Port Isolation										
Rx/Tx (Rx frequency)	0 dB	-70 dB	0 dB	-50 dB	0 dB	-70 dB	0 dB	-70 dB	0 dB	-75 dB
Tx/Rx (Tx frequency)	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB
Sidelobe Performance	Meets ITU-RS-580, FCC									
RF Specification	975-3475		975-3478		975-3480		975-3484		975-3486	

Mechanical/Environmental ⁽⁴⁾	Kingpost Pedestal (KX120)	Kingpost Pedestal (KX200)
Antenna Diameter	7.3 meters (24 feet)	
Antenna Type	Cassegrain design	
Reflector Construction	20 precision-formed aluminum panels with heat-diffusing white paint Cleaned and brightened aluminum back-up structure	
Hub Dimensions	80 in (152 cm) OD, 36 in (91 cm) depth	
Mount Configuration	Elevation over azimuth pedestal, constructed of galvanized A36 steel	
Drive Type	Manual jack screws	
Azimuth Travel	120° continuous	200° (2 segments @ 120°)
Elevation Travel	0 to 90° continuous	0 to 90° continuous
Foundation (L x W x D)	16.5 x 16.5 x 2 ft (5.0 x 5.0 x 0.61 m)	
Concrete	20.2 yds ³ (15.5 m ³)	
Reinforcing Steel	1,980 lbs. (900 kg)	
Shipping Containers	One 40 ft standard	
Operational Wind Loading	45 mph (72 km/h) gusting to 60 mph (97 km/h)	
Survival Wind Loading	125 mph (200 km/h) @ 58° F (15° C), any position	
Operational Temperature	+5° to +122° F (-15° to +50° C)	
Survival Temperature	-22° to +140° F (-30° to +60° C), low temperature options available	
Rain	Up to 4 in/h (10 cm/h)	
Relative Humidity	0 to 100% with condensation	
Solar Radiation	360 BTU/h/ft ² (1,000 Kcal/h/m ²)	
Ice (survival)	1 in (2.5 cm) on all surfaces or 1/2 in (1.3 cm) on all surfaces with 80 mph (130 km/h) wind gusts	
Atmospheric Conditions	As encountered in coastal regions and/or heavily industrialized areas	
Shock and Vibration	As encountered during shipment by airplane, ship or truck	

(4) Some specifications may vary based on the combination of equipment, options and/or upgrades ordered.

GENERAL DYNAMICS
SATCOM Technologies

2800 N. Longview Street • Kilgore, TX 75662 USA • Tel: (903) 984-0555 • Fax: (903) 984-1826 • Email: kilgore-sales@gdsatcom.com
Website: www.gdsatcom.com 655-0060B, 07/08

1.2M Ku-Band Rx/Tx

Series 1132

Technical Specifications

Electrical		Series 1132 Ku-Band
Antenna Size		1.2 M (47 in.)
Operating Frequency (GHz)	Receive Transmit	10.70 - 12.75 GHz 13.75 - 14.50 GHz
Midband Gain (+/- .5dB)	Receive Transmit	41.4 dBi 43.3 dBi
Antenna Noise Temperature	20° Elevation 30° Elevation	57 K 56 K
Pattern Beamwidth (in degrees at midband)	-3 dB -15 dB	Tx: 1.2° Rx: 1.5° Tx: 2.8° Rx: 3.4°
Sidelobe Envelope, Co-Pol (dBi)	100λ/D ≤ θ ≤ 20° 20° < θ ≤ 26.3° 26.3° < θ ≤ 48° 48° < θ	29 - 25 Logθ dBi -3.5 dBi 32 - 25 Logθ dBi -10 dBi (averaged)
Power Handling		100 W
Cross-Polarization Isolation	On Axis Within 1.0 dB Beamwidth	Tx: 35 dB Rx: 30 dB Tx: 27 dB Rx: 25 dB
VSWR		Tx: 1.3:1 Max Rx: 1.5:1 Max
Feed Interface Output Waveguide Interface Flange		WR75

ODU	Tier 1 = 6 lbs. Tier 2 = 12 lbs
-----	------------------------------------

Mechanical	
Reflector Material	Glass Fiber Reinforced Polyester SMC
Antenna Optics	Prime Focus, Offset Feed
Mount Type	Elevation over Azimuth
Mast Pipe Size	2.5" SCH 40 Pipe (2.88" OD) 73 mm.
Elevation Adjustment Range	5° to 90°, Continuous Fine Adjustment
Azimuth Adjustment Range	+ 20° Fine, 360° Continuous
Shipping Specifications: Approx. Net Weight	48 lbs. (22 kg.)

Environmental Performance		
Wind Loading	Operational Survival	50 mph (80 km/h) 125 mph (201 km/h)
Temperature	Operational	-40° to 140° F (-40° to 60° C)
Rain	Operational	1/2" (13 mm)/hr
Ice	Operational	-----
Atmospheric Conditions		Salt, Pollutants and Contaminants as Encountered in Coastal and Industrial Areas
Relative Humidity		0 to 100% with Condensation
Solar Radiation		360 BTU/h/ft2

GENERAL DYNAMICS

SATCOM Technologies

1500 Prodelin Drive • Newton, NC 28658 USA • Telephone: +1-828-464-4141 • Fax: +1-828-464-4147
Email: vsat@gdsatcom.com • Web Site: www.gdsatcom.com

1000-010 Rev. 09/11

© 2011 General Dynamics. All rights reserved. General Dynamics reserves the right to make changes in its products and specifications at anytime and without notice. All trademarks indicated as such herein are trademarks of General Dynamics. All other product and service names are the property of their respective owners. ® Reg. U.S. Pat. and Tm. Off.