

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**“Diseño de una solución de comunicaciones para la localidad de
Nuevo Loreto usando arquitectura punto-multipunto mediante
transporte satelital y acceso inalámbrico”**

**Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones,
presentado por el bachiller:**

Diego José Cisneros Lora

ASESOR: Ing. Christian Cheé Cucalón

Lima, Abril de 2013

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo evaluar la alternativa de comunicaciones más eficiente para la localidad de Nuevo Loreto. En ese sentido, se propondrá una solución de tecnologías VSAT y enlaces inalámbricos con una arquitectura punto a multi-punto.

En primer lugar, se presentará un análisis de la situación actual de la localidad; incluyendo aspectos demográficos, económicos y geográficos, con el fin de determinar la demanda de los servicios y sustentar la elección de las tecnologías escogidas. Posteriormente, se realiza un estudio teórico de las tecnologías para luego poder presentar el diseño de ingeniería de la solución. Finalmente se presenta un análisis económico de costos de la implementación, incluyendo formas de financiamiento del proyecto.

INDICE

Lista de Figuras.....	iv
Lista de Tablas.....	vi
Introducción.....	1
Capítulo 1: Estudio de la problemática de la localidad.....	3
1.1. Aspectos generales de la localidad de Nuevo Loreto.....	5
1.1.1. Ubicación Geográfica.....	5
1.1.2. Acceso a la Localidad.....	6
1.1.3. Aspectos Demográficos.....	9
1.1.4. Organizaciones y Autoridades.....	11
1.1.5. Actividades Económicas.....	12
1.1.6 Servicios actuales.....	14
1.2. Problemática de la localidad.....	16
1.2.1. Árbol de Problemas.....	16
1.2.2. Árbol de Objetivos.....	17
1.3. Cálculo de la Demanda.....	18
Capítulo 2: Estudio de las tecnologías.....	23
2.1 Tecnología de la red de Acceso.....	24
2.1.1 Selección de la tecnología de acceso.....	24
2.1.2 Conceptos de tecnología Inalámbrica.....	26
2.1.2.1 Definición.....	26
2.1.2.2 Clasificación de las redes Inalámbricas.....	27
2.1.2.3 Arquitecturas.....	29
2.1.2.4 Banda de Frecuencias.....	31
2.1.3 Selección de Proveedor de equipos inalámbricos.....	31
2.2 Tecnología de red de transporte.....	32
2.2.1 Selección de la tecnología de transporte.....	33
2.2.2 Conceptos de tecnología satelital.....	33
2.2.2.1 Definición.....	33

2.2.2.2 Elementos de una red Satelital.....	34
2.2.2.3 Órbitas.....	35
2.2.2.4 Definición de Red VSAT.....	36
2.2.2.5 Esquema de Acceso satelital de una red VSAT.....	38
2.2.3 Elección del proveedor de servicio satelital.....	39
Capítulo 3: Diseño de red de la solución propuesta.....	41
3.1 Topología de la solución.....	41
3.2 Cálculo de enlace Satelital.....	45
3.3 Cálculo de enlace Inalámbrico.....	48
3.6 Configuración de equipos.....	52
3.6.1 Configuración de direccionamiento IP para los equipos	52
3.6.2 Configuración del equipo VSAT.....	53
3.6.3 Configuración de estación base RADWIN HBS.....	55
3.6.4 Configuración de equipo RADWIN HSU.....	56
3.6.5 Configuración de equipo SWITCH	57
3.7 Pruebas de Laboratorio.....	58
Capítulo 4: Análisis económico y formas de financiamiento.....	62
4.1 Costos de Inversión.....	62
4.2 Costos de Operación.....	63
4.3 Formas de Financiamiento.....	64
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
Bibliografía.....	68
ANEXO A	

Lista de Figuras

Figura 1 - Ciclo de vida de TM, TF y BA	4
Figura 2 - Localización de Nuevo Loreto.....	6
Figura 3 - Principal ruta de acceso.....	7
Figura 4 - Rutas desde la capital de distrito.....	8
Figura 5 - Porcentaje de Población de centros poblados Alto Pauya.....	10
Figura 6 - Árbol de Problemas.....	17
Figura 7 - Árbol de Objetivos.....	18
Figura 8 - Ejemplo de inicio de la primera sesión con servidor web.....	20
Figura 9 - Ejemplo de una red Inalámbrica.....	26
Figura 10 - Clasificación redes inalámbricas.....	28
Figura 11 - Espectro radioeléctrico: Ondas de Radio, Microondas e infrarrojo...29	
Figura 12 - Arquitectura Punto-a-Punto.....	30
Figura 13 - Arquitectura Punto-a-Multipunto.....	30
Figura 14 - Redes de transmisión de datos y proceso distribuido.....	34
Figura 15 - Topología de red VSAT.....	37
Figura 16 - Elementos de estación VSAT.....	38
Figura 17 - Outbond e Inbound.....	39
Figura 18 - Topología del transporte satelital.....	42
Figura 19 - Topología de la arquitectura Punto a Multipunto en la localidad.....	43
Figura 20 - Distribución de equipos en el colegio.....	44
Figura 21 - Distribución de equipos en las sedes remotas.....	45
Figura 22 - Cobertura IS-14 en banda Ku.....	47
Figura 23 - Link Budget IS-14 Gilat.....	48
Figura 24 - Plano de relieve de ubicación de Nuevo Loreto.....	49
Figura 25 - Link Budget RW serie 5000.....	50
Figura 26 - Plano Nuevo Loreto con ubicación de la estación Base.....	51
Figura 27 - Interfaz web de VSAT.....	54
Figura 28 - Interfaz web de VSAT – nivel de recepción de la señal.....	55
Figura 29 - Conexión directa a equipo RADWIN HBS.....	55

Figura 30 - Registro de HSU en HBS.....	56
Figura 31 - Pruebas de Ping.....	58
Figura 32- Tráfico PC1 – HTTP.....	60
Figura 33- Tráfico PC2 – YouTube.....	60
Figura 34 - Tráfico Total.....	61



Lista de Tablas

Tabla 1 - Límites del distrito de Pampa Hermosa.....	5
Tabla 2 - Desplazamiento entre Nuevo Loreto y la capital de su distrito.....	9
Tabla 3 - Población según centros poblados Alto Pauya.....	10
Tabla 4 - Organizaciones con mejores y deficientes gestiones.....	11
Tabla 5 - Familias que se dedican a diferentes actividades.....	14
Tabla 6 - Líneas Telefónicas en Localidad Nuevo Loreto.....	15
Tabla 7 - Tráfico promedio de llamadas en minutos.....	16
Tabla 8 – Tiempos promedios de carga de páginas web por velocidades estándar.....	21
Tabla 9 - Cálculo de Velocidad de Internet.....	22
Tabla 10 - Diferencia entre tecnologías de acceso.....	25
Tabla 11 - Bandas no licenciadas en el Perú.....	31
Tabla 12 - Comparación equipos Radio.....	32
Tabla 13 - Diferencias entre Órbitas Satelitales.....	36
Tabla 14 - Costo de instalación de estación VSAT.....	40
Tabla 15 - Costo mensual del servicios.....	40
Tabla 16 - Parámetros de Satélite IS-14 para banda Ku.....	46
Tabla 17 - Valores de RSS de la señal.....	51
Tabla 18 - Distribución de VLANs.....	52
Tabla 19 - Distribución de direcciones IP para los equipos.....	53
Tabla 20 - Parámetros de configuración del VSAT SE II.....	53
Tabla 21 - Distribución de puertos SWITCH administrable.....	57
Tabla 22 - Configuración de puertos en SWITCH administrable.....	57
Tabla 23 - Pruebas FTP en descarga o Download.....	59
Tabla 24 - Pruebas FTP en carga o Upload.....	59
Tabla 25 - Costos de Inversión.....	63
Tabla 26 - Costos de Operación.....	64

Introducción

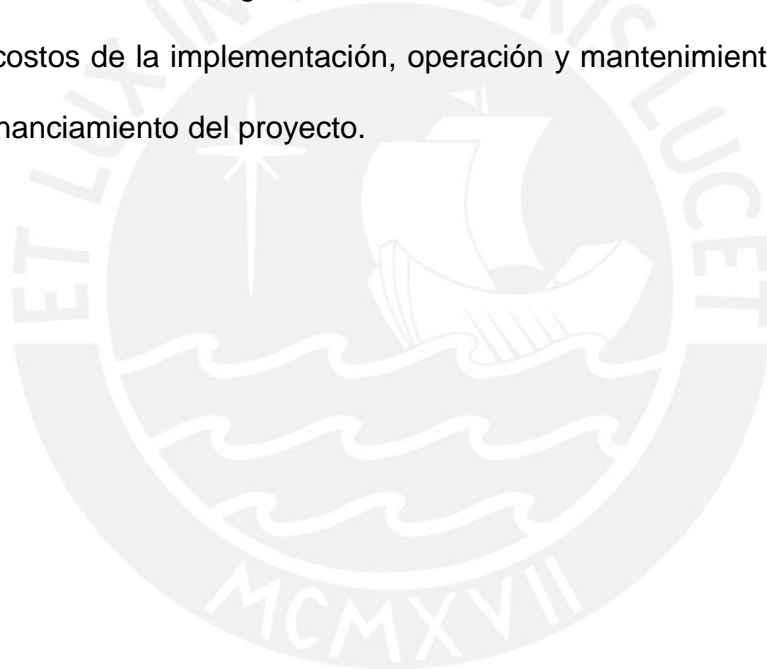
El Perú es un país de muchas culturas, las cuales se ubican en diferentes espacios geográficos cada uno con características particulares y diferentes entre sí. Se puede identificar lugares extremos desde la puna más fría y alta de los andes hasta el fuerte calor tropical de la selva a orillas del Amazonas. En este contexto, la posibilidad de ofrecer servicios de telecomunicaciones a estos lugares se vuelve un desafío mayor. El despliegue de tecnologías de comunicaciones en estos lugares remotos se convierte en un reto.

Por ejemplo, la Región Selva carece de servicios de comunicaciones adecuados. La falta de infraestructura y soluciones de telecomunicaciones sumado al poco interés de las autoridades regionales ocasiona el retraso en el desarrollo de la región. Ante esta situación, el presente documento muestra una alternativa de servicio de comunicaciones para implementar en los pueblos de la región.

El trabajo muestra el desarrollo de una red de comunicaciones para la localidad de Nuevo Loreto, la cual consiste en una solución mixta en tecnologías: un transporte de tipo enlace satelital y el acceso final mediante el uso de radio enlaces terrestres. Se escogen estas tecnologías fundamentalmente debido a la situación geográfica de la localidad ya que se encuentra en una zona de difícil acceso. Se propone esta alternativa de manera que pueda ser replicada en más pueblos que pertenezcan a esta región de la Selva. Se demostrará que esta

solución es la más eficiente en cuanto a despliegue, costos, disponibilidad comparándola con otro tipo de soluciones.

De esta manera, se empieza desarrollando un estudio de la situación actual de la localidad: aspectos sociales, económicos, geográficos a fin de determinar la demanda de los servicios y sustentar porque se escogen estas tecnologías. Luego de ello, se realiza el estudio del marco teórico de las tecnologías para continuar con el diseño de ingeniería de la solución. Finalmente se presenta un análisis de costos de la implementación, operación y mantenimiento, incluyendo formas de financiamiento del proyecto.



Capítulo 1: Estudio de la problemática de la localidad

La llamada revolución digital muestra un crecimiento en cuanto al uso de tecnologías de internet y telefonía móvil. En nuestro país, el crecimiento en telefonía móvil se encuentra en una etapa de máxima explosión, con tendencia a aumento; mientras que la telefonía fija se mantiene dentro de su etapa de madurez (Ver figura 1). Sin embargo, el acceso a banda ancha aún presenta una distribución reducida en la población.

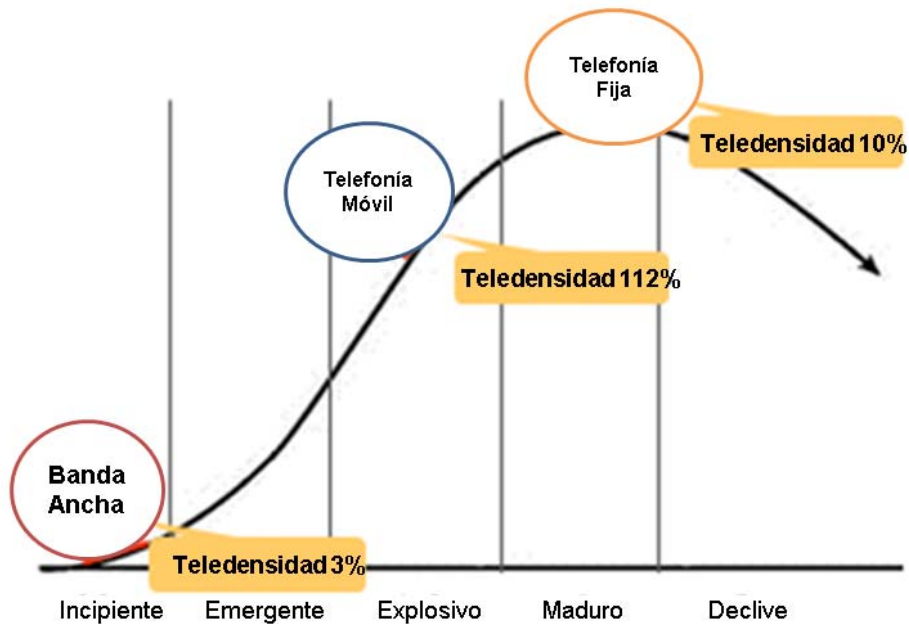


Figura 1 - Ciclo de vida de TM, TF y BA

Fuente: DN Consultores 2011

Este limitado acceso a la banda ancha se manifiesta con mayor grado en las zonas rurales del país. Las poblaciones que se ubican en zonas de difícil acceso y de condiciones extremas, además de poseer grupos de habitantes dispersos, son calificadas como poca atractivas para la inversión de telecomunicaciones. Localidades como Nuevo Loreto sufren las consecuencias de esta brecha digital, limitando su desarrollo en la nueva Sociedad de la Información.

El centro poblado de Nuevo Loreto posee características propias de las debilidades de las zonas rurales, pero también muestra condiciones de desarrollo humano que deben ir a la par y complementarse con el desarrollo de tecnologías de información.

1.1. Aspectos generales de la localidad de Nuevo Loreto

1.1.1. Ubicación Geográfica:

Ubicación del Distrito

Pampa Hermosa es uno de los seis distritos que posee la provincia de Ucayali, (Contamana, Inahuaya, Padre Marquez, Sarayacu, Alfredo Vargas Guerra, Yanayacu y Pampa Hermosa). Su capital es la localidad de Pampa Hermosa y su delimitación se muestra en la Tabla 1.

Ubicación	Vecino	Símbolo
Norte Noreste	Provincia de San Martín, departamento de San Martín; y los distritos de Sarayacu, Alfredo Vargas Guerra e Inahuaya.	N NE
Sureste Sur	Distrito de Contamana y provincia de Bellavista, departamento de San Martín.	SE S
Oeste	Provincias de Bellavista, Picota y San Martín, departamento de San Martín.	O

Tabla 1. Límites del distrito de Pampa Hermosa

Fuente: <http://www.regionloreto.gob.pe/OATSIG/limites.pdf>

Ubicación de la Localidad

La Localidad o Centro Poblado de Nuevo Loreto se encuentra ubicada en la provincia de Ucayali, distrito de Pampa Hermosa, del Departamento de Loreto. Se localiza en la cuenca del Río Alto Pauya, parte de la cordillera Azul, que es zona limítrofe del distrito con el departamento de San Martín.



Figura 2. Localización de Nuevo Loreto

Fuente: www.regionloreto.gob.pe

1.1.2. Acceso a la Localidad:

El principal acceso para llegar a esta localidad es desde el distrito de Shamboyacu, perteneciente al departamento de San Martín. El camino es una trocha carrozable de aproximadamente treinta (30) kilómetros de largo, el cual, en épocas de lluvia, puede llegar a demorar en recorrer hasta cinco (5) horas.



Figura 3. Principal ruta de acceso

Fuente: Municipalidad distrital de Pampa Hermosa

Rutas de acceso a Nuevo Loreto desde la capital del distrito

Ruta 01

Para que puedan vincularse con la localidad de Pampa Hermosa, capital de su distrito, los pobladores del centro poblado Nuevo Loreto y sus anexos tardan hasta tres (3) días y nueve (9) horas siguiendo la ruta más corta.

Esta implica primero acceder a la localidad de Shampoyacu para luego dirigirse a Picota, capital de la provincia del mismo nombre de la región San Martín. De Picota se viaja vía terrestre hasta Pucallpa (Departamento de Ucayali) atravesando el departamento de Huánuco. Finalmente se viaja en movilidad fluvial a Contamana (Loreto) para terminar la travesía en la capital de Pampa Hermosa.

Ruta 02

No existe una conexión directa, ni fluvial ni terrestre entre la capital del distrito y Nuevo Loreto. Los accidentes geográficos que existen, incluyendo que la localidad se encuentra en una zona montañosa, hacen imposible esta conectividad. En casos extremos, si los pobladores utilizaran una vía fluvial (en peque-peque) y se desplazaran a pie a través de la trocha, tardarían ocho (8) días en llegar a la capital de su distrito.

En la figura 4 se observa un esbozo de las rutas antes mencionadas. Como se puede distinguir, la ubicación de la localidad de Nuevo Loreto en el distrito, dificulta una vinculación estrecha con su capital.



Figura 4. Rutas desde la capital de distrito

Fuente: Google Earth 2012

	Vía	Transporte	Días/Horas
Ruta 01	Terrestre y fluvial	Camioneta o bus y peque-peque	3 días y 9 horas
Ruta 02	Terrestre y fluvial	A pie y peque-peque	8 días

Tabla 2. Desplazamiento entre Nuevo Loreto y la capital de su distrito

Fuente: [ONPE/OGPDE](#)

1.1.3. Aspectos Demográficos

En los años 1960, Nuevo Loreto era una zona de caza. Recién en 1994, con el incremento de cultivos de hoja de coca, empezaron a llegar e instalarse migrantes que buscaban altos ingresos producidos por esta actividad.

En 1996, la localidad de Nuevo Loreto fue creada. Según la información obtenida del MUF del 2003 y 2008, esta comunidad ha incrementado el número de familias de 85 a 249, lo que equivale a un incremento de 193% en 5 años.

Nuevo Loreto también pertenece al sector de comunidades del Alto Pauya. Los siguientes cuadros muestran las estadísticas de población de los Centros Poblados del Alto Pauya, incluyendo a Nuevo Loreto para el 2008.

Sector	Centros Poblados	Población	Familias
Alto Pauya	Nuevo Loreto	1017	249
	Tahití	43	15
	Nuevo Picota	235	49
	Playa Hermosa	350	80
	Flor de Selva	338	72
	La Conquista	215	43
	Sangamayo	200	40
Total		2398	548

Tabla 3. Población según centros poblados Alto Pauya

Fuente: MUF 2008

El alto número de habitantes de Nuevo Loreto con relación a las otras localidades, se relaciona con el número de migrantes que recibe cada año. En el 2008, el sector de Alto Pauya recibió 114 migrantes que representaban 39 familias. A Nuevo Loreto migraron 52 personas distribuidos en 26 familias. Fue la localidad a la que más habitantes migraron ese año.

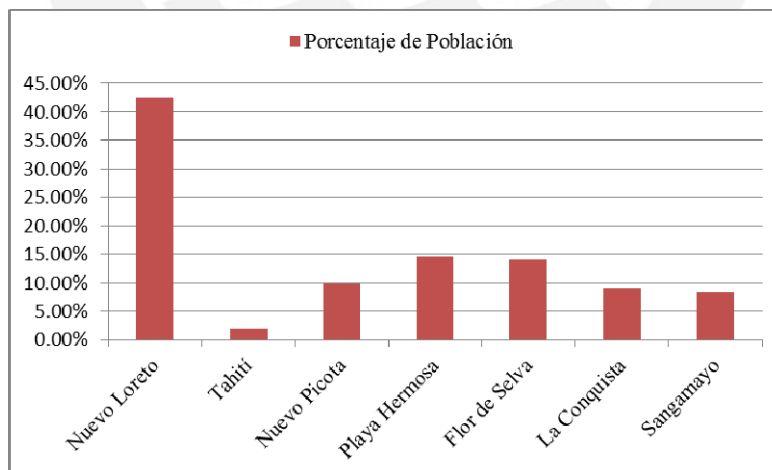


Figura 5 - Porcentaje de Población de centros poblados Alto Pauya

Fuente: MUF 2008

Para el año 2012, según información brindada por la empresa Gilat To Home Perú S.A, la cantidad de habitantes en la localidad supera los 2400. Lo que representa un aumento de 135% en 4 años.

1.1.4. Organizaciones y Autoridades

Actualmente, la localidad de Nuevo Loreto tiene como autoridades un teniente Gobernador y un Juez. A diferencia de otras zonas rurales del país, el Gobernador es designado democráticamente por las asambleas de los centros poblados y no escogido a criterio del Gobernador distrital. Según el MUF 2008 una preocupación con respecto a las elecciones de autoridades es la malversación de fondos de la agencia municipal.

Dentro de las organizaciones que mejor desempeño cumplen en la localidad tenemos las Rondas Campesinas. Sin embargo, la organización con desempeño deficiente es el Vaso de Leche. Una entidad que no prosperó fue la Organización de Productores, debido a la falta de capacidad de gestión de la directiva.

Alto Apuya	Organizaciones con Mejor Trabajo	Organizaciones con malas gestiones	Organizaciones que ya no funcionan
Nuevo Loreto	Rondas Campesinas	Vaso de Leche	Organización de Productores

Tabla 4. Organizaciones con mejores y deficientes gestiones

Fuente: MUF 2008

Por otro lado, existen organizaciones involucradas con los temas agropecuarios que incluyen café, cacao y ganadería. Además, existe un comité Pro carretera, agua potable y salud para incentivar la construcción de infraestructura en la localidad.

Nuevo Loreto forma parte de una relación inmediata con la Municipalidad Distrital de Pampa Hermosa, distrito al que pertenece. A raíz del reconocimiento del poblado en el 2005, se ha logrado la creación de un puesto de salud de parte de la Sub Región de Loreto. Sin embargo, actualmente ese centro de salud depende y es atendido por la Dirección Regional de Salud de San Martín, cuando la jurisdicción le corresponde a la región de Loreto.

1.1.5. Actividades Económicas

Nuevo Loreto, se exhibe como un lugar de comercialización. Es considerado un punto de venta de diferentes productos. El primer y más importante centro con el que se comercializa es el de la localidad de Shamboyacu.

Los principales productos agrícolas son: el arroz, el cacao, el plátano, la yuca, el café, el frejol, la papaya, algodón, maní, frutales; los cuales sirven para autoconsumo como también la comercialización de estos. El café es el producto que mayor área ocupa en las tierras de Nuevo Loreto. Además, hay un área de 900 hectáreas dedicadas al cultivo de pastos.

En este sector agrícola, la labor la realiza prácticamente toda la familia, desde niños mujeres y hombres hasta ancianos.

En el sector de pesca, las actividades se realizan en los ríos con herramientas como la tarrafa y la red. Las principales especies que se consumen son la carachama, fasaco y mojarra. Esta actividad por lo general es para el autoconsumo del poblador.

En cuanto a las actividades ganaderas, se iniciaron aproximadamente el 2004 en Nuevo Loreto. Se desarrolla la crianza de ganado vacuno y porcino en mayor escala, y la de ganado ovino y equino.

Con respecto a la actividad maderable, el centro poblado Nuevo Loreto se dedica a la extracción de madera en menor medida que la agricultura. Las familias que trabajan en esta actividad usan motosierras, habilitadores o materos. La madera se vende en cuartones o árboles en pie. Los principales productos forestales son la uña de gato y la sangre de grado. No es una actividad que se realice todo el año.

Sectores	Total Familias	CCNN o CCPP	Principales Actividades	Números de familia
Alto Pauya	249	Nuevo Loreto	Ganadería	20
			Agricultura	240
			Pesca	4
			Construcción	3
			Caza	6
			Extracción Maderable	20

Tabla 5. Familias que se dedican a diferentes actividades

Fuente: MUF 2008

1.1.6. Servicios actuales

Energía Eléctrica

La localidad no posee un servicio de energía eléctrica y alumbrado público. Existe un grupo electrógeno perteneciente a un poblador mediante el cual sirve de energía a los demás pobladores, pero este sistema funciona solo unas horas. Por otro lado, está en proceso un proyecto para la implementación de energía eléctrica para Nuevo Loreto de parte de la Municipalidad Distrital de Pampa Hermosa.

Educación y Salud

Para el año 2012, la Localidad de Nuevo Loreto posee una institución educativa pública para los niveles: primaria y secundaria. La cantidad de escolares para el año 2012 alcanza el número de 300 jóvenes.

Nuevo Loreto cuenta con una posta de salud que mantiene una atención regular todo el año. A pesar de que la localidad pertenece al departamento de Loreto,

este centro de salud depende y es atendido por la Dirección Regional de Salud San Martín. Por otro lado, se cuenta con el sistema SIASIS para el aseguramiento de salud de los pobladores y el proceso de inscripción puede demorar días debido a la ausencia de computadoras para la digitación.

Telecomunicaciones

La comunidad de nuevo Loreto posee 3 teléfonos públicos desde el año 2008 y no posee servicios de internet. Los Teléfonos son administrados por un concesionario del pueblo y el servicio se ofrece mediante el consumo de tarjetas prepago. La operadora que brinda estos servicios es Gilat To Home Perú S.A.

La tecnología que utilizan estos teléfonos es satelital de tipo VSAT. El consumo de energía es mediante paneles solares y baterías.

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Tipo de servicio	Tecnología	Líneas
Loreto	Ucayali	Pampa Hermosa	Nuevo Loreto	Telefonía pública	VSAT	65813824
						65813904
						64813905

Tabla 6. Líneas Telefónicas en Localidad Nuevo Loreto

Fuente: GTH Perú

El consume de llamadas de estos teléfonos es alto a comparación de otras zonas rurales. Tienen un valor rentable de aproximadamente 300 minutos por semana, entre tráfico entrante y saliente.

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	AVERAGE Traffic IN/OUT
LORETO	UCAYALI	PAMPA HERMOSA	NUEVO LORETO	338.4

Tabla 7- Tráfico promedio de llamadas en minutos

Fuente: GTH Perú

Estos teléfonos representan una teledensidad de 0.1% en cuanto al acceso a telefonía lo que les permite tener el servicio pero con escasa penetración. Sin embargo, en cuanto a servicios de telefonía móvil e internet de banda ancha la teledensidad es de 0%, por lo que el acceso a estos servicios por parte de los pobladores es nulo.

1.2. Problemática de la localidad

1.2.1. Árbol de Problemas

El problema central por el cual se desarrolla la presente tesis es el escaso acceso a servicios de telecomunicaciones en la localidad de nuevo Loreto, incluyendo servicios de banda ancha. Esto debido a principalmente al poco interés de los gobiernos locales y de las operadoras. La dificultad para el acceso a esta localidad y su ubicación geográfica disminuye este interés lo que conlleva finalmente a un lento y limitado desarrollo integral de la población.

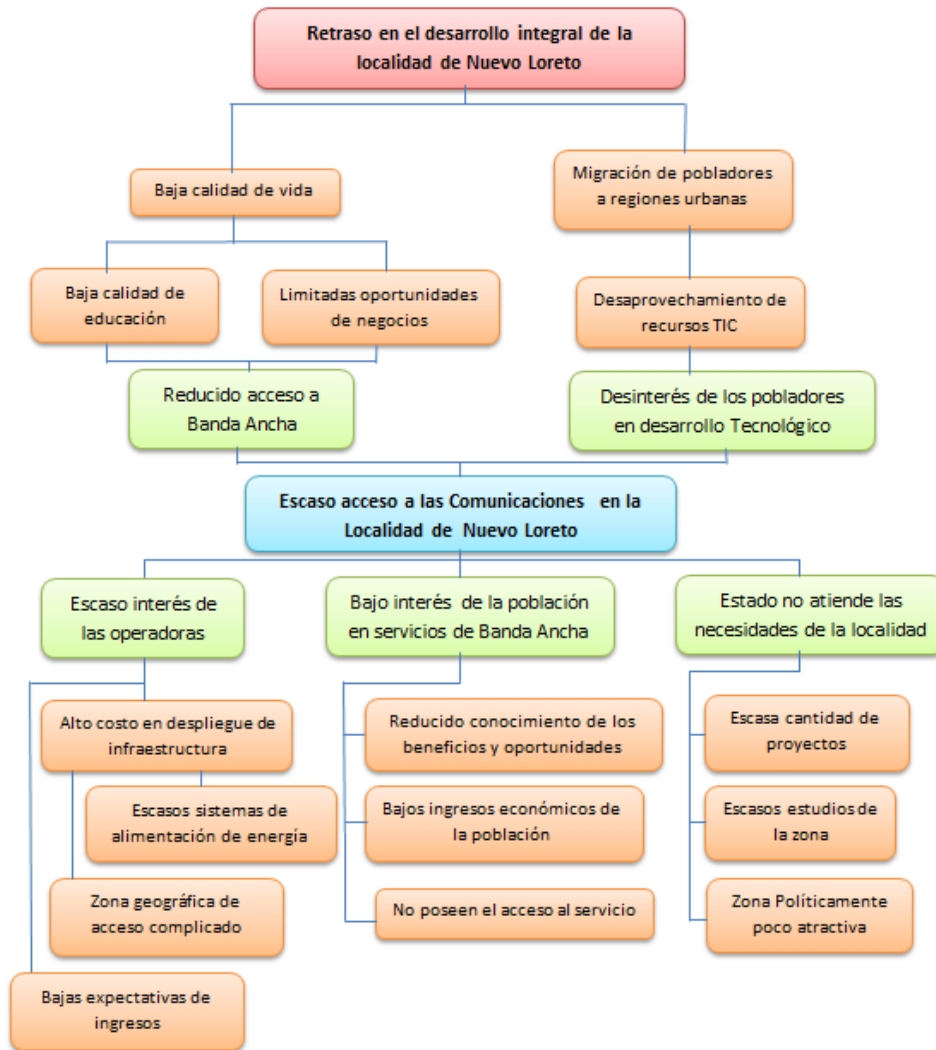


Figura 6 - Árbol de Problemas
Fuente: Elaboración Propia

1.2.2. Árbol de Objetivos

La solución que presenta esta tesis es una alternativa de proyecto para un servicio de comunicaciones de banda ancha y de esa manera mejorar el acceso de este servicio en la localidad. Esto, en conjunto con el aumento del interés de parte de las operadoras y de los gobiernos locales por esta zona, tendrá como fin último contribuir al desarrollo integral de la localidad.

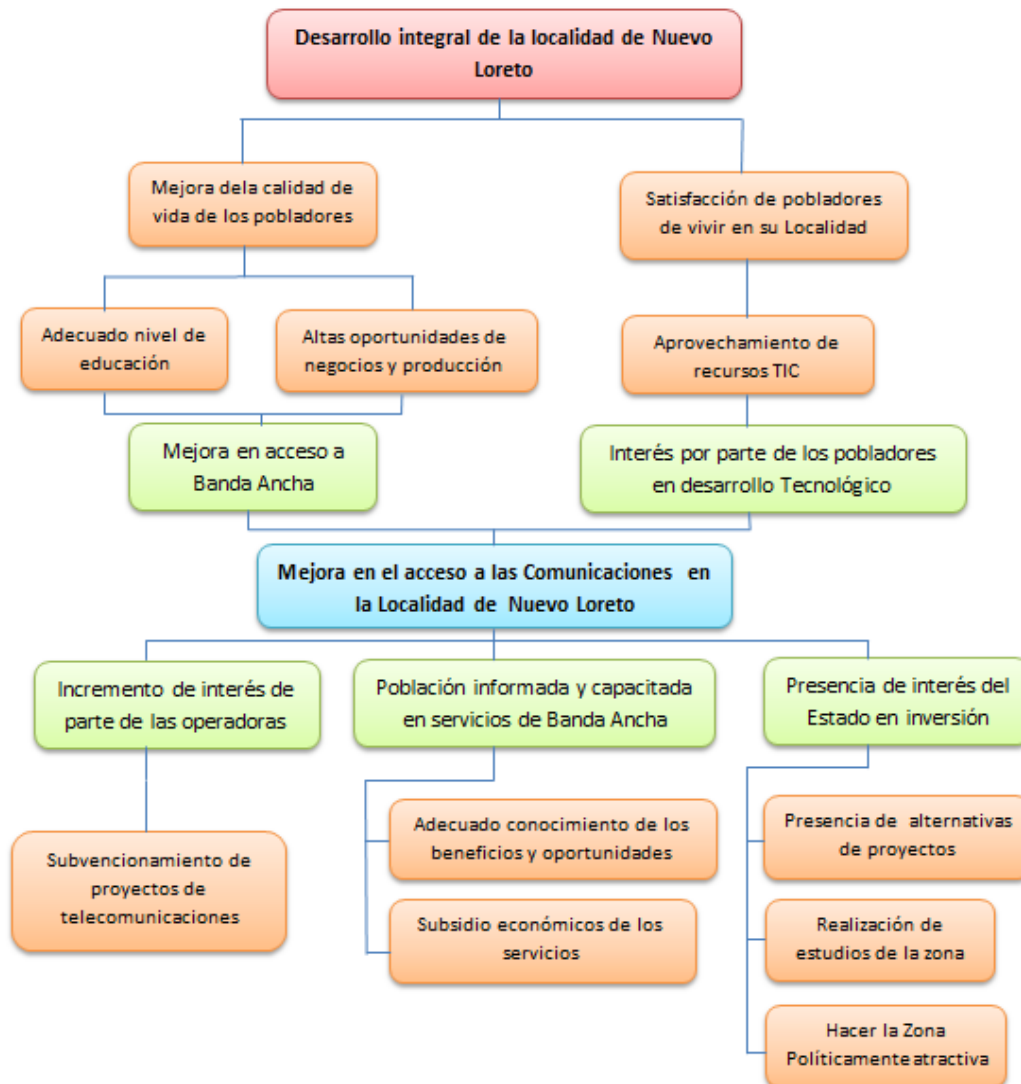


Figura 7 - Árbol de Objetivos
Fuente: Elaboración Propia

1.3. Cálculo de la Demanda

Se han identificado tres instituciones importantes en la localidad de Nuevo Loreto a las cuales se les requiere brindar servicios de internet. Estas son el colegio, la posta de salud y la casa del teniente gobernador. Además, se debe contar con un telecentro para el acceso público de este servicio.

Para el colegio, se ha estimado para empezar con una cantidad de 10 PCs con servicio de Internet. Esta misma institución, puede servir como telecentro que opera en horas donde no hay actividades escolares, que puede ser en la tarde y noche.

La Posta Médica y la casa del teniente gobernador tendrán 1 PC cada una. Además, algún poblador podría solicitar la suscripción de este servicio para su vivienda. Para este análisis, vamos a considerar 1 suscriptor adicional para nuestra red. En total tenemos 13 PCs.

Esta cantidad de PCs correspondería al 0.5% de teledensidad de acceso a internet en la Localidad. Este valor se justifica teniendo como referencia proyectos de banda ancha realizados por el estado, donde se provee de 2 PCs en localidades de entre 300 a 500 personas (equivalente a 0.6% y 0.4% de teledensidad).

Para estimar el ancho de banda necesario para cada una de las PCs, se realizará un análisis del desempeño del protocolo HTTP de páginas web, para tres diferentes velocidades estándares. Se tomarán como referencia diez páginas web más visitadas por usuarios rurales según fuente GTH Perú, las cuales se probarán con velocidades de 1024/512 kbps, 512/256kbps y 256/128 kbps con un porcentaje asegurado del 40%. Para este caso, se está considerando el protocolo HTTP como criterio principal ya que, según

estadísticas de la empresa GTH Perú, es el que más se presenta en el perfil de tráfico de los usuarios rurales (cerca de 90% del tráfico total).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
14	2.597299	192.168.2.2	184.168.221.89	TCP	62	ipcore > 51987 [SYN] Seq
15	4.673281	192.168.2.2	190.102.150.200	TCP	66	vtu-comms > http [SYN]
16	4.673851	192.168.2.2	190.102.150.200	TCP	66	gotodevice > http [SYN]
17	4.924461	192.168.2.2	190.102.150.200	TCP	66	bounzza > http [SYN] Seq
18	5.471466	190.102.150.20	192.168.2.2	TCP	60	http > gotodevice [SYN,
19	5.471523	192.168.2.2	190.102.150.200	TCP	54	gotodevice > http [ACK]
20	5.472076	192.168.2.2	190.102.150.200	HTTP	426	GET / HTTP/1.1
21	5.473666	190.102.150.20	192.168.2.2	TCP	60	http > vtu-comms [SYN,
22	5.473728	192.168.2.2	190.102.150.200	TCP	54	vtu-comms > http [ACK]


```

GET / HTTP/1.1\r\n
Host: www.sunat.gob.pe\r\n
Connection: keep-alive\r\n
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,*/*;q=0.8\r\n
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 5.1) AppleWebKit/537.22 (KHTML, like Gec
Accept-Encoding: gzip,deflate,sdch\r\n
Accept-Language: es-ES,es;q=0.8\r\n
Accept-Charset: ISO-8859-1,utf-8;q=0.7,*;q=0.3\r\n
\r\n
[Full] request URI: http://www.sunat.gob.pe/
    
```

Figura 8. Ejemplo de Inicio de la primera sesión web con el servidor web

Fuente: Wireshark

Para este análisis, se utilizará un sniffer de paquetes o analizador de protocolos con el cual podremos identificar todo el proceso de descarga de una página web. Se tomará el inicio de este proceso como la primera comunicación para el establecimiento de la sesión TCP, antes que el cliente envíe el primer mensaje GET a la página web destino (Figura 8); y finalizará cuando la última sesión TCP con el servidor web se cierre. De esta manera, se calculará el tiempo total que demora en descargar una página web por completo. Según un estudio experimental realizado en la Universidad de Nebraska [3], el tiempo tolerable que un usuario promedio dispone antes que renuncie a una página se encuentra entre los 10 y 20 segundos. Además este tiempo se puede extender hasta

alrededor de 30 segundos si es que la página ofrece información apropiada al usuario acerca del proceso de descarga.

Página Web	Tiempo de carga total en segundos		
	1024/512 kbps	512/256 kbps	256/128 kbps
http://www.yahoo.com	8.03	13.83	21.58
http://www.google.com.pe	2.36	3.83	7.41
http://www.hotmail.com	6.58	11.17	11.80
http://www.elcomerciooperu.com.pe	27.19	39.38	75.31
http://www.bn.com.pe	12.34	16.59	16.69
http://www.educared.org	21.45	32.64	43.91
http://www.rpp.com.pe	17.36	35.19	62.95
http://www.sunat.gob.pe	11.11	21.63	32.50
http://www.youtube.com	4.66	9.84	17.30
http://www.es.wikipedia.org	8.25	11.45	40.67
Promedio en segundos	11.93	19.55	33.01

Tabla 8. Tiempos promedios de carga de páginas web por Velocidades estándares

Fuente: Elaboración propia

Los resultados en la Tabla 8 se obtienen configurando un terminal con las 3 velocidades indicadas anteriormente. Se puede observar que en promedio, el tiempo que tarda las velocidades de 512/256kbps y 1024/512kbps se encuentran en el rango tolerable de espera para el usuario (entre 10 y 20 segundos); pero la velocidad de 256/128 no logra cumplir el promedio aceptable ya que supera los 30 segundos. Sin embargo, a pesar de que la velocidad de 1024/512kbps presenta una mejor performance, con menor tiempo de espera para el usuario, el precio que se pagaría por esto sería aproximadamente el doble al de la velocidad de 512/256kbps. Teniendo en cuenta que el costo de

ancho de banda es una variable crítica en el proyecto, se opta por escoger la velocidad de 512/256 kbps para ser el proyecto más viable. Además, esta velocidad también se encuentra por encima de proyectos recientes de FTEL como el Proyecto VRAE-CAMISEA (100 kbps por computadora con 10% de asegurado) y está a la par del promedio de la banda ancha comercial rural.

Entonces, se considerará una velocidad de 512/256 kbps (Download/Upload) con un mínimo garantizado de 40% por PC. Para el cálculo de la demanda total vamos a considerar un factor de simultaneidad de 30%, el cual nos indica cual es la probabilidad de que todas las PCs se estén usando a la vez. El cálculo de la velocidad total se presenta en la siguiente tabla.

ACCESO A INTERNET	VALOR
Número de PCs	13
Factor de simultaneidad	30%
Número de PCs activas simultáneamente	3.9
Velocidad de Upload por PC	256
Velocidad de Download por PC	512
Velocidad de Upload para Internet (kbps)	998.4
Velocidad de Download para Internet (kbps)	1996.8

Tabla 9 - Cálculo de Velocidad de Internet

Fuente: Elaboración propia

Redondeando los resultados tenemos una velocidad de **2Mbps/1Mbps** (download/upload) para el servicio. Además, considerando el parámetro de Overbooking (Velocidad mínima garantizada) del 40%, el garantizado en hora pico será de 820Kbps/409kbps.

Capítulo 2: Estudio de las tecnologías

Una red de telecomunicaciones es aquella que está compuesta por elementos que proporciona la capacidad para la transmisión y recepción de información a distancia para una comunicación. Esta información puede estar en forma de voz, datos, video o una combinación de los anteriores.

La red de telecomunicaciones se puede dividir en dos partes: la red acceso para que los puntos finales se conecten a la red; y la red de transporte por donde viaja toda la información que intercambian los puntos. En el presente capítulo, se realiza un estudio de las tecnologías a utilizar tanto en la red de acceso como en la red de transporte, así como también una selección de los proveedores de ambas tecnologías para nuestro diseño de red.

2.1 Tecnología de la red de Acceso

La red de Acceso comprende el tramo final que existe en una red de telecomunicaciones, es decir, el medio por el cual los usuarios finales se conectan al resto de la red.

2.1.1 Selección de la tecnología de acceso

Como primera tecnología de acceso a analizar, tenemos las redes cableadas como los cables coaxiales o las fibras ópticas. La principal ventaja de estos medios son su mayor invulnerabilidad sobre interferencias de señales externas, por ejemplo en la fibra óptica, las rayos de luz no interfieren ni son interferidos por el exterior. Además de ello, brinda una gran capacidad de enlace y se puede adicionar casi ilimitadamente agregando más hilos del mismo trayecto.

Por otro lado, tenemos las comunicaciones inalámbricas que se producen mediante la transmisión de las señales usando de medio el aire. En este caso, ya que las señales están expuestas a cualquier variación del exterior, son más vulnerables a la interferencia y a la atenuación. Además, debido a que el espectro radioeléctrico no es ilimitado (más bien un recurso escaso) la capacidad obtenida por enlace será menor que la de tecnologías de redes cableadas.

A pesar de esta comparación a favor de las redes cableadas, el modelo puede cambiar cuando se trata de zonas rurales. La implementación de redes

cableadas en trayectos complicados e inseguros puede llegar a frustrarse. Por su parte, debido a que en zonas rurales hay menor o casi nula presencia de otras señales electromagnéticas, las redes inalámbricas ganan fuerza debido a que serán menos proclives a interferirse. Además, el despliegue siempre será menos costoso. Sin embargo, dentro de las comunicaciones inalámbricas, al utilizar sistemas móviles y por lo tanto al tener que cubrir una zona específica, se utilizarían mayor cantidad de estaciones que para las redes fijas. Esto debido a que se debe asegurar la movilidad de los equipos terminales para que lo puedan hacer desde cualquier punto de la zona cubierta.

En síntesis, tal como se muestra en la Tabla 10 las comunicaciones inalámbricas fijas para zonas rurales ofrecen una solución atractiva y especialmente adecuada para estos escenarios. Además que no se necesita obligatoriamente una banda licenciada para su funcionamiento

Tipo de Red	Cableada	Inalámbrica móvil	Inalámbrica fija
Costo de implementación	Alto	Medio	Bajo
Riesgos en implementación	Alto	Bajo	Bajo
Posibilidad de interferencia	Nulo	Bajo	Bajo
Necesidad de banda licenciada	-	Sí	No

Tabla 10 – Diferencia entre tecnologías de acceso

Fuente: Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones para zonas rurales - Masserati

En la siguiente sección, se estudian los conceptos básicos de la tecnología inalámbrica.

2.1.2 Conceptos de tecnología Inalámbrica

2.1.2.1 Definición

Las comunicaciones inalámbricas se refieren a la transferencia de información entre uno o más puntos, los cuales no se encuentran conectados mediante un cable conductor. En vez de eso, se utiliza como medio de transmisión el aire o el espacio.

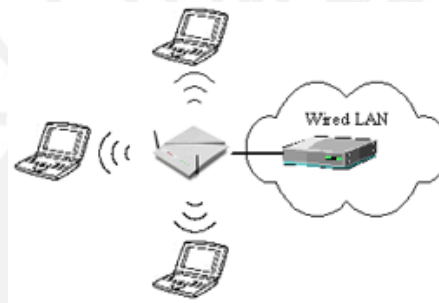


Figura 9 - Ejemplo de una red Inalámbrica

Fuente: <http://balancesheet.swlearning.com/1107/1107b.html>

Las tecnologías de telecomunicaciones inalámbricas más comunes usan ondas electromagnéticas como las ondas de radio y microondas. En este caso, se utiliza el espectro radioeléctrico el cual posee diferentes bandas de frecuencia, cada una con propiedades particulares. El comportamiento de una onda será diferente para cada tipo de bandas.

De esta manera, la tecnología inalámbrica se ha convertido en una herramienta eficaz que permite la transferencia de datos, video y voz sin la necesidad del cableado, consiguiendo flexibilidad en el sistema.

Una red inalámbrica se le llama al conjunto de nodos que no están conectados mediante cables, sino que por lo general se implementan y administran por ondas electromagnéticas. Esta comunicación toma lugar en la capa física del modelo OSI.

2.1.2.2 Clasificación de las redes Inalámbricas

Se puede clasificar las redes inalámbricas según su cobertura:

WPAN (Wireless Personal Area Network): Interconecta dispositivos dentro de una área relativamente pequeña, generalmente dentro de un rango del radio de acceso de una persona. Por ejemplo, en este tipo de redes se encuentra la tecnología Bluetooth y Luz Infrarroja que se usa para la utilización de periféricos de computadoras (mouse, teclado, headphones).

WLAN (Wireless Local Area Network): interconecta uno o más equipos en una distancia corta usando una distribución de acceso inalámbrico, generalmente con la conexión a un dispositivo llamado Access Point para el acceso a internet. Dentro de esta clasificación encontramos la tecnología WiFi.

WMAN (Wireless metropolitan Area Network): interconecta varias redes de área local mediante un acceso inalámbrico. Dentro de esta clasificación se encuentran las redes WiMAX de comunicación inalámbrica.

WWAN (Wireless Wide Area Network): tienen cobertura capaz de cubrir grandes distancias como por ejemplo pueblos o hasta ciudades. Dentro de esta clasificación se encuentran las estaciones base celulares.

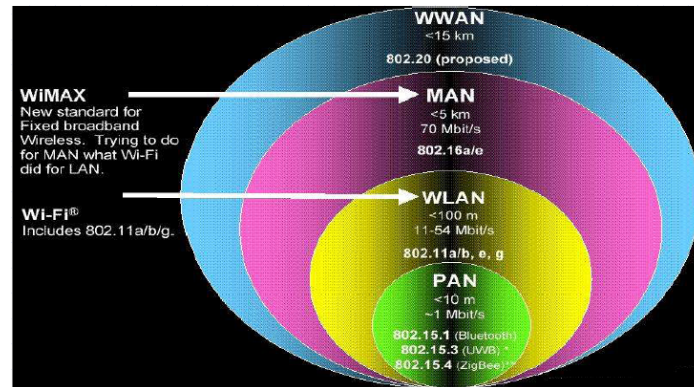


Figura 10 - Clasificación redes inalámbricas

Fuente: IEEE

También, podemos clasificar las redes inalámbricas según la banda de frecuencia que usan:

Radio: se clasifican así a las ondas electromagnéticas que poseen una frecuencia que va desde 300 a 3000 MHz. Suelen usar antenas omnidireccionales para su aplicación y la transmisión no es sensible a las atenuaciones causadas por lluvias debido a que su rango de frecuencia no es muy alto.

Microondas: el rango de frecuencia en el cual se encuentran va desde 1 a 300 GHz. Tienen una cobertura de kilómetros de distancia y suelen usar antenas de

tipo parabólicas para su aplicación. Sin embargo, al usar frecuencias más altas, la atenuación producida por la lluvia si puede afectar estos enlaces. Dentro de esta clasificación también se encuentran los enlaces satelitales, tema que se revisa más a detalle en la siguiente sección de este capítulo.

Infrarojos: utilizan un tipo de modulación de las señales con la luz infraroja. Este tipo de ondas se encuentra en el rango que va desde 300GHz hasta 384 THz. Para la comunicación, los equipos deben estar muy cerca y alineados. Debido a su alta frecuencia no pueden atravesar paredes.

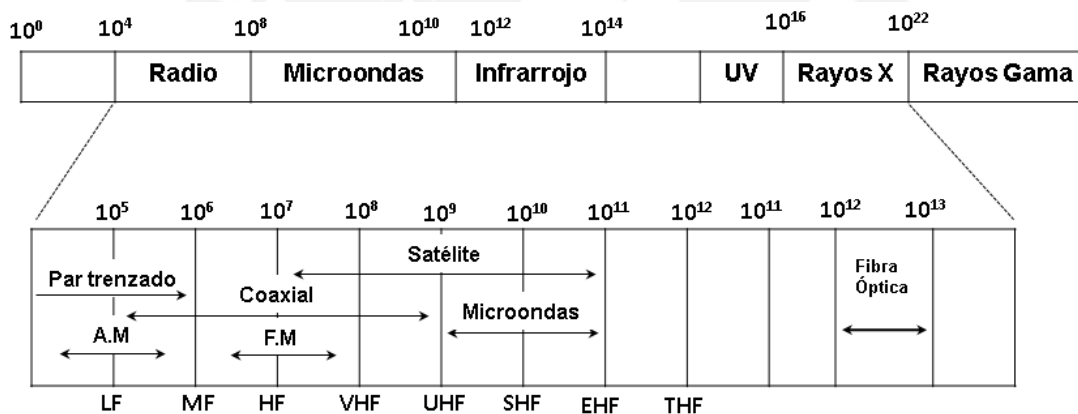


Figura 11. Espectro radioeléctrico: Ondas de Radio, Microondas e infrarrojo

Fuente: <http://torner.mx.tripod.com/unidad2/unidad2.htm>

2.1.2.3 Arquitecturas

Podemos distinguir dos modos de distribución de redes inalámbricas: Punto-a-Punto y Punto-a-MultiPunto:

Punto-a-Punto: también llamado modo **peer-to-peer** es simplemente un set de estaciones que comunican directamente con otra sin necesidad de un Punto de Acceso o cualquier conexión a una red cableada. Es utilizado para realizar una conexión dedicada entre dos puntos. Para su aplicación se usan antenas direccionales.

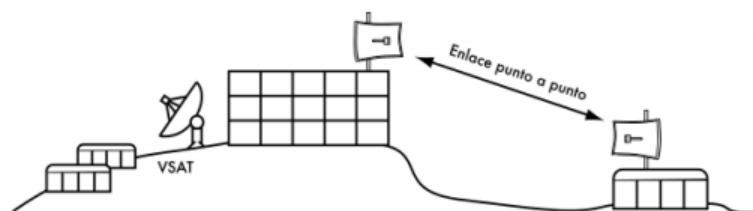


Figura 12 -Arquitectura Punto-a-Punto

Fuente:

http://sasco.cl/archivos/servicios/capacitacion/redes/inalambricas/diapositivas/03_dise%C3%B1o.pdf

Punto-a-Multipunto: también llamado **modo infraestructura**, se basa en la conexión de múltiples clientes con un punto central. Estos clientes se comunican entre ellos a través del punto central. Se suele utilizar antenas omnidireccionales para este modo.

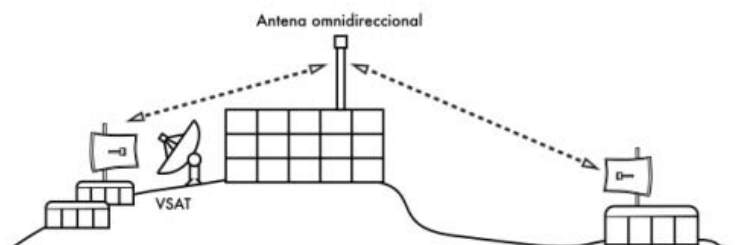


Figura 13 - Arquitectura Punto-a-Multipunto

Fuente: http://sasco.cl/archivos/servicios/capacitacion/redes/inalambricas/diapositivas/03_dise%C3%B1o.pdf

2.1.2.4 Banda de Frecuencias

Según la regularización de la utilización de las bandas de frecuencia, se puede dividir en dos tipos:

Licenciadas

Son aquellas en las cuales se requiere un permiso para la utilización, operación, instalación de parte del ente regulador de telecomunicaciones. Por ejemplo, las redes móviles usan bandas licenciadas.

No licenciadas

Son aquellas en las cuales se permite la operación de dispositivos de comunicaciones sin la necesidad de una autorización de parte del ente regulador para su utilización. En el Perú, tenemos las siguientes bandas no licenciadas:

Bandas no licenciadas
2400-2483.5 MHz
5150-5250 MHz
5250-5350 MHz
5470-5725 MHz
5725-5850 MHz

Tabla 11 – Bandas no licenciadas en el Perú

Fuente: RM 777-2005-MTC /03

2.1.3 Selección de Proveedor de equipos inalámbricos

Para la solución de nuestra red, se usará equipos punto-a-multipunto, para proveer servicio a varias viviendas a la vez; y además que los equipos operen en

bandas no licenciadas. Se evaluaron dos equipos ofrecidos por los proveedores NEXUS y ELECTRODATA.

Proveedor	Equipo	MTBF	Costo
NEXUS	RADWIN 5000	174.758 h	\$3,283.00
ELECTRODATA	ALVARION	118.068 h	\$3,120.00

Tabla 12 - Comparación equipos Radio

Fuente: NEXUS y ELECTRODATA

En el cuadro anterior, vemos que RADWIN 5000 posee mayor MTBF (tiempo entre fallos del sistema) por lo que presenta mayor disponibilidad. Por otro lado, este equipo maneja mayores márgenes de desvanecimiento y control de problemas multi-trayectoria.

En cuanto ALVARION, el MTBF es menor pero la ventaja es que tiene un valor 5% más económico que el equipo RADWIN. Finalmente se opta por el equipo RADWIN debido que la diferencia de precios compensa con la mayor disponibilidad y robustez que ofrece este equipo, y un posterior ahorro en cuanto a la necesidad de mantenimientos por avería.

2.2 Tecnología de red de transporte

La red de transporte, también conocida como enlace troncal o backbone, tiene como función transportar a mayores distancias el tráfico de información que proviene de las redes de acceso

2.2.1 Selección de la tecnología de transporte

Las tecnologías a analizar como transporte son básicamente de tres tipos: Fibra óptica, Microondas y Satelital. Al igual que lo analizado para la red de Acceso la fibra óptica posee una ventaja considerable en cuanto a ancho de banda e inmunidad a la interferencia.

Sin embargo, la implementación de una ruta de fibra óptica hasta localidades de difícil acceso como Nuevo Loreto se vuelve una misión muy complicada. Lo mismo sucede con enlaces de microondas en los cuales se necesita la instalación de varios enlaces y repetidoras. Además, esta última tecnología no es tan robusta debido a su sensibilidad de interferencia y a que cada enlace depende de su antecesor.

Ante ello, la tecnología satelital se convierte en una opción adecuada para nuestra solución. Solo es necesaria una estación instalada en la localidad con una antena apuntando al satélite. Dentro de esta tecnología tenemos las redes VSAT en las cuales las estaciones son de pequeño tamaño y fácil de instalar. A continuación se revisan los conceptos básicos sobre esta tecnología.

2.2.2 Conceptos de tecnología satelital

2.2.2.1 Definición

Las comunicaciones satelitales se basan en la utilización de un satélite posicionado en el espacio, como una repetidora para recepción y transmisión de

señales desde estaciones terrestres. Estas señales son amplificadas en el satélite el cual las reenvía hacia la tierra. De acuerdo al patrón de antenas del satélite, este puede cubrir una zona particular, la cual puede llegar a ser desde un país hasta varios continentes a la vez.

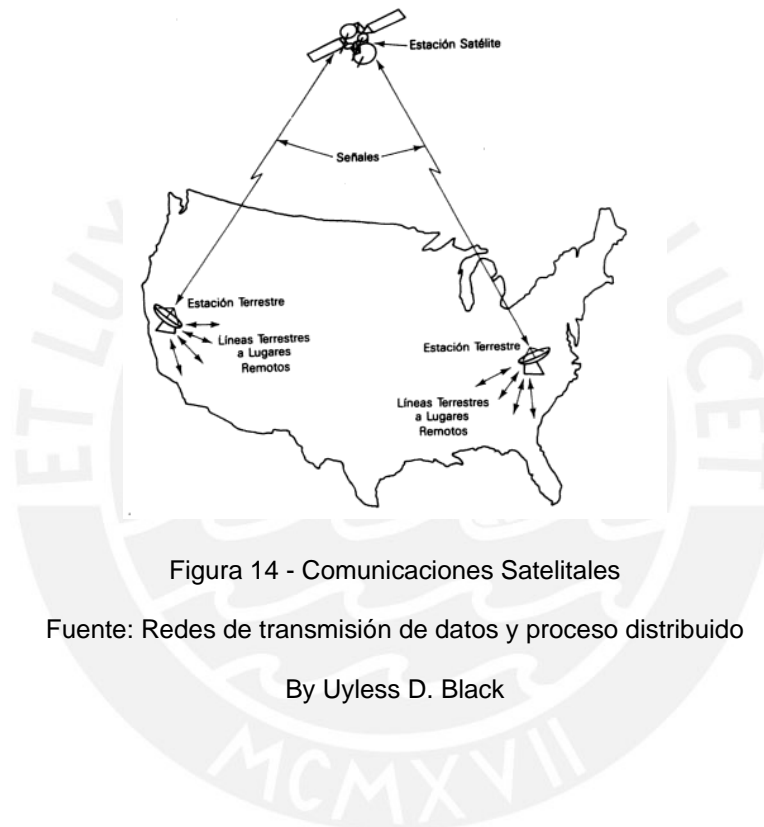


Figura 14 - Comunicaciones Satelitales

Fuente: Redes de transmisión de datos y proceso distribuido

By Uyles D. Black

2.2.2.2 Elementos de una red Satelital

En el Satélite, el elemento más importante se le conoce como transpondedor (transponder) y es el encargado de recibir la señal, procesarla y amplificarla para finalmente retransmitirla. Usualmente un transpondedor posee 36 MHz de ancho de banda.

Por su parte, en las estaciones terrestres podemos distinguir tres elementos básicos:

Antena: Se encarga de captar las señales del satélite y concentrarla en un foco donde está ubicado el alimentador. De acuerdo a sus dimensiones podrá recibir y/o emitir mayor intensidad de la señal.

Estación receptora: Recibe y procesa toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.

Estación emisora: Está compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada.

2.2.2.3 Órbitas

Las orbitas en las cuales se encuentran los satélites se clasifican de acuerdo a la distancia que los separa de la tierra. Esta característica, define la capacidad de cobertura de cada uno de los satélites, pero también el retardo y la perdida de propagación de las señales. En la Tabla 13 podemos observar las diferencias entre estas orbitas.

Orbitas	LEO	MEO	GEO
Distancia (km)	200-2000	10000-20000	35786
Periodo	1-2 hrs	6 hrs	23h 56m 4s
Vida Satélite (años)	3 a 7	10 a 15	10 a 15
Retardo	Corto	Medio	Alto
Cobertura	Corta	Media	Todo el tiempo
Complejidad de la red	Compleja	Medianamente Compleja	Simple
Perdida de propagación	Baja	Media	Alta
Servicios	Imágenes	GPS	Voz, Datos, Internet

Tabla 13 - Diferencias entre Órbitas Satelitales

Fuente: Wireless Networks

By Georgios I. Papadimitriou, Andreas S. Pomportsis, P. Nicopolitidis, Mohammed S. Obaidat

2.2.2.4 Definición de Red VSAT

VSAT (Acrónimo de Very Small Aperture Terminal) es una estación terrestre-satelital de pequeño tamaño para comunicación en ambos sentidos. La mayoría de antenas para el VSAT posee un tamaño promedio de 70 cm a 1.2 m. Utilizan satélites de tipo geoestacionarios por lo que las antenas poseen una posición fija en la tierra.

Las redes VSAT están comprendidas por estaciones VSAT terrestres que pueden estar dispersadas geográficamente, y una estación central (HUB) desde donde se gestiona todas las estaciones remotas. En esta estación central es donde se interconectan los servicios de voz, datos y/o internet.

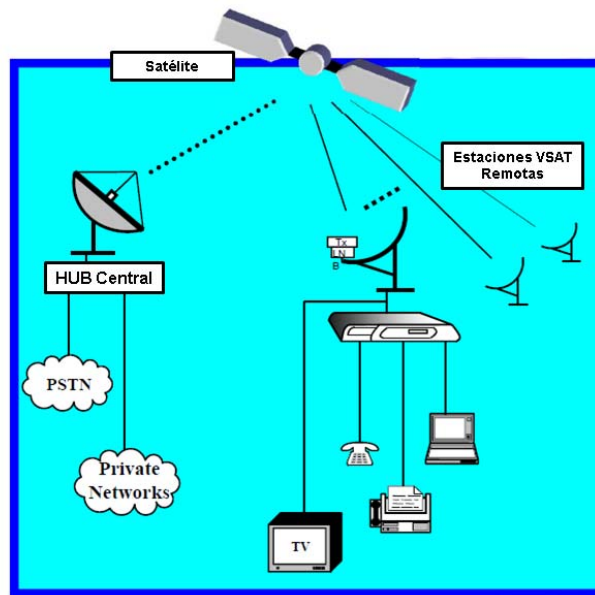


Figura 15 -Topología de red VSAT

Fuente: Gilat Satellite Networks

Las estaciones terrestres VSAT se están constituidas por dos bloques: el *outdoor unit* (ODU) y *indoor unit* (IDU).

Outdoor unit: es la interfase del VSAT que va hacia el satélite. El ODU está conformado por la antena, un bloque de bajo ruido para la recepción (LNB) y un bloque de up-conver para la transmisión (BUC).

Indoor unit: también llamado Modem Satelital, es el equipo modulador y demodulador de las señales. Se encarga de procesar las señales y las envía de acuerdo al servicio a los equipos terminales de los usuarios (PCs, teléfonos, etc.)

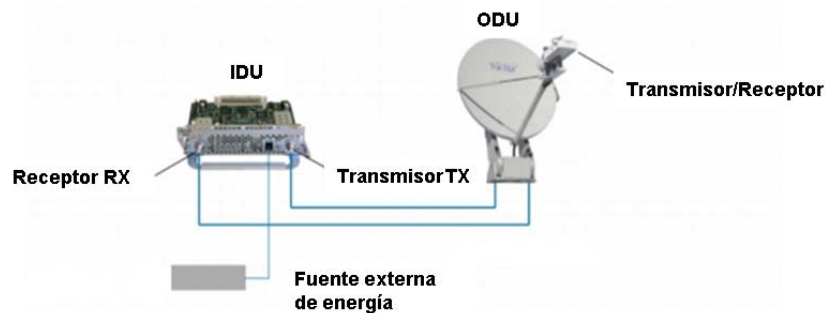


Figura 16 - Elementos de estación VSAT

Fuente: http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps2797/ps6989/product_data_sheet0900aecd804bbf6f.html

En la estación HUB se cuenta con un equipo llamado NMS (Network Management System) desde el cual se administra los componentes de la red, incluyendo los terminales VSAT. Proporciona posibilidad de configuración de frecuencias de operación, interfaces de red, como también monitoreo y medición del desempeño de la red.

2.2.2.5 Esquema de Acceso satelital de una red VSAT

En una red VSAT se busca que el máximo aprovechamiento de los recursos de tiempo y frecuencia sin sacrificar permormance. Para empezar, definiremos dos conceptos básicos para el esquema de acceso de una red VSAT: Outbound (OB) e Inbound (IB).

Outbound: señal que se transmite desde el HUB y que es recibida por todos los VSATs en una frecuencia fija.

Inbound: señales que son transmitidas desde los VSATs hacia el HUB.

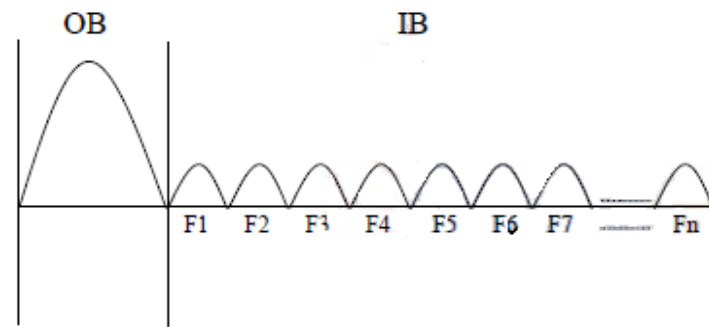


Figura 17 - Outbound e Inbound

Fuente: Gilat Perú

En el Outbound se suele usar un esquema de acceso de multiplexación por división en el tiempo o TDMA. Por su parte, en el Inbound se utiliza DAMA-FTDMA que es multiplexación por división de tiempo y frecuencia, bajo un protocolo de acceso en demanda. Esto último quiere decir que los terminales solicitarán los recursos de manera que el HUB asignará los time slots o portadoras necesarias para ellos.

2.2.3 Elección del proveedor de servicio satelital

Se consultaron a dos proveedores de servicio de internet (ISP) satelital VSAT, Gilat to home Perú y Telefónica del Perú (Movistar), acerca de los costos de plan de velocidad para cumplir con lo estimado en la demanda. Telefónica del Perú no presenta el plan de velocidad necesario dentro de sus ofertas. Sin embargo, se obtuvo el costo de instalación de la estación, se muestra en el siguiente cuadro el precio que ofrece cada proveedor.

Proveedor del servicio	Costo de instalación
Telefonica del Perú (Movistar)	\$1,904.00
Gilat To Home Perú	\$1,200.00

Tabla 14 - Costo de instalación de estación VSAT

Fuente: Telefonica del Perú y Gilat To Home Perú

El costo mensual que ofrece Gilat To Home por un plan de 2Mbps/1Mbps se muestra en el siguiente cuadro.

Proveedor del servicio	Costo mensual por servicio 2048/1024kbps (OB:40%)
Gilat To Home Perú	\$3,614.64

Tabla 15 - Costo mensual del servicio

Fuente: Gilat To Home Perú

La empresa Gilat To Home S.A ofrece sus servicios en la plataforma SkyEdge II, de la cual son también fabricantes. Se escoge este proveedor de servicios debido también a que posee presencia en la zona por proyectos obtenidos como Fitel IV.

Capítulo 3: Diseño de red de la solución propuesta

Una vez seleccionadas las tecnologías a utilizarse y los proveedores de ellas, podemos continuar con lo que es el diseño de la solución de comunicaciones para la localidad. En el presente capítulo se muestra la topología, cálculos de enlace, distribución de equipos y configuraciones necesarias para poner en operación la red; además de una sección de pruebas de laboratorio que se realizaron en una maqueta.

3.1 Topología de la solución

La solución propuesta comprende la utilización de dos sistemas inalámbricos diferentes. En el transporte de la red se utilizará una estación VSAT en la localidad de Nuevo Loreto y un HUB ubicado en la ciudad de Lima. El enlace satelital será de tipo troncal para todo el tráfico de los usuarios.

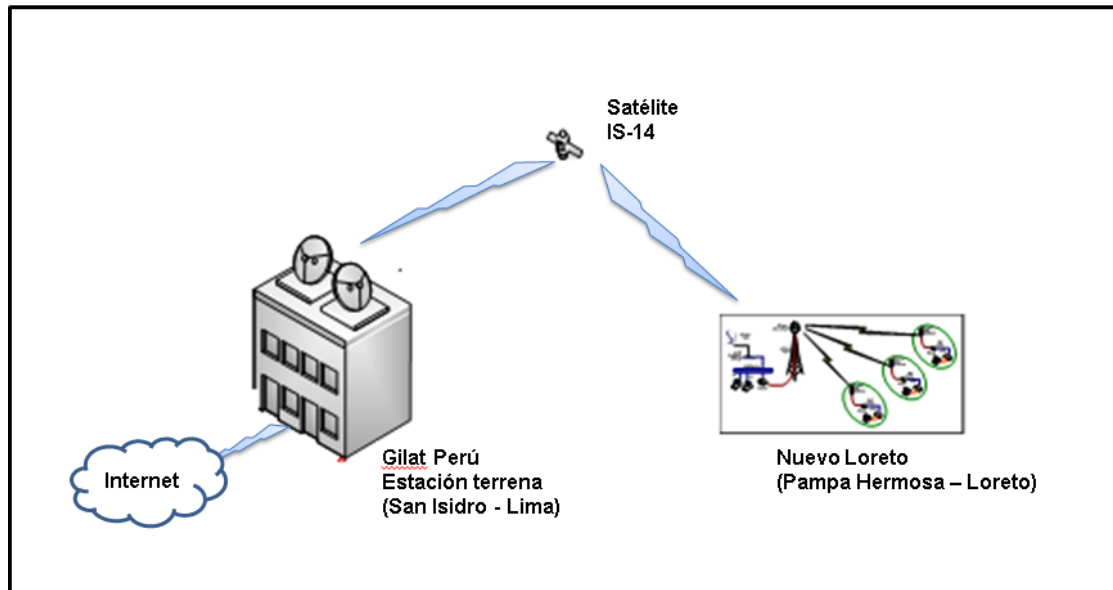


Figura 18 - Topología del transporte satelital

Fuente: GTH Perú

Para el acceso de los beneficiarios remotos dentro de la localidad, se utiliza enlaces inalámbricos de tipo punto-a-multipunto, con una estación base como punto central. Esta última se conectará en una red local donde también se encuentra conectado el IDU de la estación VSAT. A partir de ahora en adelante, a la estación base la llamaremos HBS (High Capacity Base Station), y a los radios remotos HSU (High Capacity Subscriber Unit).

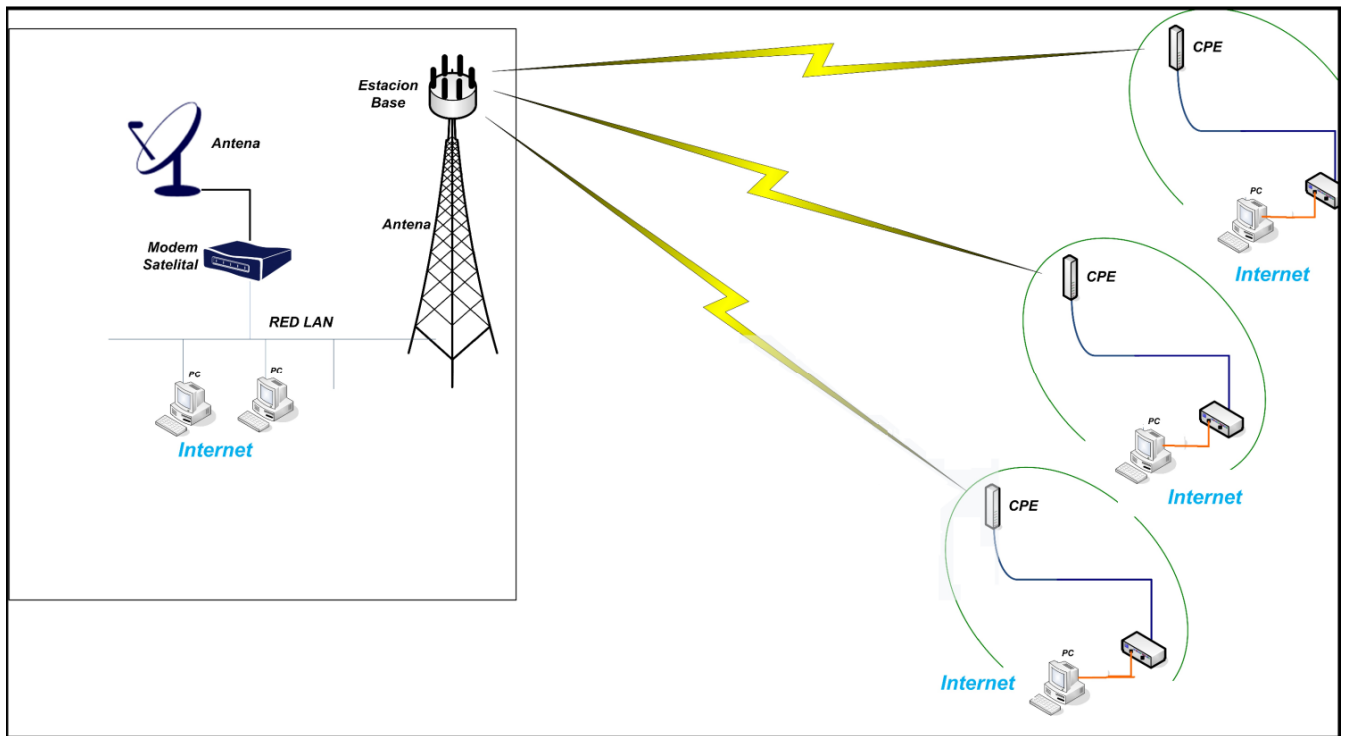


Figura 19 - Topología de la arquitectura Punto a Multipunto en la localidad

Fuente: GTH Perú

De esta manera, la estación base en conjunto con la estación VSAT deben estar ubicada en la misma ubicación del colegio. La razón de ellos es por la custodia y seguridad de los equipo. Asimismo, desde este lugar se irradiará hacia los usuarios futuros.

La red local dentro del colegio debe estar distribuida mediante un conmutador. Se ha escogido un SWITCH de tipo administrable para lograr este fin. En la figura 20 podemos observar el diagrama de distribución de los equipos en el SWITCH, así como también el tipo de cableado para cada una de las conexiones.

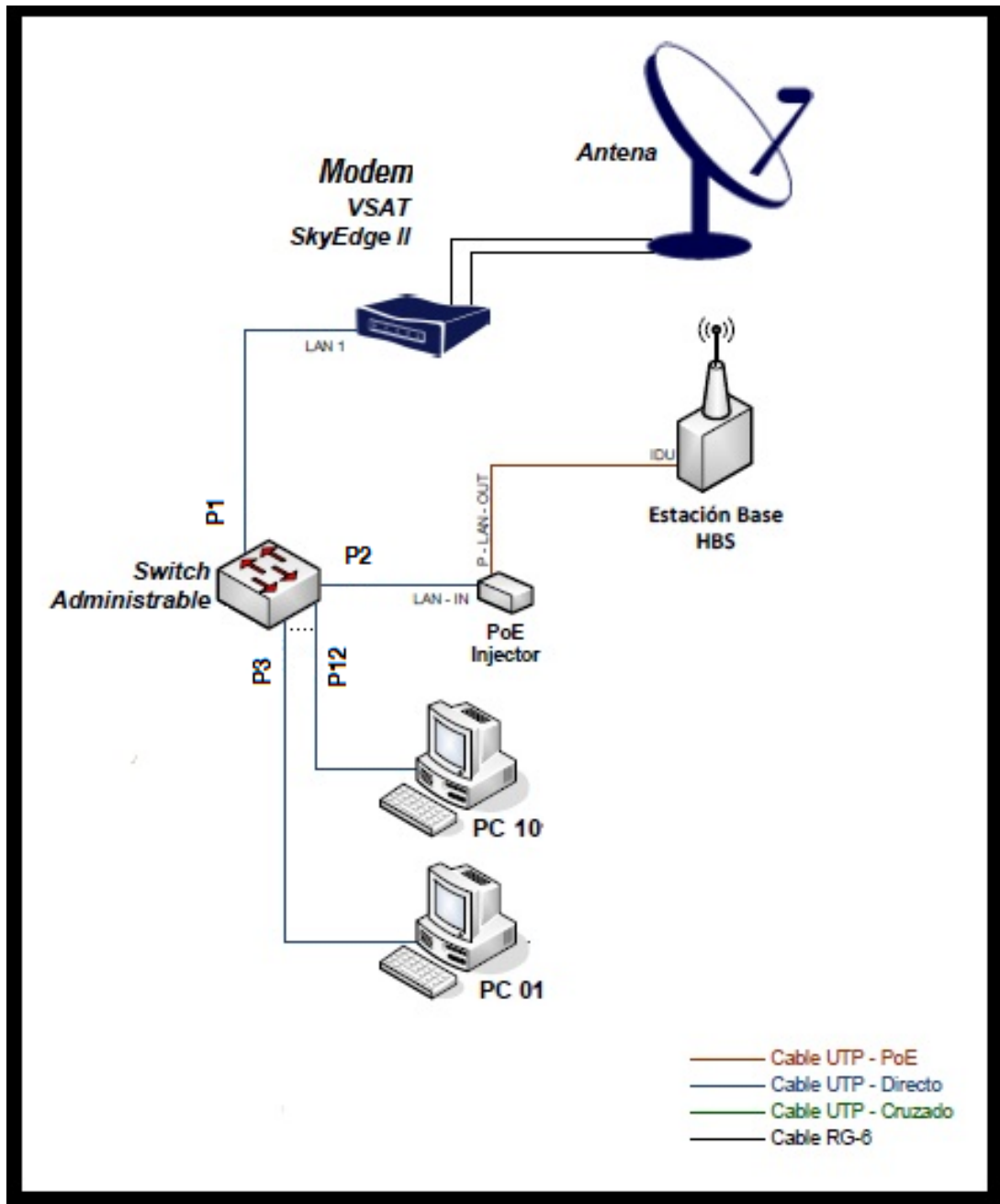


Figura 20 - Distribución de equipos en el colegio

Fuente: GTH Perú

Por su parte, en las sedes remotas (la posta médica, la casa del gobernador, y el suscriptor privado), la PCs estará directamente conectada al radio HSU mediante el equipo PoE (Equipo de energía a través de Ethernet).

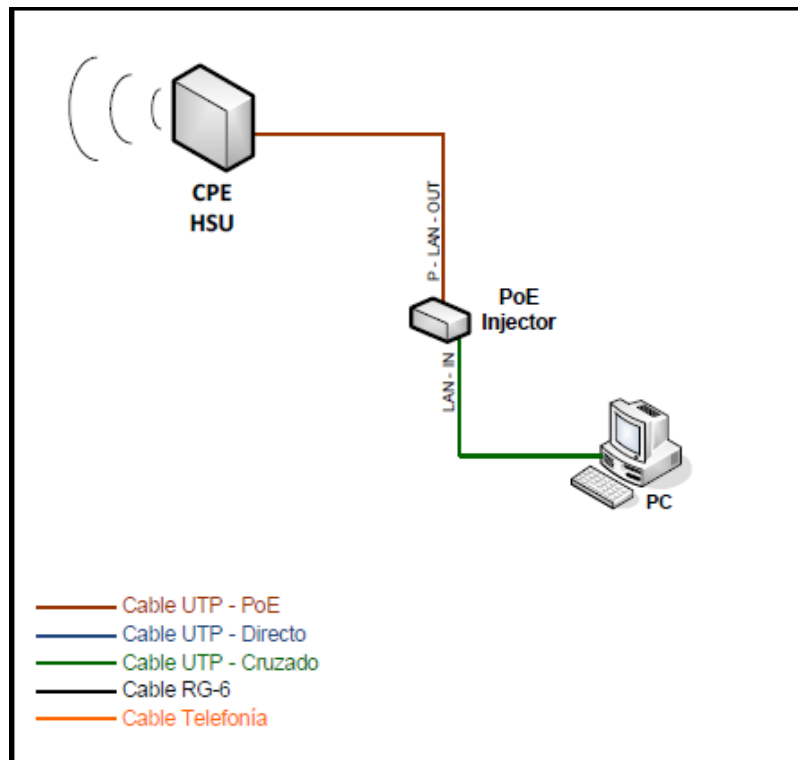


Figura 21 – Distribución de equipos en las sedes remotas

Fuente: GTH Perú

3.2 Cálculo de enlace satelital

El proveedor de servicios con el cual estamos trabajando para el desarrollo del proyecto opera con el satélite Intelsat 14 (IS-14) en banda Ku para su plataforma Sky Edge II. Este satélite se encuentra ubicado en la posición 45° Oeste. En las siguientes tablas se muestran sus características y parámetros generales:

Intelsat 14	
Localización Orbital	45° Oeste en el plano ecuatorial
Año de Lanzamiento	2009
Vehículo de Lanzamiento	LS-1300
Tiempo de Vida	15 years

Parametros de Banda Ku IS14	
Total de Transponders	36x36MHz
Polarizacion	Linear- Horizontal o Vertical
Frecuencia de Downlink	10.95 a 11.95 GHz
Frecuencia de Uplink	13.75 a 14.50 GHz
G/T (Beam Peak)	hasta 6.5 dB/K
SFD(0.0 dB/K and 0 dB attn.)	-98.1 dBW/m ²

Tabla 16 – Parametros de Satélite IS-14 para banda Ku

Fuente: INTELSAT

Como se puede observar en las tablas previas, el satélite IS-14 posee 36 transpondedor de 36MHz que trabajan en polarización tanto horizontal como vertical. El transpondedor con el cual opera el ISP es el AM17K. Este satélite tiene una cobertura en todo el continente Sudamericano sin incluir a Brasil. El nivel de potencia de la cobertura del satélite variará de acuerdo a la localidad, en el Perú el rango de variación de potencia se encuentra entre 49.1 y 47.1 dBW tal como se puede observar en la figura 22.

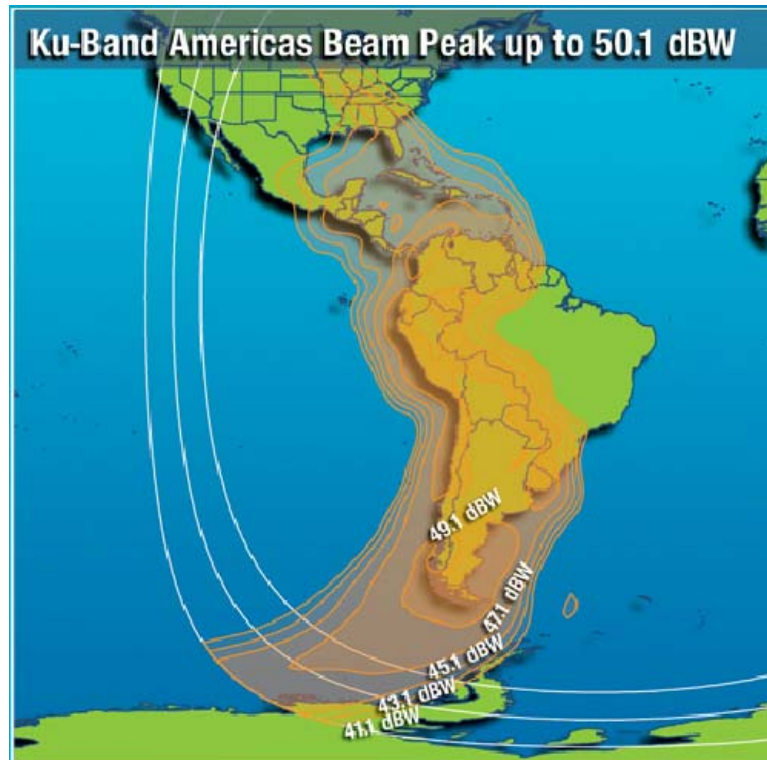


Figura 22 – Cobertura IS-14 en banda Ku

Fuente: INTELSAT

Según el cálculo de enlace (Link Budget) realizado por el operador satelital para el ISP, se necesita una antena de 1.2 m en las estaciones remotas, incluyendo nuestra estación en Nuevo Loreto.

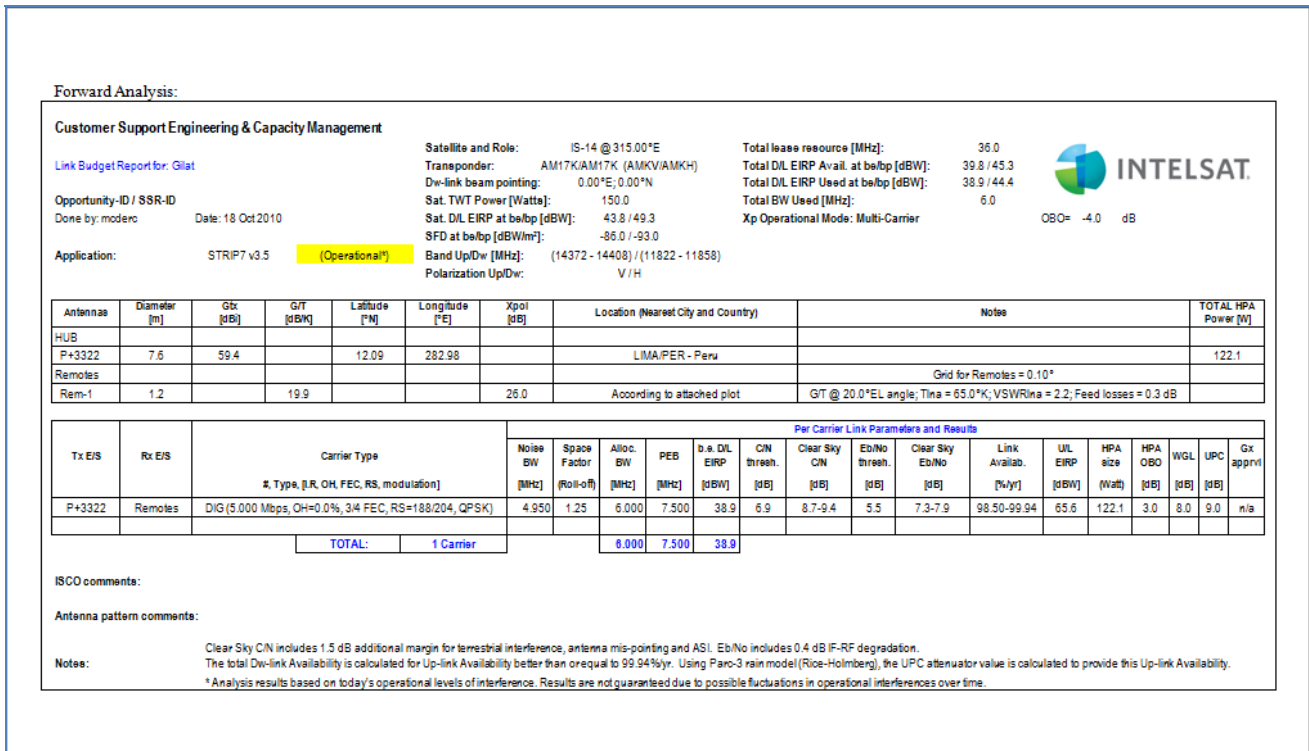


Figura 23 – Link Budget IS-14 Gilat

Fuente: INTELSAT

3.3 Cálculo de enlace Inalámbrico

Para asegurarnos del correcto funcionamiento de nuestros enlaces inalámbricos, debemos asegurarnos en primer lugar, que exista línea de vista (LoS) entre los HSU y el HBS. En la siguiente figura se muestra el relieve en un corte topográfico de la ubicación de la localidad. En ella podemos observar que desde cerca al pto.75 tenemos la elevación mayor y desde donde tendríamos línea de vista con la totalidad de la localidad. Este lugar es donde se encuentra el colegio.

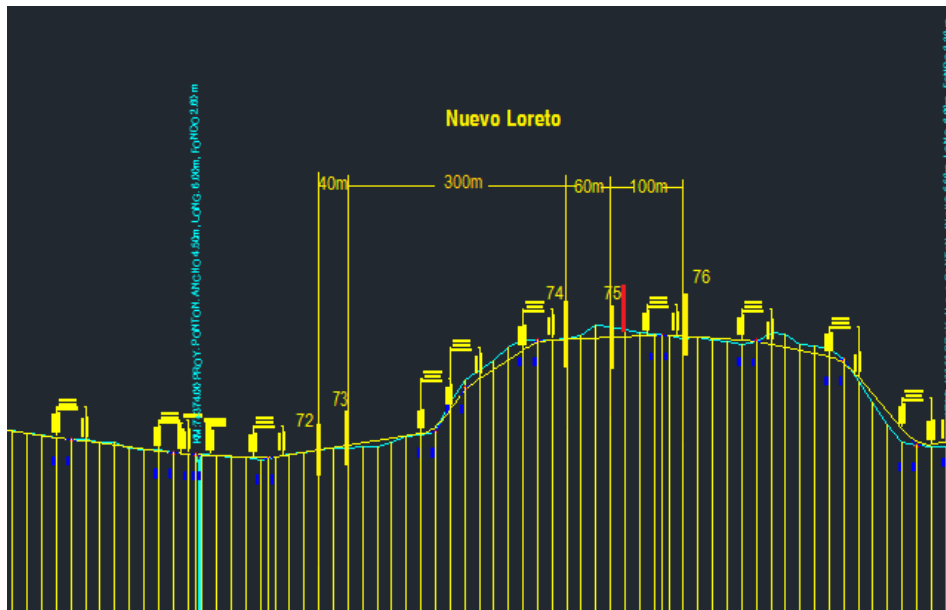


Figura 24 - Plano de relieve de ubicación de Nuevo Loreto

Fuente: Municipalidad de Pampa Hermosa

Para la realización del cálculo de enlace de los radios se debe tomar en cuenta, entre otros parámetros, la banda de frecuencia a utilizar, la potencia de transmisión y la distancia que existe entre la estación base y los radios remotos. De esta manera, debemos asegurarnos que el nivel de potencia alcanzado por los HSU sea suficiente para el correcto funcionamiento de los enlaces.

Los equipos a utilizar proporcionan una aplicación propietaria para el cálculo del enlace. La banda a utilizar para estos enlaces será de 5820 GHz. Se usará una antena externa o conectorizada y la potencia de transmisión será de 18dBm, respetando los parámetros máximos de potencia regulados por el MTC para esa banda. La distancia que se ingresó dentro del aplicativo para el cálculo del

enlace fue de 0.5km debido a que es aproximadamente la distancia más larga midiendo de extremo a extremo de la localidad.

RADWIN 2000		RADWIN 5000 HPMP		WinLink 1000	
Product	Band	5.730-5.845 GHz FCC/IC Connectorized			
	HSU Series	HSU 510			
Radio	Channel Bandwidth	20 MHz			
	Tx Power	18 dBm [-8 - 18]			
	Antenna Type	Dual +3 dB			
	Antenna Gain	HBS Site 12 HSU Site 12 dBi			
	Cable Loss	HBS Site 1 HSU Site 1 dB			
	EIRP	32 dBm / 1.6 Watt			
	Fade Margin	6 dB			
	Rate	130 Mb/s (2 x 64-QAM 0.83) Adaptive <input checked="" type="checkbox"/>			
	Expected RSS / Fade Margin	-62 dBm			
	Range	Min	0.1 Km / 0.1 Miles		
Max		0.9 Km / 0.6 Miles			
Required/Climate		0.5 Km Coordinates / Moderate (C=2) ?			
Services	Type	Ethernet Only			
	Ethernet Throughput	? Up to 10 Mb/s (6.5Mb/s per TS, up to 8 TS)			
Installation	Antenna height for LOS	2 Meter / 7 Feet (0.6 Fernel)			
Calculate					

Figura 25 – Link Budget RW serie 5000

Fuente: RADWIN

Los resultados obtenidos nos muestran que a una distancia de 0.5km con las condiciones establecidas, el Throughput esperado es de 10Mbps, que es suficiente capacidad para nuestros enlaces. Además, nos sugiere que la altura mínima de la antena debe ser de 2m para asegurar la zona de Fresnel. Por

último, nos muestra que el valor de RSS esperado, cuando las antenas están correctamente alineadas, es de -62 dBm. Este valor es el nivel de señal recibido y debe ser mayor a la sensibilidad del equipo. En la siguiente tabla se muestran los valores óptimos de este parámetro.

	Valor Máximo	Valores óptimo		Valor Mínimo
RSS	-27	-55	-65	-75

Tabla 17 –Valores de RSS de la señal

Fuente: RADWIN



Figura 26 – Plano Nuevo Loreto con ubicación de la estación Base

Fuente: Municipalidad de Pampa Hermosa

En la figura anterior se puede observar que el radio de cobertura de nuestra estación base cubre toda la extensión de la localidad, además de que se asegura que el nivel de RSS para cualquier punto de la localidad sea óptimo.

3.6 Configuración de equipos

3.6.1 Configuración de direccionamiento IP para los equipos

Se ha diseñado la red de manera que existan dos VLANs para separar el tráfico de internet (DATA) con el tráfico de administración de los equipos (MGN). En el siguiente cuadro, se muestran las etiquetas de ambas VLANs y su respectiva red:

TIPO	DESCRIPCIÓN	VLAN	IP SUBNET
LAN	RED MGN	201	10.201.3.0 / 24
	RED DATA	202	10.202.3.0 / 24

Tabla 18 - Distribución de VLANs

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, los equipos que no van a acceder directamente a internet (HBS, HSU, SWITCH) pertenecerán a la VLAN 201. Lo que se propone es que solo a través de esta VLAN se puedan gestionar estos equipos remotamente sin interferir con el servicio de internet o VLAN 202. Además, podríamos adicionar VLANs para otros servicios futuros como Voz sobre IP.

El direccionamiento IP para todos los equipos es como se muestra en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	VLAN	IP SUBNET
VSAT SE-II	202	10.202.3.1 / 24
PC #01 -10	202	10.202.3.Y / 24
PC - Subs	202	10.202.3.Y / 24
VSAT SE-II	201	10.201.3.1 / 24
MNG SW	201	10.202.3.9 / 24
WIRELESS HBS	201	10.201.3.20 / 24
WIRELESS HSU - Subs. 01	201	10.201.3.21 / 24
WIRELESS HSU - Subs. 02	201	10.201.3.22 / 24
WIRELESS HSU - Subs. 03	201	10.201.3.23 / 24

Y = According DHCP Server assignment (201-254)

Tabla 19 - Distribución de direcciones IP para los equipos

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2 Configuración del equipo VSAT

Una vez alineada la antena VSAT con el satélite, el modem VSAT es configurado con los parámetros propios de la red del proveedor de servicio. En el caso de la plataforma SkyEdge II, tenemos los siguientes parámetros necesarios para la configuración del equipo:

Parámetro	Descripción
VSAT ID	Identificador de la estación
Management PID	Parametro de Sincronización
Software Group Address	Grupo de versión de software
Workgroup	Grupo al que pertenece en el HUB
Inbound ID	Identificador de la red en el IB
Outbound ID	Identificador de la red en el OB
RF Downlink Frequency	Frecuencia de recepción
Modulation Type	Tipo de Modulación
Symbol Rate	Cantidad de símbolos por segundo

Tabla 20 - Parámetros de configuración del VSAT SE II

Fuente: GTH Perú

La red local del equipo VSAT es configurado remotamente desde el HUB a través del NMS. Lo que se debe asegurar es que la interfaz LAN del VSAT

posea 2 subinterfaces y se configure ambas VLANs (de administración y de internet) en modo TRUNK.

Una vez configurado el equipo VSAT, debemos asegurarnos que todos los enlaces se encuentren activos en la interfaz web del VSAT.



Figura 27 - Interfaz web de VSAT – enlaces activos

Fuente: GTH Perú S.A

La interfaz web del VSAT permite la opción de medir la telemetría de recepción (Rx) de la antena. Esto se realiza seleccionando la opción “Telemetry” en la pestaña correspondiente. El nivel de Rx óptimo debe estar por encima de 12dB.

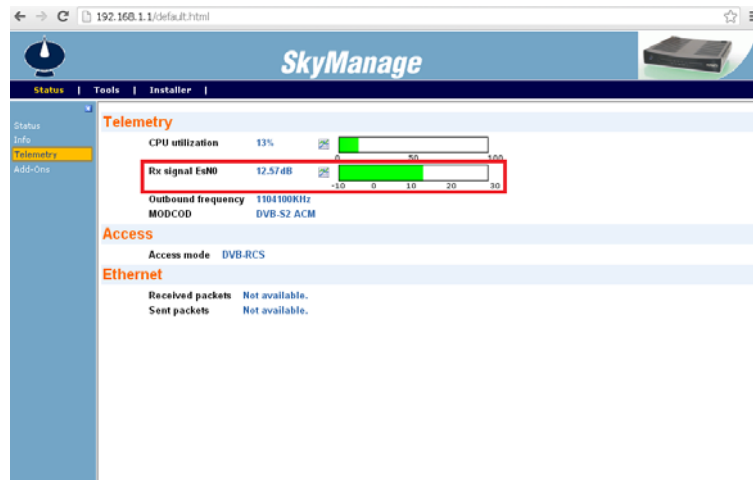


Figura 28 - Interfaz web de VSAT – nivel de recepción de la señal

Fuente: GTH Perú S.A

3.6.3 Configuración de estación base RADWIN HBS

Para la configuración de los radios RADWIN de la serie 5000 se necesita tener instalado en la computadora el aplicativo RADWIN Manager. Para empezar, los equipos deben estar conectados de la siguiente manera:

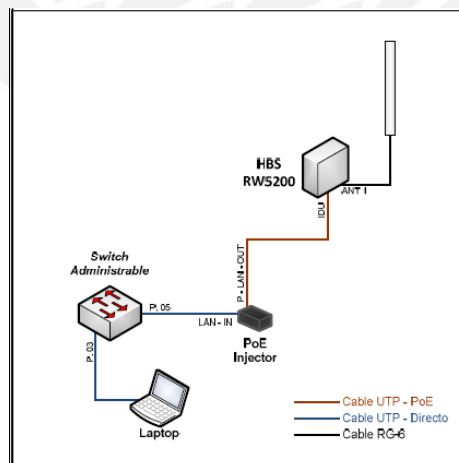


Figura 29 – Conexión directa a equipo RADWIN HBS

Fuente: GTH Perú

Lo que se realiza a continuación es configuración de la banda de operación, la potencia de transmisión, pérdidas por atenuación, direccionamiento IP, entre otros parámetros.

El proceso de configuración detallado del equipo RADWIN HBS 5200 se encuentra en el ANEXO A del presente documento.

3.6.4 Configuración de equipo RADWIN HSU

La configuración de los HSU se realiza a través del HBS, por lo que debemos permanecer conectados al RADWIN manager. Lo que se va a realizar es un registro de HSU en la interfaz del HBS para establecer la conexión a nivel de la capa física.

HSU No Registrado		HSU Registrado																		
Name Ip: 10.0.0.120 Loc: Location		VSAT_3003_H... Ip: 10.0.0.120 Loc: VSAT_3003																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>HBS</th> <th>HSU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSS</td> <td>-30</td> <td>-30</td> </tr> <tr> <td>Tput</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		HBS	HSU	RSS	-30	-30	Tput			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>HBS</th> <th>HSU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSS</td> <td>-35</td> <td>-30</td> </tr> <tr> <td>Tput</td> <td>1.4</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table>		HBS	HSU	RSS	-35	-30	Tput	1.4	1.3
	HBS	HSU																		
RSS	-30	-30																		
Tput																				
	HBS	HSU																		
RSS	-35	-30																		
Tput	1.4	1.3																		
Rxc: 0 [Mbps] Txc: 0 [Mbps]		Rxc: 0 [Mbps] Txc: 0 [Mbps]																		

Figura 30 - Registro de HSU en HBS
Fuente: RADWIN

El proceso de configuración detallado del equipo RADWIN HSU 5510 se encuentra en el ANEXO A del presente documento.

3.6.5 Configuración de equipo SWITCH

Para nuestro diseño, se requiere un equipo SWITCH administrable para la conectividad de los equipos en la red de la sede principal del colegio. Este equipo debe poder soportar VLANs. La distribución de los equipos en los puertos del SWITCH es como se presenta en la siguiente tabla:

Equipo	Puerto
VSAT SE-II	Fa 1
HBS	Fa 2
PC #01 -10	Fa 3-12

Tabla 21 – Distribución de puertos SWITCH administrable

Fuente: Elaboración propia

Para la configuración del SWITCH, se debe tener en cuenta la creación de ambas VLANs: 202 y 201. Luego de ello, la configuración debe ser como se muestra en el siguiente cuadro:

Puerto	Configuración
Fa 1	Puerto en modo TRUNK
Fa 2	Puerto en modo TRUNK, con native VLAN 201
Fa 3-12	Puerto en modo ACCESS VLAN 202

Tabla 22 - Configuración de puertos en SWITCH administrable

Fuente: Elaboración propia

3.7 Pruebas de Laboratorio

El ISP seleccionado nos facilitó una maqueta de pruebas en la cual se simuló la solución propuesta. El escenario de pruebas constó de un enlace satelital de 512/128 kbps al 40% sobre el cual se realizó una conexión local de una PC (PC1) con dirección IP 10.202.3.202, la conexión del HBS, y del lado del HSU se conectó otra PC (PC2) con dirección IP 10.202.3.203.

Prueba de ping

Estas pruebas se realizaron desde la PC2 para comprobar un comportamiento correcto a través del enlace inalámbrico. Los resultados se muestran en la siguiente figura. Se observa que el retardo se mantiene dentro de los márgenes normales del salto satelital (entre 500 y 700 ms).

```
C:\Users\GILAT>ping 8.8.8.8 -n 10
Haciendo ping a 8.8.8.8 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=668ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=668ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=668ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=693ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=670ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=689ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=667ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=667ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=686ms TTL=45
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=664ms TTL=45
Estadísticas de ping para 8.8.8.8:
    Paquetes: enviados = 10, recibidos = 10, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 664ms, Máximo = 693ms, Media = 674ms
```

Figura 31 - Pruebas de Ping

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de FTP

Se realizaron una serie de pruebas FTP de carga y descarga de archivos desde la PC2 para comprobar que es posible utilizar el ancho de banda correctamente

a través del enlace inalámbrico. Los resultados obtenidos tanto en carga como en descarga se mantuvieron siempre por encima del mínimo garantizado, incluso en un promedio por encima del 87% en ambos casos.

FTP DL				
Intento	Size	Kbytes/s	kbps	%
1	1MB	55.61	444.88	86.89%
2	5MB	52.07	416.56	81.36%
3	7MB	60.31	482.48	94.23%
		Average	447.97	87.49%

Tabla 23 – Pruebas FTP en descarga o Download

Fuente: Elaboración Propia

FTP UL				
Intento	Size	Kbytes/s	kbps	%
1	1MB	14.81	118.48	92.56%
2	5MB	14	112	87.50%
3	7MB	14.72	117.76	92.00%
		Average	116.08	90.69%

Tabla 24 - Pruebas FTP en carga o Upload

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de saturación WEB

En este escenario, se realizaron pruebas de navegación web desde ambas PCs a la vez. El resultado muestra que desde la PC1 se tenía un promedio de 200 kbps usados, en este caso la PC se usó para ingresar a varias páginas a la vez, y realizar solo navegación web.

A su vez, en la PC2 se observó un promedio de 300 kbps de tráfico, esto se produjo porque se inició un video streaming de la página web www.youtube.com. En ese caso, la descarga es continuada y por ello se produce esa saturación.

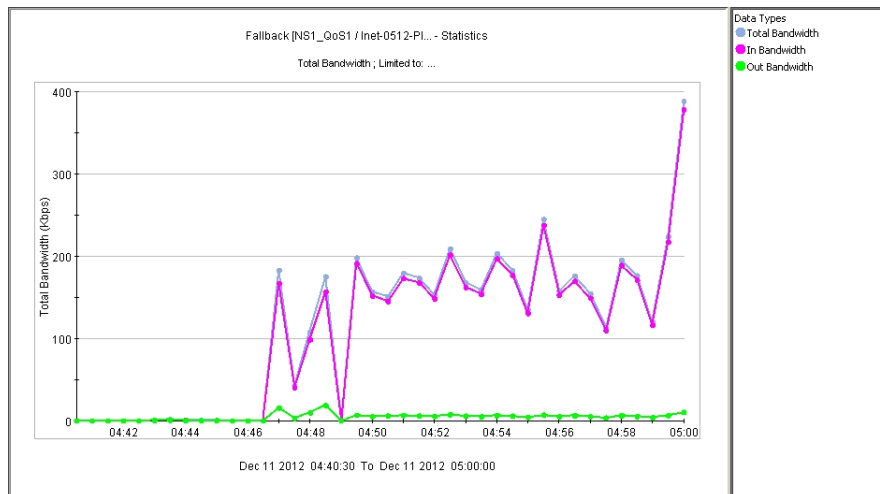


Figura 32 - Tráfico PC1 - HTTP

Fuente: GTH Perú

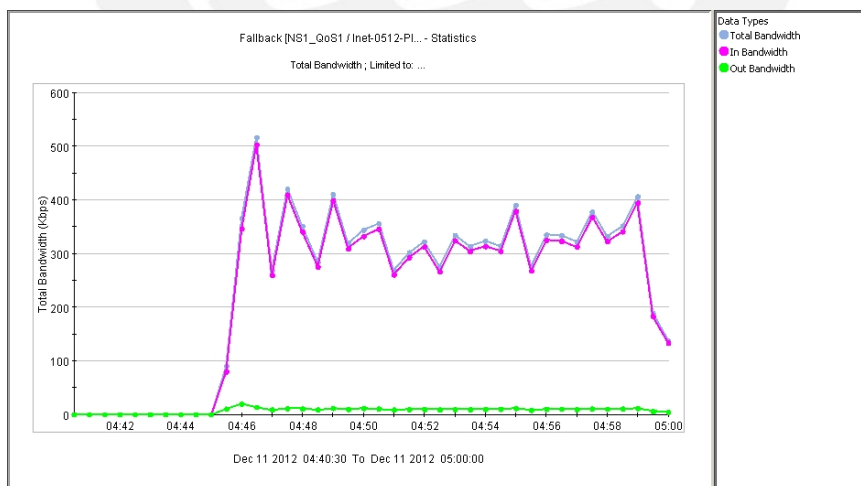


Figura 33 - Tráfico PC2 - YouTube

Fuente: GTH Perú

En la siguiente figura, podemos observar el tráfico total que atraviesa el VSAT. Siempre se mantiene por encima de los 400 kbps asegurando el mínimo garantizado.

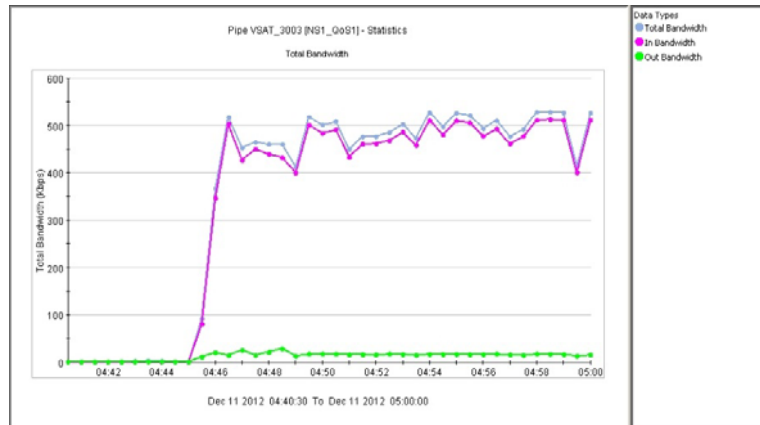


Figura 34 - Tráfico Total

Fuente: GTH Perú

Capítulo 4: Análisis económico y formas de financiamiento

En el presente capítulo se estiman los costos tanto los de inversión como los de operación para nuestra solución. Además, se incluye una sección con las formas de financiamiento que podrían solventar el proyecto.

4.1 Costos de Inversión

Los costos de inversión o también llamados CAPEX son todos aquellos que involucran la implementación de la solución. Parte de ellos son la compra de los equipos y costos de instalación de la solución.

CAPEX	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
RADWIN 5200 (Estación Base) – HBS	\$3,283.00	1	\$3,283.00
RADWIN 5510 (Suscriptor) – HSU	\$493.00	3	\$1,479.00
Antena Onmidireccional 5.8GHz de 12dBi (para HBS)	\$199.00	1	\$199.00
Cable SuperFlex ¼ para Antena	\$34.00	4	\$136.00
Protector Sobretension para Antena	\$33.00	4	\$132.00
PoE AC para HBS y HSU	\$66.00	4	\$264.00
Protector Sobretension para PoE	\$72.00	4	\$288.00
Parrarayos tipo Tetrapuntual	\$350.00	1	\$350.00
Sistema Pozo a tierra	\$550.00	1	\$550.00
SWITCH Cisco SGE2000 24	\$520.00	1	\$520.00
PC Advance Modelo: Vision 4532	\$400.00	13	\$5,200.00
Muebles de PCs	\$200.00	13	\$2,600.00
RACKs de equipos	\$100.00	1	\$100.00
Cable UTP Nivel 5 BELDEN	\$0.45	200	\$90.00
Conector LAN RJ45	\$0.25	30	\$7.50
Estructura de torres	\$330.00	1	\$330.00
Instalación Estación VSAT (Antena, IDU) de parte de Gilat To Home Perú	\$1,200.00	1	\$1,200.00
Instalación Enlaces, Red LAN y Obras civiles	\$800.00	1	\$800.00
		Total	\$17,528.50

Tabla 25 -Costos de Inversión

4.2 Costos de Operación

Los costos de Operación u OPEX, son aquellos que se realizan para mantener el correcto funcionamiento de la red. Estos costos incluyen mantenimiento de los equipos y costos de los enlaces mensuales. El mantenimiento de la estación VSAT está a cargo de la operadora incluido en el costo mensual del servicio, y los radioenlaces también por un costo adicional mensual.

En nuestro caso no se estará gastando en alquiler del lugar, ni contratación de personal de atención de los usuarios ya que la instalación se encontrará en el

colegio en el cual se tendrá que asignar a un encargado de la atención y la custodia de los equipos.

OPEX	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Costo mensual por servicio 2048/1024 kbps (OB:40%)	\$3,614.64	1	\$3,614.64
Costo de mantenimiento de los equipos	\$150.00	1	\$150.00
Total			\$3,764.64

Tabla 26 - Costos de Operación

4.3 Formas de Financiamiento

Gobierno Regional

El Gobierno Regional de Loreto destina una cantidad anual de presupuesto a cada gobierno local. El presupuesto institucional anual del distrito de Pampa Hermosa asciende al promedio de S/.3'758,787.00. Parte de este presupuesto es destinado a proyectos en la zona del Alto Pauya.

Por ejemplo, para el mantenimiento de la trocha carrozable que une Nuevo Loreto con Nueva Picota se invierte aproximadamente S/.10,000.00. Se está destinando un presupuesto para proyectos de carretera y también para proyecto de energía eléctrica en la localidad, los cuales estarían siendo implementados el 2013. Junto con estos proyectos financiados por el gobierno local podrían surgir posibilidades para proyectos como el de la presente tesis

FITEL

El Fondo de Inversión en Telecomunicaciones es una entidad que tiene como objetivo la promoción de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales. En ese sentido, pueden financiar programas y proyectos de que estén relacionados a este objetivo, de manera que contribuye al desarrollo socioeconómico del país.



Conclusiones:

Se ha comprobado la factibilidad del diseño de la solución propuesta demostrando la posibilidad de combinar dos tecnologías y una arquitectura especialmente seleccionada para adecuarse a la situación de la localidad de Nuevo Loreto y, de esa manera, poder satisfacer la demanda básica de servicios de telecomunicaciones.

La tecnología satelital del proveedor que hemos escogido se adapta satisfactoriamente a la red de tipo punto a multipunto de los enlaces inalámbricos de los equipos escogidos. Los resultados de las pruebas realizadas muestra que la capacidad que posee el sistema satelital se puede extender hacia una mayor distancia con los enlaces inalámbricos.

La solución propuesta se muestra como una alternativa de comunicaciones realizable también en otras localidades del Alto Pauya o de cualquier otra parte del Perú. Si bien no resulta inmediatamente rentable una inversión de este tipo, los servicios de comunicaciones como el internet promueven el desarrollo por lo que la zona beneficiada mejorará progresivamente su situación económica y social.

Recomendaciones:

Se recomienda que en conjunto a la realización de este proyecto, un plan de capacitación y sensibilización a la población de Nuevo Loreto sobre la utilización de los recursos computacionales y de internet. De este modo, se podrá acelerar el interés y el aprovechamiento de las herramientas de las tecnologías de la información.

Igualmente, el presente proyecto debe desarrollarse en paralelo a un proyecto de implementación de energía eléctrica en la zona. Si bien existen tipos de energía alternativa en Nuevo Loreto, los equipos que comprenden la solución requieren mayores cantidades que no se podrían abastecer completamente con la energía actual.

Bibliografía:

- [1] Ponce Mariños, M. "Informe de Sistematización, Mapeo de Usos y Fortalezas 2008". Tarapoto, 2009.
- [2] Valdivia Isuiza, Edgar. "Nuevo Loreto: ¿Un Pueblo Olvidado?. URL: <http://diariolaregion.com/web/2012/02/28/nuevo-loreto-un-pueblo-olvidado/>
Última Consulta Setiembre 2012.
- [3] Nah, F. "A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait?". Behaviour & Information Technology, 2004.
- [4] Rendón Gallón, A.; Ludeña González, P.; Martínez Fernández, A. "Tecnologías de la Información y la Comunicaciones para zonas rurales". CYTED, 2011.
- [5] Peñafiel Ricaurte, G.; Espinosa Missura, A. "Implementación de enlaces de banda ancha usando tecnología satelital VSAT HughesNet (DirecWay) en Ecuador" Tesis de grado presentada como requisito para obtener el título de Ing. Electrónica, 2010.
- [6] Alvarado Martín, J. "Elección y diseño de una Red de Comunicaciones para la Región Loreto". Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico. PUCP, 2005.
- [7] Romaní Martínez, G. "Estudio de la aplicación de VSAT, CDMA450 y MAR al transporte de distribución de servicios de telecomunicaciones

- rurales en el entorno nacional”. Tesis para optar el título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, 2007.
- [8] “Satellite Based Rural Telephony Handbook”. URL:
<http://www.scribd.com/doc/45799062/23/FTDMA-DAMA>
Última Consulta Noviembre 2012
- [9] “RADWIN 5000 USER MANUAL”. Release 3.2.00.
- [10] Marlad, G. VSAT NETWORKS. Wiley,2003.
- [11] Tse, D.; Viswanath, Pramod. “Fundamentals of Wireless Communication” Cambridge, 2005.
- [12] Fernandez Montaña, J. ”The Transponders of the Satellites”. Unión de Radioaficionados Españoles, 2004.
- [13] RM 777-2005-MTC /03, Sobre regulación de espectro libre. URL:
[http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/normaslegales/RM-777-2005-MTC\(05-11-05\).pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/normaslegales/RM-777-2005-MTC(05-11-05).pdf)
Última Consulta Diciembre 2012
- [14] Chee Cucalon, C.; Alcocer Garcia, C. “Curso de Comunicaciones Satelitales” dictado en la PUCP el ciclo 2011-2
- [15] Grupo de Telecomunicaciones Rurales. “Redes Inalámbricas para Zonas Rurales”. PUCP, 2012.
- [16] “Proyecto VRAE-Camisea Lurín”. Fitel, 2010. URL:
<http://www.fitel.gob.pe/antiguaweb/contenido.php?ID=57>. Última Consulta: 03/07/2013