

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED INTEGRADA DE SERVICIOS DE ALTA
DISPONIBILIDAD CON TECNOLOGIA VSAT SOBRE IP**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

HÉCTOR FERNANDO HUAMÁN MENDOZA

PROMOCIÓN

2005 - II

LIMA – PERÚ

2010

DEDICATORIA

...para mis padres.

**DISEÑO DE UNA RED INTEGRADA DE SERVICIOS DE ALTA
DISPONIBILIDAD CON TECNOLOGIA VSAT SOBRE IP**

SUMARIO

El presente informe pretende ilustrar el diseño de una red integrada de servicios aplicando tecnología VSAT de última generación sobre IP cuya característica fundamental es la alta disponibilidad del servicio.

Para demostrar la optimización de recursos que se puede lograr con el diseño de la red se plantea la existencia de una red propia satelital SCPC sobre frame relay de una empresa transportadora de petróleo cuya necesidad fundamental es la alta disponibilidad de todos los enlaces por los cuales pasa servicios críticos como parámetros de control, voz, video y datos.

Primero se dan algunos antecedentes teóricos para poder comprender los criterios de diseño del escenario planteado.

Se plantean las necesidades de la red y con ello se elabora la ingeniería del proyecto donde se ilustra el diseño de la red integrada de servicios. Se realiza una evaluación tecnológica VSAT con las marcas predominantes del mercado, se elige la tecnología más adecuada para las necesidades de la red. Se parte de un diseño de red simple la cual es amoldada poco a poco a las necesidades de red siendo la más importante la alta disponibilidad del servicio.

Se realiza un cálculo de los costos para la implementación del proyecto, se evalúa la rentabilidad del proyecto para una empresa proveedora de servicio de telecomunicaciones. También se estima los tiempos de instalación y puesta en marcha.

Finalmente se presentan conclusiones basadas en los resultados obtenidos.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	---

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
---	---

1.1. Descripción del Problema	3
1.2. Objetivos del Trabajo	3
1.3. Evaluación del Problema	4
1.4. Limitaciones del Trabajo	4
1.5. Síntesis del Trabajo	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
---------------------------------------	---

2.1. Diseño de Redes WAN	6
2.1.1 Red WAN	6
2.1.2 Modelo de Diseño Jerárquico	6
2.1.3 Dispositivos WAN	7
2.1.4 Conmutación WAN	8
2.2 MPLS	8
2.2.1 Beneficios de MPLS	9
2.2.2 Razones de Uso de MPLS	9
2.3 Protocolo BGP	10
2.4 Redes Satelitales	10
2.4.1 Parámetros Satelitales	11
2.4.2 Tipo de Enlaces Satelitales	11
2.5 Tecnología SCPC (Singel Channel Per Carrier)	13
2.5.1 Diagrama de Bloques	14
2.5.2 Equipamiento	14
2.5.3 Parámetros Satelitales	15

2.5.4	Eficiencia de un Enlace Satelital	17
2.6	Tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminal)	17
2.6.1	Estructura de una Red VSAT.....	18
2.6.2	Elementos de una Red VSAT	19
2.7	Acceso al Medio	20
2.7.1	FDMA-SCPC Inbound / FDMA-SCPC Outbound.....	21
2.7.2	FDMA-SCPC Inbound / FDMA-MCPC Outbound	21
2.7.3	FDMA-SCPC Inbound / TDM-MCPC Outbound	22
2.7.4	FDMA-MCPC Inbound / TDM-MCPC Outbound.....	22
2.8	Red Integrada de Servicios	23
2.8.1	Servicios Integrados (IntServ):	23
2.8.2	Servicios Diferenciados (DiffServ):	24
2.9	HSRP (Hot Standby Router Protocol)	24
2.9.1	Características.....	24
2.9.2	Funcionalidad.....	24
2.10	Disponibilidad de Enlace	25
2.10.1	Cálculo de Disponibilidad	26
2.10.2	Cálculo de Disponibilidad en Serie	26
2.10.3	Cálculo de Disponibilidad en Paralelo.....	26
2.10.4	Cálculo de Disponibilidad Ponderada.....	27
2.10.5	Mejoramiento de la Disponibilidad	27

CAPITULO III

DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES

3.1.	Escenario Previo	29
3.1.1.	Topología de Red	29
3.1.2.	Tecnología Satelital Empleada	32
3.1.3.	Disponibilidad de la Red Antigua.....	32
3.1.4.	Problemática y Limitaciones.....	33
3.2.	Requerimiento de la Red Integrada de Servicios.....	34
3.2.1.	Alta Disponibilidad.....	34
3.2.2.	Ancho de Banda.....	34
3.2.3.	Canales De Voz	35

3.2.4. Enlaces con Escalabilidad.....	36
3.2.5. Optimización de la Capacidad Satelital	36
3.2.6. Calidad de Servicio	36
3.2.7. Monitoreo.....	36

CAPITULO IV

INGENIERIA DEL PROYECTO..... 37

4.1. Topología de Red Planteada	37
4.2. Diseño de la Red Núcleo	38
4.3. Diseño de la Red de Distribución	38
4.4. Diseño de la Red de Acceso.....	39
4.5. Evaluación de la Tecnología VSAT de Última Milla.....	40
4.5.1. Características de Optimización TCP/IP de las VSAT.....	40
4.5.2. Tecnología HX System (USA).....	44
4.5.3. Tecnología iDirect	46
4.5.4. Tecnología Gilat - SkyEdge.....	47
4.5.5. Cuadro Comparativo y Elección de La Tecnología.....	47
4.6. Dimensionamiento del Enlace Satelital	48
4.6.1. Cálculo de Enlace – Software	50
4.6.2. Dimensionamiento Amplificadores	53
4.6.3. Dimensionamiento Remotas	54
4.7. Diseño de la Última Milla Oficina Piura	54
4.8. Última Milla Oficina Central Lima.....	56
4.9. Cálculo de Disponibilidad Total Sin Backup Satelital	56
4.10. Dimensionamiento del Enlace Satelital Respaldo	57
4.10.1.Cálculo de Enlace Backup – Software	59
4.10.2.Dimensionamiento Sede Central del Enlace de Respaldo.....	62
4.10.3.Dimensionamiento Remotas de Respaldo	62
4.10.4.Ancho de banda Requerido.....	62
4.11. Evaluación de Disponibilidad Satelital con Backup.....	62
4.12. Evaluación de la Disponibilidad Total.....	63
4.12.1.Cálculo Disponibilidad Enlace Hacia Oficina Lima	63
4.12.2.Ajuste de la Disponibilidad del Enlace Hacia Piura.....	65

4.13. Cálculo de la Disponibilidad Ponderada del Sistema	67
4.14. Diagrama Completo de la Red Diseñada	68
4.15. Implementación MPLS	68
4.16. Conmutación Automática de los Enlaces Redundantes.....	70
4.16.1.Enrutamiento hacia las redes de las remotas	70
4.16.2.Conmutación de paquetes enviados hacia el cliente.....	70
4.16.3.Conmutación de Paquetes Enviados desde el Cliente	72
4.17. Calidad de Servicio	73

CAPITULO V

COSTOS Y TIEMPOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	74
--	-----------

5.1. Costo del Nuevo Equipamiento	74
5.2. Costo de Implementación	75
5.2.1. Obras Civiles.....	75
5.2.2. Transporte de Equipamiento	76
5.2.3. Servicio de Instalación	76
5.2.4. Costo Total de Implementación	77
5.3. Costo Mensual Recurrente de la Red (MRC)	77
5.4. Evaluación del Proyecto	78
5.5. Tiempo de Implementación	79
5.5.1. Caso 1: Con un Grupo de Trabajo	80
5.5.2. Caso 2: Con Dos Grupos de Trabajo	80

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
---	-----------

ANEXO A

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS	83
---	-----------

ANEXO B

CONFIGURACIÓN BÁSICA DE LOS EQUIPOS RUTEADORES.....	89
--	-----------

ANEXO C

CALENTADIO ANUAL DE LAS MANCHAS SOLARES	103
--	------------

ANEXO D

GLOSARIO DE TÉRMINOS	106
-----------------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA 109

INTRODUCCIÓN

Cada vez las comunicaciones cobran mayor importancia para las empresas sea cual sea su rubro, estar siempre comunicaciones es fundamental para sus operaciones diarias, una falla de su sistema de comunicación podría ocasionarles grandes pérdidas económicas, es por ello que la alta disponibilidad de los enlaces es una de las principales necesidades de las redes corporativas.

Muchas empresas invierten mucho dinero en desarrollar mejoras tecnológicas en los enlaces satelitales VSAT los cuales son la tendencia a utilizar en el futuro debido a que optimizan el uso de los recursos satelitales fundamentales, ancho de banda espectral y potencia disponible. Los desarrollos sobre la tecnología VSAT han llegado a tal punto de que pueden simular enlaces dedicados basados en aplicativos de optimización de los protocolos TCP e IP. En este documento se realiza una evaluación tecnología de los principales fabricantes de equipamiento VSAT, se elige la tecnología que más se amolda a las necesidades de una red integrada de servicios.

Se analiza una red corporativa típica para empresas mineras y petroleras la cual consiste en una o dos oficinas en zonas urbanas y otras en zonas no urbanas en la cual la única forma de proveer comunicación es a través de enlaces satelitales. Los enlaces satelitales se caracterizan por tener una baja disponibilidad, un aumento de disponibilidad implica en aumento de potencia la cual se refleja en aumento de costos de equipamiento y recursos, se debe buscar un equilibrio para los recursos satelitales que son ancho de banda y potencia disponible.

Cada empresa tiene su línea de negocio, le conviene en gran forma tercerizar su sistema de comunicaciones a una empresa especializada la cual le puede ofrecer muchas herramientas de monitoreo y gestión lo que le permitirá optimizar sus enlaces realizando un planeamiento óptimo de acuerdo a las necesidad de la red. Además la empresa se despreocupa de contar con personal especializado para el soporte de la red, esto se transforma en optimización de costos y recursos.

El objetivo fundamental del informe es diseñar una red de alta disponibilidad utilizando tecnología VSAT. Se determina la necesidad de contar con un enlace principal y un enlace

de respaldo, se explica el proceso de conmutación automática ante una caída del sistema principal. Se demuestra que la implementación es económicamente muy rentable para una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, debido a que sus costos son cubiertos por la empresa petrolera o minera, dichos costos son considerando el peor escenario que es asumir que la capacidad satelital para los enlaces VSAT es íntegramente para la red en mención, lo cual no es así debido a que las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones implementan sistemas VSAT para una densidad alta de cliente por el hecho de que esta es una tecnología que optimizar en gran forma el ancho de banda espectral, un recurso de costo muy alto.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

Hace 15 años atrás una empresa dedicada al rubro de transporte de petróleo implementa un sistema propio de comunicaciones por la necesidad de comunicar sus dos oficinas en Lima y Piura con sus campamentos remotos los cuales se encuentra en zonas no urbanas donde el único medio de comunicación es a través de un enlace satelital. Implementaron un sistema satelital SCPC en el cual levantaron el protocolo frame relay, con anchos de banda relativamente bajos, con esto cubrían su necesidad de pasar datos y voz. La empresa contrató una gran cantidad de personal especializado para poder dar soporte al sistema de comunicación, realizar mantenimientos preventivos y correctivos. Para poder levantar los enlaces tuvo que contratar directamente capacidad satelital. Además tuvo la necesidad de adquirir equipamiento de monitoreo para poder solucionar posibles problemas que se presentasen con los enlaces, es decir, la empresa a parte de dedicarse a su rubro también se dedicaba a suministrar y mantener toda una red de comunicaciones con enlace satelitales propios.

Con el transcurrir de los años la empresa tiene nuevas necesidades de comunicación, tiene la necesidad de pasar una mayor cantidad de tráfico de datos, voz, video y nuevos aplicativos necesarios para mejorar la operación de la empresa, es decir, aparece una necesidad de mayor ancho de banda y calidad de servicio para los enlaces (QoS), la plataforma implementada hace 15 años no puede cubrir las nuevas necesidades.

1.2. Objetivos del Trabajo

Brindar una solución de diseño de red para empresas mineras y petroleras las cuales tienen como necesidad fundamental contar con enlaces de comunicaciones de alta disponibilidad. Permitir traficar datos, voz y video con calidad de servicios diferenciados.

Dar una visión global de los nuevos desarrollos de la tecnología satelital VSAT la cual es la tendencia a utilizarse debido a que optimiza la potencia disponible y el ancho de banda espectral siendo éste último el recurso más costoso por ser recurrente.

Dar a entender las ventajas que con lleva tercerizar un sistema de comunicación a una empresa especializada.

1.3. Evaluación del Problema

El escenario de red planteado es típico para empresas mineras y petroleras las cuales no tienen otra opción que emplear enlaces satelitales, los cuales tienen muchas desventajas como el retardo y eficiencia, esto se mide con la tasa de error de bit (BER).

Cada vez es más importante contar con una red de alta disponibilidad, los diseños de red siempre evalúan la posibilidad de contar con enlaces de respaldo, los cuales son sistemas en paralelo que entran a tallar ante una caída del sistema principal, dicho sistema de respaldo no necesariamente tiene que tener todas características del sistema principal, solo será utilizado en caso de emergencia y por un periodo de tiempo corto. Con los enlaces de respaldo se mejora en gran manera la disponibilidad de la red.

Cuando se diseña una red se tiene que evaluar las necesidades actuales y futuras de los usuarios para así poder determinar la tecnología a emplear, generalmente se eligen tecnologías que permitan realizar aumentos de ancho de banda sin necesidad de cambiar equipamiento, así mismo dichas tecnologías deben tener la capacidad de diferenciar el tipo de tráfico para poder darle la prioridad que le corresponde. Contar con una red netamente IP tiene muchas ventajas debido a la tendencia de las nuevas aplicaciones que requieren una plataforma robusta para poder funcionar adecuadamente.

Una evaluación tecnológica tiene que estar orientada a las necesidades de los usuarios, no necesariamente se debe elegir la mejor tecnología si no la que se adapte mejor a las necesidades de la red.

1.4. Limitaciones del Trabajo

Para el cálculo de la disponibilidad de los enlaces satelitales no se considera la indisponibilidad debido a las manchas solares que aproximadamente afectan el servicio en 400 minutos al año, no se considera por ser algo que siempre está presente no pudiéndose evitar. Generalmente en los contratos de los enlaces satelitales no se considera las manchas solares en la disponibilidad del servicio prestado.

1.5. Síntesis del Trabajo

El capítulo II, expone el marco teórico y base conceptual para el desarrollo del presente informe. Se presenta una introducción a la tecnología satelital VSAT y SCPC, dándole importancia a los sistemas de acceso satelital. También se dan a conocer los parámetros satelitales más importantes a tener en cuenta en el diseño. Se da una visión general de los

protocolos BGP y HSRP orientado a su uso en enlaces redundantes. Se explica también en este capítulo la teoría de disponibilidad y la forma de calcularse tanto para enlaces en paralelo como en serie.

En el capítulo III se realiza la determinación de las necesidades de la red a diseñar. Primero se describe el escenario previo planteado indicando la problemática y limitaciones, luego se mencionan los requerimientos que debe cumplir la red a diseñar, tales como anchos de banda, disponibilidad, calidad de servicio, entre los más importantes.

En el capítulo IV se desarrolla la ingeniería del proyecto. Se parte de un diseño de red básico de acuerdo al modelo de diseño jerárquico. Se realiza una evaluación tecnológica de los principales fabricantes de equipamiento VSAT, se elige la tecnología que más se adapta a las necesidades de la red. Para determinar la disponibilidad de los enlaces satelitales se emplea un software propietario de un proveedor satelital el cual realiza el cálculo de enlace, con esto se dimensiona el equipamiento a utilizar. Luego se calcula la disponibilidad teórica de la red planteada, gradualmente se van realizando ajustes necesarios a la red para cumplir el requerimiento de alta disponibilidad. Finalmente se describe lo necesario para la implementación de la red diseñada, se explica el funcionamiento de las técnicas de conmutación automática elegidas para los enlaces redundantes.

En el capítulo V se mencionan los costos asociados para la implementación de la red diseñada. Se realiza una evaluación del proyecto para determinar si su implementación es económicamente rentable para una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.

Finalmente en la siguiente sección se presentan las conclusiones y recomendaciones tomadas en base a los resultados y la interpretación de los mismos.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Diseño de Redes WAN

Se da una visión general de las redes WAN y los criterios de diseño que existen.

2.1.1 Red WAN

Una WAN es una red de comunicación de datos que opera más allá del alcance geográfico de una LAN.

Las WAN se diferencian de las LAN en varios aspectos. Mientras que una LAN conecta computadoras, dispositivos periféricos y otros dispositivos de un solo edificio u de otra área geográfica pequeña, una WAN permite la transmisión de datos a través de distancias geográficas mayores. Además, la empresa debe suscribirse a un proveedor de servicios WAN para poder utilizar los servicios de red de portadora de WAN. Las LAN normalmente son propiedad de la empresa o de la organización que las utiliza.

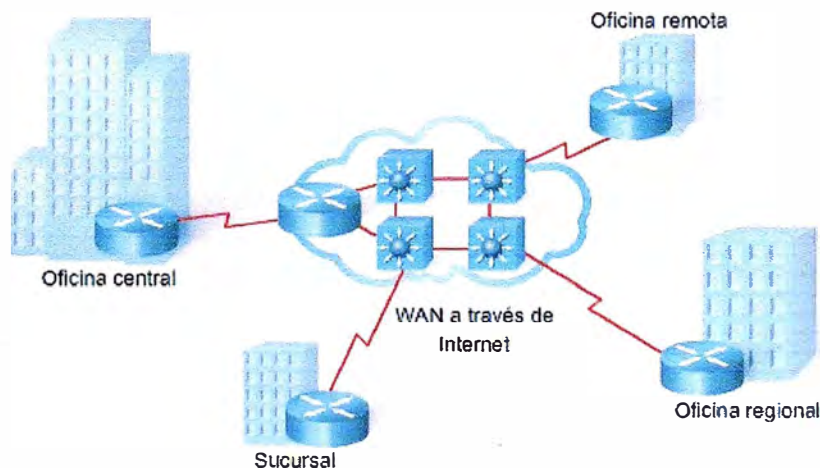


Figura 2.1 Red WAN

2.1.2 Modelo de Diseño Jerárquico

El modelo de red jerárquico es una herramienta de alto nivel, útil para diseñar una infraestructura de red confiable. Proporciona una vista modular de una red, lo que simplifica el diseño y la creación de una red que pueda crecer en el futuro cubriendo las nuevas necesidades.

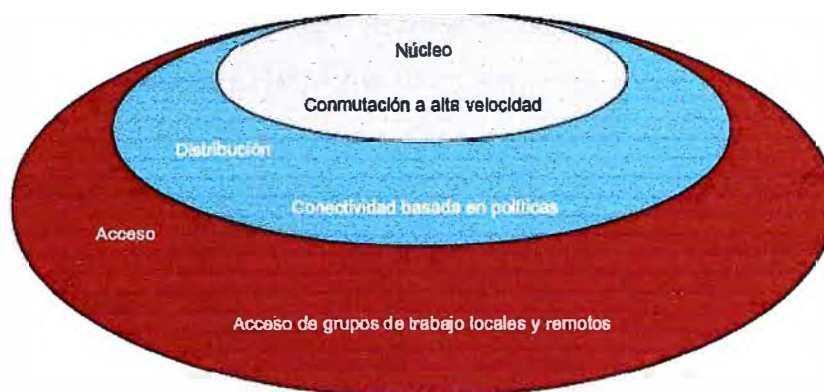


Figura 2.2 Modelo de Red Jerárquico

a. Capa de Acceso

Permite el acceso de los usuarios a los dispositivos de la red para ello se emplea tecnología WAN.

b. Capa de Distribución

Agrupar todas las conexiones WAN, proporciona conectividad basada en políticas.

c. Capa Núcleo

Constituido por enlaces troncales de alta velocidad que está diseñado para una conmutación alta. Como el núcleo es fundamental para la conectividad, debe proporcionar un alto nivel de disponibilidad y adaptarse a los cambios con rapidez. También proporciona escalabilidad y convergencia rápida.

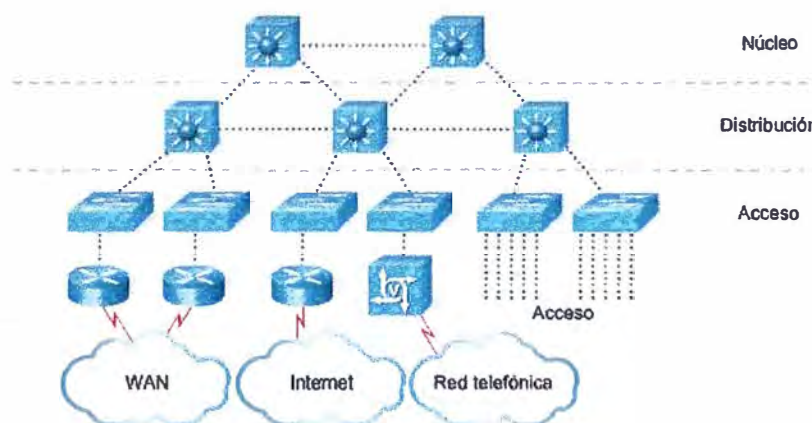


Figura 2.3 Ejemplo Modelo de Red Jerárquico

2.1.3 Dispositivos WAN

- a. Modem**, encargado de modular y/o demodular una señal teniendo como entrada y/o salida otra señal, acondiciona la información para poder ser transmitida por el medio de transmisión.

- b. **CSU/DSU**, dispositivo que adapta la información de la LAN en otra señal digital como por ejemplo tramas PDH, T1 o T3.
- c. **Switch WAN**
- d. **Róuter núcleo**

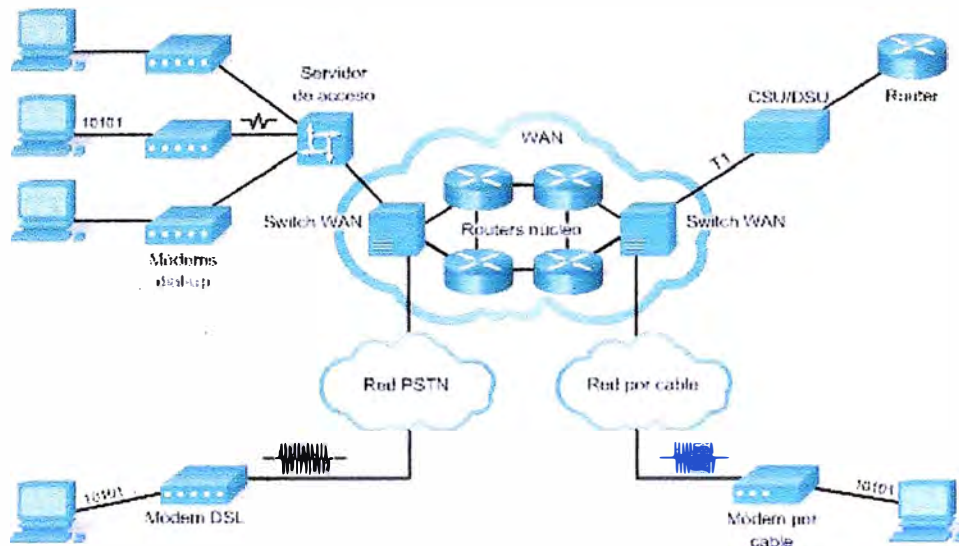


Figura 2.4 Dispositivos WAN

2.1.4 Conmutación WAN

a. Conmutación de circuitos

Las redes de conmutación de circuitos son las que establecen un circuito (o canal) dedicado entre los nodos y las terminales antes de que los usuarios puedan comunicarse.

Ejemplo: PSTN, ISDN

b. Conmutación de paquetes

Divide los datos en paquetes que se envían a través de una red compartida. Las redes de conmutación de paquetes no requieren que se establezca un circuito y permiten que muchos pares de nodos se comuniquen a través del mismo canal. Dentro de este grupo encontramos dos tipos de protocolos, los orientados a conexión y los orientados a sin conexión. Ejemplo: Frame Relay, ATM.

2.2 MPLS

MPLS es un estándar IP de conmutación de paquetes del IETF, trata de proporcionar algunas de las características de las redes orientadas a conexión a las redes no orientadas a conexión. MPLS permite a cada nodo, ya sea un switch o un router, asignar una etiqueta a cada uno de los elementos de la tabla y comunicarla a sus nodos vecinos. Esta etiqueta es un valor corto y de tamaño fijo transportado en la cabecera del paquete para identificar un

FEC (Forward Equivalence Class) que es un conjunto de paquetes que son reenviados sobre el mismo camino a través de la red. La etiqueta es un identificador de conexión que sólo tiene significado local y que establece una correspondencia entre el tráfico y un FEC específico. Cuando MPLS está implementado como una solución IP pura o de nivel 3, que es la más habitual, la etiqueta es un segmento de información añadido al comienzo del paquete. Los campos de la cabecera MPLS de 4 bytes, son los siguientes:

- a. **Label (20 bits).** Sentido únicamente local, determinará el próximo salto del paquete.
- b. **CoS (3 bits).** Indica la QoS del paquete. Mediante este campo es posible diferencia distintos tipos de tráfico y mejorar el rendimiento de un tipo de tráfico.
- c. **Stack (1 bit).** Indica si existen más etiquetas MPLS. Importante cuando tráfico MPLS tiene que atravesar otra red MPLS por ejemplo de un ISP.

2.2.1 Beneficios de MPLS

▪ QoS (Calidad de Servicio)

Debido a que MPLS define una estructura de red orientada a conexión en una red basada en IP pueda dar QoS. MPLS soportar servicios diferenciados o DiffServ, utiliza el campo Cos de la cabecera para garantizar en ancho de banda específico por cada aplicación.

▪ TE (Ingeniería de tráfico)

Es el proceso de control de flujo de tráfico a través de la red con el fin de optimizar el uso de los recursos y mejorar el rendimiento de la red. Ante una congestión, los trayectos se re-enrutatan inteligentemente.

▪ VPN (Virtual Private Network)

MPLS ofrece también un mecanismo sencillo y flexible para crear VPN. Una VPN simula la operación de una WAN privada sobre la Internet pública. Puesto que MPLS permite la creación de circuitos virtuales o túneles a lo largo de una red IP, es lógico que los ISP utilicen MPLS como una forma de aislar el tráfico.

▪ Multiprotocolo

MPLS es aplicable a cualquier protocolo de red. MPLS no está limitada a una específica Tecnología de la capa de enlace. Conserva la independencia de los protocolos de capa 2 y capa 3. Observación: MPLS no reemplaza el enrutamiento IP.

2.2.2 Razones de Uso de MPLS

- Velocidad, conmutación de etiqueta.

- Escalabilidad, simplifica proceso de señalización.
- Gestión de QoS, la etiqueta puede definir un túnel óptimo.
- Ingeniería de Tráfico, balanceo de carga en la red.
- Seguridad, establecimiento de túneles.
- Migración a nuevas redes, de IPv4 a IPv6.

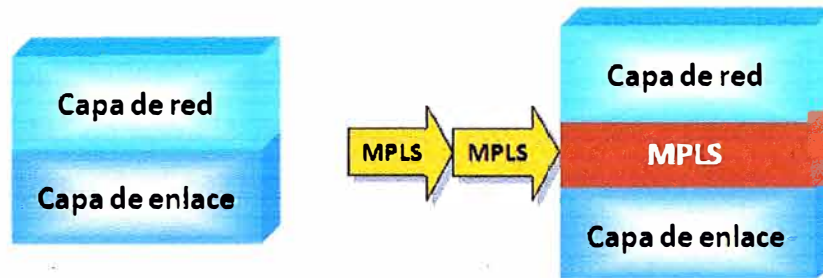


Figura 2.5 MPLS forwarding

2.3 Protocolo BGP

Las redes MPLS para poder compartir sus tablas de ruteo emplean el protocolo de enrutamiento BGP, protocolo de ruteo entre sistemas autónomos. Los Sistema autónomos son un conjunto de redes bajo una misma administración técnica. Se tiene la siguiente asignación: AS público, 1-64512 y AS privado, 64513-65535.

Características:

- Escalable, seguro, soporte de políticas.
- La ruta elegida puede no siempre ser la óptima.
- Establece sesiones (vecindades): externa, interna

Criterio de Selección de Rutas:

Se tiene los siguientes criterios en forma descendente:

- Mayor Local Preference, relacionado con los clientes y Telecom.
- Camino AS más corto.
- MED más bajo (Multi-Exit Discriminator)
- $i\text{-BGP} < e\text{-BGP}$
- Coste IGP más bajo al nodo BGP de salida
- Router ID más bajo

2.4 Redes Satelitales

Los satélites son utilizados principalmente para establecer comunicaciones entre puntos condicionados a determinadas situaciones de acuerdo a:

- Cuestiones geográficas por cobertura o por zonas de difícil acceso.

- La necesidad de distribución a gran cantidad de puntos sobre una gran superficie terrestre.

- La necesidad de rápida y fácil implementación del servicio.

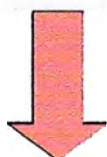
Con estos conceptos podemos concluir que un enlace o red satelital será implementado cuando técnica y económicamente sea más eficiente que un enlace terrestre.

Para poder lograr dicha eficiencia, debemos ponernos como objetivo lograr una alta disponibilidad y confiabilidad en dicho enlace.

La disponibilidad de servicio nos habla de la calidad del enlace determinada por la información que llega a destino. Dicha información se mide con el BER.

DISPONIBILIDAD

(Availability)



BER

Figura 2.6 Disponibilidad del Servicio

La disponibilidad de servicio dependerá del tipo de servicio que se esté brindando y la necesidad de lograr un BER determinado. No es lo mismo el objetivo de calidad de un servicio de validación de tarjeta de crédito o de un ATM, que el de transferencias interbancarias o sistemas de seguridad.

2.4.1 Parámetros Satelitales

- **Disponibilidad:**

Porcentaje de tiempo en que un enlace puede proveer un servicio con una calidad de servicio determinada.

- **Confiabilidad**

La confiabilidad de un sistema satelital dependerá del equipamiento involucrado en el funcionamiento en el momento del lanzamiento y en la operatividad del satélite como de la estación terrena.

2.4.2 Tipo de Enlaces Satelitales

De acuerdo al tipo de comunicación:

- Enlace Unidireccional (One Way)
- Enlace Bidireccionales (Two Ways)

De acuerdo al tipo de red:

- Punto a Punto
- Punto a Multipunto
- Multipunto a multipunto

a. Enlace Unidireccional (One Way)

Ejemplo de enlace Unidireccional / Punto a punto: Transmisión de una señal de video con noticias sin editar desde un distribuidor de noticias a un canal de TV, para luego ser editada y emitida.



Figura 2.7 Enlace Unidireccional Punto a Punto

Ejemplo de enlace Unidireccional / Punto a Multipunto: Broadcast de audio o de video.



Figura 2.8 Enlace Unidireccional Punto a Multipunto

b. Enlace Bidireccionales (Two Ways)

Ejemplo de Enlace Bidireccional / Punto a Punto: Enlace SCPC

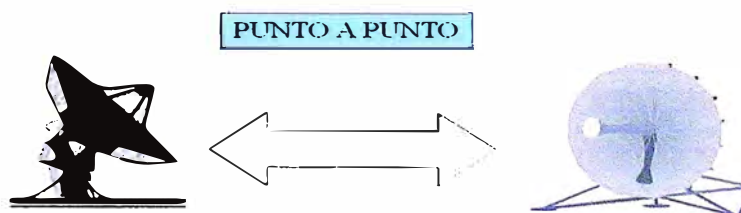


Figura 2.9 Enlace Bidireccional Punto a Punto

Ejemplo de Enlace Bidireccional, Punto a Multipunto: Sistema VSAT



Figura 2.10 Enlace Bidireccional Punto—Multipunto

Ejemplo de Enlace Bidireccional: Multipunto a Multipunto: Sistema DAMA (Demand Assignment Multiple Access)

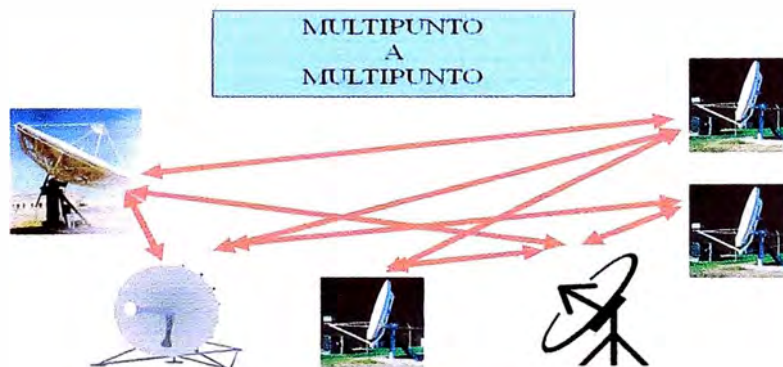


Figura 2.11 Enlace Bidireccional Multipunto a Multipunto

2.5 Tecnología SCPC (Single Channel Per Carrier)

El sistema SCPC consiste en transmitir una señal en una frecuencia fija, llamada portadora, se requieren dos portadoras para establecer un enlace en una topología punto a punto. La tecnología SCPC utiliza el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), se asignan dos ranuras fijas del espectro radioeléctrico, una es utilizada para pasar la señal modulada de subida (Uplink) y la otra ranura para la señal modulada de bajada (Downlink), la principal ventaja de esta tecnología es que el ancho de banda siempre estará disponible a si el enlace se utilice o no. La desventaja es el costo de implementación, el equipamiento satelital es costoso al igual que la capacidad satelital.

2.5.1 Diagrama de Bloques

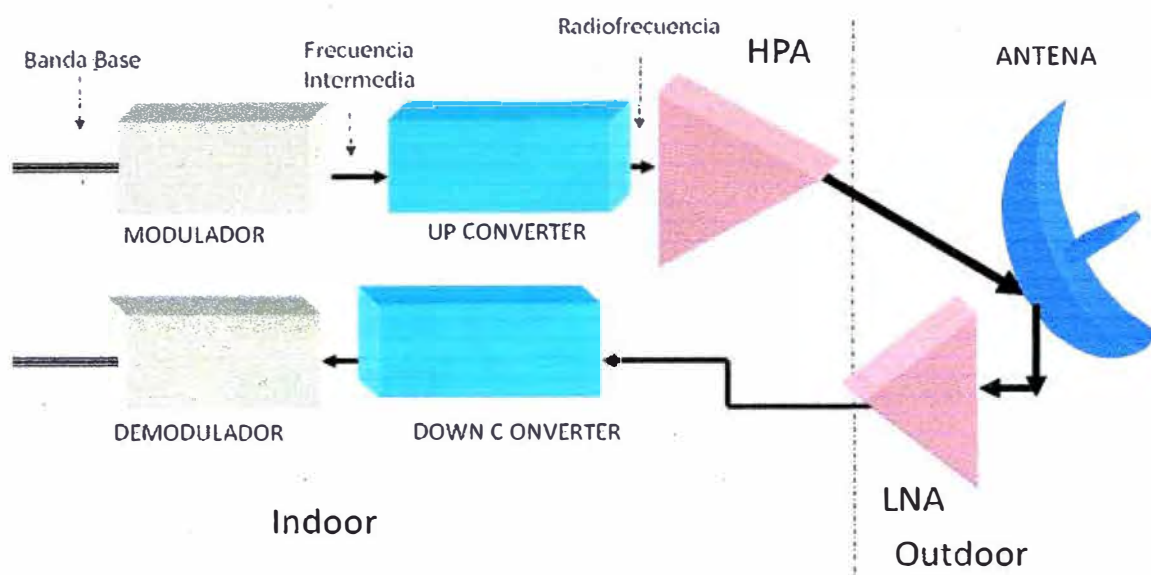


Figura 2.12 Diagrama de Bloques de Estación Terrena

2.5.2 Equipamiento

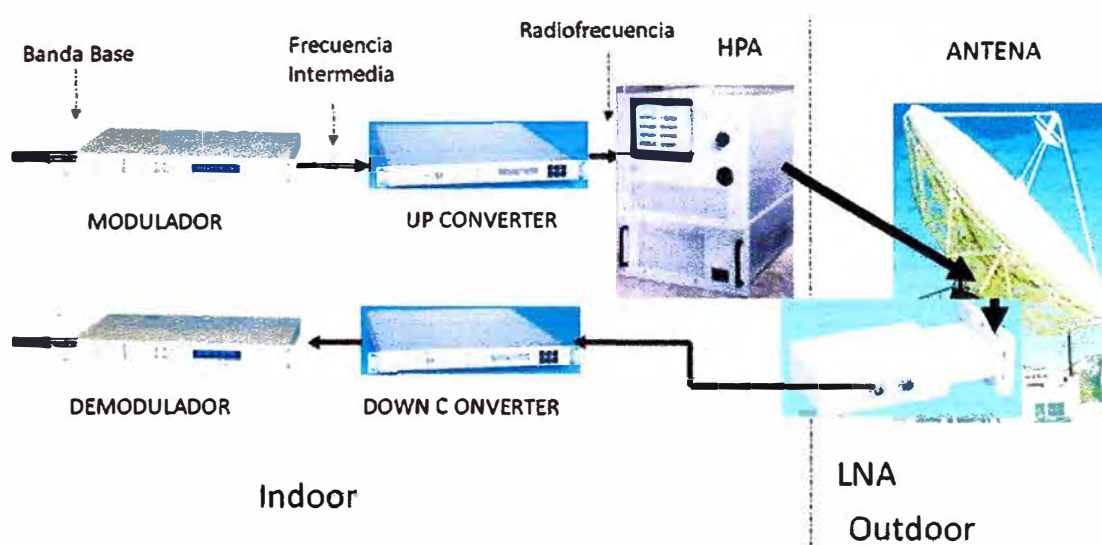


Figura 2.13 Equipamiento SCPC de Estación Terrena

En la figura 2.13 se trata de plasmar la figura 2.12 con el equipamiento que se utiliza en un enlace SCPC, generalmente en las estaciones terrenas SCPC el converter y HPA van junto a la antena, es decir son considerados equipos Outdoor, siendo el único equipo Indoor el modem satelital. El equipamiento SCPC es muy costoso al igual que su mantenimiento preventivo y correctivo.

2.5.3 Parámetros Satelitales

a. Modulación

El Modulador, genera una portadora en la banda de frecuencia intermedia centrada en 70 MHz o 140 MHz.

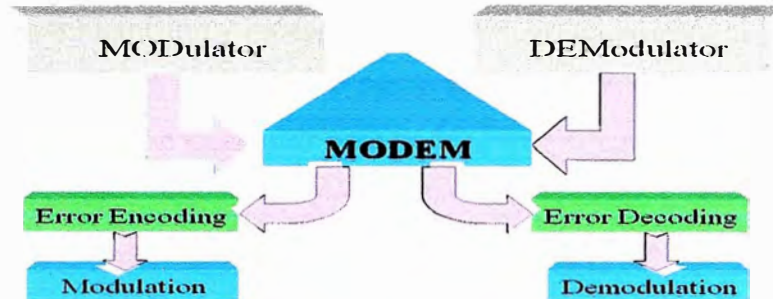


Figura 2.14 Modem: Diagrama Funcional

Tipos de Modulación:

- BPSK: Bi-Phase Shift Queying
- QPSK: Quadrature Phase Shift Queying
- 8-PSK: Eight Phase Shift Queying
- 16-QAM: Quadrature Amplitud Modulation

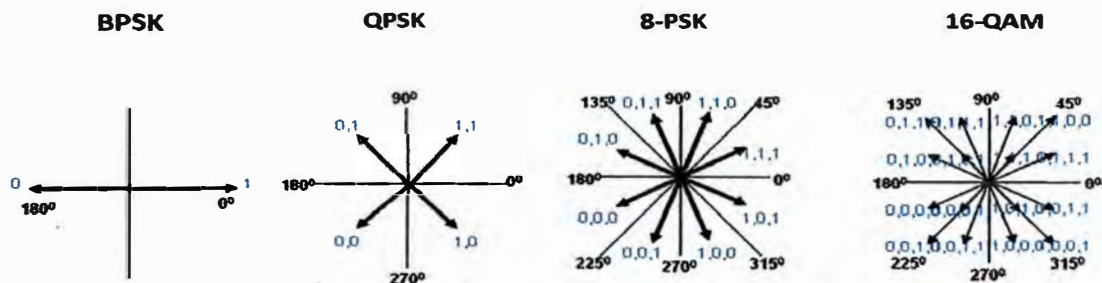


Figura 2.15 Tipos de Modulación

A “mayor” nivel de modulación, menor es el ancho de banda necesario para procesar la misma información, la desventaja es que la probabilidad de generar errores es mayor por el tratamiento de mayor cantidad de información (más bits) en cada cambio de fase. En conclusión esta mayor posibilidad de generar errores hace necesario el incremento de los niveles de potencia de la portadora para mejorar el C/N, es decir la relación Portadora a Ruido (Carrier To Noise), compensando de esta forma la desventaja mencionada, haciendo uso de mayor potencia terrestre y satelital por lo tanto aumentan los costos del equipamiento.

b. FEC (Forward Error Correction)

Método para corrección de un número de errores sin necesidad de retransmisión de información. Agregando información extra (o redundante) a los datos a transmitir se habilita al receptor a identificar y corregir errores generados por el incremento de ruido durante el proceso de transmisión y recepción. La razón principal para el uso de un FEC en enlaces satelitales que utilicen esquemas de modulación digital, es la de reducir la cantidad de potencia que el satélite debe transmitir para poder cumplir con el BER deseado.

La corrección de errores que produce el FEC, es equivalente a considerar un aumento del C/N de la portadora para corregir los mismos, por eso se le llama “Ganancia de Codificación” a este sistema de corrección de errores.

c. C/N (Portadora a Ruido)

Es la relación entre la potencia de una portadora y la densidad de ruido recibido en el receptor. Se mide en dB (dBW/dBW) y se verifica con un Analizador de Espectro. Su valor está directamente relacionado casi siempre con la calidad de la estación receptora o el G/T de la misma. La Temperatura de ruido del LNA, las pérdidas en guía de onda, el ángulo de elevación y el ruido terrestre son factores determinantes para cuantificar la calidad recepción de una estación terrena y su influencia en el C/N.

d. Eb/No

Es la relación entre la energía por bit de información y la densidad de ruido recibida. Se mide en dB y su valor se encuentra en el display del modem. El BER final será función del Eb/No de acuerdo a las características propias del modem. No se puede medir el Eb/No con un instrumento, por lo tanto, el valor medido en el display del modem se debe tomar a nivel referencial.

e. BER

Relación promedio de bits erróneos en el número total de bits enviados. Es lógico pensar que cuanto mayor sea la disponibilidad de servicio, la implementación del sistema será más costoso para poder lograr la menor cantidad de errores posibles.

Los parámetros vistos, C/N, Eb/No. y BER, están íntimamente relacionados y son la base de la ingeniería de las comunicaciones satelitales, parámetros muy útiles en los cálculos.

Optimización del Uso del Ancho De Banda

En la figura 2.16 se puede diferenciar entre portadoras de iguales velocidades de información a diferentes modulaciones, permitiendo optimizar el uso de ancho de banda,

pero incrementará la probabilidad de errores, a menos que se incremente la potencia para compensar dicha desventaja.

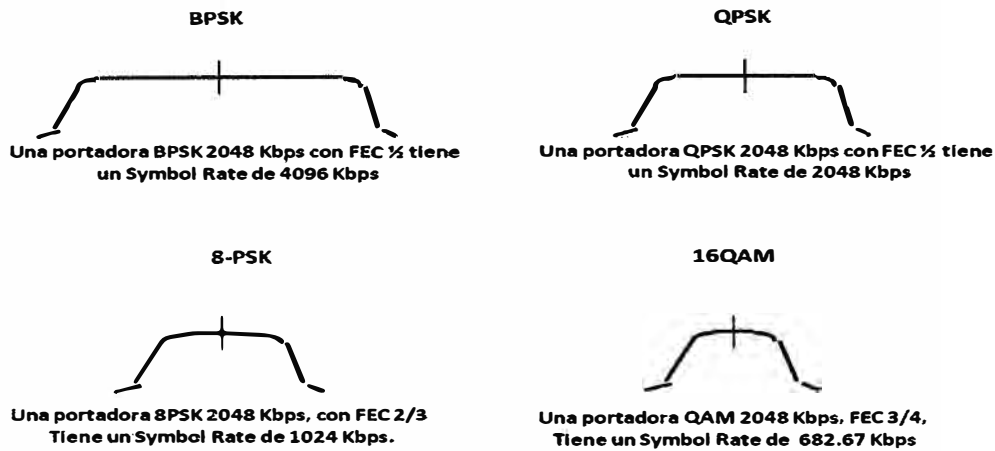


Figura 2.16 Optimización del Ancho de Banda

2.5.4 Eficiencia de un Enlace Satelital

La decisión fundamental y mas importante en el diseño de un enlace satelital esta en las definición de la configuración de los parámetros del modem para lograr la mayor eficiencia entre la potencia y el ancho de banda consumido en el satélite, utilizando los recursos terrestres (Antenas, HPA, LNA) técnico y económicamente más adecuados. Para este fin se trabaja con la herramienta teórica más importante que es el cálculo de enlace.

La decisión final redundará directamente en la calidad de servicio y en los gastos involucrados, ya sea por el equipamiento a comprar (gasto por única vez) como por los recursos satelitales utilizados (gastos mensuales por el plazo de contrato).

2.6 Tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminal)

En sus inicios fue la marca comercial de una pequeña estación terrena de Telcom general en los Estados Unidos (1980). Estas estaciones terrenas son equipos montados que permiten la recepción de datos del satélite así como transmisión de este hacia el satélite. Además, se puede definir como terminal al equipo de usuario final como teléfono, fax, televisión, computadora, etc., que genera o acepta el tráfico que es llevado con las redes VSAT. La tecnología VSAT es uno de los productos que ofrece servicios de comunicación con poca capacidad pero con la ventaja de que es fácil de instalar en cualquier lugar y su instalación está por debajo de \$ 2,000.

La tendencia de la tecnología de los enlaces satelitales son las redes VSAT debido a que optimiza el uso del espectro radioeléctrico en gran manera siendo este un recurso muy costoso.

En los últimos años las empresas están invirtiendo mucho dinero en desarrollar mejoramientos a la tecnología VSAT con el objetivo de simular un enlace satelital dedicado 1:1 con un ancho de banda siempre disponible.

2.6.1 Estructura de una Red VSAT

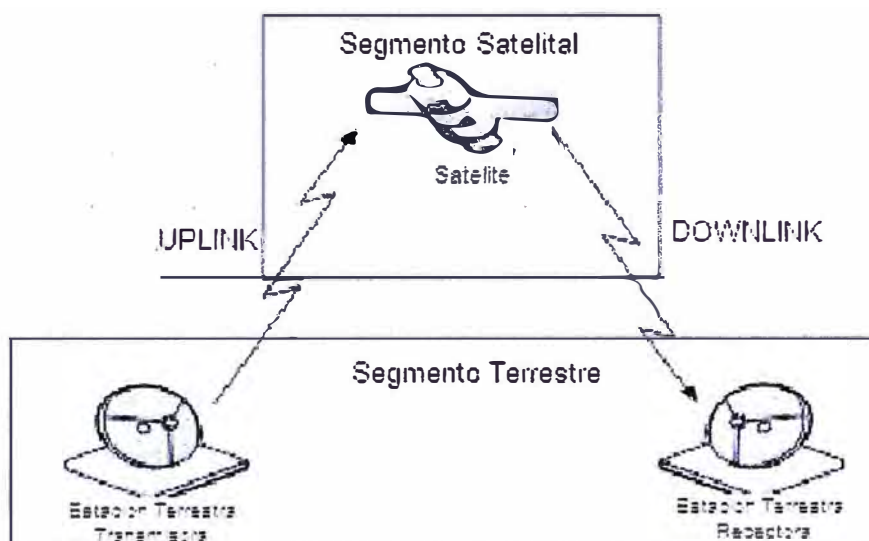


Figura 2.17 Estructura Red VSAT

Las redes VSAT usan satélites geostacionarios, estos son satélites que se encuentran orbitando en el plano ecuatorial de la tierra a una distancia de 35786km. En esta altitud el periodo de órbita es igual a la rotación de la tierra como también el movimiento del satélite es en la misma dirección del movimiento de la tierra, esto provoca que el satélite se observe como un punto fijo en el cielo y actúe como un repetidor. Esta distancia también induce una atenuación de la señal en 200dB tanto en subida como en bajada y un retardo de 0.5 seg.

En la elección adecuada de un satélite para un servicio VSAT debe verse en primer lugar el posicionamiento del satélite en la longitud de la estación terrestre, en segundo lugar la cobertura del satélite así como valores de EIRP (potencia isotropía radiada efectiva) y finalmente, debe revisarse el azimut y elevación de todas las estaciones para evitar que haya obstáculo que presente problema para acceder al satélite.

La tabla 2.1 muestra valores de EIRP para satélites geostacionarios, dependiendo del tipo de cobertura y banda de frecuencia.

Tabla 2.1 Valores EIRP Satélites geoestacionarios

	Tipo de cobertura	EIRP
Banda C	Global	24 a 30 dBW
	Zona	30 a 36 dBW
	Mancha	36 a 42 dBW
Banda Ku	Zona	36 a 42 dBW
	Mancha	42 a 52 dBW

2.6.2 Elementos de una Red VSAT

Una red VSAT está conformada por estaciones terrestres VSAT y por estaciones concentradoras llamadas HUB. Las estaciones VSAT se pueden separar en dos grandes bloques de equipos: el outdoor unit (ODU) e indoor unit (IDU).

El ODU es la interface del VSAT que va al satélite y está conformado por la antena y paquetes electrónicos que contiene el amplificador de transmisión y de recepción, el up-down converter y el sintetizador de frecuencia. El indoor unit (IDU) es el terminal hacia la red LAN y está conformado por moduladores y demoduladores así como puertos para instalar sus terminales al VSAT. En la figura 2.18 se puede observar ambas unidades:

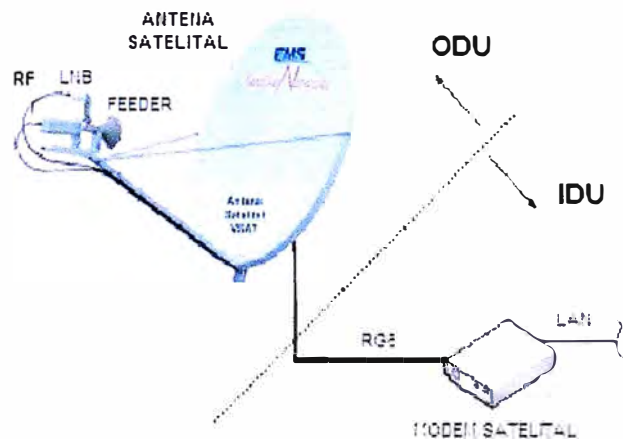


Figura 2.18 Elementos de la estación VSAT

Las estaciones HUB tienen el indoor unit conectado a una computadora o a una central pública o líneas privadas dependiendo de la funcionalidad que se le quiera dar al HUB.

Las estaciones HUB están equipados con NMS que es una mini computadora que cumple funciones operacionales, proporcionar una reconfiguración de la red dinámicamente por adición o borrado de portadoras o interfaces de red, además incluye un

monitoreo y control del rendimiento y estado del Hub y estaciones VSAT, y administrativas, se encarga de la seguridad y facturación.

Entre las opciones de HUB que encontramos en el mercado se puede mencionar: HUB grande, tiene una antena en el rango de 8–10m y soporta una gran cantidad de redes simples con la posibilidad de cientos de VSAT conectados a él. HUB compartido, muchas redes separadas comparten un mismo HUB soporta hasta 50 VSAT remotos. HUB pequeño, con una antena de 2–5m puede soportar hasta 300 a 400 VSAT remotos.

2.7 Acceso al Medio

Mediante diferentes sistemas de acceso, se mejora el uso del segmento espacial para bajas y altas velocidades. Las técnicas de acceso son necesarias para enviar diferentes señales simultáneamente al mismo satélite.

- Dominio de frecuencia: Frequency-Division Multiple Access (FDMA)
- Dominio del tiempo: Time-Division Multiple Access (TDMA)
- Dominio de la frecuencia y tiempo simultáneamente:
Frequency Time Division Multiple Access (FTDMA)

a. **FDMA**, cada estación tiene asignado un ancho de banda entre determinadas frecuencias en cada transponder, pueden ser analógicas o digitales. En FDMA se transmiten portadoras SCPC.

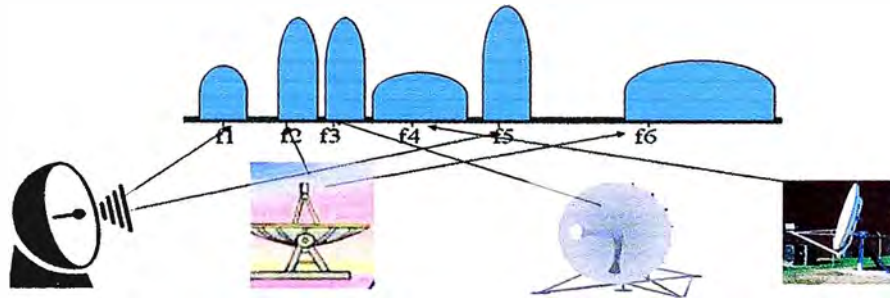


Figura 2.19 Sistema de Acceso FDMA

b. **TDMA**, las señales comparten un determinado rango de frecuencia en el tiempo. Un TDMA típico son los sistemas satelitales VSAT.

c. **FDMA & TDMA**, este sistema de acceso combina las dos técnicas anteriores, es decir, las estaciones transmiten en diferencias frecuencias a lo largo del tiempo.

La decisión sobre el sistema de acceso a utilizar, no sólo dependerá de las aplicaciones a implementar, sino también del uso de los recursos satelitales y sus costos asociados. Entiéndase por recursos satelitales el consumo por portadora.

Veremos cuatro implementaciones, siendo la ultima la que se utilizará más adelante en el informe. Antes de mencionar cada una de ellas, expliquemos el significado de inbound, outbound, SCPC y MCPC (Multiple Channels Per Carrier). El primero indica la transferencia de información desde un VSAT al HUB, el segundo indica la transferencia de información desde el HUB a un VSAT, el tercero es el tráfico de una conexión one-way en donde dicha conexión se refiere en la no competencia de portadoras para acceder al satélite y por lo tanto no hay necesidad de usar ningún protocolo de acceso, finalmente, el cuarto significa que muchas conexiones one-way son multiplexadas en el tiempo.

2.7.1 FDMA-SCPC Inbound / FDMA-SCPC Outbound

En el caso de inbound, cada VSAT tiene asignado bandas de frecuencias y empleara una portadora por canal, es decir multiplexara en frecuencia. Esto provocara que la banda inbound ocupe NK portadoras. En el caso de outbound el hub utilizará NK portadoras, K para cada estación hub. Entonces se puede concluir que se necesita K moduladores y K demoduladores en cada VSAT, y de NK moduladores y NK demoduladores en el Hub.

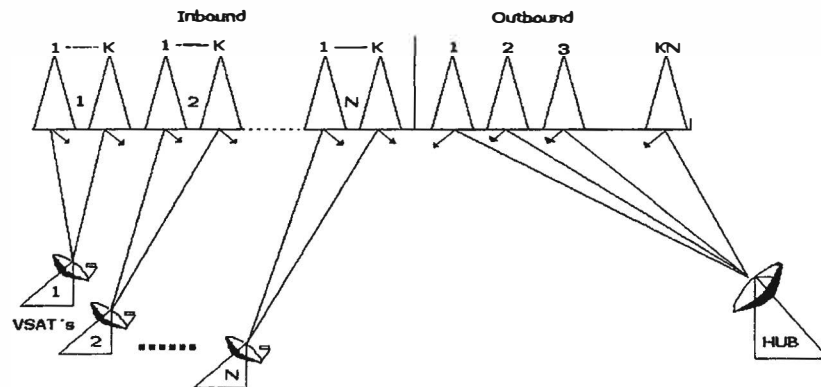


Figura 2.20 FDMA-SCPC inbound/FDMA-SCPC outbound

2.7.2 FDMA-SCPC Inbound / FDMA-MCPC Outbound

En inbound es semejante al anterior; en outbound existe una reducción de portadoras mediante la multiplexación en el tiempo de los canales de cada VSAT en una portadora (MCPC). Entonces, ahora se requiere K moduladores y 1 demodulador en cada VSAT; N moduladores y NK demoduladores en el Hub.

Una característica de esta configuración es que al tener las portadoras salientes del Hub multiplexadas en el tiempo, los moduladores y demoduladores de los VSAT's deben poder adaptarse a diferentes velocidades; además se tiene que al incrementar la velocidad de transmisión del Hub se aumenta la potencia de transmisión de este.

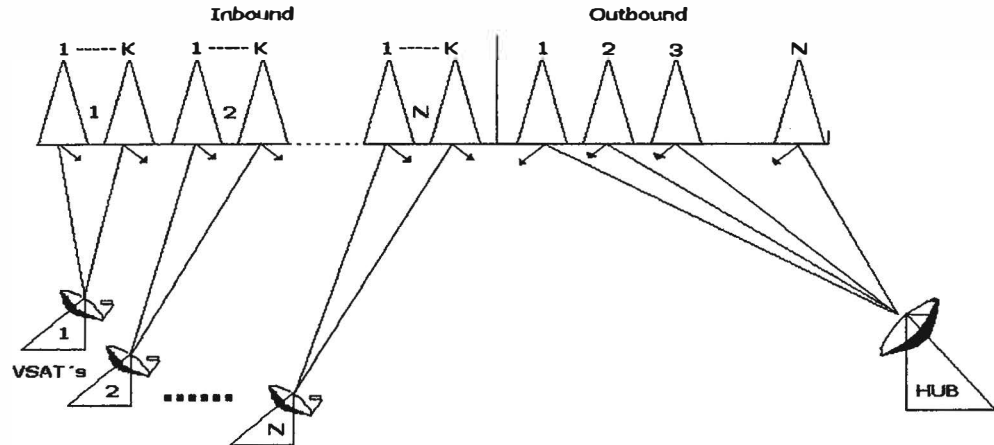


Figura 2.21 FDMA-SCPC inbound/FDMA-MCPC outbound

2.7.3 FDMA-SCPC Inbound / TDM-MCPC Outbound

En el inbound sigue la misma configuración que en los casos anteriores pero ahora en el outbound los NK canales que transmite el Hub son multiplexa por división en el tiempo. Bajo este esquema se requiere K moduladores y 1 demodulador en cada VSAT; 1 modulador y NK demoduladores en el hub. Una característica es que el modulador del hub y los demoduladores de las VSAT's pueden operar a una velocidad constante igual a la capacidad máxima de la red.

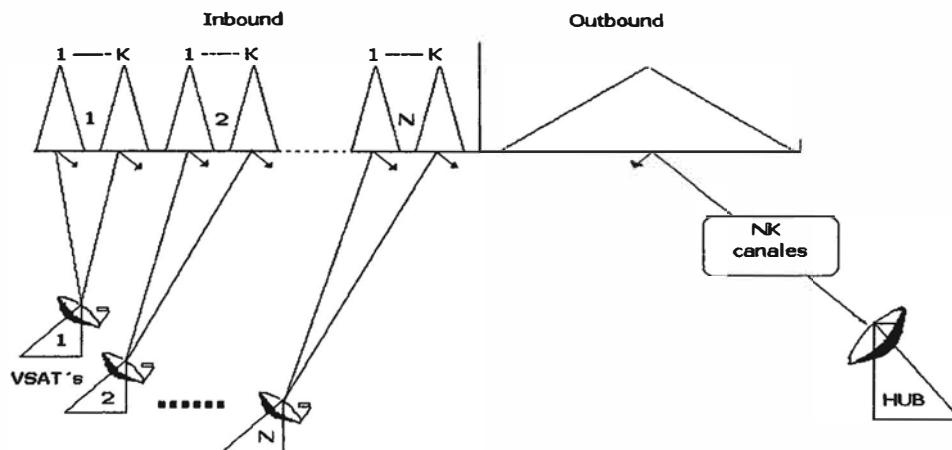


Figura 2.22 FDMA-SCPC inbound/TDM-MCPC outbound

2.7.4 FDMA-MCPC Inbound / TDM-MCPC Outbound

En esta configuración en el inbound se multiplexa por división de tiempo el tráfico de los K canales de una VSAT en una portadora MCPC, entonces se tiene N portadoras. En el outbound presenta el mismo esquema que la configuración anterior. Ahora se requiere de 1 modulador y 1 demodulador en cada VSAT; 1 modulador y N demoduladores en el Hub.

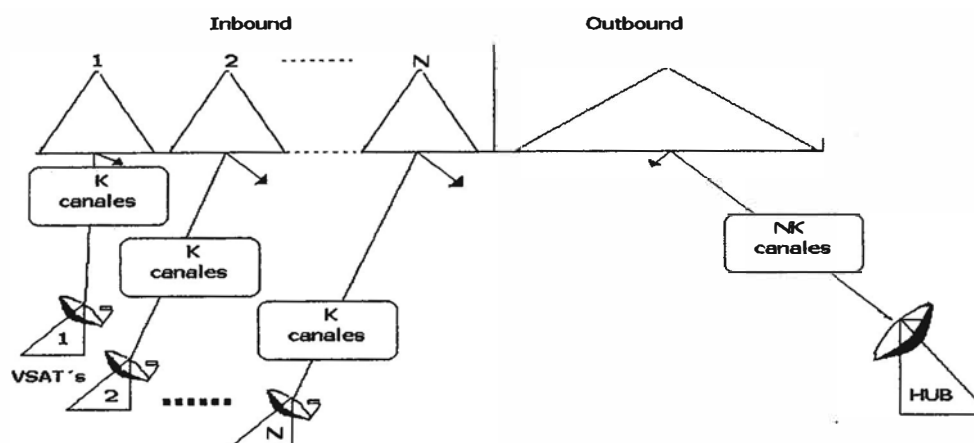


Figura 2.23 FDMA-MCPC inbound/TDM-MCPC outbound

2.8 Red Integrada de Servicios

Las redes convergentes o redes de multiservicio hacen referencia a la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una sola red basada en IP como protocolo de nivel de red. Las redes de convergencia han tenido y tendrán aún dificultades técnicas que superar ya que los distintos servicios por ofrecer tienen diferentes características y requerimientos de red, por tanto es importante hablar aquí de ingeniería de tráfico y mecanismos que garanticen calidades de servicio.

2.8.1 Servicios Integrados (IntServ):

Especifica un mecanismo para soportar sesiones de punta a punta a través de Internet, que necesitan una específica calidad de servicio. Requiere de un módulo en cada router IP a lo largo de la trayectoria, que reserva recursos para cada sesión y entonces se asegura que cada paquete de datos en tránsito sea chequeado para ver qué recursos le corresponden recibir. Estas reservaciones son pedidas usando un protocolo de reserva de recursos conocido como RSVP. Si la solicitud de RSVP falla, entonces la sesión no se inicia. Una de las desventajas es que necesita de nuevo software tanto en el envío de paquetes y en el control de todos los routers a lo largo del camino de la red concerniente. Otra desventaja es que si fuera usado en la mayoría de las principales conexiones ISP, llevando millones de paquetes por segundo, el overhead por paquete en la implementación de los chequeos necesarios y administración de los recursos se cree ser ampliamente inaceptable. Aparte, en IntServ, el Sistema Autónomo o los límites del proveedor son esencialmente invisibles. En general, el fracaso de IntServ se debe principalmente a que en tomo un camino en donde deja atrás las raíces del éxito de IP y adoptó la noción de que QoS significa conexiones. El modelo orientado a la conexión no puede ser usado para traer una QoS viable de punta a

punta a la Internet, por asumir un modelo de la Internet que es homogéneo administrativamente.

2.8.2 Servicios Diferenciados (DiffServ):

Intenta evitar los problemas de escalabilidad que plantea IntServ/RSVP. Se basa en el marcado de paquetes únicamente. No hay reserva de recursos por flujo, no hay protocolo de señalización, no hay información de estado en el routers. Las garantías de calidad de servicio no son tan severas como en IntServ pero en muchos casos son consideradas suficientes. En vez de distinguir flujos individuales clasifica los paquetes en categorías según el tipo de servicio solicitado. A cada categoría le corresponde un SLA (Service Level Agreement). La SLA se negocia o pacta previamente y suele tener carácter estático según contrato firmado con la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.

Los routers tratan cada paquete según su categoría que viene marcado en la cabecera de paquetes. El Policy Control / Admission solo se ha de efectuar en los routers de entrada a la red del proveedor y los que atraviesan fronteras entre proveedores, normalmente entre las fronteras de sistemas autónomos.

2.9 HSRP (Hot Standby Router Protocol)

Es un protocolo propiedad de Cisco que permite el despliegue de routers redundantes tolerantes a fallos en una red. Este protocolo evita la existencia de puntos de fallo únicos en la red mediante técnicas de redundancia y comprobación del estado de los routers.

2.9.1 Características

Se crea un grupo de routers en el que uno de ellos actúa como maestro, enrutando el tráfico, y los demás actúan como respaldo a la espera de que se produzca un fallo en el maestro. HSRP es un protocolo que actúa en la capa 3 del modelo OSI administrando las direcciones virtuales que identifican al router que actúa como maestro en un momento dado.

2.9.2 Funcionalidad

HSRP utiliza un sistema de prioridades para saber cuál es el router maestro, la prioridad por defecto es 100, así que si se configura una más alta se tomará como router maestro por defecto, los demás routers están a la espera que el router maestro falle para poder reemplazarlo. El cambio de pasivo a maestro es totalmente transparente para los elementos de la red. Entre los routers del grupo HSRP se intercambian mensajes hello para conocer el estado en el que se encuentran. Estos mensajes utilizan la dirección multicast 224.0.0.2 y el puerto UDP 1985.

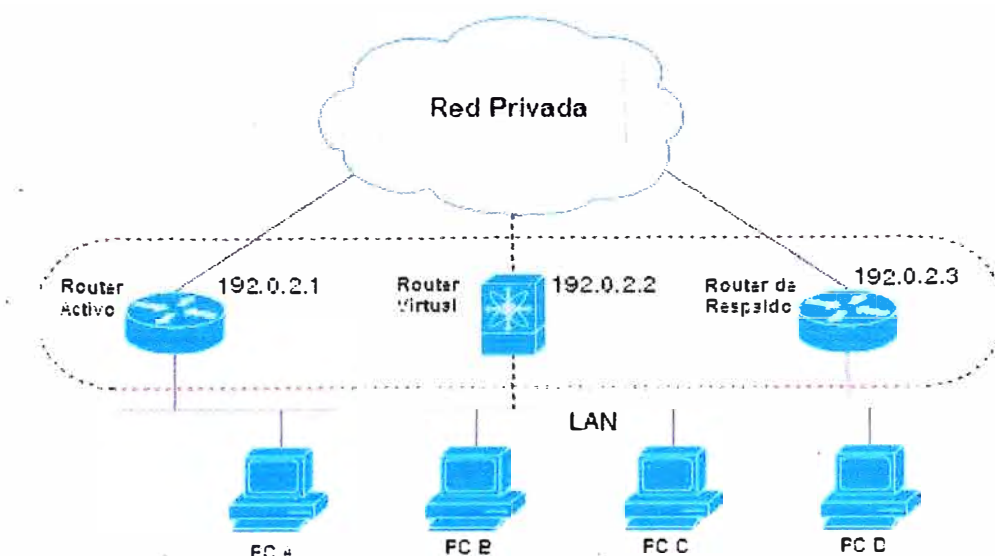


Figura 2.24 Grupo HSRP

Si el router maestro no envía mensajes tipo hello a los routers respaldo dentro de un periodo de tiempo, otro router del grupo se coloca como router maestro. Esto consiste en que el nuevo router obtiene la dirección virtual que identifica al grupo.

▪ Paso de Esclavo a Maestro

El router en espera toma el lugar del router maestro, una vez que el temporizador holdtime expira, un equivalente a tres paquetes hello que no vienen desde el router activo, timer hello por defecto definido a 3 y holdtime por defecto definido a 10. Si el estado del router maestro pasa a down, el router decrementa su prioridad. Así, el router respaldo lee ese decremento en forma de un valor presente en el campo de prioridad del paquete hello, y se convertirá en el router maestro si ese valor es menor al suyo propio. Este proceso decremental puede ser configurado de antemano estableciendo un valor por defecto del decremento, normalmente de 10 en 10.

2.10 Disponibilidad de Enlace

La indisponibilidad puede estar asociado a muchos factores, como por ejemplo falla de equipamiento, suministro de energía, mala manipulación del personal, fluctuaciones eléctricas, catástrofes naturales, refrigeración, etc. En términos generales, se puede decir que la disponibilidad es una medida de la frecuencia de la utilización del enlace. Para ser más exactos, la disponibilidad es un cálculo porcentual del tiempo en que el enlace está realmente disponible con el tiempo del enlace fuera de servicio. El cálculo formal de la disponibilidad incluye el tiempo de reparación, ya que un enlace que está en reparación no está disponible.

2.10.1 Cálculo de Disponibilidad

Tabla 2.2 Cálculo de Disponibilidad del Enlace

Nombre	Acrónimo	Cálculo	Definición
Tiempo medio entre fallas	MTBF	Horas / número de errores	Duración media de funcionamiento de la aplicación antes de que produzca errores.
Tiempo medio de reparación	MTTR	Horas de reparación / número de errores	Tiempo medio necesario para reparar y restaurar el servicio después de que se produzca un error.

La fórmula de disponibilidad es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = (\text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})) \times 100 \dots \dots \dots (2.1)$$

2.10.2 Cálculo de Disponibilidad en Serie

La posible caída del enlace puede ser ocasionada por cada unas de las etapas, por lo tanto la disponibilidad del enlace es el producto de las disponibilidades.



Figura 2.22 Disponibilidad en Serie

$$D_{TOTAL} = D_1 * D_2 * D_3 \dots \dots \dots (2.2)$$

Por ejemplo D1 y D3 puede ser la disponibilidad de la operatividad de los equipos de la sede central y sucursal respectivamente; D2, la disponibilidad del medio de transmisión, a su vez D1 y D3 puede estar constituidos por un grupo de disponibilidad en cascada.

2.10.3 Cálculo de Disponibilidad en Paralelo

Para realizar este cálculo primero se realiza un artificio, primero se calcula la indisponibilidad (N) de cada enlace en paralelo y luego se calcula la indisponibilidad del enlace total siendo esta el producto aritmético de todas las indisponibilidades, esto debido para que ocurra la caída del enlace total todos los enlaces deben caer.

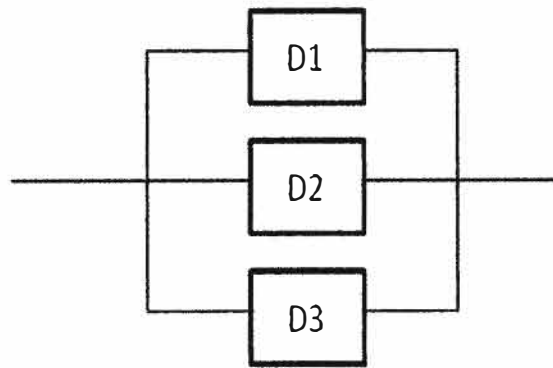


Figura 2.23 Disponibilidad en Paralelo

Calculo de las Indisponibilidades:

$$N_1 = 1 - D_1$$

$$N_2 = 1 - D_2$$

$$N_3 = 1 - D_3$$

$$N_{TOTAL} = 1 - D_{TOTAL}$$

Indisponibilidad total del enlace:

$$N_{TOTAL} = N_1 * N_2 * N_3 = (1 - D_1)(1 - D_2)(1 - D_3) = 1 - D_{TOTAL} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\Rightarrow D_{TOTAL} = 1 - (1 - D_1)(1 - D_2)(1 - D_3) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

De la formula se deduce que a mas enlaces en paralelo mayor será la disponibilidad del enlace. En la práctica esto es muy común verlo, cuando un enlace tiene una disponibilidad baja se suele colocar un enlace redundante siendo la disponibilidad total mayor.

2.10.4 Cálculo de Disponibilidad Ponderada

Dado "n" enlaces cada uno con una disponibilidad D_i y ancho de banda Bw_i , la disponibilidad ponderada se obtiene con la siguiente fórmula:

$$D_{PONDERADA} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} D_i * Bw_i}{\sum_{i=1}^{i=n} Bw_i} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

La disponibilidad ponderada es un parámetro que refleja la disponibilidad de todo el sistema, dando mayor importancia a las disponibilidades de los enlaces con mayor ancho de banda.

2.10.5 Mejoramiento de la Disponibilidad

Para poder alcanzar niveles altos de disponibilidad del enlace se puede tomar las siguientes medidas:

- Mejorar el equipamiento, colocar equipamiento más robusto, menos propenso a fallas, lo que implica un mayor costo del equipo.
- Instalación de enlaces redundantes (enlaces de respaldo).
- Identificación y eliminación de errores a nivel de capa de física y enlace del modelo TCP/IP, esto significa en cambio de equipamiento.

CAPITULO III DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES

3.1. Escenario Previo

Se plantea la red de una empresa transportadora de petróleo que opera en los departamentos de Loreto (pozo de extracción), Cajamarca, Amazonas Lambayeque y Piura, en esta última ubicación tiene su oficina principal. La empresa posee un gaseoducto que transporta el crudo desde los dos pozos de extracción en la selva hasta la costa (Bayoyar) lugar en el cual el petróleo es exportado vía marítima. En toda la trayectoria del gaseoducto existen estaciones de bombeo (Pump Station) cuya función es darle más flujo para que el fluido pueda continuar con su recorrido, además en dichas estaciones se realiza un monitoreo de los parámetros más críticos para asegurarse que todo esté trabajando correctamente, una mala lectura o falta de datos puede parar toda la producción de la empresa, de allí la importancia de la disponibilidad de las comunicaciones, a su vez en las estaciones trabaja personal con necesidad de estar siempre comunicados vía correo electrónico, anexos telefónicos, videoconferencias, acceso a la intranet e internet.

3.1.1. Topología de Red

En la figura 3.1 se muestra el diagrama de la red antigua de la empresa, donde se puede observar los siete campamentos de bombeo donde solo es posible acceder vía satelital, también se observa la oficina en Piura donde se encuentra el servidor SCADA que monitorea todos los parámetros de control de bombeo necesarios para garantizar la perfecta operación del gaseoducto, y su oficina principal en Lima donde se encuentran todos los servidores corporativos tales como correo, servicios de facturación, logísticos y salida de internet. En el diagrama también se indica los anchos de banda de cada enlace. La red antigua de la empresa es una red frame relay la cual permite pasar enlaces voz y datos.

La red satelital es de topología Punto – Multipunto bidireccional donde la antena central se encuentra en la sede de Piura por facilidad de manipulación técnica. Los enlaces satelitales son propios de la empresa previo alquiler de capacidad satelital, en cambio el enlace terrestre de la oficina de Piura y oficina Central Lima son enlaces contratados a un

proveedor de servicios de telecomunicaciones (Telcom). Notar que existe un router por estación remota debido a la tecnología satelital que se está empleando, SCPC.

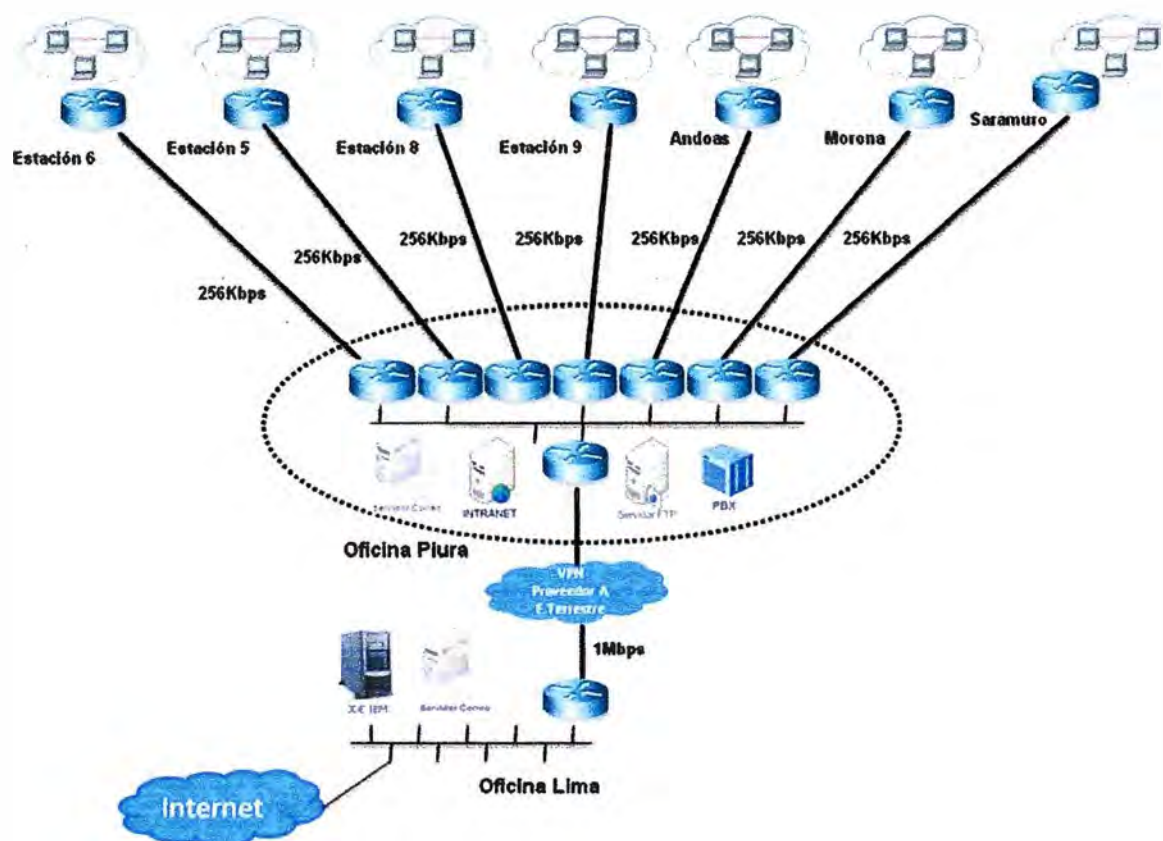


Figura 3.1 Topología de Red Antigua

Tabla 3.1 Estaciones Remotas

Nº	Estaciones	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altura (msnm)	Localidad	Departamento
1	Estación 5	4° 38' 56.3"	77° 30' 20.0"	280	Saramiriza	Loreto
2	Estación 6	5° 2' 56.1"	78° 15' 52.6"	304	Imaza	Amazonas
3	Estación 8	6° 2' 7.3"	79° 1' 48.1"	833	Pucara	Cajamarca
4	Estación 9	5° 49' 8.9"	79° 22' 32.4"	1176	Huarmaca	Piura
5	Andoas	2° 48' 30.4"	76° 27' 22.8"	210	Andoas	Loreto
6	Morona	3° 59' 2.1"	77° 13' 37.2"	171	Morona	Loreto
7	Saramuro	4° 43' 4.8"	74° 55' 23.6"	119	Urarinas	Loreto

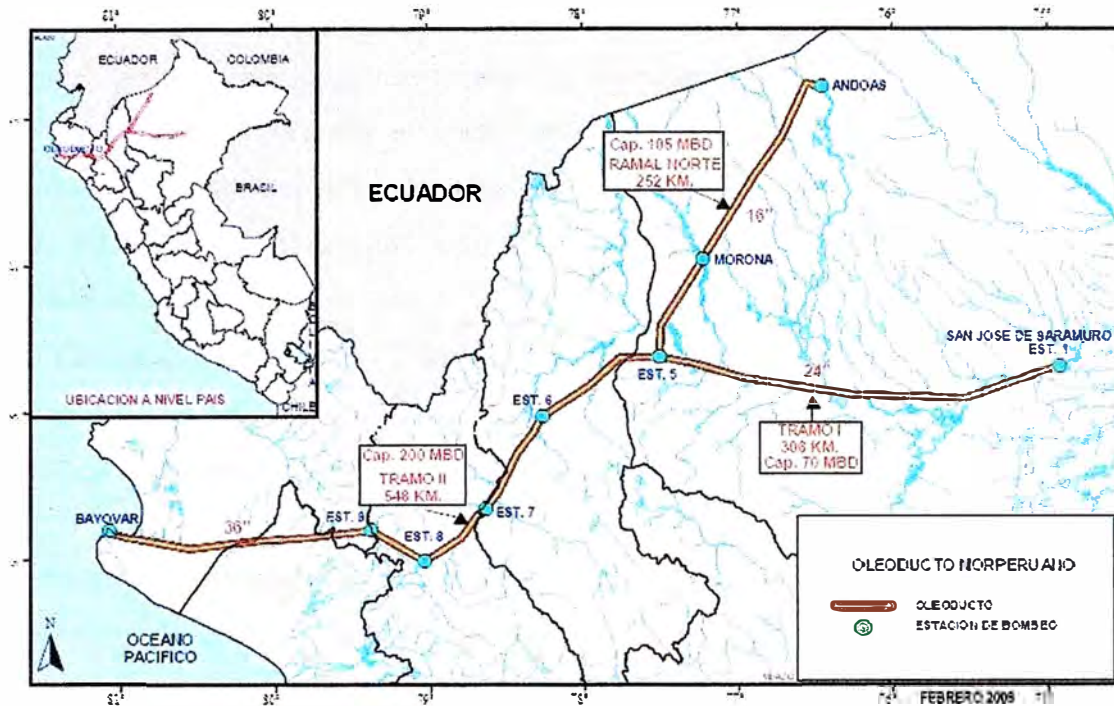


Figura 3.2 Mapa Estaciones Remotas de Bombeo

Descripción Actual de los Enlaces de Operaciones Oleoducto:

- Red estrella centrada en la oficina de Piura.
- Oficina Piura centro de datos (Internet, Intranet, FTP, Email, ftp, archivos, etc).
- La oficina principal de Lima (OFP) es la puerta de ingreso corporativo para los servicios de Internet, correo electrónico, Citrix, ERP. A través de Piura se distribuye estos servicios a las Estaciones del Oleoducto.
- La oficina de Piura cuenta con 7 routers Cisco discontinuados
- En la Tabla 3.2 se indican los canales de voz por Estación Remota

Tabla 3.2 Escenario Previo – Canales de Voz

Nº	Remotas	Canales de Voz
1	Estación 5	8
2	Estación 6	4
3	Estación 8	4
4	Estación 9	4
5	Andoas	4
6	Morona	4
7	Saramuro	4

3.1.2. Tecnología Satelital Empleada

La red fue implementada hace 15 años atrás donde la tecnología satelital más usada era la SCPC, esta tecnología por el hecho de tener un ancho de banda espectral siempre disponible es de un costo elevado tanto en equipamiento como en alquiler de capacidad satelital. Para poder optimizar los recursos la empresa optó por sólo dar un ancho de banda de 256Kbps a cada estación remota.

▪ Parámetros Satelitales Empleados

De acuerdo a las necesidades de ancho de banda se emplearon módems satelitales de baja tasa de transmisión (Low Rate). Con modulación QPSK, FEC $\frac{3}{4}$, código corrección de errores Secuencial, sin código de errores concatenados. Según estos parámetros se tiene que el ancho de banda que consume cada portadora es 240KHz, como son dos portadoras por cada una de las siete sedes remotas, transmisión y recepción, se tiene un ancho de banda total de $7*2*240\text{KHz} = 3.36\text{MHz}$. La empresa contrató directamente capacidad a un proveedor.

La elección de los parámetros satelitales elegidos radicó en el costo de los módems satelitales, además debido al bajo ancho de banda asignado por remota el ahorro por modulación es bajo.

3.1.3. Disponibilidad de la Red Antigua

Se asume una disponibilidad de los enlaces satelitales del 99.5%, en este valor se está considerando la disponibilidad del equipamiento de 15 años de antigüedad, disponibilidad del satélite, disponibilidad del medio de transmisión considerando enlaces SCPC banda C. Para el enlace de fibra óptica se está considerando una disponibilidad del 99.7% valor contractual que brinda el proveedor de servicios de telecomunicaciones.

Tabla 3.3 Disponibilidad del Escenario Previo

Nº	Enlaces	Medio de Tx	Bw (Kbps)	Disponibilidad
1	Piura - Estación 5	Satelital	512	0.95
2	Piura - Estación 6	Satelital	256	0.95
3	Piura - Estación 8	Satelital	256	0.95
4	Piura - Estación 9	Satelital	256	0.95
5	Piura - Andoas	Satelital	256	0.95
6	Piura - Morona	Satelital	256	0.95
7	Piura - Saramuro	Satelital	512	0.95
8	Piura - Lima	Fibra óptica	1000	0.97

▪ **Cálculo de la Disponibilidad de la Red**

El cálculo se realiza de una manera ponderada considerando los anchos de banda de los enlaces, es decir, un enlace de mayor ancho de banda es mucho más importante que un enlace de bajo ancho de banda. Según el resultado de la formula 3.1 la disponibilidad del antiguo sistema de comunicación es 95.99%, valor relativamente bajo para el sistema.

$$D_{RED} = \frac{128*0.95*6+256*0.95+1000*0.97}{128*6+256+1000} = 95.99\% \dots\dots (3.1)$$

3.1.4. Problemática y Limitaciones

La red descrita presenta muchos problemas que a lo largo del tiempo se ven acentuados, los problemas principalmente se basan en costos altos y bajo rendimiento de los enlaces satelitales.

a. Enlaces No Redundantes

La falta de enlaces redundantes con lleva a una baja disponibilidad de la red viéndose amenazado la productividad de la empresa.

b. Enlaces No Escalables

La tecnología satelital utilizada tiene sus limitaciones en ancho de banda lo cual le impide crecer por temas de costos de capacidad satelital y nuevo equipamiento. Además la plataforma frame relay no brindaba la adecuada calidad de servicio para las nuevas aplicaciones.

c. Costo Elevado de OPEX

Como se vio en la sección 2.5 la tecnología SCPC necesita un ancho de banda espectral fijo para poder operar siendo la capacidad satelital un recurso muy costoso para una empresa no proveedora de servicios de telecomunicaciones. Este costo le impide a la empresa crecer en ancho de banda de los enlaces ante una demanda de la red.

También se suma los costos de mantenimiento preventivo y correctivo del equipamiento satelital, como por ejemplo las antenas parabólicas, equipamiento SCPC, etc.

d. Tiempos de Respuestas Elevados ante Avería

La falta de plataforma de gestión de los enlaces hace muy difícil reparar las averías ocasionando procedimientos muy largos para dar con el problema, además debido a que la red satelital es propia del cliente, se tiene que solucionar los problemas de degradación o caídas de los enlaces satelitales, para lo que se tiene que contar con el equipamiento apropiado ocasionando costos extras.

e. No Monitoreo

No se cuenta con visibilidad del consumo del ancho de banda de cada enlace lo cual impide planificar un crecimiento de la red a mediano y largo plazo.

f. Geografía Complicada

Las estaciones se encuentran ubicadas en zonas lluviosas lo cual disminuye la disponibilidad de los enlaces satelitales.

3.2. Requerimiento de la Red Integrada de Servicios

La red ilustrada en la figura 3.1 fue diseñada hace 15 años aproximadamente donde no existían tantas aplicaciones IP como en la actualidad, por eso se nota una red sencilla con bajo ancho de banda, baja disponibilidad y costo elevado de OPEX. En la actualidad las redes tienen la necesidad de pasar tráfico de datos, voz y video, además de ser capaces de diferenciar el tráfico para darle el tratamiento respectivo, a esto se le llama calidad de servicio. El requerimiento principal es la interconexión para voz, video y datos de las estaciones remotas a través de enlaces satelitales con las oficinas de Piura y Lima. A continuación se detalla cada requerimiento de la nueva red a diseñar.

3.2.1. Alta Disponibilidad

Los enlaces satelitales se caracterizan por tener una disponibilidad relativamente baja esto se debe principalmente a la atenuación del espacio libre que se refleja en una tasa de BER baja que implica una baja disponibilidad del enlace.

La disponibilidad de los enlaces tanto satelitales como terrestres también depende de factores externos como el tiempo de reacción del personal técnico para resolver una avería, este tiempo está muy relacionado con los siguientes factores:

- Existencia de sistemas de monitoreo
- Capacitación tecnológica del personal
- Disponibilidad de personal
- Movilización del personal
- Movilización de equipos de reemplazo

Según la tabla 3.4 se está planteando una disponibilidad de los enlace satelital de 99.8%, más adelante se demostrará que para llegar a esa disponibilidad será necesario implementar enlaces redundantes.

3.2.2. Ancho de Banda

Aplicativos nuevos como voz sobre IP, videoconferencias sobre IP, demandan más ancho de banda, la nueva red debe cumplir con la demanda. Los requerimiento de ancho de

banda se muestran en la tabla 3.5, notar que requerimiento de ancho de banda para el enlace Lima – Piura es la suma de los demás enlaces, esto para garantizar todos los anchos de banda ante una transmisión simultánea.

Tabla 3.4 Requerimiento de Disponibilidad

Nº	Enlaces	Medio de Tx	Disponibilidad
1	Piura - Estación 5	Satelital	0.998
2	Piura - Estación 6	Satelital	0.998
3	Piura - Estación 8	Satelital	0.998
4	Piura - Estación 9	Satelital	0.998
5	Piura - Andoas	Satelital	0.998
6	Piura - Morona	Satelital	0.998
7	Piura - Saramuro	Satelital	0.998
8	Piura - Lima	Fibra óptica	0.998

Tabla 3.5 Requerimiento de Ancho de Banda

Nº	Enlaces	Medio de Tx	Bw (Kbps) 100% Garantizado
1	Lima - Estación 5	Satelital	1024
2	Lima - Estación 6	Satelital	256
3	Lima - Estación 8	Satelital	256
4	Lima - Estación 9	Satelital	256
5	Lima - Andoas	Satelital	256
6	Lima - Morona	Satelital	256
7	Lima - Saramuro	Satelital	512
8	Lima - Piura	Terrestre	2560

3.2.3. Canales De Voz

Entre Piura y las estaciones remotas los nuevos canales de voz son sobre IP, la cantidad requerida es casi la misma a diferencia de la Estación 5 la cual requiere 8 canales. En la tabla 3.6 se detalla el número de canales con el ancho de banda requerido.

Tabla 3.6 Requerimiento Ancho de Banda para la Voz

Nº	Remotas	Anexos Extendidos	Bw (Kbps) Requerido
1	Estación 5	8	160
2	Estación 6	4	80
3	Estación 8	4	80
4	Estación 9	4	80
5	Andoas	4	80
6	Morona	4	80
7	Saramuro	4	80

3.2.4. Enlaces con Escalabilidad

Ante el crecimiento tanto de usuarios como de aplicaciones IP, se tiene la necesidad de tener enlaces con la capacidad de crecer en ancho de banda sin realizar modificaciones de equipamiento. El rendimiento de los enlaces no debe cambiar ante un incremento del ancho de banda.

Los enlaces deben soportar múltiples aplicaciones de red tales como: Telefonía IP, VoIP, VideoIP, Internet, Intranet, E-Mail, FTP, Encriptación, ERP, etc.

3.2.5. Optimización de la Capacidad Satelital

La capacidad satelital se caracteriza por ser un recurso demasiado costoso, de allí la importancia de optimizarla, buscar una tecnología satelital capaz de balancear el requerimiento de capacidad satelital (Hertz) con el ancho de banda de los enlaces (bit por segundo), dicha tecnología debe darle el mayor uso al ancho de banda espectral contratado cumpliendo el compromiso con el proveedor satelital de ancho de banda y potencia consumida.

3.2.6. Calidad de Servicio

La plataforma de red debe ser capaz de diferenciar los diferentes tipos de tráfico como datos, voz y video, a cada uno debe darle el tratamiento respectivo con el objetivo de mejorar los aplicativos de red tales como videoconferencia, llamadas telefónicas, conexiones remotas, etc. Además la plataforma de red debe ser capaz, previa configuración, de garantizar un determinado ancho de banda del enlace para un tipo de tráfico.

Niveles de Prioridad

Nivel 1 - Aplicaciones Tiempo Real: VoIP, IP Trunking, VideoIP

Nivel 2 - Aplicaciones Críticas/Prioritarias: ERP y Correo Electrónico

Nivel 3 - Aplicaciones Estándar: Internet, Intranet, FTP, otros.

3.2.7. Monitoreo

Debido a la importancia de los enlaces de comunicaciones para la producción de la empresa, se tiene la necesidad de monitorear las 24 horas, todos los días del año, todos los anchos de banda y disponibilidad de todos los enlaces a fin de garantizar un alto rendimiento de la red. Un centro de control debe tener la capacidad para la detección de alarmas tempranas, acciones de control preventivo y correctivo, pruebas técnicas. El departamento de informática de la empresa petrolera requiere ver el consumo del ancho de banda de todos los enlaces vía internet en tiempo real.

CAPITULO IV INGENIERIA DEL PROYECTO

4.1. Topología de Red Planteada

Para cubrir las necesidades de ancho de banda se plantea la siguiente topología.

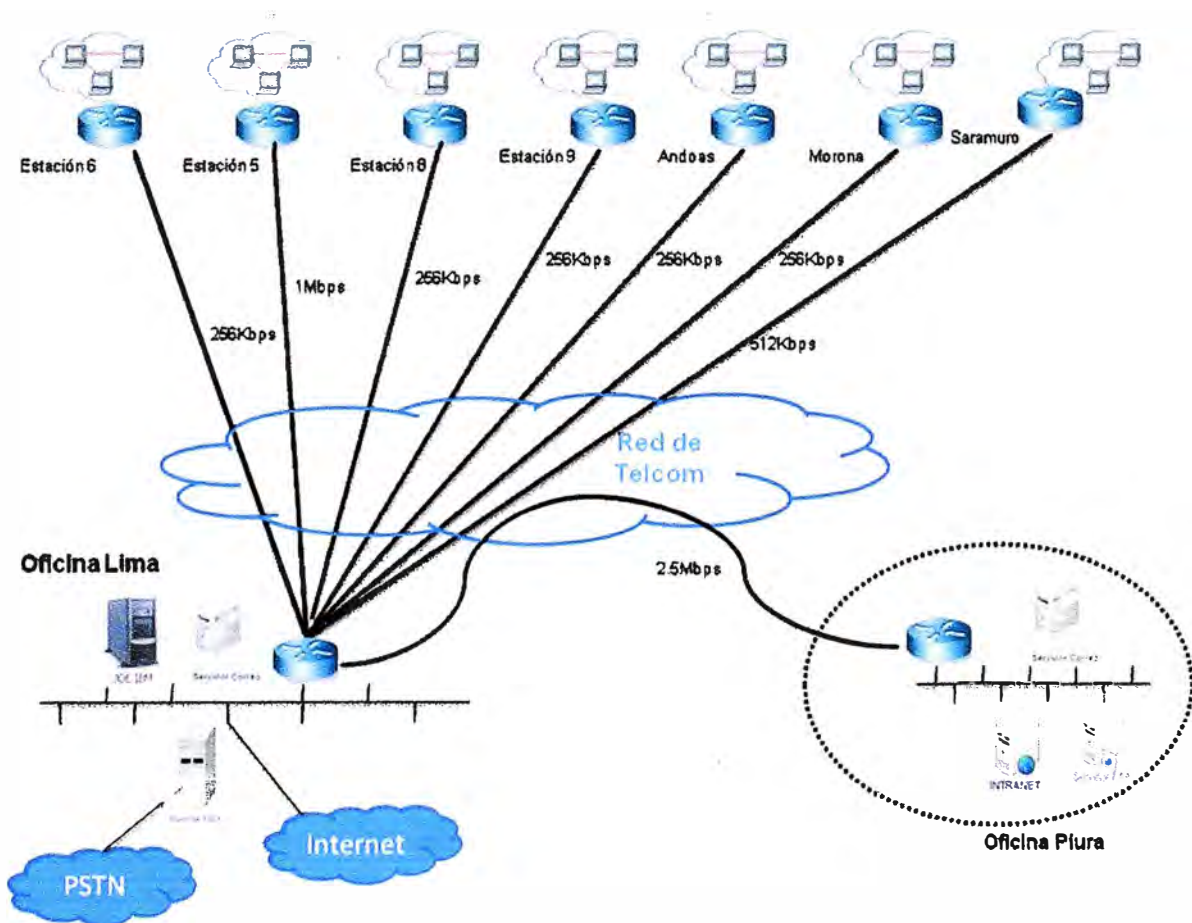


Figura 4.1 Topología de Red Planteada

Como se observa en la Figura 4.1 se cubren las necesidades de ancho de banda, a diferencia de la topología de red antigua, figura 3.1, la topología es tipo estrella con centro en la oficina de Lima, se comunica con la oficina de Piura a través de un enlace terrestre de 2.5Mbps, notar que en la oficina de Lima y Piura solo requiere un router, además la central telefónica ahora se ubica en la sede principal en Lima.

4.2. Diseño de la Red Núcleo

Siguiendo el diseño jerárquico, sección 2.1.2, y considerando la necesidad de una red de alta disponibilidad se plantea el siguiente diseño de red núcleo.

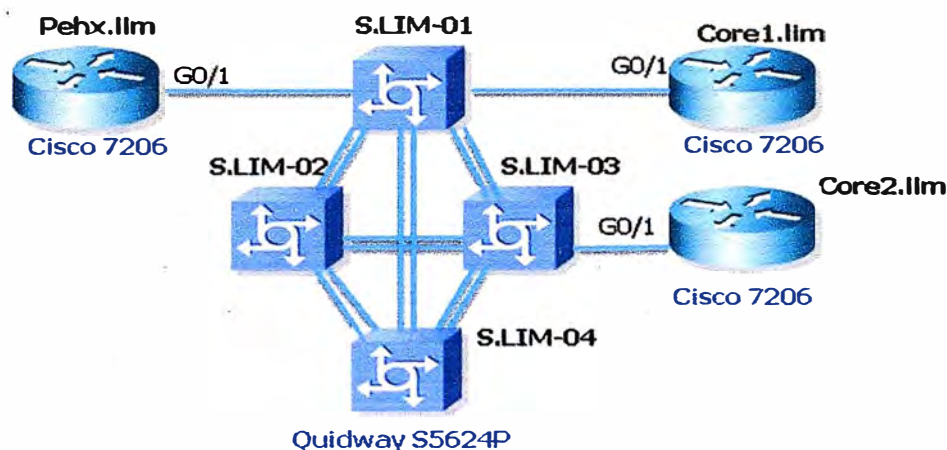


Figura 4.2 Red Núcleo

La Red Núcleo está constituida por una pequeña red LAN de alta conmutación donde corre el protocolo Spanning Tree por la existencia de caminos de redundancia. Los equipos físicamente se encuentran en Lima en la sede central de Telcom. Pehx.lim es un router de núcleo que tiene conectividad directa con el sistema satelital. Core1.lim es un router que brindará el enlace a la sede de Piura, el Core2.lim es el router que brinda el enlace a la oficina principal en Lima. En la figura 4.2 los switches pertenece a la red núcleo de Telcom, a ellos se conectan todos los routers de la red núcleo de la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones.

a. Elección del Protocolo WAN

Considerando la necesidad del cliente de tener una red integrada de servicios capaz de pasar voz, video y datos con calidad de servicio, se eligió como protocolo WAN el protocolo MPLS, protocolo que brinda muchas funcionalidades tales como escalabilidad, alta conmutación, control de flujo, etc. Las ventajas se vieron en la sección 2.2. Casi todas las importantes empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones (Telcom) cuentan con redes MPLS implementadas.

4.3. Diseño de la Red de Distribución

Para poder llegar a la oficina de Piura se utiliza el Nodo Piura el cual tiene una troncal de dos E1 que constituye un ancho de banda de 4Mbps, la red es propia de Telcom.

Para poder llegar la oficina central del cliente en Lima se utiliza como Nodo de acceso el Nodo San Isidro de Telcom, de dicho nodo se tiene llegada por fibra óptica (traza) al edificio de la oficina central del cliente siendo suficiente solo un pequeño canalizado hasta su sala de servidores.

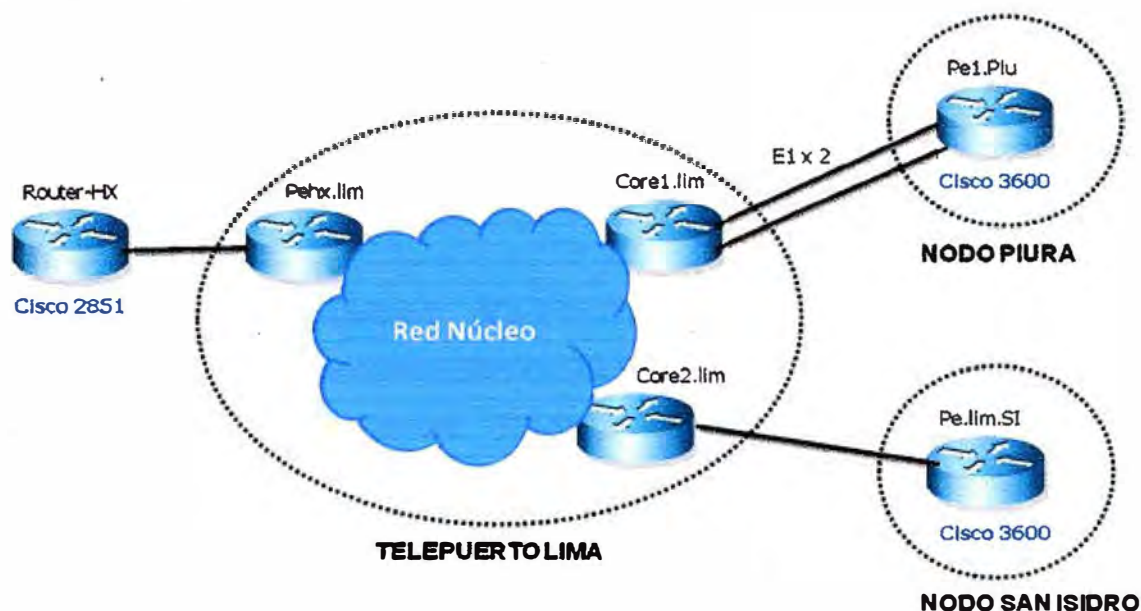


Figura 4.3 Red de Acceso

Los router Pe1.Piu y Pe.lim.SI son conocidos como router de frontera o Edge, en MPLS se le suele llamar simplemente router PE.

4.4. Diseño de la Red de Acceso

Para poder conectar los usuarios finales a la red de Telcom en el lado de Piura se añade un Switch que maneja VLAN para poder separar el tráfico de los usuarios, lo mismo para el lado de San Isidro.

En el lado de Lima se añade un router, Router-HX, que se encargará únicamente de enrutar por IP destino el tráfico hacia las remotas vía el sistema satelital.

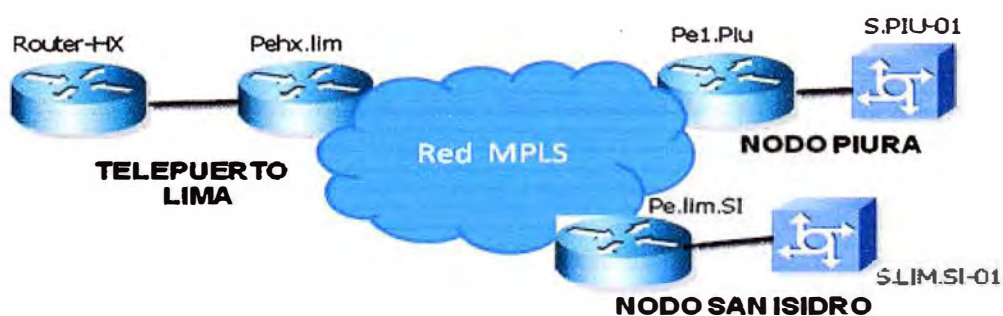


Figura 4.4 Red de Acceso

4.5. Evaluación de la Tecnología VSAT de Última Milla

Debido a que el recurso satelital es costoso y recurrente (Opex) se tiene la necesidad de optimizarlo al máximo para lo cual se elige la tecnología satelital VSAT que emplea un sistema de acceso múltiple en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo (TDMA / FDMA). En esta sección se evalúa la tecnología VSAT a emplear como tecnología de última milla para las estaciones remotas.

Se evalúan las tres tecnologías VSAT más predominantes del mundo, se elegirá la mas óptima para la aplicación, pero antes se detallan métodos de optimización de los sistema VSAT.

4.5.1. Características de Optimización TCP/IP de las VSAT

a. Performance Enhancement Proxy (PEP)

PEP es usado para compensar el retardo satelital que existe y así acelerar las transmisiones TCP sobre él. Aplicando PEP se puede llegar a velocidades altas, como por ejemplo hasta 2.5Mbps para un sistema Hughes considerando solo una conexión TCP.

El protocolo actúa exclusivamente en el enlace satelital para garantizar una entrega precisa de los segmentos TCP.

Se utiliza el TCP Spoofing para acelerar la conexión TCP y flujo, de esta forma los TCP acuse de recibo (acknowledgement) son reducidos sobre el enlace satelital.

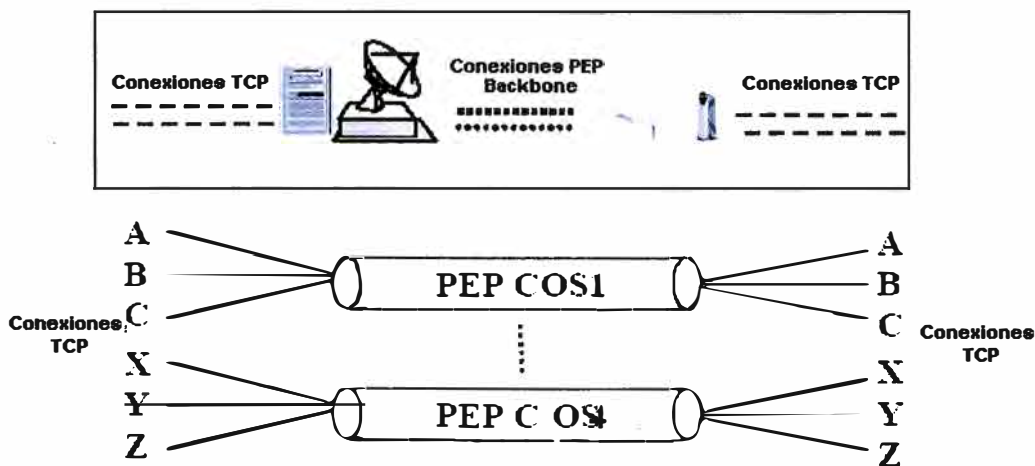


Figura 4.5 Performance Enhancement Proxy (PEP)

b. Turbo HTTP

Usado para incrementar el rendimiento del acceso a web en la intranet. Consiste en implementar un Servidor Turbo Page (TPS) en el GTWY y clientes Turbo Page (TPC) en los equipos remotos, IDU. TPS y TPC son los que mantendrán las sesiones TCP a través

del espacio. Todos los requerimientos HTTP / TCP son multiplexados a través de esta conexión.

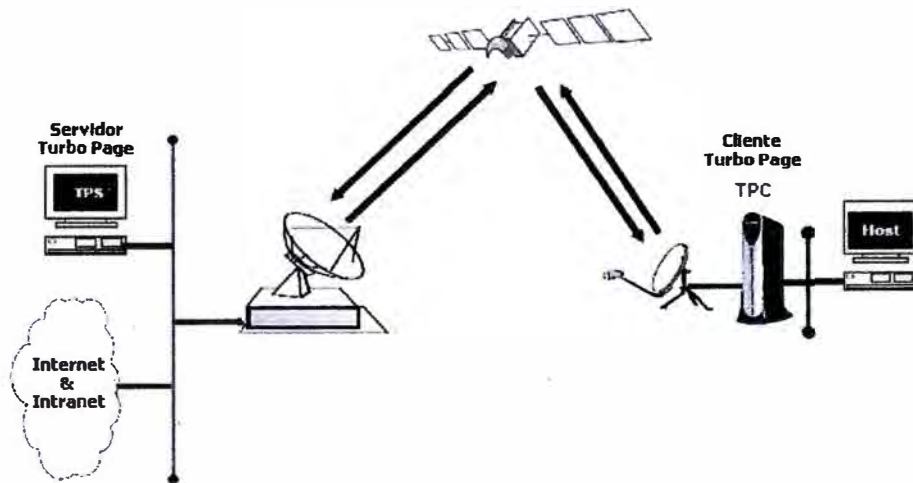


Figura 4.6 Turbo HTTP

c. Soporte Multicast

Soporte de tráfico IP multicast clase D desde el GTWY a los terminales remotos a través del Outroute. Los sistemas VSAT que soportan multicast también soportan tráfico Broadcast IP. Aún no existe sistema VSAT que soporte tráfico multicast sobre la inroute.

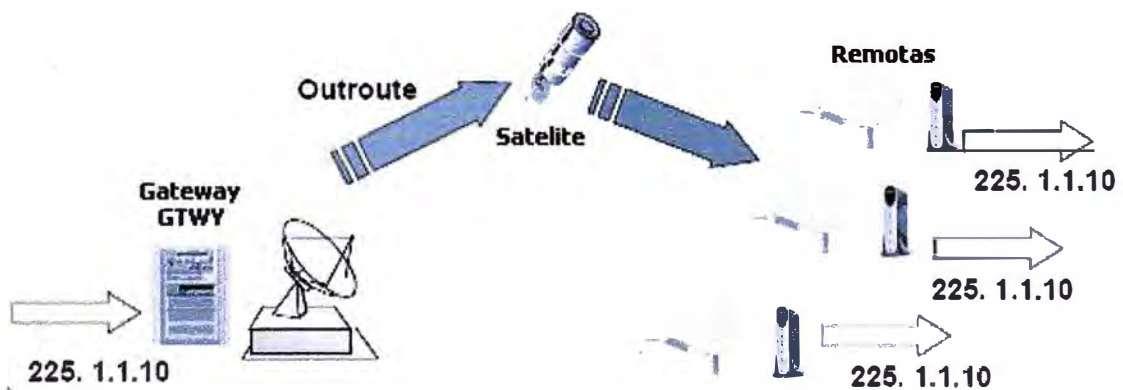


Figura 4.7 Soporte Multicast y Broadcast en Sistemas VSAT

d. NAT (Network Address Translation)

Equipos capaces de soportar dos tipos de NAT: NAPT (Network Address Port Translation) y NAT simple. Esta función es propia de un equipo ruteador.

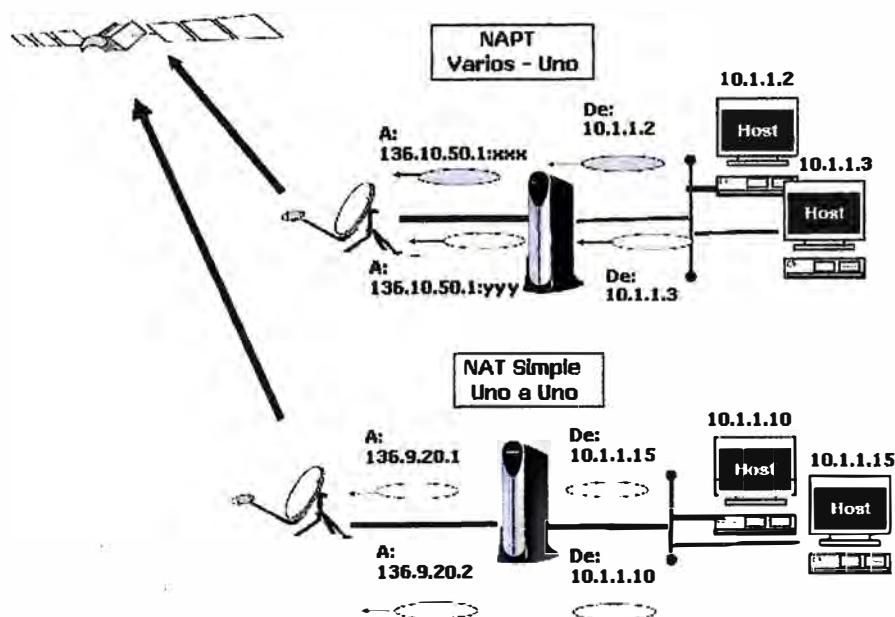


Figura 4.8 NAT – Traducción de direcciones de red

e. Servidor DHCP

El equipo satelital remoto, IDU, brinda servicio DHCP, es decir asigna dinámicamente una dirección IP a los host que se lo soliciten, el rango de direcciones a asignar es configurable local y remotamente.

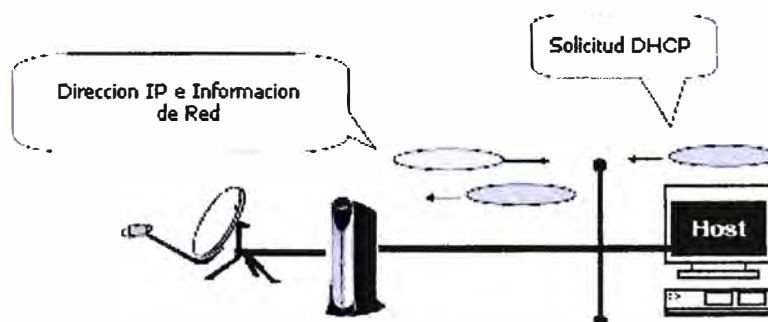


Figura 4.9 Servidor DHCP en la Remota

f. Cache DNS (Domain Name Service)

Cuando un host quiere acceder a una dirección URL en particular tiene que resolver la dirección IP del nombre del dominio. Para reducir los tiempos de respuesta a través del enlace satelital, las direcciones IP de los dominios se almacenan en una memoria cache en el equipos satelital remoto, IDU. Si el cache DNS no contiene el dominio requerido recién es donde la IDU realiza el requerimiento al servidor DNS configurado.

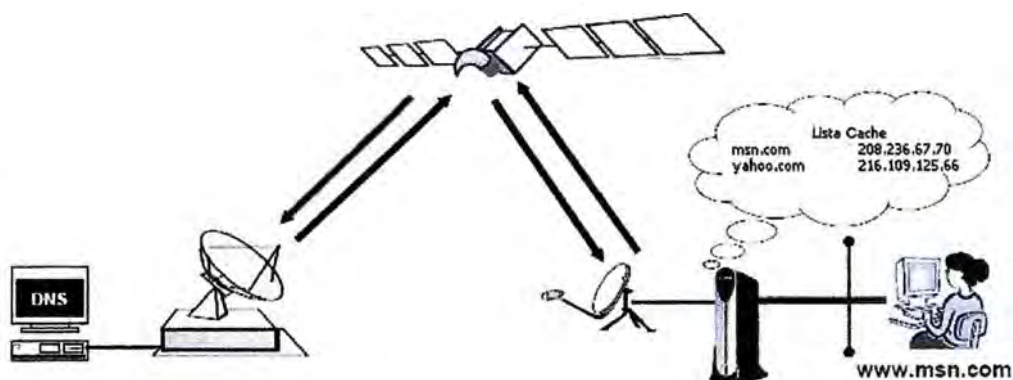


Figura 4.10 Cache DNS

g. Características de Firewall

Se considera que el sistema VSAT tiene características de firewall cuando el equipo satelital (IDU) soporta Listas de Control de Acceso (ACL), las reglas pueden ser configuradas desde el GTWY y descargada por la remota o configurada localmente vía un puerto de consola de la IDU.

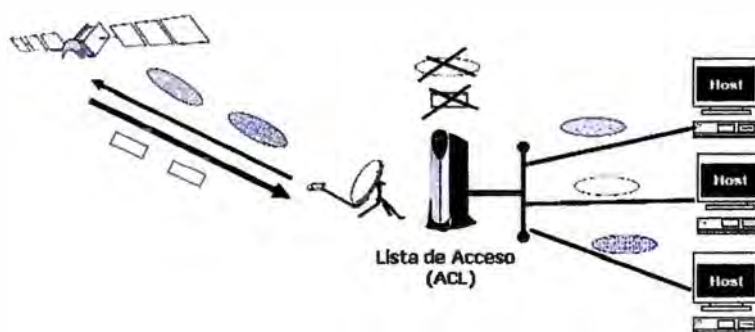


Figura 4.11 Equipo Satelital Característica de Firewall

h. Soporte de VLAN

La IDU soporta VLAN Tagging lo cual permite manejar múltiples subredes con un solo puerto físico. El puerto de la IDU soporta el estándar 802.1q VLAN Trunk. La estación remota debería contar con un switch que soporte también VLAN.

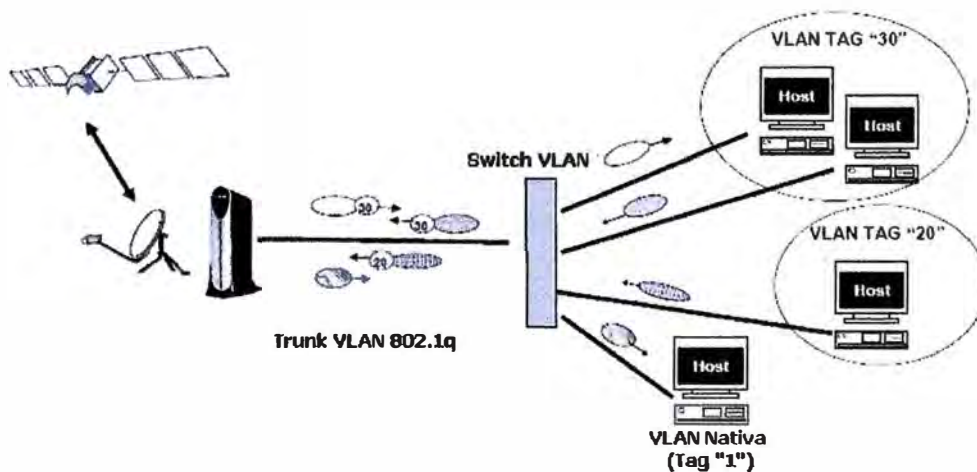


Figura 4.12 VLAN Tagging en la remota

4.5.2. Tecnología HX System (USA)

El Sistema HX ofrece conectividad IP de alta velocidad por satélite entre el Sistema Gateway (GTWY) y múltiples terminales remotos HX.

- **Características:**

- Tipos de Outroute:

- DVB-S (Digital Video Broadcast over Satellite) Outroute de hasta 72.6 Mbps
- DVB-S2 Outroute de hasta 121 Mbps (versión mejorada de DVB-S)

- Inroute de velocidad de transferencia de hasta 3.2 Mbps

- Calidad de Servicio sobre las Outroute, Inroute y aplicaciones.

- El sistema HX soporta aplicaciones IP entre el GTWY y diferentes remotas.

- Unicast: HTTP, Email, FTP, TELNET, VoIP
- Multicast (Solo Outroute): Audio, video, news, financial data

- Compatible con otras aplicaciones IPoS (Internet Protocol over Satellite)

- El Sistema HX es diseñado y optimizado para redes medianas a pequeñas donde la calidad de servicio y alto ancho de banda es lo más importante.

- Limitado en número de remotas.

- **Características del OUTROUTE:**

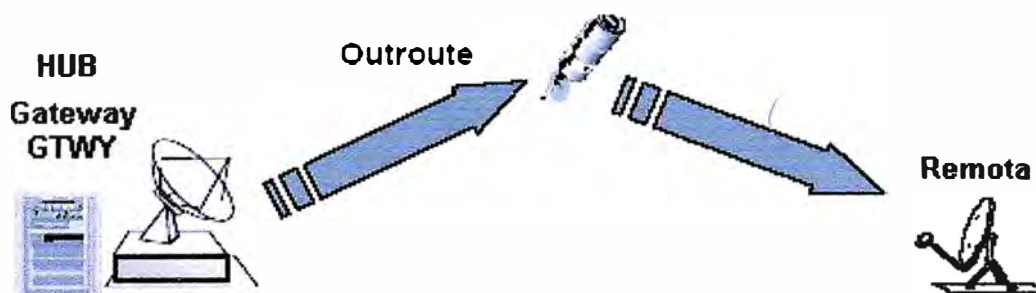


Figura 4.13 Características del Outroute

- El outroute es una señal TDM (Time Division Multiplexing)

- El sistema HX soporta dos tipos de outroute

- DVB-S

- QPSK
- Codificación concatenada Reed-Solomon y Viterbi con FEC de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- Velocidad de transmisión de hasta 45 Msps

- DVB-S2
 - QPSK o 8PSK
 - Codificación concatenada Bose-Chaudhuri-Hochquenghem (BCH) y Comprobación de paridad de baja densidad (LDPC) con FEC 1/2, 3/5, 2/3, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10
 - Velocidad de transmisión de hasta 45 Msp/s
- **Características del INROUTE:**

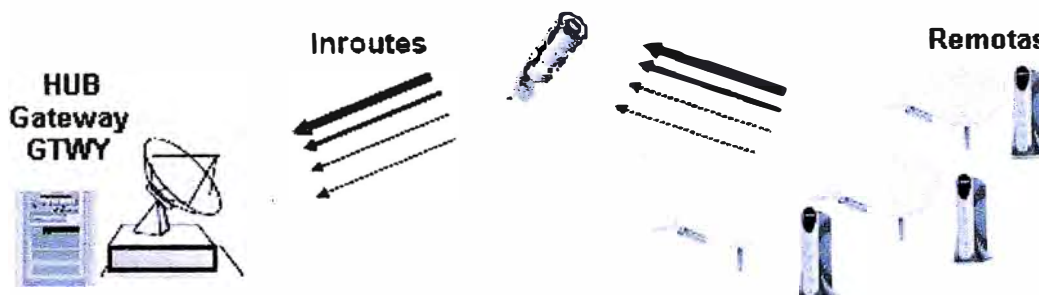


Figura 4.14 Características de las Inroutes

- Las remotas HX transmiten los datos al Gateway HX vía inroutes TDMA.
 - Cada remota sólo puede transmitir una inroute a la vez, la transmisión del grupo se basa en la conmutación de inroute en el tiempo.
 - Múltiples remotas pueden compartir una inroute de manera oportuna y a su vez compartir inroutes múltiples mediante conmutación de inroute.
- Características de Inroute:
 - Modulación OQPSK
FEC de 1/2, 2/3, 4/5
 - Tasa de símbolos por segundo de 128 Ksp/s, 256 Ksp/s, 512 Ksp/s, 1.024 Msp/s o 2.048 Msp/s (velocidad hasta de 3.2 Mbps)
- **Ventajas del Sistema Hughes:**
 - Configuración de ancho de banda mínimo comprometido (CIR) tanto en el route como inroute.
 - Característica de Best Effort para el tráfico tanto en el Outroute como Inroute, esto quiere decir que cuando el canal está libre el ancho de banda puede incrementarse hasta el máximo valor permitido.
 - Plan IQoS (Inroute QoS), utilizado para garantizar un ancho de banda a un grupo de remotas.
 - Características de Optimización de Ancho de Banda:

- Compresión de la carga útil del paquete IP. Basado en eliminar la redundancia de los paquetes TCP. Se aplica a las sesiones PEP.
- Compresión de cabecera entrante. Se comprimen múltiples tipos de cabecera: IP, UDP, RTP.
- PEP TCP Spoofing, reduce el tiempo de establecimiento de la conexión (handshaking) y los tiempos de acuse de recibo (acknowledgements).

4.5.3. Tecnología iDirect

Sistema VSAT diseñado para pequeñas y medianas empresas que requieren una comunicación de voz, datos y video. Se elige la serie 3000, dichos equipos satelitales soporta tráfico IP en dos sentidos, ideal para redes de alta velocidad, aplicaciones de VoIP, acceso a Internet, transferencia de archivos, conexiones multicasting y videoconferencia. Sistema modular que permite actualizaciones de hardware y software de acuerdo a las necesidades de crecimiento de las estaciones remotas.

Por simplicidad elegimos el sistema más básico, Hub Universal Serie 12100 con un modulo M1D1 (line card), se tienen las siguientes características:

- **Características:**

- Inroute de velocidad de transferencia de hasta 10.8Mbps.
- Outroute de velocidad de transferencia de hasta 20Mbps
- Utiliza como técnica de acceso múltiple MF-TDMA (Multiple Frequency Time Division Multiple Access).
- Es ideal para aplicaciones de banda ancha tales como acceso a Internet y VPN, así como aplicaciones en tiempo real de VoIP y videoconferencia.

- **Características del Outroute:**

- El Outroute es una señal TDM (Time Division Multiplexing)
- Modulación: BPSK, QPSK, 8PSK
- Tasa de datos IP máxima: Hasta de 17.6Mbps (con QPSK, FEC 0.879)
- FEC: Turbo BPSK 0.495–0.879, QPSK 0.495–0.879, 8PSK 0.793–0.879

- **Características del Inroute:**

- El inroute es una señal TDM (Time Division Multiplexing)
- Modulación: BPSK, QPSK, 8PSK
- Tasa de datos IP máxima: Hasta de 10.8Mbps (con QPSK, FEC 0.793)
- FEC: BPSK 0.431-0.793, QPSK 0.533-0.793, 8PSK 0.660

- **Ventajas de Sistema iDirect:**

- IP puro en el aire, cabecera más pequeña comparado con el sistema DVB.
- MF-TDMA, permite una utilización más eficiente del ancho de banda disponible.
- Espaciamiento 1.2 entre portadoras, mejor que los sistemas tradiciones de 1.4, esto es debido a la mejora de los filtros digitales. Ahorro del ancho de banda espectral del 14.5%
- Control Automático de Potencia de subida: La compensación de potencia debido a lluvias de manera automática provee una disponibilidad de servicio más alta, pero le es difícil controlar el consumo de energía.

4.5.4. Tecnología Gilat - SkyEdge

La arquitectura SkyEdge se ajusta a las necesidades de redes de dato y telefonía. Equipamiento modular. Sistema escalable, orientado para todas las redes, desde pequeñas a grandes.

- **Características del Outroute:**

- Modulación QPSK – Estándar DVB-S
 - Codificación Concatenada. Codificación de Bloques - Reed Solomon y Codificación Convulocional – Viterbi
- Velocidades de Transmisión de hasta 66Mbps con 8PSK y FEC $\frac{1}{2}$ a7/8
- El sistema SkyEdge soporta hasta 5 Outroute.

- **Características del Inroute:**

- Modulación GMSK.
- Velocidades de Transmisión de hasta 2.048Mbps.
- El sistema SkyEdge soporta hasta 8 inroute.
- Brinda QoS por grupos.
- Método de acceso al medio propietario: Acceso Aleatorio (RA), Acceso Dedicado Dinámico (DDA) y Acceso Garantizado

4.5.5. Cuadro Comparativo y Elección de La Tecnología

En esta sección se realiza un cuadro comparativo y luego basado en eso se procede a elegir la tecnología satelital para las últimas millas.

Según la tabla 4.1 se puede observar que la tecnología Hughes presenta más técnicas de optimización del ancho de banda para compensar el retardo satelital, también cuenta con la capacidad de ancho de banda más alta para el Outroute lo que la hace muy escalable a necesidades futuras del cliente, en cambio la velocidad máxima de las inroute no es tan alta lo cual se puede compensar habilitando otras inroute y creando grupos para garantizar un

ancho de banda determinado de un grupo de remotas, IQoS. Por lo expuesto elegimos a la Tecnología Hughes.

Tabla 4.1 Cuadro Comparativo de Tecnologías Satelitales VSAT

	Hughes (HX)	iDirect (Serie 12100)	Gilat (SkyEdge)
Máxima Velocidad Outroute	121Mbps	20Mbps	66Mbps
Máxima Velocidad Inroute	3.2Mbps	10.8Mbps	2Mbps
Técnicas de Optimización TCP / IP			
PEP Spoofing	X		X
Turbo HHTP	X	X	
Multicast	X	X	
NAT	X	X	X
Servidor DHCP	X	X	X
Cache DNS	X	X	X
Características de Firewall (ACL)	hasta 50 reglas		X
Soporte de VLAN	X	X	X
Equipos Exclusivo QoS (Allot)	X		X
Servidor VPN			X

Si tendríamos que elegir una tecnología de respaldo elegiríamos a iDirect debido a que cumple con brindar QoS para voz y video, calidad de servicio limitada para otras aplicaciones debido a que no cuenta con un equipo exclusivo para agruparlas y darle la prioridad respectiva, esto puede obviarse debido a que el enlace de respaldo solo trabajaría cuando el enlace principal falle, sería algo temporal hasta que el enlace principal se restablezca, por tal motivo dicho enlace puede no tener todas las bondades de calidad de servicio del enlace principal, lo cual abarata su costo. Se descarta la tecnología GILAT como principal por ser limitada en velocidad de transferencia en el inroute y no contar con algunas técnicas de optimización de ancho de banda, para ser enlace de respaldo está sobredimensionado y además su costo sería considerable.

4.6. Dimensionamiento del Enlace Satelital

Para el dimensionamiento del equipamiento satelital se realiza un cálculo de enlace (Link Budget) para lo cual se emplea un software propietario del proveedor satelital NewSky, CLBT Lite Edition, dicho software considera todos los factores de atenuación como son las condiciones climáticas, temperatura de ruido, etc.

- **Datos Iniciales de Entrada:**

Disponibilidad de Subida (Uplink): 99.7%

Disponibilidad de Subida (Downlink): 99.7%

- **Datos del Transponder:**

Satelital: NSS10 de NewSky

Transponder: SAH24/SAV24

Banda: C

- **Datos de la Estación Principal (Concentrador, HUB)**

Diámetro de la Antena: 9.3 metros

Tipo de Amplificador: TWT (Back-off: 6dB)

G/T: 29.9706 dB/°K

Modulación: DVB-S2/ ACM - 8PSK FEC: 5/6 (Peor Escenario)

Ancho de Banda: 19Mbps

Eb/No Umbral (8PSK 5/6 Viterbi): 9.0 dB

Observación: La estación trabaja con el estándar de transmisión DVB-S2 / ACM (Adaptive Coding and Modulation) donde la remota le informa a la estación central un cambio de FEC de acuerdo a la calidad de la señal que recibe. El FEC que se coloca en el simulador es el peor escenario. Además notar que estamos trabajando en la banda C, dicha banda presenta mejor características bajo condiciones climáticas adversas.

- **Datos de las Estaciones Remotas:**

Diámetro de la Antena: 2.4 m

Tipo de Amplificador: SSPA (Back-off: 1dB)

G/T: 17.5426 dB/°K

Modulación: DVB-S2/ ACM - QPSK FEC: 5/6 (Peor escenario)

Eb/No Umbral (QPSK 5/6 Secuencial): 8.0 dB

Tabla 4.2 Coordenadas de las Estaciones Terrenas

Nº	Enlaces	Latitud	Longitud	Altitud (metros)	Localidad	Departamento
1	Piura - Estacion 5	4° 38' 56.3"	77° 30' 20.0"	280	Saramiriza	Loreto
2	Piura - Estacion 6	5° 2' 56.1"	78° 15' 52.6"	304	Imaza	Amazonas
3	Piura - Estacion 8	6° 2' 07.3"	79° 01' 48.1"	833	Pucara	Cajamarca
4	Piura - Estacion 9	5° 49' 08.9"	79° 22' 32.4"	1176	Huarmaca	Piura
5	Piura - Andoas	2° 48' 30.4"	76° 27' 22.8"	210	Andoas	Loreto
6	Piura - Morona	3° 59' 02.1"	77° 13' 37.2"	171	Morona	Loreto
7	Piura - Saramuro	4° 43' 04.8"	74° 55' 23.6"	119	Urarias	Loreto
8	Lima - Telepuerto	12° 5' 20.72"	76° 58' 23.3"	198	Surco	Lima

4.6.1. Cálculo de Enlace – Software

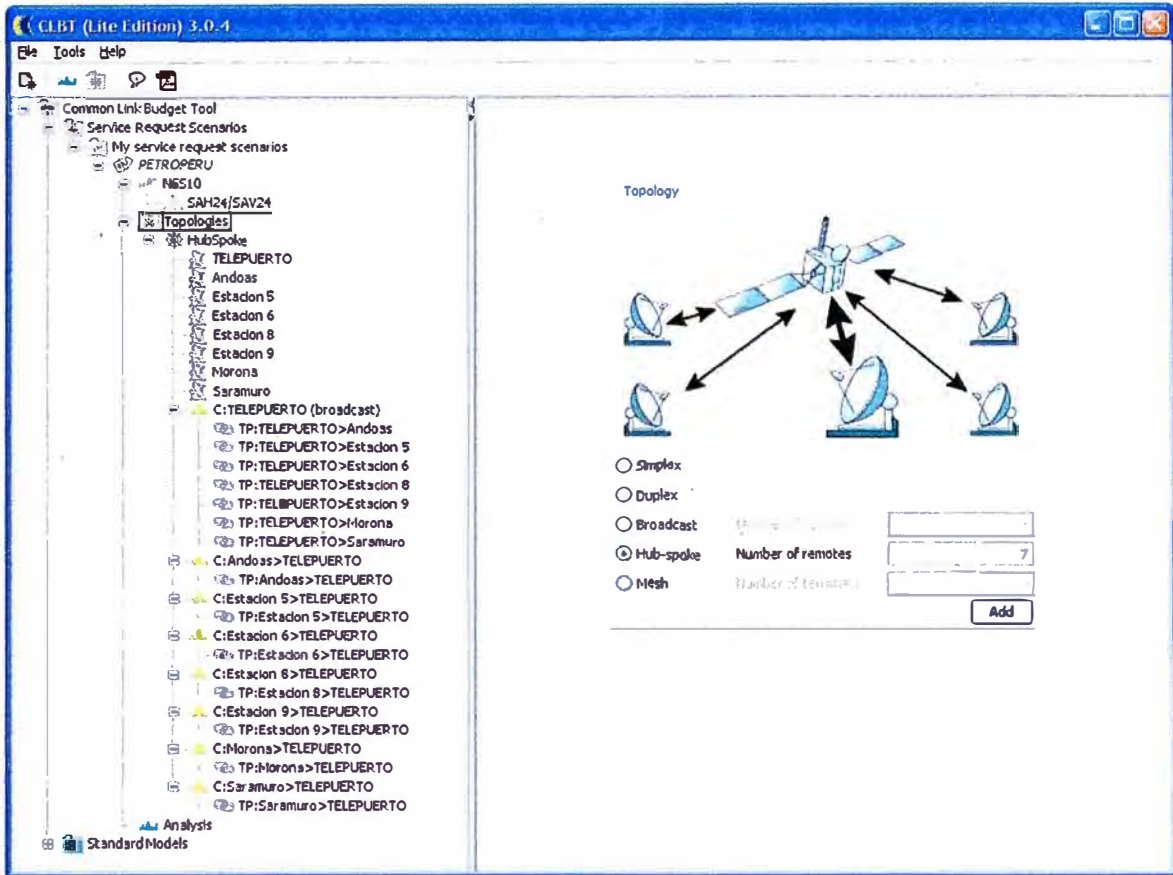


Figura 4.15 Cálculo de Enlace – Topología Hub Spoke

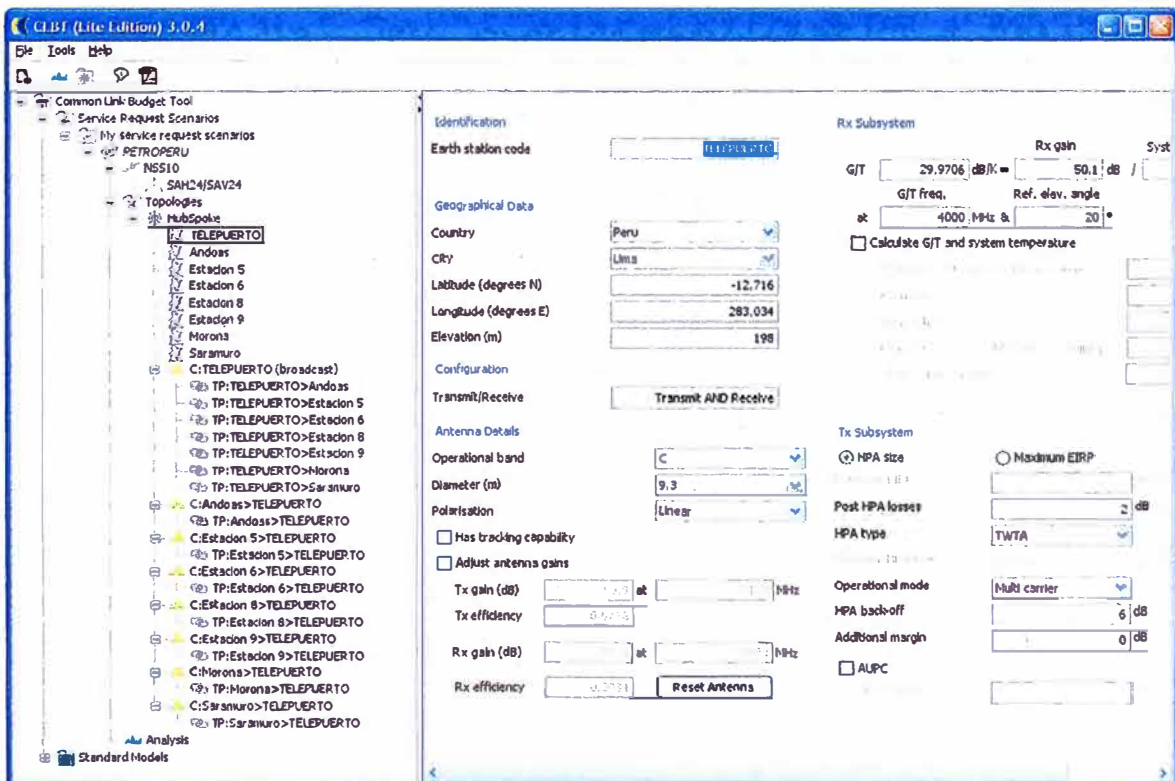


Figura 4.16 Cálculo de Enlace – Parámetros Antena Central

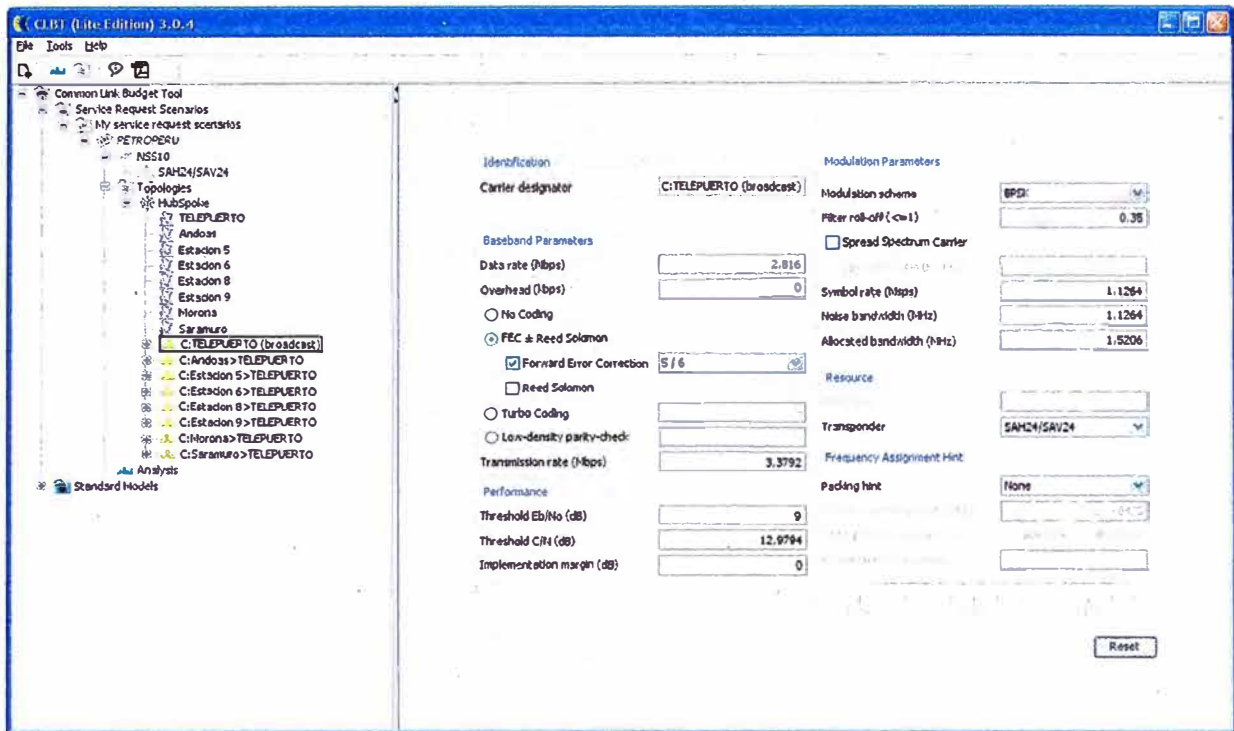


Figura 4.17 Cálculo de Enlace – Parámetros Outroute

Notar que para el ancho de banda de información del outroute se está considerando la suma de todos los anchos de banda.

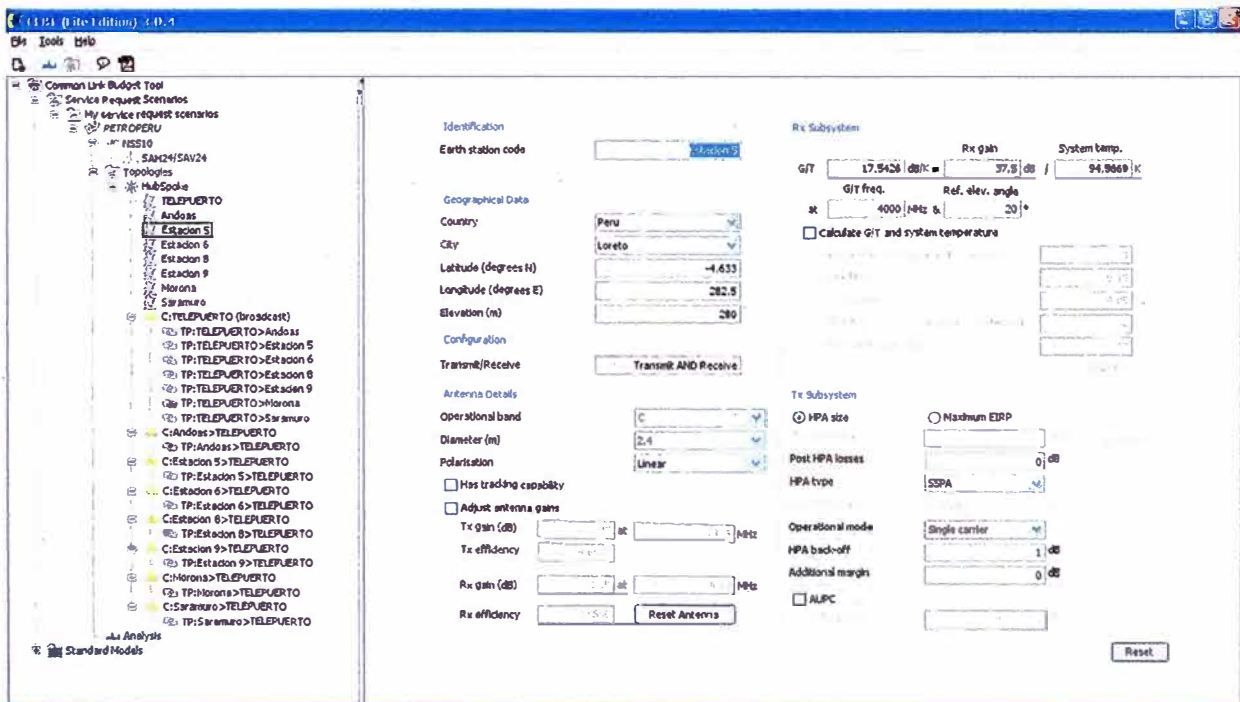


Figura 4.18 Cálculo de Enlace – Parámetros Antena Remota

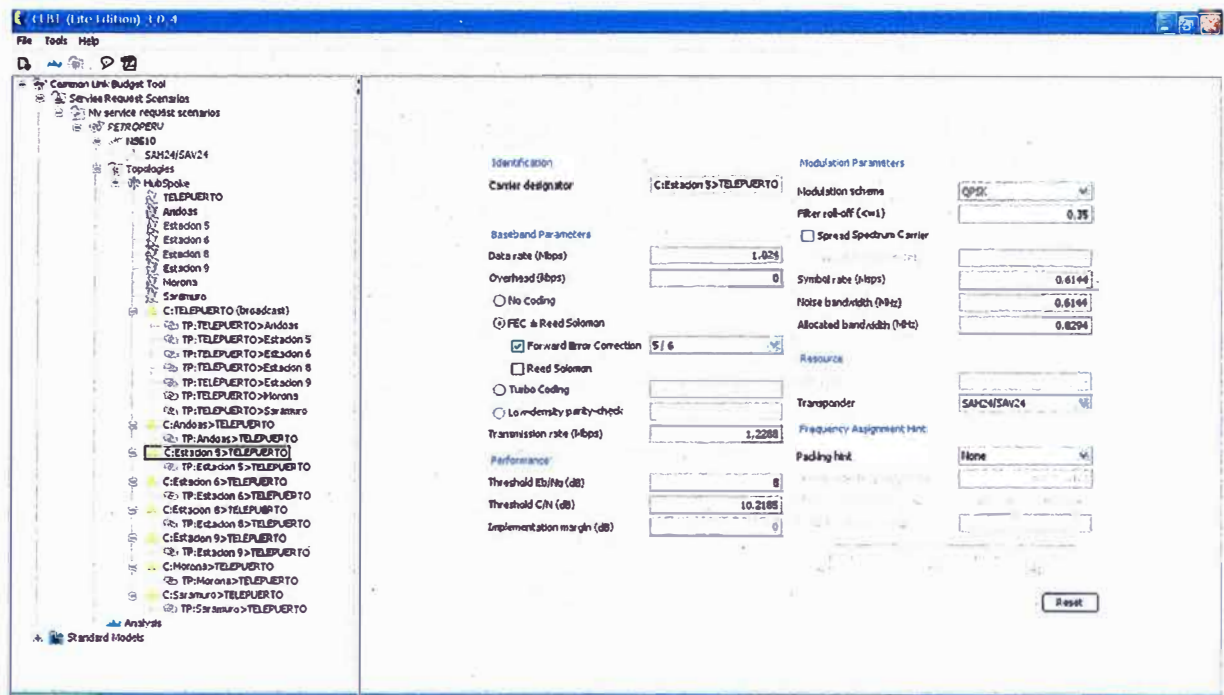


Figura 4.19 Cálculo de Enlace – Parámetros Inroute

Corriendo el Análisis.

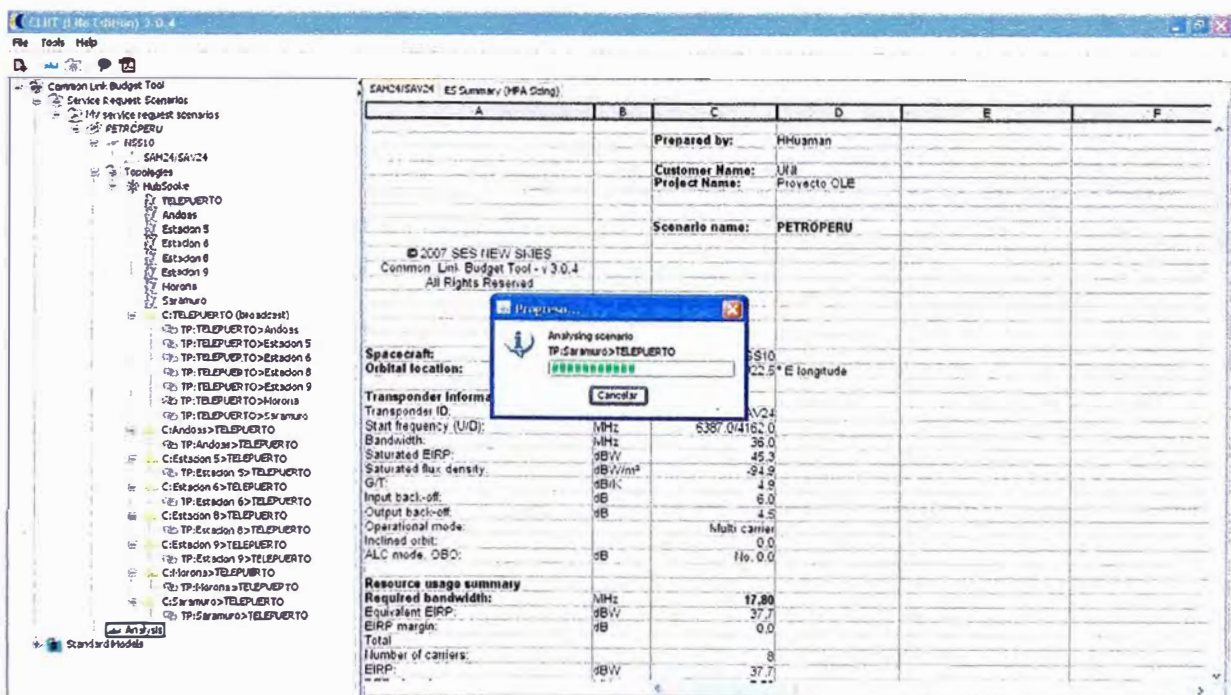


Figura 4.20 Cálculo de Enlace – Corrida del Software

▪ **Resultados del Cálculo de Enlace:**

Tabla 4.3 Información del Transponder

Informacion del Transpoder	Unidad	Valores
ID Transponder		SAH24/SAV24
Frecuencia de Operacion (U/D):	MHz	6387.0/4162.0
Ancho de Banda	MHz	36,0
EIRP de Saturación:	dBW	45,3
Densidad del flujo de Saturación (SFD)	dBW/m ²	-94,9
G/T:	dB/K	4,9
back-off de Entrada	dB	6,0
back-off de Salida	dB	4,5
Modo de Operación		Multi carrier

Tabla 4.4 Resumen de Recursos

Parámetros	Unidad	Valores
Ancho de Banda Requerido	MHz	3,90
EIRP Equivalente	dBW	31,1
Marge de EIRP	dB	0,4
Numero de Portadoras		8
EIRP:	dBW	30,7
PEB de las portadoras	MHz	3,58
Ancho de banda asignado	MHz	3,801
Margen de Ancho de Banda	MHz	0,099

4.6.2. Dimensionamiento Amplificadores

Tabla 4.5 Dimensionamiento de Amplificadores

Estaciones Terrenas	Unid	Estación 5	Estación 6	Estación 8	Estación 9
Diametro de las Antenas	m	2,4	2,4	2,4	2,4
Numero de portadoras		1	1	1	1
EIRP Total Requerido	dBW	45,0	39,0	39,0	38,9
Ganancia de Antena Pico	dB _i	42,3	42,3	42,3	42,3
Perdida Post HPA	dB	0,0	0,0	0,0	0,0
Tipo de HPA		SSPA	SSPA	SSPA	SSPA
Modo HPA		Single carrier	Single carrier	Single carrier	Single carrier
Backoff Requerido	dB	1,0	1,0	1,0	1,0
HPA Requerido	Watts	2,3	0,6	0,6	0,6
HPA Recomendado	Watts	5,0	1,0	1,0	1,0

Estaciones Terrenas	Unid	Andoas	Morona	Saramuro	Telepuerto
Diametro de las Antenas	m	2,4	2,4	2,4	9,3
Numero de portadoras		1	1	1	1
EIRP Total Requerido	dBW	39,1	39,0	41,7	57,6
Ganancia de Antena Pico	dB _i	42,3	42,3	42,3	54,2
Perdida Post HPA	dB	0,0	0,0	0,0	2,0
Tipo de HPA		SSPA	SSPA	SSPA	TWTA
Modo HPA		Single carrier	Single carrier	Single carrier	Multi carrier
Backoff Requerido	dB	1,0	1,0	1,0	6,0
HPA Requerido	Watts	0,6	0,6	1,1	14,0
HPA Recomendado	Watts	1,0	1,0	2,0	200,0

▪ Dimensionamiento Sede Principal

Según la tabla 4.5 se elige para la estación terrena principal un amplificador tipo TWT de 200W con una antena de 9.3 de metros de diámetro. Con esto cumplimos los requerimientos y sobredimensionamos lo necesario.

4.6.3. Dimensionamiento Remotas

Tabla 4.6 Dimensionamiento de Amplificadores de las Remotas

Nº	Enlaces	Tipo HPA	Diámetro Antena	Potencia Watts
1	Estación 5	SSPA	2.4 m	5W
2	Estación 6			2W
3	Estación 8			2W
4	Estación 9			2W
5	Andoas			2W
6	Morona			2W
7	Saramuro			2W

Notar que sobredimensionamos los amplificadores de las estaciones remotas a 2W para mantener solo un tipo y así simplificar los tipos de repuesto, a excepción de la estación 5 que tiene un amplificador de 5W.

Elegimos como IDU Hughes el modelo HX50 que trabaja con un amplificador de bajo ruido tipo LNB. Como equipo ruteador elegimos un Cisco 2801 que está sobredimensionado para las necesidades del cliente. Ver especificaciones de los equipos en el anexo A.

4.7. Diseño de la Última Milla Oficina Piura

Dirección Punto 1: Oficina Piura: Jr. Huánuco 228 – Piura

Dirección Punto 2: Nodo de Telcom en Piura - Carretera Piura - Paita Km 8, D - Piura

▪ Parámetros y Cálculo de Ingeniería

Nodo Telcom Piura:

Latitud: 5° 11' 39.6" S Longitud: 80° 37' 30.6" O Altura: 38 msnm

Distancia entre los puntos: 8.6 Km

Banda de operación: 3.8GHz

Para realizar el cálculo del radioenlace se utilizó un software propietario del fabricante del equipamiento, SAF. En la figura 4.21 se observa el cálculo de enlace gráficamente. En la tabla 4.7 se observan los resultados.

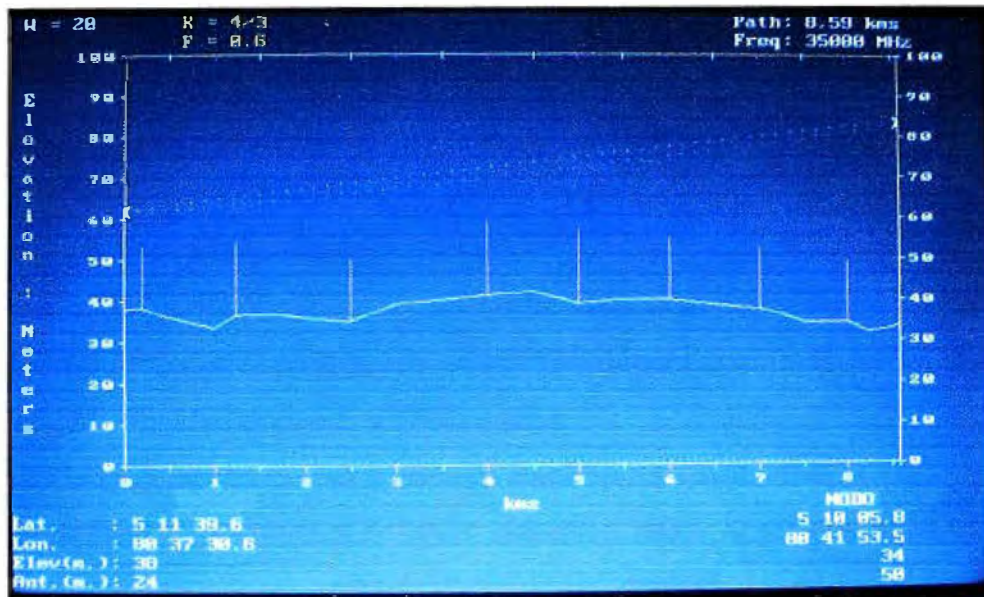


Figura 4.21 Cálculo de Enlace - Perfil del Enlace

Tabla 4.7 Cálculo de Enlace del Enlace de Microondas

Path calculation 1+0		SAF		
Project	ENLACE MICROONDAS			
Site A:	OFICINA PIURA	Site B: NODO PIURA		
<i>exact longitude/latitude of each site</i>				
Radio Capacity:	34 Mbps			
Annual temperature:	20 °C			
Rain zone*:	E	22 mm/h		
Latitude A:	Degrees°	Minutes'	Seconds"	
Longitude A:	6	11	39.6	S
Latitude B:	6	10	6.8	S
Longitude B:	80	41	63.6	W
Calculated Distance:	8.600 km			
Transmitter power:	14 dBm			
Frequency:	30 GHz			
Antenna A height over sea level:	38 m			
Antenna B height over sea level:	34 m			
<i>Combat antennas (automatic antenna gain input)</i>				
Antenna A:	0.6 m	44.3 dBi		
Antenna B:	0.6 m	44.3 dBi		
Losses:	2 dB			
Received signal level:	-44.46 dBm			
Fade margin:	* at 10-3 29.6429 dB			
	* at 10-6 26.0429 dB			
<i>Automatic Rx Threshold input</i>				
Rx Threshold:	* at 10-3 -74 dBm			
	* at 10-6 -70.6 dBm			
Multipath Availability (%):	Vert	Hor		
	* at 10-3	99.99994	99.99994	
	* at 10-6	99.99986	99.99986	
Rain Availability (%):	Vert	Hor		
	* at 10-3	99.98603	99.97847	
	* at 10-6	99.98018	99.97073	
Multipath+Rain Availability (%):	Vert	Hor		
	* at 10-3	99.98697	99.97841	
	* at 10-6	99.98006	99.97059	

Resumen: En el lado cliente se necesita una torre ventada de 24m para que pase la primera zona de Fresnel. El enlace microondas tiene una disponibilidad de 99.98% con una potencia de transmisión 14dBm. Se utiliza equipamiento SAF a 38GHz cuya potencia de transmisión cumple lo requerido (Potencia máxima de 27dBm).

4.8. Última Milla Oficina Central Lima

Por encontrarse la sede central en Lima Metropolitana se puede implementar esta última milla con fibra óptica multimodo, se utiliza equipamiento IMC Networks de 100Mbps como velocidad máxima de transmisión.

4.9. Cálculo de Disponibilidad Total Sin Backup Satelital

Calcularemos la disponibilidad del peor escenario, desde la sede de Piura a las remotas satelitales.

Para poder calcular esta disponibilidad tenemos que saber la disponibilidad de cada equipo los cuales son puntos de falla, eso lo obtenemos de las especificaciones técnicas de los equipos. Para la disponibilidad de los enlaces satelitales y microondas nos basaremos en los cálculos de enlace realizados.

Tabla 4.8 MTBF y MTTR de los Equipos según Fabricante

Equipos	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Disponibilidad (%)
Sistema Hughes Remota (HX50)	64000	12	99,98125351
Router CPE Cisco 2801	300000	24	99,99200064
Enlace Satelital (Link Budget)			99,70000000
Sistema Hughes Central	120000	12	99,99000100
Router HX	300000	24	99,99200064
Router Core	350000	24	99,99314333
Router Edge (Cisco 3600)	300000	24	99,99200064
Switches de Acceso (S.PIU-01)	280000	2	99,99928572
Enlace Microondas			99,98000000
Sistema Microondas P2P	32000	6	99,98125351
Media Converter (Fibra Óptica)	400000	12	99,99700009

En la figura 4.22 plasmamos todos los datos de la tabla 4.8.

Recordemos el capítulo II sección 2.10.2, cálculo de las disponibilidades en serie, las disponibilidades se multiplican. Dividamos las disponibilidades en dos grupos, una disponibilidad del enlace satelital que comprende desde la sede remota hasta al router de Core, Pehx.lim; y una disponibilidad del enlace terrestre, desde el router de Core1.lim hasta la oficina de Piura. En la figura 4.23 se muestran los resultados.

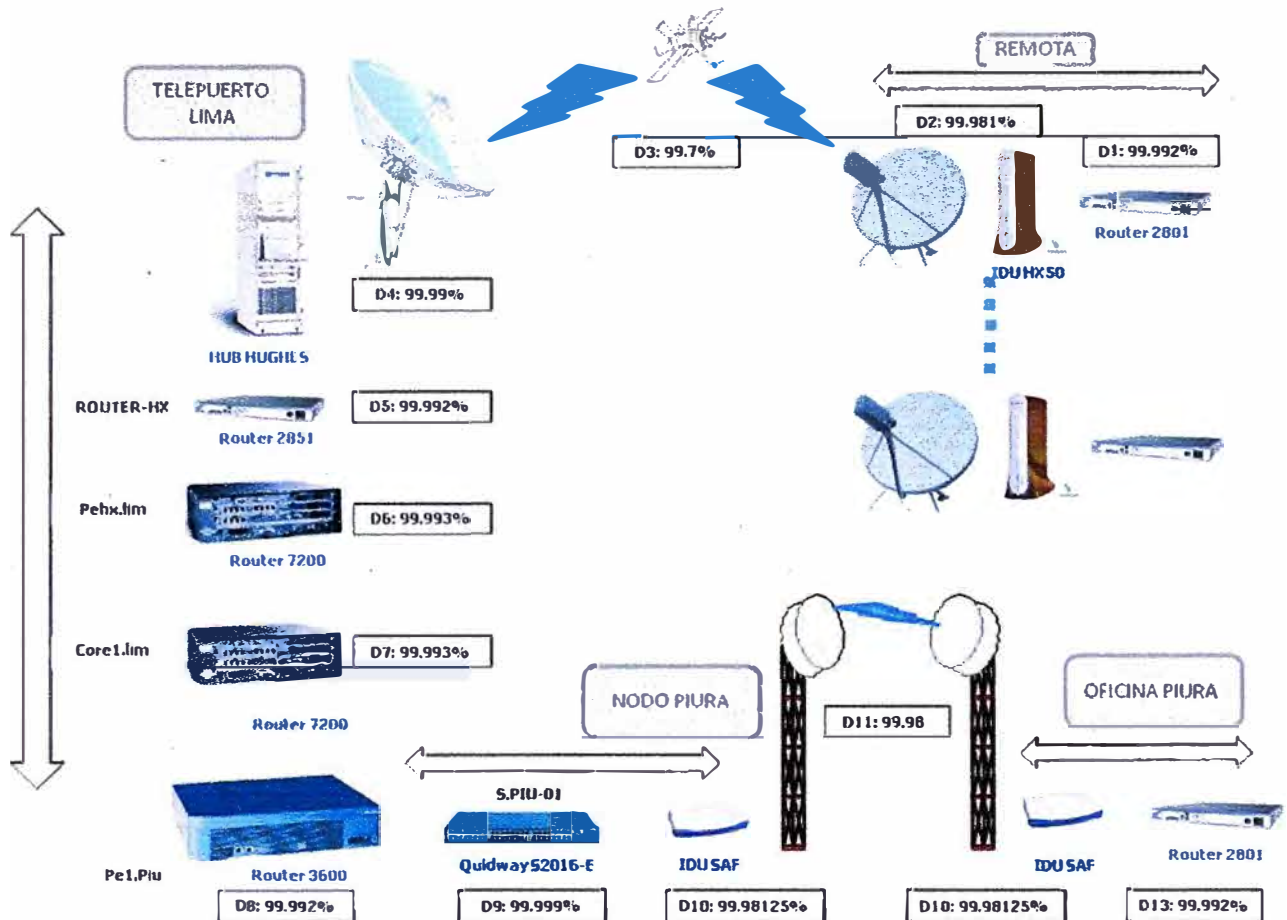


Figura 4.22 Disponibilidad de los Equipos y Sistemas

$$D_{SATELITAL} = D_1 * D_2 * D_3 * D_4 * D_5 * D_6 = 99.648\%$$

$$D_{TERRESTRE} = D_7 * D_8 * D_9 * D_{10} * D_{11} * D_{12} * D_{13} = 99.918\%$$

De la figura 4.23 notamos que no cumplimos con unos de los requerimientos de alta disponibilidad satelital visto en el capítulo III, la disponibilidad requerida es de 99.8% como mínimo.

Para poder cumplir con el requerimiento de alta disponibilidad optamos por añadir un enlace de respaldo satelital en paralelo al enlace actual, de la sección 4.5.5 elegimos como tecnología satelital de respaldo a iDirect – Infiniti.

4.10. Dimensionamiento del Enlace Satelital Respaldo

Debido a que este enlace solo funcionará en casos de emergencia y temporalmente (hasta reparar el enlace principal) se eligen bajos valores de ancho de banda para el Outroute, a las estaciones se le configura un ancho de banda de 128Kbps, con esto garantizamos un bajo costo de capacidad satelital. Para las estaciones de respaldo se planteo usar antes antenas de 1.8 metros.

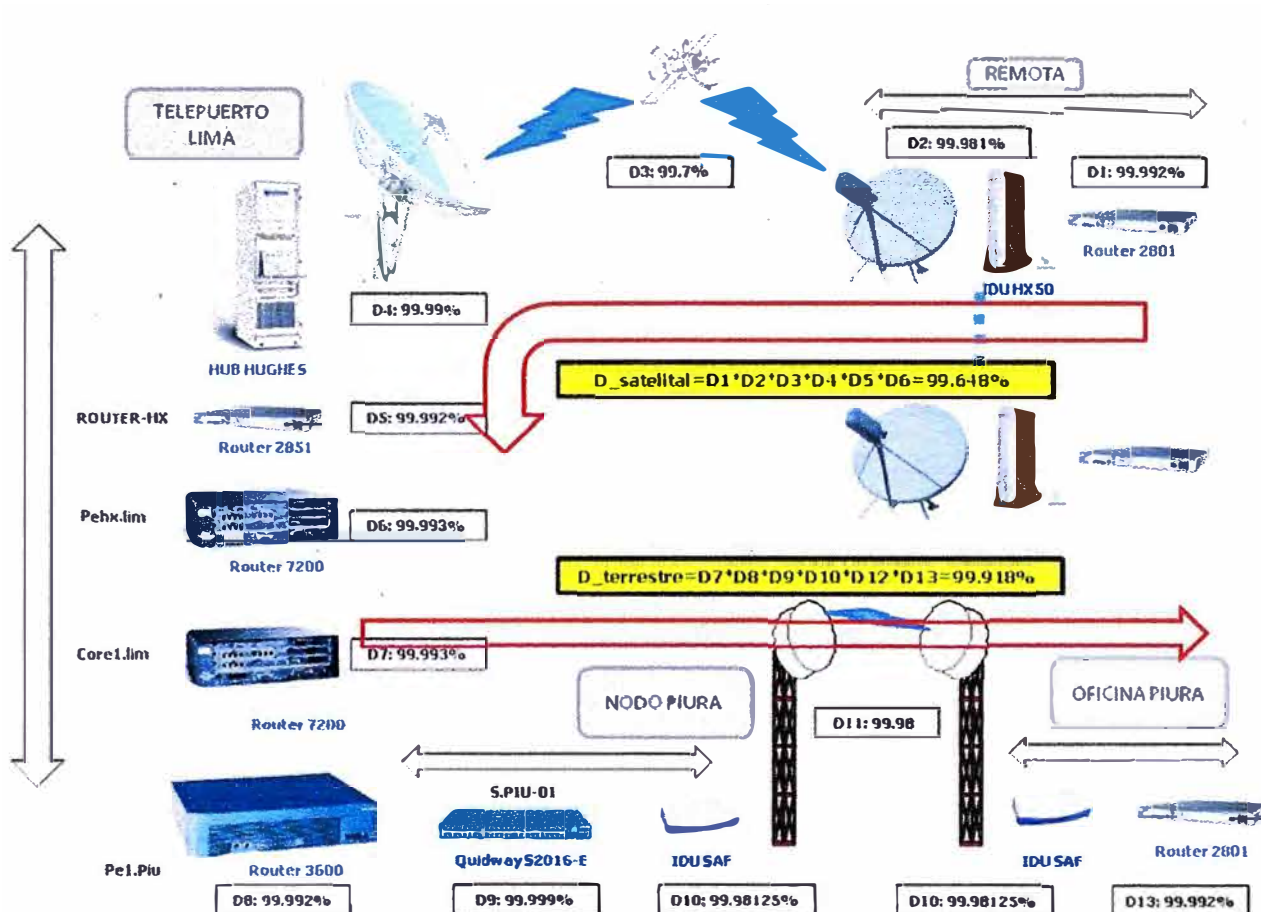


Figura 4.23 Cálculo de Disponibilidad – Sin Enlace de Respaldo

Datos Iniciales:

Disponibilidad de Subida (Uplink): 99.7%

Disponibilidad de Subida (Downlink): 99.7%

Datos del Transponder:

Satelital: NSS10 de NewSky

Transponder: SAH6/SAV6

Banda: C

Datos de la Estación Principal (Concentrador, HUB)

Diámetro de la Antena: 9.3m

Tipo de Amplificador: TWT (Back-off: 6dB)

G/T: 29.9706 dB/K

Modulación: QPSK FEC: 3/4 Turbo Code: 0.79

Ancho de Banda: 896Kbps

Eb/No Umbral (QPSK Turbo Code): 5.0 dB

Datos de la Estaciones Remotas:

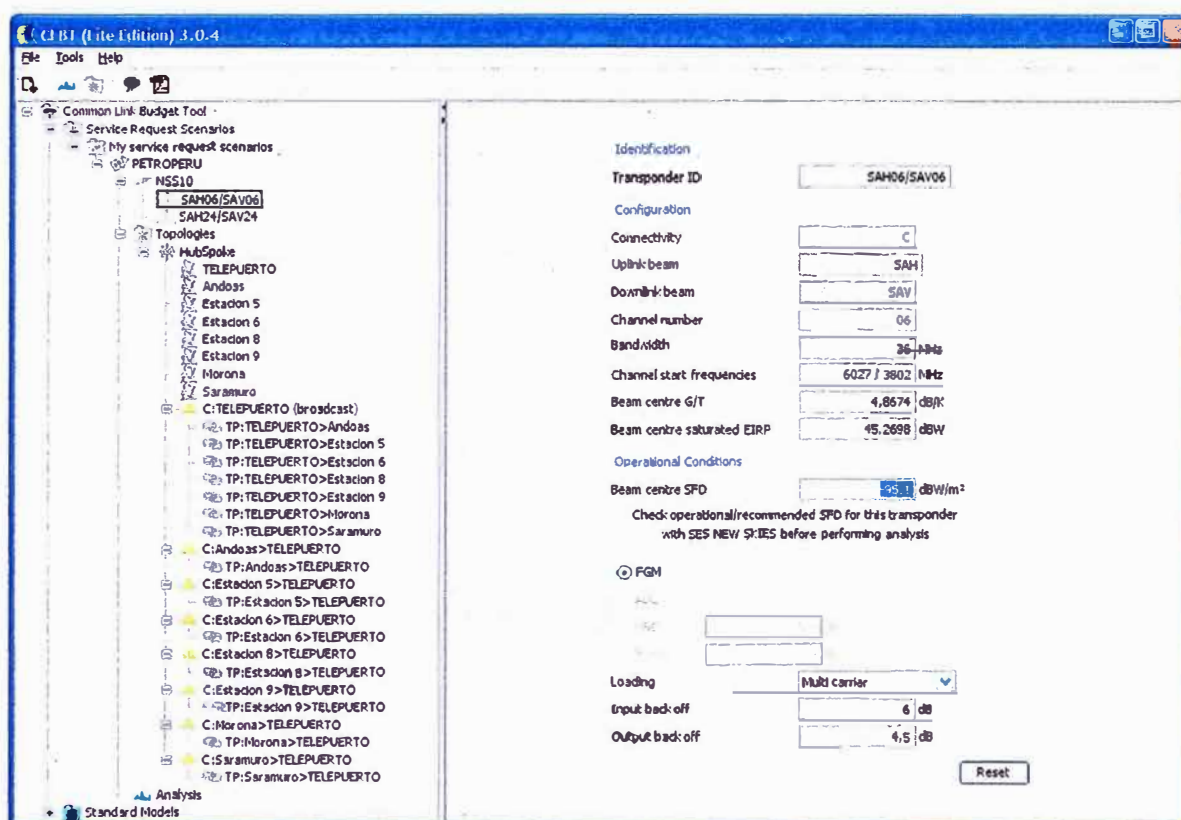
Diámetro de la Antena: 1,8 m

Tipo de Amplificador: SSPA (Back-off: 1dB)

G/T: 17.5426 dB/°K

Modulación: QPSK FEC: 2/3 Turbo Code: 0.66

Eb/No Umbral (QPSK Turbo Code): 5.0 dB

4.10.1. Cálculo de Enlace Backup – Software**Figura 4.24 Cálculo de Enlace – Parámetros Transponder****Tabla 4.9 Información del Transponder**

Informacion del Transpoder	Unidad	Valores
ID Transponder		SAH06/SAV06
Frecuencia de Operacion (U/D):	MHz	6027.0/3802.0
Ancho de Banda	MHz	36,0
EIRP de Saturación:	dBW	45,3
Densidad del flujo de Saturación (SFD)	dBW/m ²	-95,1
G/T:	dB/°K	4,9
back-off de Entrada	dB	6,0
back-off de Salida	dB	4,5
Modo de Operación		Multi carrier

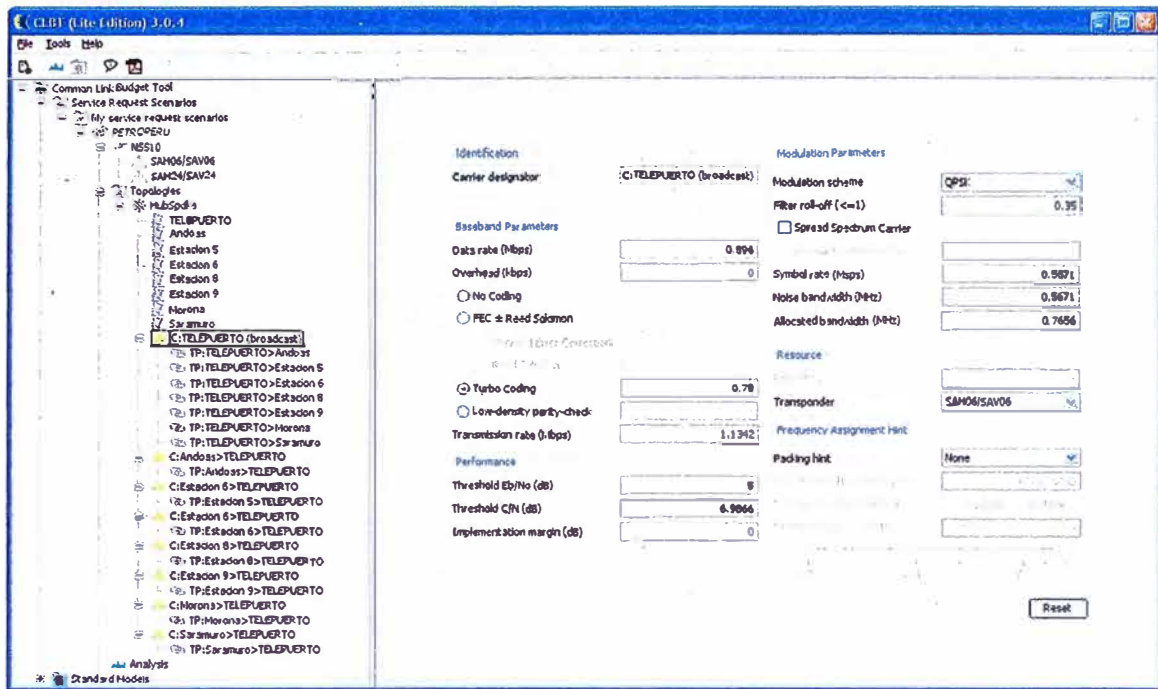


Figura 4.25 Cálculo de Enlace – Parámetros Outroute

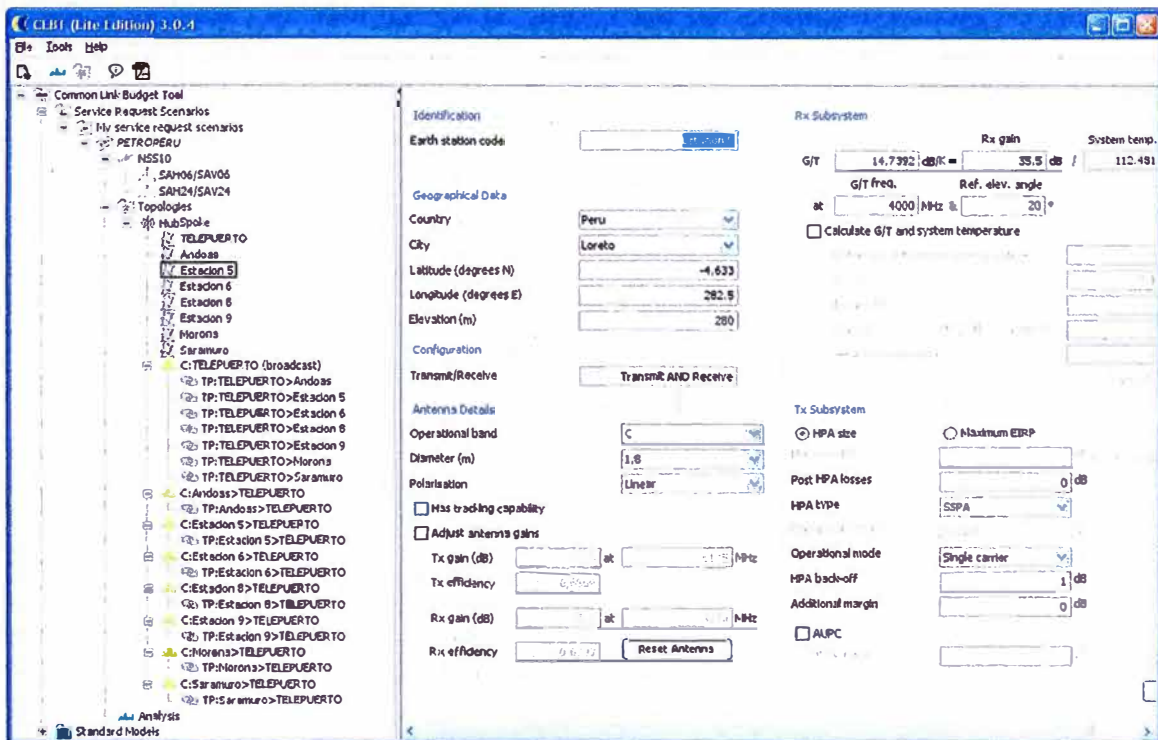


Figura 4.26 Cálculo de Enlace – Parámetros Antena Remotas de Respaldo

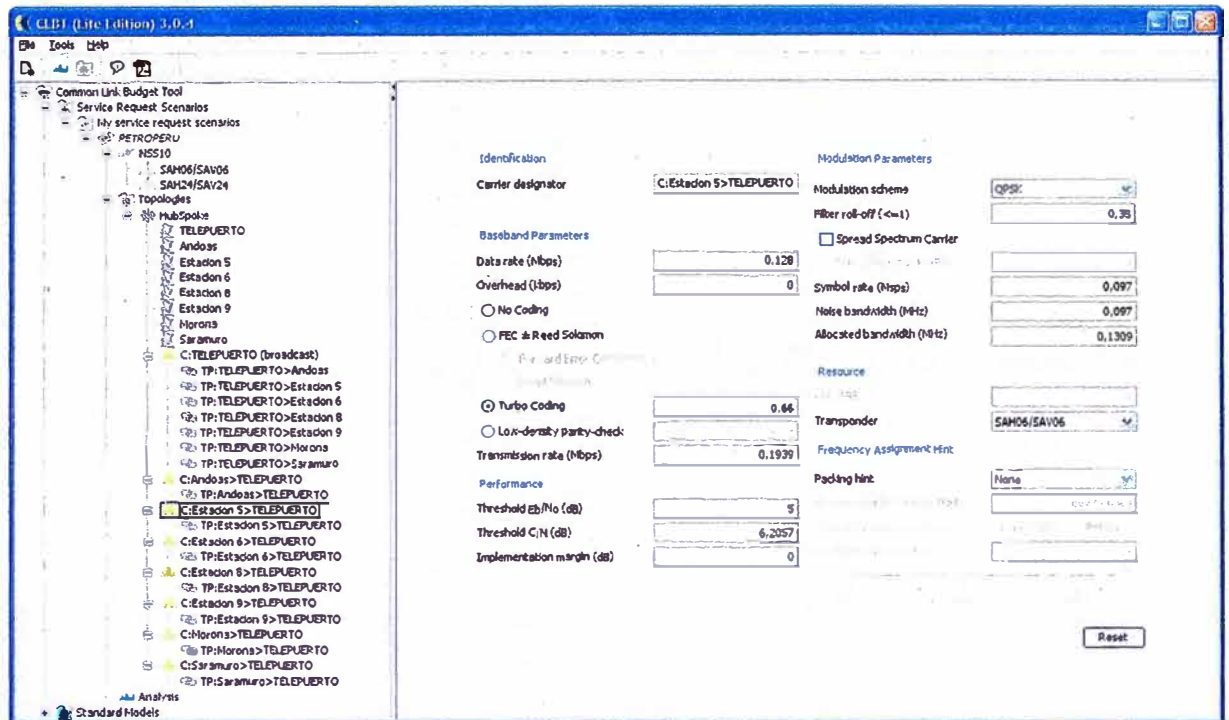


Figura 4.27 Cálculo de Enlace – Parámetros Inroute de Respaldo

▪ **Resultados del Cálculo de Enlace:**

Tabla 4.10 Resumen De Recursos

Parámetros	Unidad	Valores
Ancho de Banda Requerido	MHz	1,70
EIRP Equivalente	dBW	27,5
Marge de EIRP	dB	4,9
Numero de Portadoras		8
EIRP:	dBW	22,6
PEB de las portadoras	MHz	0,55
Ancho de banda asignado	MHz	1,682
Margen de Ancho de Banda	MHz	0,018

Tabla 4.11 Dimensionamiento de Amplificadores Enlace Respaldo

Estaciones Terrenas	Unid	Estación 5	Estación 6	Estación 8	Estación 9
Diametro de las Antenas	m	1,8	1,8	1,8	1,8
Numero de portadoras		1	1	1	1
EIRP Total Requerido	dBW	32,3	32,3	32,3	32,3
Ganancia de Antena Pico	dB _i	39,3	39,3	39,3	39,3
Perdida Post HPA	dB	0,0	0,0	0,0	0,0
Tipo de HPA		SSPA	SSPA	SSPA	SSPA
Modo HPA		Single carrier	Single carrier	Single carrier	Single carrier
Backoff Requerido	dB	1,0	1,0	1,0	1,0
HPA Requerido	Watts	0,3	0,3	0,3	0,3
HPA Recomendado	Watts	1,0	1,0	1,0	1,0

Estaciones Terrenas	Unid	Andoas	Morona	Saramuro	Telepuerto
Diametro de las Antenas	m	1,8	1,8	1,8	9,3
Numero de portadoras		1	1	1	7
EIRP Total Requerido	dBW	32,4	32,3	32,0	49,5
Ganancia de Antena Pico	dBi	39,3	39,3	39,3	53,7
Perdida Post HPA	dB	0,0	0,0	0,0	2,0
Tipo de HPA		SSPA	SSPA	SSPA	TWTA
Modo HPA		Single carrier	Single carrier	Single carrier	Multi carrier
Backoff Requerido	dB	1,0	1,0	1,0	6,0
HPA Requerido	Watts	0,3	0,3	0,2	2,4
HPA Recomendado	Watts	1,0	1,0	1,0	200,0

4.10.2. Dimensionamiento Sede Central del Enlace de Respaldo

Considerando que se utiliza el mismo amplificador tipo TWT, sistema 1+1. Del cálculo de enlace principal se requería una potencia de 14W, sumándole 2,4W del cálculo de enlace de respaldo se tiene un total de 16,4W, siendo el HPA de 200W suficiente.

4.10.3. Dimensionamiento Remotas de Respaldo

Al igual que el enlace principal, homogenizamos las capacidades de los amplificadores a 2W.

4.10.4. Ancho de banda Requerido

Tener en cuenta los anchos de banda requeridos que arroja el linkbudget, para el sistema Hughes HX es 3.9MHz, para el sistema iDirect es 1.7MHz, en total se requiere un ancho de banda espectral de 5.6MHz, este valor lo utilizaremos en el capítulo V para la evaluación de costos.

4.11. Evaluación de Disponibilidad Satelital con Backup

Rediseñamos la red núcleo añadiendo el router PeiD.lim que se conecta al Router-ID que se encarga de realizar el ruteo por IP origen a la estación remota vía el enlace de respaldo.

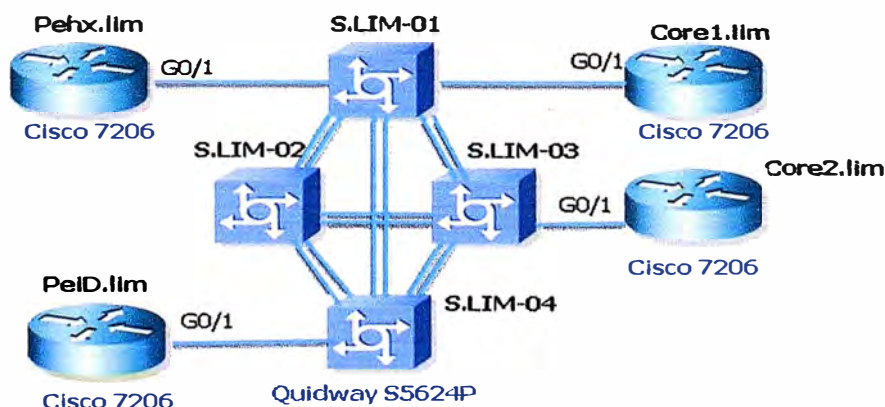


Figura 4.28 Rediseñando la red núcleo

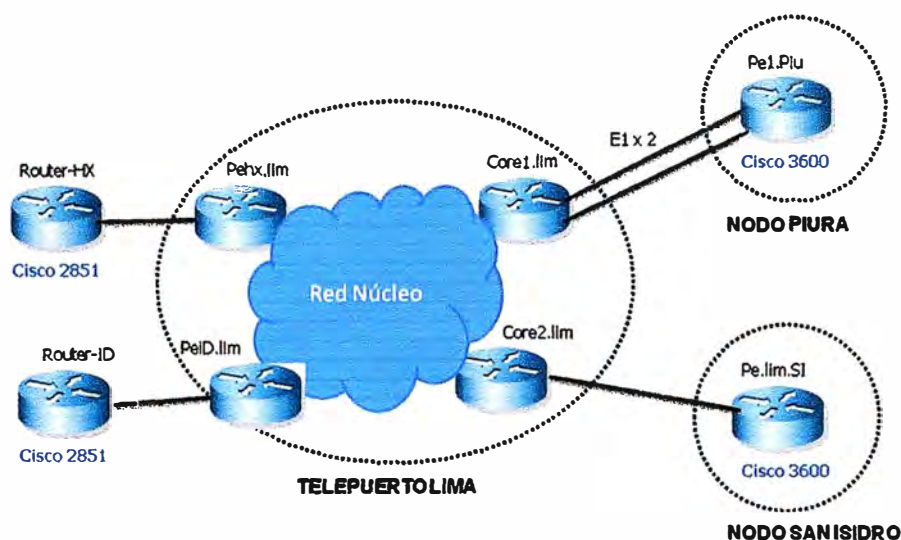


Figura 4.29 Rediseñando la red de distribución

Para simplificar los cálculos consideramos que la disponibilidad del sistema iDirect remoto y central (HUB) es la misma que el enlace principal satelital Hughes, esto no se aleja mucho de la realidad ya que ambos sistemas tiene la misma disponibilidad. Con esta premisa se tiene el escenario ilustrado en la figura 4.30.

Recordando nuevamente el capítulo II sección 2.10.3, para calcular la disponibilidad del sistema total aplicamos la formula de disponibilidad en paralelo.

$$D_{SATELITAL} = 1 - (1 - D_{SISTEMA_HUGHES})(1 - D_{SISTEMA_IDIRECT})$$

$$D_{SATELITAL} = 1 - (1 - 0.99648)(1 - 0.99648) = 99.9988\%$$

Con este nuevo valor de 99.9988% de disponibilidad satelital se cumple unos de los requerimientos, alta disponibilidad, lo cual no es tan fácil de lograr en un enlace satelital.

En la figura 4.31 resumimos los resultados de disponibilidad obtenidos, notar que el cálculo de disponibilidad del enlace satelital se repite por cada uno de los siete enlaces satelitales.

4.12. Evaluación de la Disponibilidad Total

Primero calculemos la disponibilidad del enlace hacia la Oficina Principal en Lima.

4.12.1. Cálculo Disponibilidad Enlace Hacia Oficina Lima

Basado en la tabla 4.8 se tiene el diagrama de la figura 4.32 donde se indica cada equipo con su disponibilidad, se está considerando la disponibilidad del enlace de fibra óptica igual a uno.

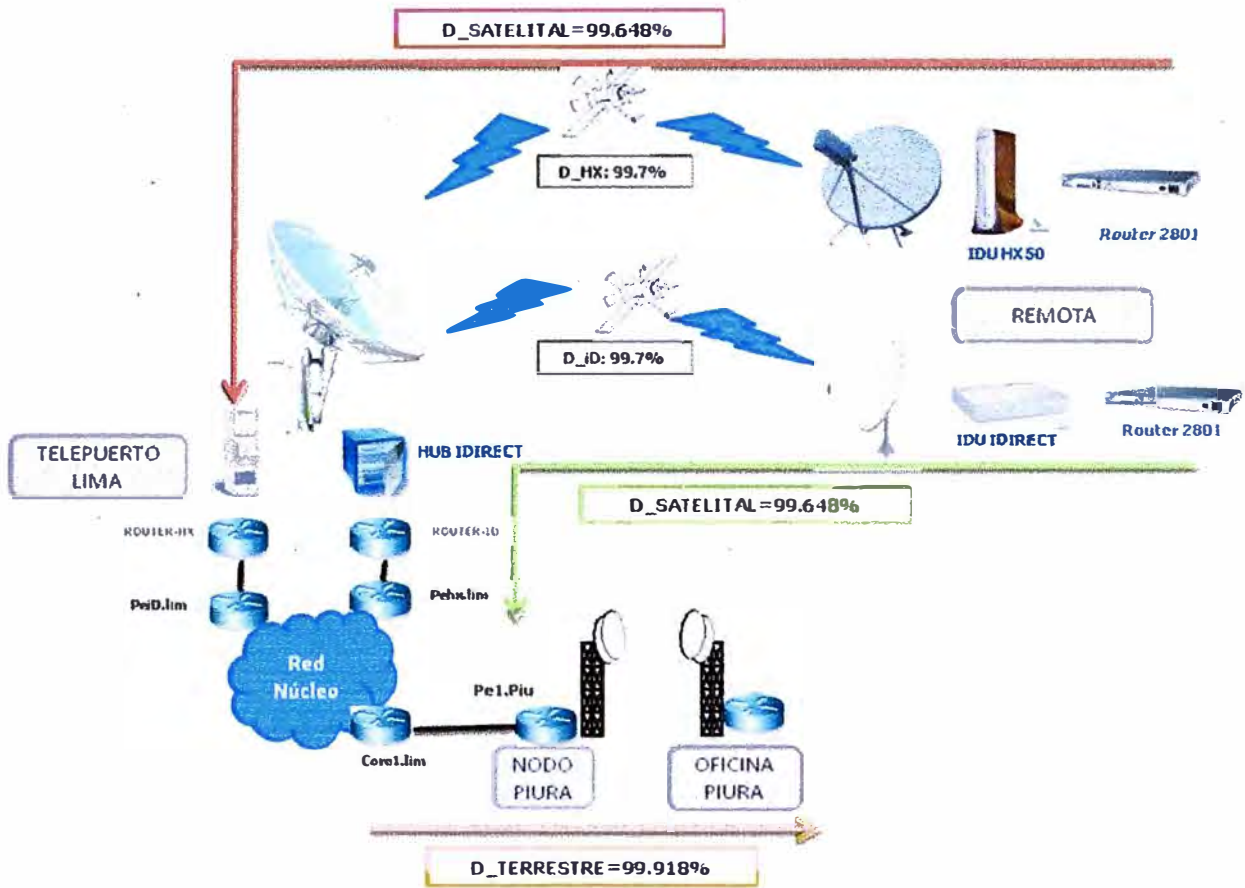


Figura 4.30 Cálculo de Disponibilidad con Enlace de Respaldo Satelital

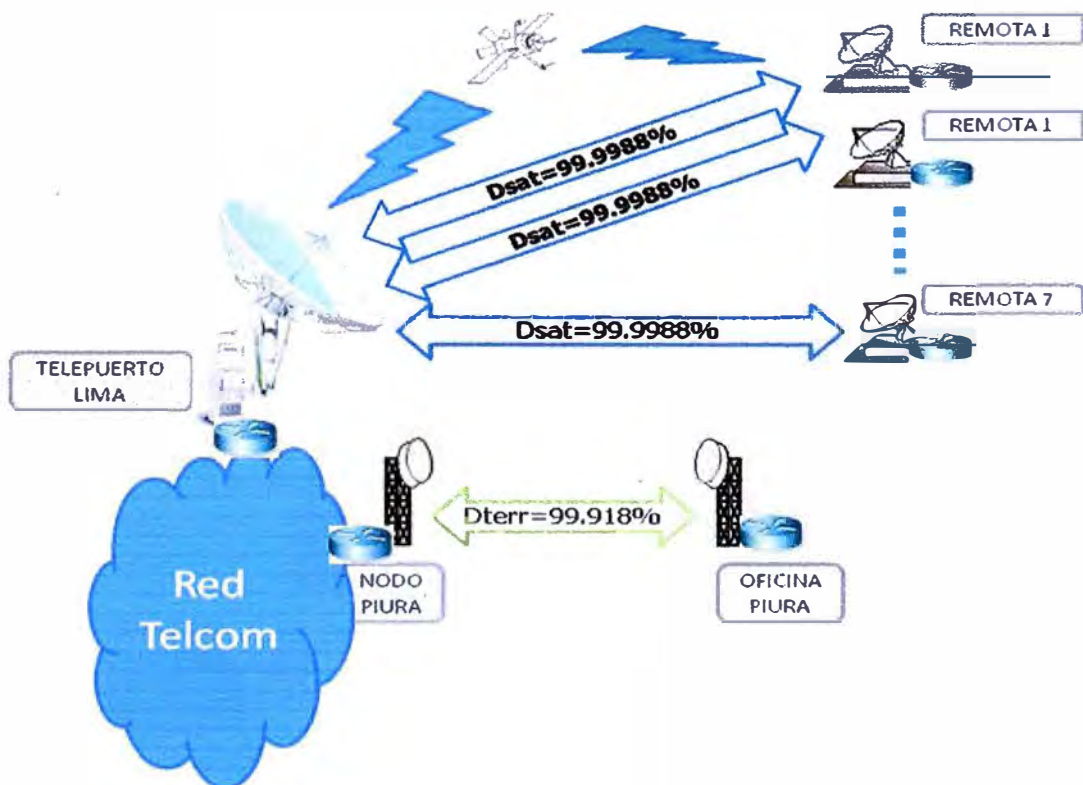


Figura 4.31 Valores de Disponibilidad con Enlace Satelital de Respaldo

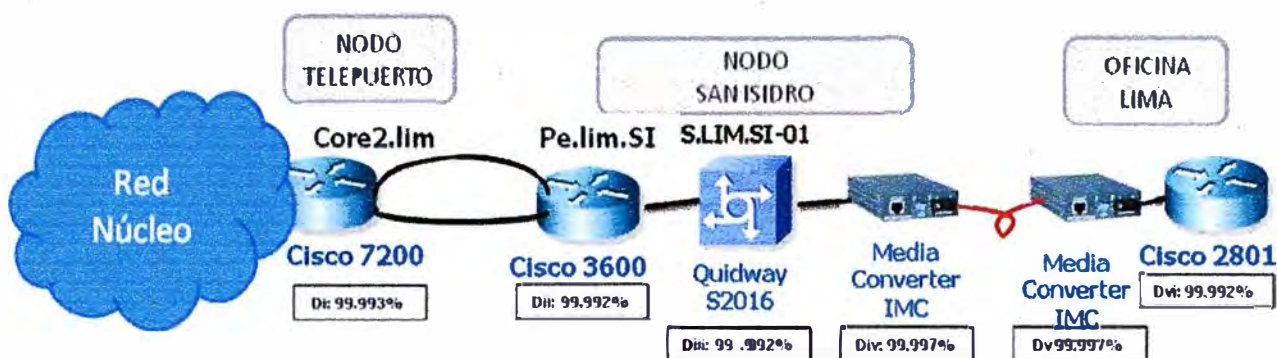


Figura 4.32 Cálculo Disponibilidad Enlace Oficina Lima

Aplicando el cálculo de disponibilidad en serie se tiene lo siguiente:

$$D_{TERR_LIMA} = D_I * D_{II} * D_{III} * D_{IV} * D_V * D_{VI} = 99.97\%$$

La disponibilidad del enlace hacia la oficina de Lima es aceptable, lo que no podemos decir del enlace terrestre hacia la oficina de Piura la cual es de 99.918%, para mejorarla se plantea un enlace de respaldo a través de una red diferente a la de Telcom, un enlace de una segunda empresa de telecomunicaciones, la cual la llamaremos Telcom2, a esto se le denomina un Enlace por Terceros.

4.12.2. Ajuste de la Disponibilidad del Enlace Hacia Piura

Se plantea un enlace de respaldo por un tercero (Telcom2). Se realiza un ajuste al diseño de la red de núcleo. Se añade un router núcleo, Core3.lim, como se observa en la figura 4.33.

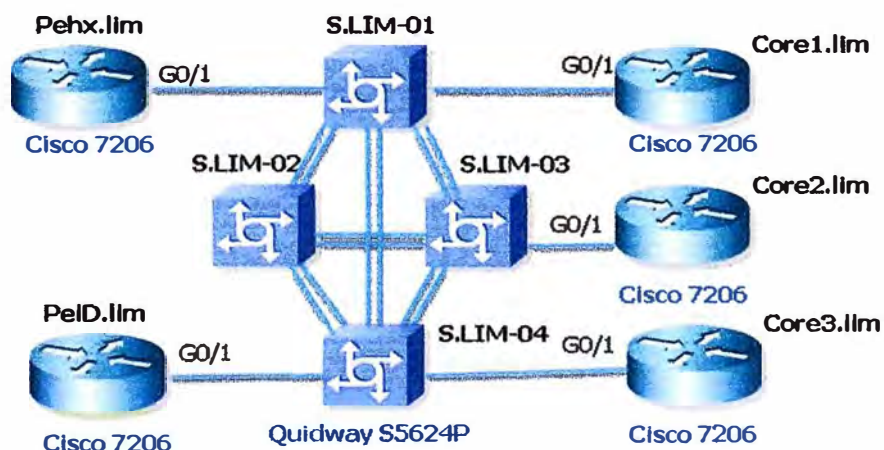


Figura 4.33 Diseño final – Red de Núcleo

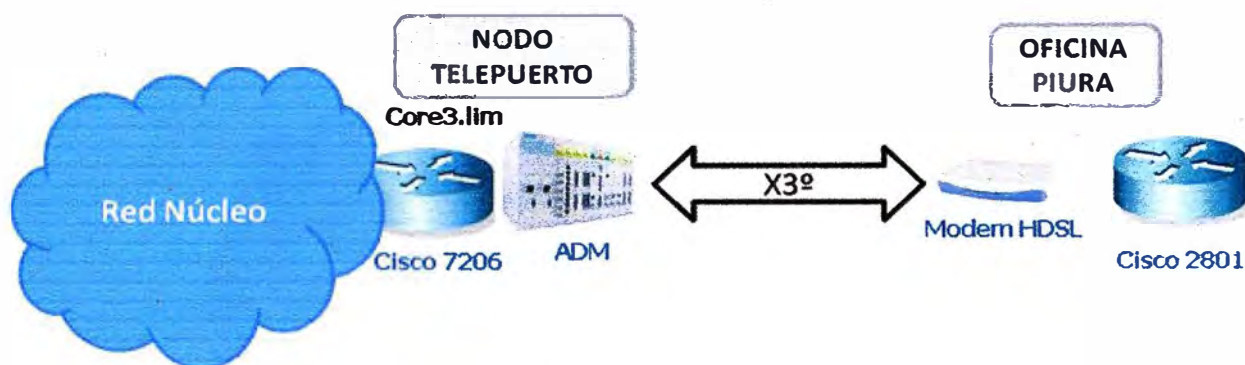


Figura 4.34 Enlace de Respaldo – Oficina Piura

En la figura 4.34 se observa la distribución de equipos para el enlace de respaldo por terceros, ambos proveedores de servicio de telecomunicaciones tiene una interconexión en el Nodo Telepuerto, esto se realiza a nivel SDH (Jerarquía digital síncrona) a través de un equipo ADM. El ADM tiene una conexión con un router núcleo, en este caso Core3.lim, la cual puede ser por ejemplo una trama DS3 (44.736 Mbs). Se solicita a Telcom2 que el enlace culmine en la oficina de Piura del cliente, previa factibilidad.

Telcom2 ofrece por contrato una disponibilidad para enlace terrestre solicitado por Telcom1, asumamos una disponibilidad de 99.8%, con esto calculamos la disponibilidad del enlace de respaldo.

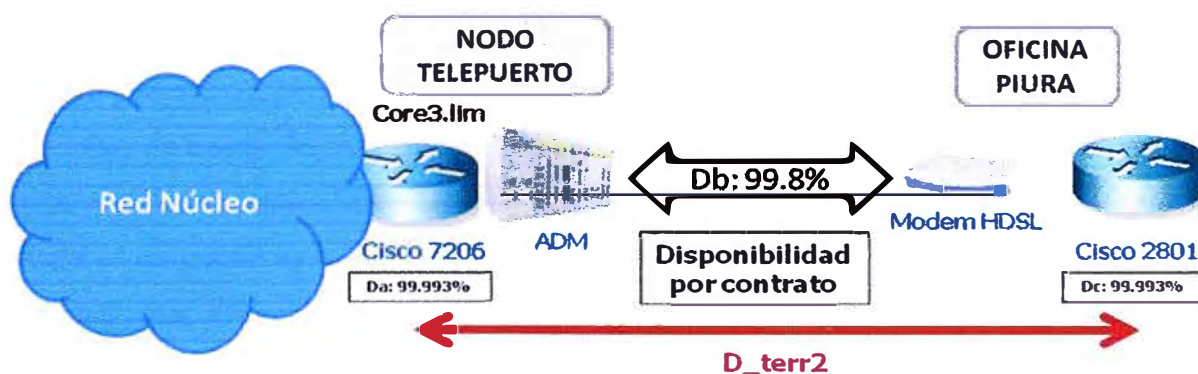


Figura 4.35 Cálculo Disponibilidad del Enlace de Respaldo a Oficina Piura

En la figura 4.35 se muestra todos los valores implicados para el cálculo de la disponibilidad del Enlace de Respaldo terrestre de la Oficina de Piura.

$$D_{TERR2_Piura} = D_a * D_b * D_c = 99.785\%$$

En la figura 4.36 se muestra la disponibilidad de los enlaces hacia la oficina de Piura., calculando la disponibilidad final del enlace, se tiene lo siguiente:

$$D_{PIURA} = 1 - (1 - D_{terr1}) * (1 - D_{terr2})$$

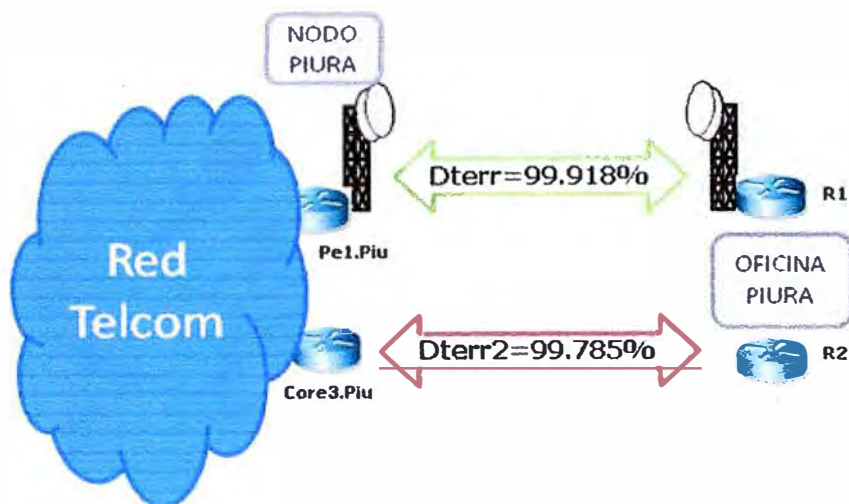


Figura 4.36 Cálculo Disponibilidad del Enlace a Oficina Piura

$$D_{PIURA} = 1 - (1 - 0.99918) * (1 - 0.99785) = 99.9998\%$$

Usualmente los enlaces de respaldo por terceros tiene un ancho de banda menor que el enlace principal, esto con el objetivo de reducir el costo asociado a dicho enlace el cual es un recurrente mensual, OPEX. Este criterio es justificable debido a que este enlace solo actuará temporalmente ante una situación de emergencia hasta reparar el enlace principal. Para este caso asumimos un enlace por terceros de 512Kbps.

4.13. Cálculo de la Disponibilidad Ponderada del Sistema

Para poder calcular la disponibilidad ponderada de todo el sistema se tiene que conocer los anchos de banda de cada enlace. La sección 3.2.2 se vio los requerimientos de ancho de banda y en las secciones anteriores se calcularon todas las disponibilidades, con todo esto se tiene el diagrama de la figura 4.37.

Notar que el ancho de banda de la Oficina Principal de Lima no estaba dado explícitamente en la sección de requerimientos, se deduce que es la suma de todos los anchos de banda de las estaciones remotas y oficina Piura. Aplicando la formula de la sección 2.10.4 se tiene lo siguiente:

$$D_{SISTEMA} = \frac{\sum D_i * Bw_i}{\sum Bw_i}$$

$$D_{SISTEMA} = \frac{1024 * 0.99998 + 512 * 0.99998 + 256 * 0.99998 * 5 + 2560 * 0.999998 + 5376 * 0.9997}{1024 + 512 + 256 * 5 + 2560 + 5376}$$

$$D_{SISTEMA} = 99.9844\%$$

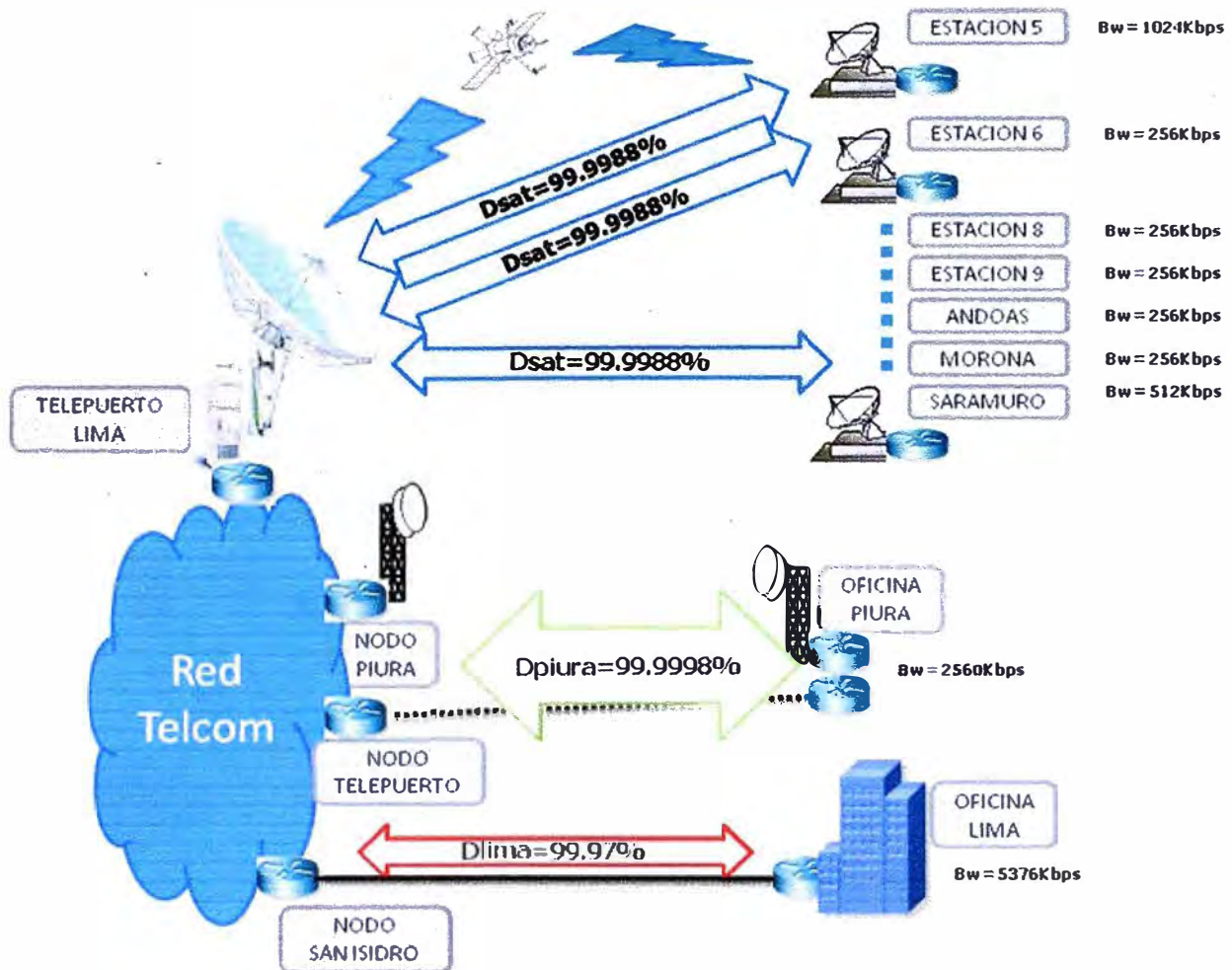


Figura 4.37 Calculo de la Disponibilidad Ponderada de todo el sistema

Con esto se cumple el requerimiento planteado en el capítulo III, red de alta disponibilidad. Por ejemplo en un año (365×24 h: 8760 horas) el sistema tiene una indisponibilidad de 1 hora 21 minutos. Como observación no se están considerando la indisponibilidad por manchas solares por ser esto algo inevitable.

4.14. Diagrama Completo de la Red Diseñada

Se ilustra en la figura 4.38.

4.15. Implementación MPLS

Implementamos el protocolo MPLS en los routers núcleo (Core) y frontera (Edge).

Pasos para la Implementación de una Red MPLS Núcleo, referencia a figura 4.39.

- Levantar la parte física de los puertos.
- Definir el direccionamiento IP y configurarlo.
- Implementación de un protocolo IGP (Interior Gateway Protocol) para que todos los routers tengan conectividad. Elegimos el protocolo IS-IS por ser protocolo estándar no propietario el cual permite trabajar con diferentes marcas de routers.

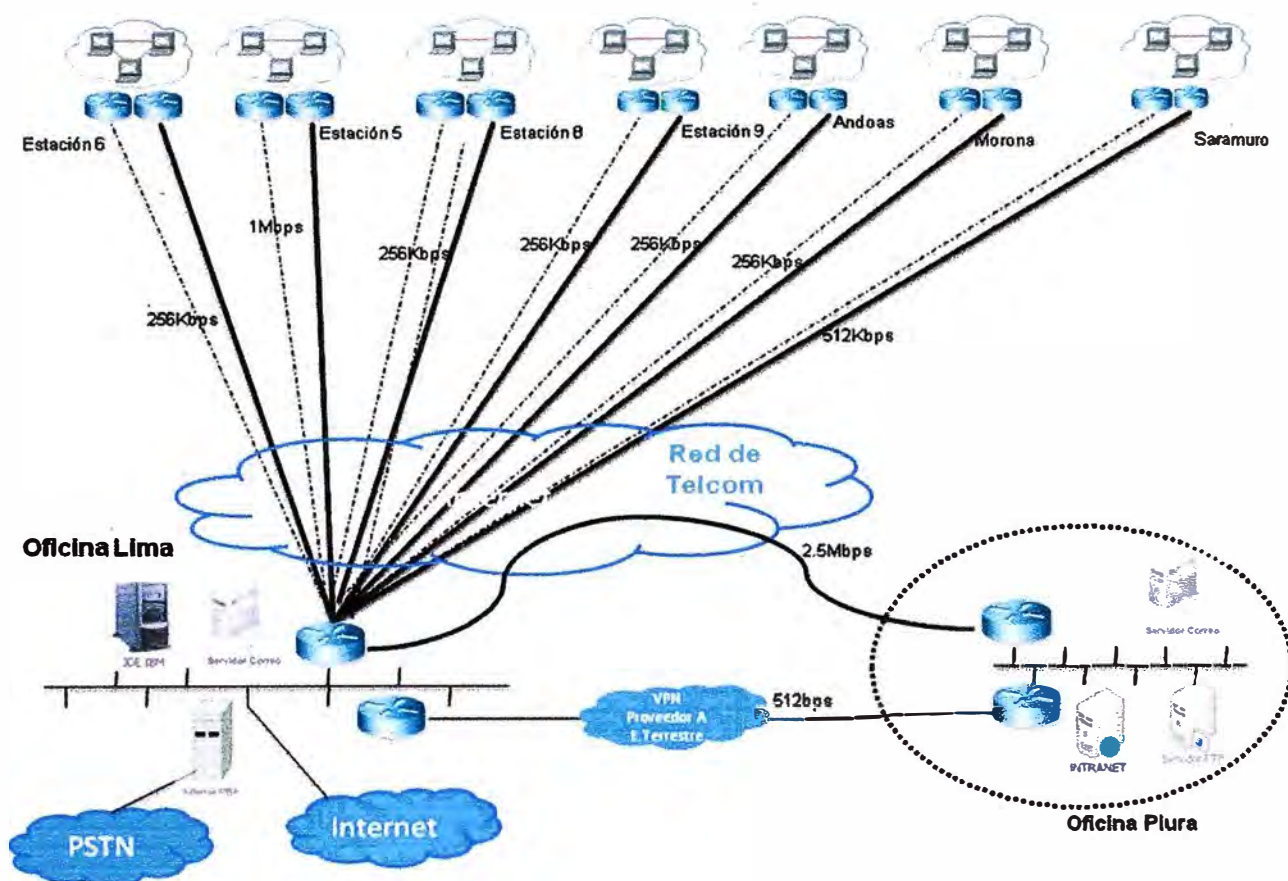


Figura 4.38 Diagrama Completo de la Red Diseñada

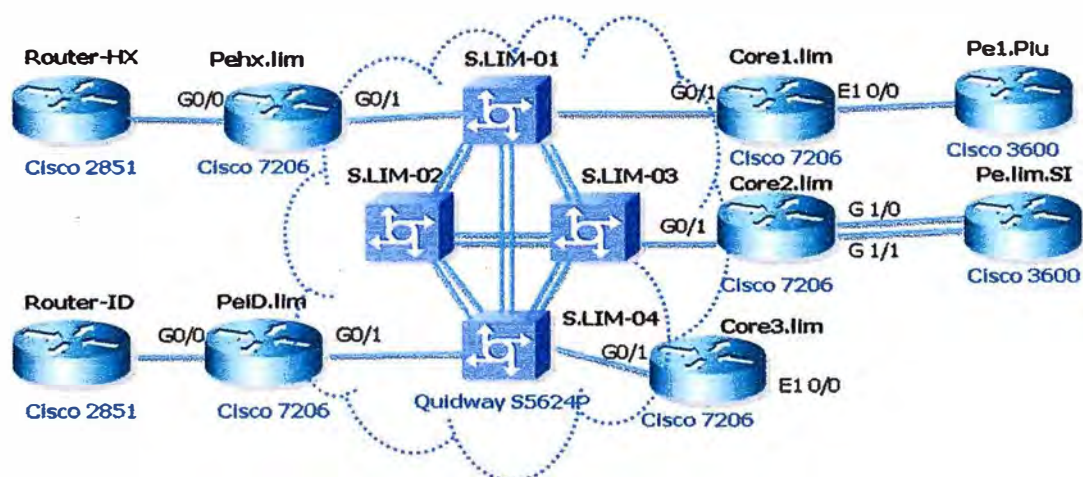


Figura 4.39 Red Núcleo y Distribución

- d. Configuración del protocolo MPLS en las interfaces de los router de Core y Edge, sobre esto se levanta el protocolo de distribución de etiquetas (LDP).
- e. Como existen más clientes se necesita de alguna forma separar las tablas de ruteo para eso se utiliza la VRF (Virtual Routing and Forwarding). Se suele implementar MPLS y VRF en conjunto para manejar una gran densidad de redes en una misma

plataforma MPLS. Llamemos a la vrf del cliente “CLIENTE”. Se tiene que configurar la VRF del cliente en todos los routers tanto de Core como Edge.

- f. Configurar las sub-interfaces en los routers de frontera (PE)

4.16. Conmutación Automática de los Enlaces Redundantes

En esta sección se explica cómo se logra la conmutación automática a los enlaces de respaldo tanto para las remotas como para la sede de Piura. En la tabla 4.12 se define el direccionamiento IP para todas las sedes.

4.16.1. Enrutamiento hacia las redes de las remotas

En la red de Telcom opera el protocolo de enrutamiento interno iBGP, el cual se encarga de intercambiar las tablas en todo los router que pertenezcan a la red, solo colocamos rutas estáticas en los router de frontera, router PE. Ver ejemplo en la figura 4.40.

Tabla 4.12 Direccionamiento IP de las Sedes

SEDE	SERVICIO	IP LAN /24	IP WAN /30
ANDOAS	HX PERU	10.6.13.201	10.200.10.86
ANDOAS	IDIRECT	10.6.13.202	10.210.128.86
SARAMURO	HX PERU	10.6.11.201	10.200.10.66
SARAMURO	IDIRECT	10.6.11.202	10.210.128.66
ESTACION 5	HX PERU	10.6.15.201	10.200.10.70
ESTACION 5	IDIRECT	10.6.15.202	10.210.128.70
ESTACION 6	HX PERU	10.6.16.201	10.200.10.74
ESTACION 6	IDIRECT	10.6.16.202	10.210.128.74
ESTACION 8	HX PERU	10.6.18.201	10.200.10.82
ESTACION 8	IDIRECT	10.6.18.202	10.210.128.82
ESTACION 9	HX PERU	10.6.19.201	10.200.10.78
ESTACION 9	IDIRECT	10.6.19.202	10.210.128.78
MORONA	HX PERU	10.6.14.201	10.200.10.90
MORONA	IDIRECT	10.6.14.202	10.210.128.90
PIURA	SAF	10.6.0.201	172.16.1.0/30
PIURA	HDSL (Respaldo)	10.6.0.202	172.16.2.0/30
LIMA	FIBRA OPTICA	10.1.0.0	172.16.3.0/30

4.16.2. Conmutación de paquetes enviados hacia el cliente

La red Telcom tiene dos formas de llegar a la red del cliente, una ruta principal y una ruta de respaldo, para poder discernir una de otra se levanta sesiones BGP entre los routers PE y los router del cliente, se utiliza el concepto de Local-Preference para dar prioridad a las rutas aprendidas por el enlace principal, esto se trata de ilustrar en la figura 4.42.

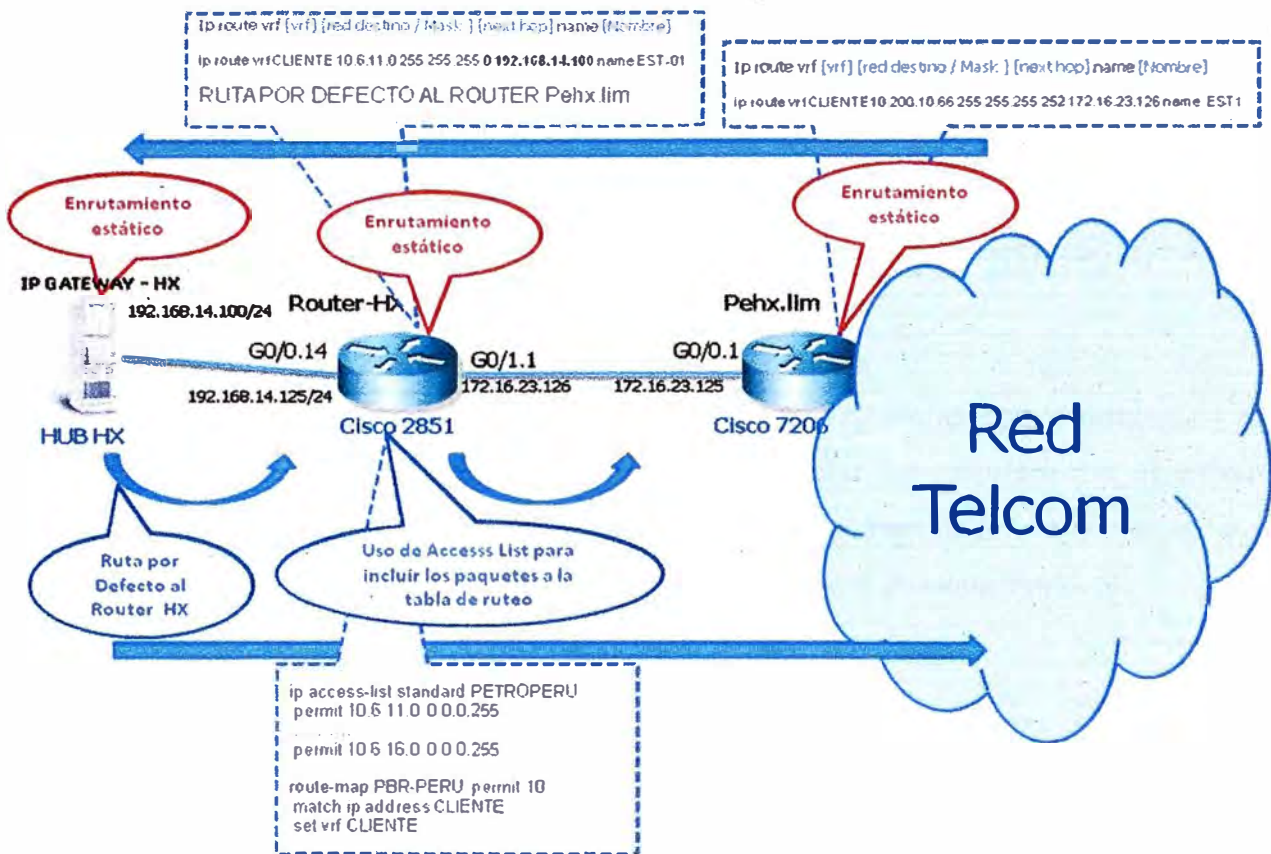


Figura 4.40 Rutas Estáticas en el routers – Ejemplo



Figura 4.41 Rutas Estáticas en los routes de frontera

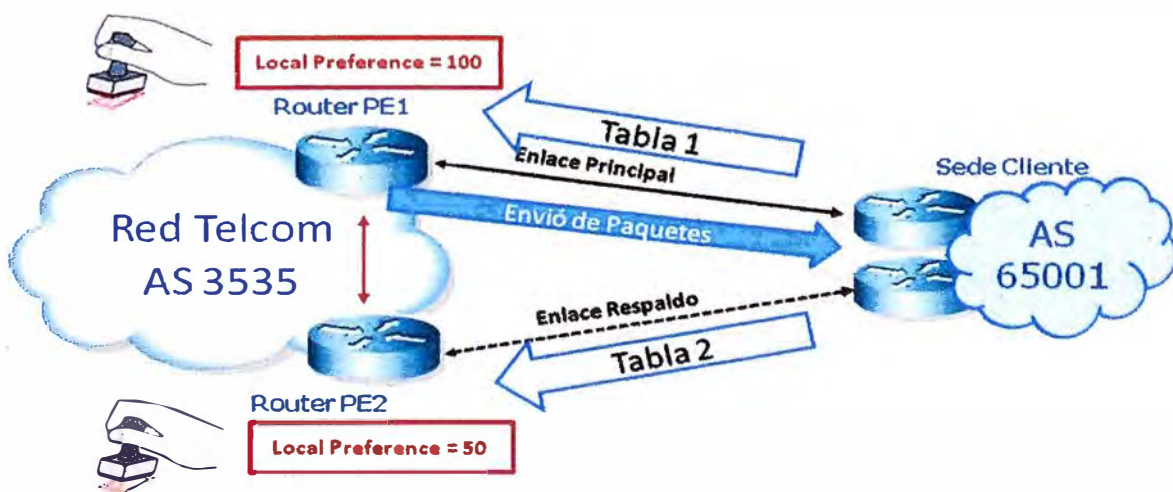


Figura 4.42 Técnica de conmutación tráfico en el sentido Hacia la Remota

Las rutas que se aprenden por el enlace principal son etiquetas con un local preference mayor que las rutas que se aprende por el enlace de respaldo, por ello cuando se tiene que realizar un envío de paquetes desde la red de Telcom a la remota se elige la ruta con mayor local preference.

Si el enlace principal llegara a fallar, solo se tendría rutas con un local preference de 50 el cual se elegiría para enviar paquetes hacia las sedes remotas.

4.16.3. Conmutación de Paquetes Enviados desde el Cliente

Los paquetes tienen dos caminos para llegar la red de Telcom, el enlace principal y el enlace de respaldo, en situación normal debe elegir enviar los paquetes por el enlace principal, si este fallara lo enviaría por el enlace de respaldo. Para poder implementar esto se utiliza el protocolo propietario de Cisco HSRP (Hot Standby Routing Protocol).

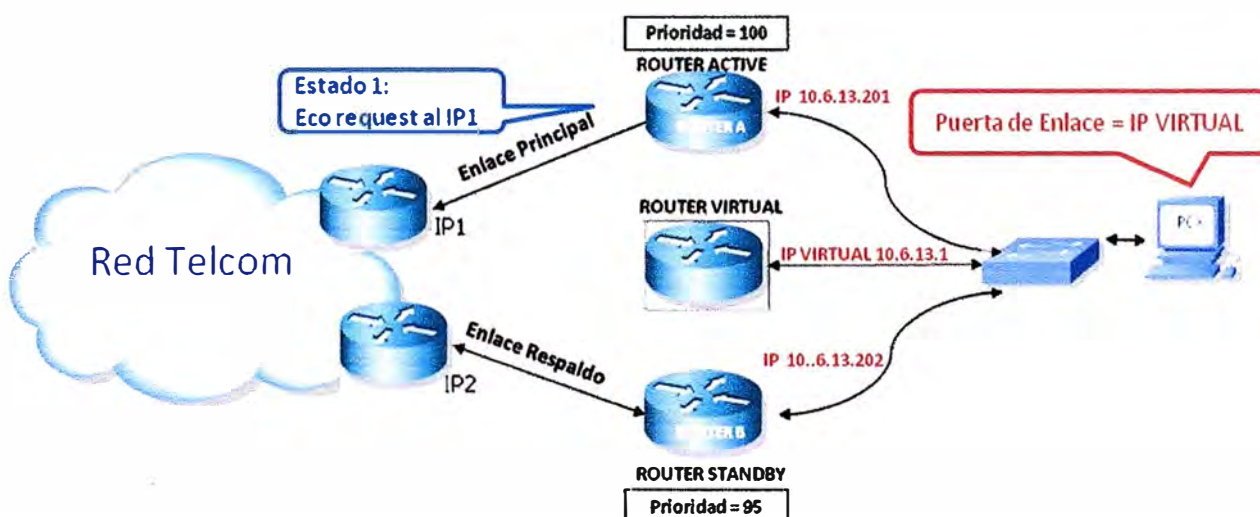


Figura 4.43 Técnica de conmutación tráfico en el sentido Desde la Remota

- Los router A y B forman un grupo HSRP: router A es Active, router B es Standby.
- Router Active tiene mayor Priority que el router Standby.
- Router B pasa a ser Active cuando el router A disminuye su Priority por falla en su interface LAN o WAN. No olvidar que los router intercambian paquetes hello para verificar su operatividad.
- Tráfico de la PC X hacia la red de Telcom tiene como next-hop al IP VIRTUAL del grupo HSRP.
- Tiempo de conmutación HSRP = 10 segundos

4.17. Calidad de Servicio

Para poder aplicar de una manera óptima la calidad de servicios se utiliza Servicios Diferencias (DiffServ) sobre la red MPLS, para lo cual se emplea políticas de control que se aplicarán tanto por servicio como por IP origen y destino. Con esto garantizamos reservar el ancho de banda requerido por cada aplicación simplemente realizando la configuración en los routers del cliente, CPE, y los routers de frontera del proveedor, PE. Los Anchos de banda a garantizar son los considerados en la sección 3.2.3. Para configuración de los equipos ver Anexo B.

CAPITULO V COSTOS Y TIEMPOS DE IMPLEMENTACIÓN

En el presente capitulo se indican los costos que implica la implementación del proyecto así como el tiempo de implementación estimado.

5.1. Costo del Nuevo Equipamiento

En esta sección solo se indicará el costo de los equipos sin considerar la capacidad satelital implicada.

El proyecto implica un cambio casi completo de los equipos de comunicaciones. Se tienen dos oficinas en zonas urbanas y siete estaciones remotas idénticas en equipamiento pero no en instalación como se verá más adelante. Solo se indica el costo de una estación remota, luego lo multiplicaremos por seis, la Estación 5 se trata aisladamente por tener un equipamiento diferente.

Tabla 5.1 Estimado de Costo Total de Equipamiento para la Implementación

Nº	Equipos por Estación	Costo por Estación (US\$)	Total de Estaciones	Costos Totales (US\$)
1	Estación Remota			
	Antena 1.8m y Equipos ODU - 2W VSAT	1500	6	9000
	IDU iDirect	300	6	1800
	Antena 2.4m y Equipos ODU - 2W VSAT	2000	6	12000
	IDU Hughes	350	6	2100
	Dos Router Cisco 2801	2000	6	12000
	Consumibles	400	6	2400
2	Estación Remota 5			
	Antena 1.8m y Equipos ODU - 2W VSAT	1500	1	1500
	IDU iDirect	300	1	300
	Antena 2.4m y Equipos ODU - 5W VSAT	2200	1	2200
	IDU Hughes	350	1	350
	Dos Router Cisco 2801	2000	1	2000
	Consumibles	400	1	400
3	Oficina Piura			
	Equipamiento Microondas 3.8GHz	6500	1	6500
	Dos Router Cisco 2801	2000	1	2000
	Consumibles	150	1	150

N°	Equipos por Estación	Costo por Estación (US\$)	Total de Estaciones	Costos Totales (US\$)
4	Oficina Lima			
	Router 2801	1000	1	1000
	Equipos de Fibra Óptica	1200	1	1200
	Consumibles	200	1	200
Subtotal				57100
IGV (19%)				10849
Costo Total (US\$)				67949

5.2. Costo de Implementación

Dividiremos los costos de implementación en tres partes, costos de obras civiles, costos de transporte de equipos y costo de instalación o mano de obra.

5.2.1. Obras Civiles

Se consideran obras civiles a todos los trabajos previos que se tiene que realizar para poder efectuar la instalación de los enlaces.

Para poder saber las obras requeridas por estación se requiere realizar una visita de levantamiento de información donde se debe determinar todo lo necesario para cumplir los requerimientos de instalación que solicitan los fabricantes de equipos. Se muestra la tabla 5.2 con los requerimientos de instalación y su costo aproximado en una zona urbana.

Tabla 5.2 Costos de los Requerimientos de Instalación

N°	Requerimientos de Instalación	Costo US\$ (Sin IGV)
1	Losa de Concreto de 2mx2mx20cm	400
2	Losa de Concreto de 2.5mx2.5mx30cm	500
3	Sistema de Pararrayo	920
4	Sistema de Puesta a Tierra <5 ohm	550
6	Mantenimiento de PAT	200
5	Ducterías PVC 2" por Losa	150
6	Energía Estabilizada AC (UPS 1KVA)	800
7	Rack Autosoportado 24 RU	90
8	Torre Ventada de 24m para Oficina Piura	1200

Los costos obligatorios son de las losas y ducterías, lo demás depende de las visitas previas de levantamiento de información. Puede darse el caso de utilizar parte de la infraestructura existente de la empresa. En la tabla 5.3 se muestra los costos de obra civil obligatorios por cada sede.

Tabla 5.3 Costos de Obras Civiles Obligatorios por sede

Sede	Requerimientos Obligatorios	Costo Obligatorio (US\$)	Viáticos y Transporte (US\$)	Costo
Estación 5	Losas y Ductos	1050	300	1350
Estación 6	Losas y Ductos	1050	300	1350
Estación 8	Losas y Ductos	1050	300	1350
Estación 9	Losas y Ductos	1050	300	1350
Andoas	Losas y Ductos	1050	2200	3250
Morona	Losas y Ductos	1050	1000	2050
Saramuro	Losas y Ductos	1050	1300	2350
Piura	Torre 24m	1200	0	1200
Lima	-	-	0	0
SubTotal				14250
IGV (19%)				2707.5
Costo Total (US\$)				16957.5

5.2.2. Transporte de Equipamiento

En la tabla 5.4 se indican el costo de transporte por sede considerando que los equipos salen desde Lima, se considera la dificultad de acceso a las sedes remotas.

Tabla 5.4 Costos de Transporte

Sede	Medio de Transporte	Costo de Transporte de Equipos (US\$)
Estación 5	Terrestre	200
Estación 6	Terrestre	200
Estación 8	Terrestre	200
Estación 9	Terrestre	900
Andoas	Fluvial	1500
Morona	Fluvial	700
Saramuro	Fluvial	900
Piura	Terrestre	100
Subtotal		4700
IGV (19%)		893
Costo Total (US\$)		5593

5.2.3. Servicio de Instalación

En la Tabla 5.5 se indican los costos de instalación de solo los sistemas de comunicaciones, se consideran gastos de habilitación del personal para realizar las instalaciones en los campamentos remotos (Seguro de trabajo, Vacunas, etc.).

Tabla 5.5 Costos de Instalación

Sede	Sistema a Instalar	Zona de la Sede	Costo (US\$)
Estación 5	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Nor Oriente	1000
Estación 6	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Nor Oriente	1000
Estación 8	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Nor Oriente	1000
Estación 9	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Norte	800
Andoas	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Nor Oriente	1000
Morona	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Nor Oriente	1000
Saramuro	Dos Enlaces Satelitales VSAT	Nor Oriente	1000
Piura	Enlace Microondas Punto a Punto	Norte	600
Piura	Instalación Enlace de Backup 512Kbps	Norte	1000
Lima	Enlace de Fibra Optica	Centro	300
Subtotal			8700
IGV (19%)			1653
Gastos Habilitación del Personal (Seguros, Vacunas, etc.)			1000
Costo Total (US\$)			11353

5.2.4. Costo Total de Implementación

También conocido como CAPEX (Capital Expenditure), es el costo inicial y único para la implementación del proyecto. En la tabla 5.6 se muestra el costo total de instalación para lo cual se utilizaron las tablas del 5.1 al 5.5.

Tabla 5.6 Costos Totales de Instalación

Descripción	Costo en US\$ (Incluido IGV)
Costo del Nuevo Equipamiento	67949
Costo de Obras Civiles Obligatorias	16957,5
Costo de Transporte de Equipos	5593
Costo de Instalación de los sistemas	11353
Costo Total (US\$)	101 852,5

Considerar que este costo de instalación es relativo debido a que no se tiene la información de las condiciones actuales de las sedes, visita previa.

5.3. Costo Mensual Recurrente de la Red (MRC)

Son los costos de Telcom recurrentes por mes para mantener la red diseñada. Telcom traslada parte de los ingresos para cubrir sus costos de capacidad satelital y alquiler de enlaces de datos a otro Telcom. Esto también es conocido como OPEX MRC. En la Tabla 5.7 se indican los costos recurrentes de Telcom.

Tabla 5.7 Costos Recurrentes de Telcom

Enlace	Sede	Tecnología de Acceso	BW (Kbps)	Capacidad Satelital	Costos Recurrentes	OPEX MRC (US\$)
				Costo por MHz US\$2000		
Enlace Principal	Estación 5	VSAT Hughes	1024	3.900 MHz	Cap Satelital + Mant	8875
	Estación 6	VSAT Hughes	256		Cap Satelital + Mant	
	Estación 8	VSAT Hughes	256		Cap Satelital + Mant	
	Estación 9	VSAT Hughes	256		Cap Satelital + Mant	
	Andoas	VSAT Hughes	256		Cap Satelital + Mant	
	Morona	VSAT Hughes	256		Cap Satelital + Mant	
	Saramuro	VSAT Hughes	512		Cap Satelital + Mant	
	Piura	Wireless	2560		-	
	Lima	Fibra Óptica	5376	-	Mantenimiento	125
Enlace de Respaldo	Estación 5	VSAT iDirect	512	1.7MHz	Cap Satelital + Mant	4875
	Estación 6	VSAT iDirect	256		Cap Satelital + Mant	
	Estación 8	VSAT iDirect	256		Cap Satelital + Mant	
	Estación 9	VSAT iDirect	256		Cap Satelital + Mant	
	Andoas	VSAT iDirect	256		Cap Satelital + Mant	
	Morona	VSAT iDirect	256		Cap Satelital + Mant	
	Saramuro	VSAT iDirect	256		Cap Satelital + Mant	
	Piura	HDSL por terceros	512	-	Alquiler Enlace 512Kbps	1000
OPEX MRC Total (US\$)						18000

Las capacidades satelitales se obtuvieron del cálculo del enlace, dicho programa considera una capacidad sobredimensionada considerando que todas las estaciones transmiten simultáneamente y permanentemente lo que en la práctica no se da, un sistema VSAT se caracteriza por optimizar el ancho de banda haciendo que todas las estaciones compartan el espectro. El costo del mantenimiento, US\$125, se está considerando para todas las sedes y por sistema satelital. En el enlace principal de Piura se está considerando el alquiler de capacidad terrestre a otro proveedor de servicios considerando que el primer proveedor no posee infraestructura de red desde Lima a Piura, con esto se está planteando el peor escenario. Además la mensualidad del enlace de 512Kbps de respaldo a Piura se considera US\$1000 donde se incluye el costo de acceso local mensual.

5.4. Evaluación del Proyecto

Se realiza una evaluación económica para saber que tan rentable es para una empresa operadora de servicios de telecomunicaciones implementar el proyecto. Planteamos una mensualidad que debe abonar el cliente - usuario a Telcom por toda la red de disponibilidad del 99.984%.

Mensualidad del cliente a Telcom (M): US\$ 30,000

Primero calculemos el Gross Margin (GM, Utilidades) de Telcom que consiste en la mensualidad recibida del cliente menos los costos mensuales por mantener su red (OPEX MRC), calculado en la sección 5.3, a este último le sumamos otros costos directos (ODC) del 10% de la mensualidad. ODC contempla intervenciones por averías, cambios de equipamiento, etc.

$$GM(US\$) = M - OPEX - M * 0.10 = 30000 - 18000 - 3000 = 9000$$

$$GM(\%) = \frac{GM}{M} = 30\%$$

El Gross Margin (utilidades) resulto 30% de la mensualidad del cliente.

Ahora calcularemos en que tiempo Telcom recupera su inversión, este parámetro se le conoce como ROI (Return On Investment).

$$ROI = \frac{CAPEX}{GM} = \frac{101852,5}{9000} = 11.32$$

Un ROI de 11.32 significa que la inversión se recuperará en 12 meses. Con esto concluimos que implementar el proyecto le es muy rentable a la empresa proveedora de servicio de telecomunicaciones y por lo tanto es viable.

5.5. Tiempo de Implementación

Estimaremos el tiempo de implementación del proyecto considerando las condiciones geográficas para el acceso a las sedes remotas.

La implementación de este proyecto se realiza en tres etapas:

A. Etapa 1: Estudio de Campo o Relevamiento

Consiste en realizar una visita previa a la sede para determinar la ubicación de los equipos como antena, recorrido del cableado de señal, se verifica el sistema de puesta a tierra, sistema de pararrayo y suministro de energía estabilizada, todo debe ser consensuado por el cliente.

B. Etapa 2: Obras Civiles

En base al estudio de campo se realiza la implementación de todas las obras civiles requeridas para que se pueda instalar los enlaces. Ejemplo de Obras Civiles: Losa de concreto para las antenas, ducterías para el cable de señal, sistema de puesta a tierra menor a 5 ohm, sistema de pararrayo, aterramiento del rack de comunicaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las empresas que cuentan con un escenario similar al planteado, una, dos o más oficinas en zonas urbanas y varias oficinas en campamentos remotos, como por ejemplo petroleras o mineras, requieren una gran disponibilidad para sus enlaces debido a que de ello depende su productividad. El diseño de red planteado tiene una muy alta disponibilidad a pesar de contar con enlaces satelitales los cuales de por si cuenta con una baja disponibilidad, esto se logra utilizando enlaces redundantes para los enlaces más críticos.
2. Se logra una gran optimización de los recursos de la empresa petrolera o minera reemplazando los enlaces satelitales SCPC por enlaces satelitales VSAT Hughes de última generación los cuales garantizan un ancho de banda de subida y bajada con un Best Effort (el mejor esfuerzo) al cual puede llegar cuando el medio esté disponible. La optimización de recursos permite instalar otro enlace VSAT de respaldo de características un poco inferiores.
3. La tercerización de los servicios de comunicación de datos, video y voz para una empresa petrolera o minera le conviene en todos los sentidos, delegar la instalación, mantenimientos preventivos y correctivos de los enlaces de comunicación. La empresa no consume sus recursos en un rubro que no le compete, no es su negocio. Tercerizar a una empresa especializada le brindará muchos beneficios extras como monitoreo continuo de sus enlaces, estadísticas del consumo del ancho de banda por protocolo, por dirección Ip origen y/o destino, y muchos otros datos que le permite al cliente desarrollar un planeamiento completo de la red para optimizarla al máximo.
4. La evaluación del proyecto desde el punto de vista de la empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones arrojó un ROI (retorno de inversión) de 12 meses con lo cual se demuestra que la implementación del proyecto le es económicamente muy rentable y por lo tanto es viable.

5. Se realizó una evaluación tecnológica con las principales tecnologías satelitales VSAT, se elogió la tecnología con mejores características de optimización de protocolos TCP e IP, Hughes, con la cual garantizamos el correcto funcionamiento de las aplicaciones de red (VoIP, VideoIP, SAP, JDE, SNMP, etc.). Necesariamente no se elige a la mejor tecnología si no a la que mejor se adapta a las necesidades de la red.
6. El desarrollo tecnológico VSAT está logrando que los enlaces cada vez simulen más un enlace satelital dedicado como lo es la tecnología SCPC, todo esto gracias a las técnicas de optimización de protocolos TCP o IP.
7. Luego de realizar un análisis de las diferentes técnicas de conmutación automática se elogió desde el punto de vista de tiempo de conmutación y simplicidad los protocolos BGP; utilizado para conmutar el tráfico hacia la remota, y HSRP; utilizado para conmutar el tráfico que envía la remota.

ANEXO A
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS

A.1 Equipo InDoor HX50 Hughes

Se especifica sus principales características y en la Figura A.1 se visualiza el equipo.

Interfaces Físicas:

- Dos puertos 10/100BaseT Ethernet LAN RJ45
- Un puerto serial (RS-422 o RS-232)

Especificaciones de Antena y satellite

- Formato de Transmisión Outbound: DVB-S o DVB-S2
- Soporta codificación y modulación adaptativa DVB-S2
- Tasa de Información (Recibe o Canal Outbound Sistema HX): hasta 121 Mbps
- Tasa de Información (Transmite o Canal Inbound Sistema HX): hasta 3.2 Mbps
- Tasa de Símbolos (Recibe): 1–45 Msps (en pasos de 1 Msps)
- Tasa de Símbolos (Transmite): 128, 256, 512, 1024, 2048 ksps

Decodificación DVB-S (Recibe): Convolutacional con Reed Solomon Concatenado Viterbi 7/8, 5/6, 3/4, 2/3, or 1/2

Decodificación DVB-S2 (Recibe): BCH with LDPC 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, o 9/10 (8PSK) 1/2, 3/5, 2/3, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 (QPSK)

Decodificación de Transmisión: Tasa 1/2, 2/3, 4/5 Tasa Turbo Code 1/2

Convolutacional

- Rango de Frecuencia: Banda C, Ku y Ka
- Modulación (Recibe): QPSK or 8PSK
- Modulación (Transmite): OQPSK
- Tasa de Error de Bit (Recibe): 10e-10 o mejor
- Tasa de Error de Bit (Transmite): 10e-7 o mejor

Dimensionamiento Ampliadores:

- Para Banda Ku se usa de 1 y 2 watt
- Para Banda C se usa de 2 watt
- Para Banda Ka se usa de 1, 2 y 3 1/2 watt

MTBF: 64000 horas

MTTR: 12 horas

A.2 Equipo InDoor INFINITI 3100 iDirect

Se especifica sus principales características y en la Figura A.2 se visualiza el equipo.

Configuración de Topología de Red: Estrella (TDM/MF-TDMA)

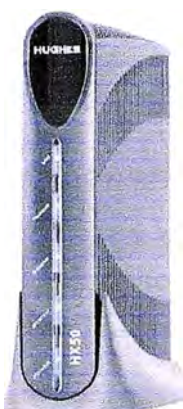


Figura A.1 Equipos InDoor Hughes – Enlace Principal

Tabla A.1 Especificaciones IDU iDirect

	Downstream (Infiniti TDM)	Upstream (D- TDMA)
Modulación	BPSK, QPSK, 8PSK	BPSK, QPSK
FEC	Turbo, 0.495 - 0.879	Turbo, 0.431 - 0.793
Tasas Máximas		
Símbolos	15 Msps	7.5 Msps
Información	21 Msps	11.8 Msps
Datos IP Portadora	20 Msps	10.8 Msps
Datos IP Remota	17 Msps	5.9 Msps

Interfaces:

- Interface de Datos: Puerto LAN Ethernet 10/100, VLAN 802.1Q

- Protocolos soportados: TCP, UDP, ACL, ICMP, IGMP, RIP Ver2, BGP, Rutas Estáticas, NAT, DHCP, DHCP Helper, Local DNS Caching, cRTP y GRE

Ingeniería de Tráfico: Grupos QoS, QoS, Prioridad estricta Queuing, Aplicaciones bandas en QoS, Mínimo CIR, CIR (Estático y Dinámico), Limitación de la tasa.

MTBF: 64000 horas

MTTR: 12 horas



Figura A.2 Equipo Indoor iDirect – Enlace de Respaldo

A.3 Equipo Ruteador Cisco Modelo 2801

Se especifica sus principales características y en la Figura A.3 se visualiza el equipo.

- Puertos de entrada y salida (E/S): Dos puertos 10Base-T/100Base-TX, un puerto USB 1.1, un puerto RJ45 para la consola, un puerto RJ45 como auxiliar.

Encriptación Integrada basada en hardware

- Dos Slot para PVDM (DSP)
- Tarjeta Flash Compacto: Por defecto: 128 MB, Máximo: 128MB

Slot para tarjeta de interface: 4 Slots, 2 slots soportan los siguientes tipos de módulos: HWIC, WIC, VIC, o VWIC. 1 slot suporta WIC, VIC, o VWIC. 1 slot suporta VIC o VWIC.

- Transmisión de Datos: Tasa de transferencia (máx): 0.1 Gbit/s, Velocidad de transferencia de datos: 100 Mbit/s

Soporte VPN: DES, 3DES, AES 128, AES 192, & AES 256

Otras características: Cisco IOS 12.3(8)T , protección firewall, cifrado del hardware, alimentación mediante Ethernet (PoE), asistencia técnica VPN, soporte de MPLS, filtrado de URL.

MTBF: 300000 horas

MTTR: 24 horas



Figura A.3 Router Cisco 2801

A.4 Equipo Ruteador Cisco Modelo 3600

La serie Cisco 3600 está completamente respaldada por el software IOS de Cisco, el cual incluye compatibilidad con voz análoga y digital, acceso ATM con T1/E1 u interfaces OC-3, conexión telefónica, LAN a LAN, routing, seguridad de acceso y datos, optimización WAN e incorpora características multimedia.

- Velocidad De Transmisión: 100 Mbps
- Cantidad De Slots Para Módulos: 2

Puertos: 2 Slots PCMCIA, Consola de alta velocidad y dos puertos auxiliares

Interfaces WAN Y LAN Soportadas: Ethernet (10Base-T), Fast Ethernet (100Base-Tx), Token Ring, Asíncronas, Sincrónicas Seriales, Seriales de alta velocidad, BRI

ISDN, T1/ISDN PRI canalizado, E1/ISDN PRI canalizado, Modems Digitales y Análogos, 25 Mbps ATM.

MTBF: 300000 horas

MTTR: 24 horas



Figura A.4 Router Cisco 3600

A.5 Equipo Ruteador Cisco Modelo 7200

Se especifica sus principales características y en la Figura A.5 se visualiza el equipo.

- Hasta 16.000 sesiones PPP por chasis
- Escalable a 5.000 túneles por chasis
- Punto de interfaz red a red para señalar interworking (H.323, SIP), media interworking, traducciones de direcciones y de puertos (privacidad y ocultación de topología), facturación y normalización CDR y gestión de ancho de banda (marcas de calidad de servicio con TOS)
- Chasis VXR con TDM activado y adaptadores de puertos de voz
- 3RU con una gama de interfaces modulares (de DS0 a OC-3)
- Compatible con Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Paquete sobre SONET, etc.
- Versatilidad aplicación soporta los servicios de red gestionados, WAN y de agregación de banda ancha, MPLS, VPN, QoS, y entornos multiservicio.
- Clase de negocios, seguridad incluye cortafuegos de inspección de estado, el software y el hardware de encriptación VPN, servicio de validación a nivel de características, y de detección de intrusos.

MTBF: 350000 horas

MTTR: 24 horas



A.5 Router Cisco 7200

A.6 Equipo Switch Huawei Modelo Quidway S2016-E

Se especifica sus principales características y en la Figura A.6 se visualiza el equipo.

- Capacidad de Conmutación: 3.5Gbps
- Rendimiento (Throughput): 1.19 Mpps
- Latencia: menor a 10us
- Soporta hasta 512 VLAN (IEEE 802.1Q)
- Puertos: 16 puertos 10/100M BASE-TX, una ranura para un modulo extendido.
- Protocolos soportados de redundancia: IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol (STP), IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) y IEEE 802.1s Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP).
- **Algoritmos de calidad de servicio soportados:** WRR (Weighted Round Robin), HQ+WRR (High-Priority Queuing + WRR).

MTBF: 280000 horas

MTTR: 2 horas



Figura A.6 Switch Huawei Modelo Quidway S2016-E

ANEXO B
CONFIGURACIÓN BÁSICA DE LOS EQUIPOS RUTEADORES

B.1 Configuración Básica de los Routers Núcleo

Tabla B.1 Configuración básica de los routers núcleo

```
Core1.lim#show running-config | begin interface GigabitEthernet0/1
interface GigabitEthernet0/1
  description TRUNK: S.LIM-01-GE0/6-GE
  mtu 1546
  no ip address
  load-interval 30
  media-type sfp
  speed auto
  duplex auto
  negotiation auto
!
interface GigabitEthernet0/1.2
  description BBONE: S.LIM-01-GE0/6-GE [ Metro - Vlan 2 ]
  bandwidth 1000000
  encapsulation dot1Q 2 native
  ip address 200.45.98.17 255.255.255.224
  no ip redirects
  no ip proxy-arp
  ip router isis
  logging event subif-link-status
  mpls label protocol both
  mpls ip
  no cdp enable
  clns mtu 1497
  isis metric 2500
  isis password unifiee
  service-policy output QoS_Salida
```

B.2 Configuración del Ruteo para el Enlace Principal

Se describe la configuración de ruteo relacionada al enlace satelital principal para las remotas, la misma lógica se sigue para el enlace satelital de respaldo. Para la configuración del ruteo se hace referencia a la tabla 4.12, direccionamiento IP de las sedes remotas.

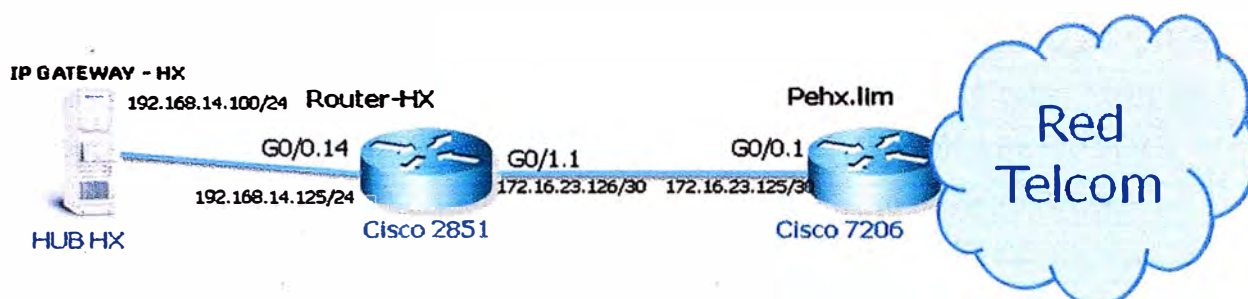


Figura B.1 Configuración del Ruteo para el Enlace Principal

Tabla B.2 Configuración del Ruteo para el Enlace Principal

```

Pehx.lim#show running-config
!
ip vrf CLIENTE
 rd 20363:1100307
 route-target export 20363:1100307
 route-target import 20363:1100307
!
interface GigabitEthernet0/0
 description CUSTOMER: Router-HX-GI0/0-GE
 no ip address
 speed 1000
!
interface GigabitEthernet0/0.1
 description CUSTOMER: MPLS: CLIENTE3
 encapsulation dot1Q 3
 ip vrf forwarding CLIENTE
 ip address 172.16.23.125 255.255.255.252
 service-policy output SHARE-QoS-CLIENTE
!

```

```
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.86 255.255.255.252 172.16.23.126 name ANDOAS
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.66 255.255.255.252 172.16.23.126 name SARAMUR
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.70 255.255.255.252 172.16.23.126 name SARAMUR
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.74 255.255.255.252 172.16.23.126 name ESTACIO6
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.82 255.255.255.252 172.16.23.126 name ESTACIO8
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.78 255.255.255.252 172.16.23.126 name ESTACIO8
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.90 255.255.255.252 172.16.23.126 name MORONA
ip route vrf CLIENTE 10.6.11.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ESTACION1
ip route vrf CLIENTE 10.6.13.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ANDOAS
ip route vrf CLIENTE 10.6.14.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name MORONA
ip route vrf CLIENTE 10.6.15.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ESTACION5
ip route vrf CLIENTE 10.6.16.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ESTACION6
ip route vrf CLIENTE 10.6.18.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ESTACION8
ip route vrf CLIENTE 10.6.19.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ESTACION9
ip route vrf CLIENTE 10.6.65.0 255.255.255.0 172.16.23.126 name ESTACION5
```

Router-HX#show running-config

```
!
ip vrf CLIENTE
  rd 20363:1100307
!
interface GigabitEthernet0/0
  description TLP-001-F1/0/1-FE
  no ip address
  load-interval 30
  duplex full
  speed 100
!
interface GigabitEthernet0/0.14
  description CUSTOMER: TELEPUERTO-GE [ACCESOS HUB HUGHES]
  bandwidth 10000
  encapsulation dot1Q 14
  ip vrf receive CLIENTE
```

```
ip address 192.168.14.125 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/1
description Pehx-G0/0-GE
no ip address
duplex full
speed 1000
end
!
interface GigabitEthernet0/1.1
description CUSTOMER: CLIENTE3 a Router Pehx.lim
encapsulation dot1Q 3
ip vrf forwarding CLIENTE
ip address 172.16.26.126 255.255.255.252
service-policy output SHARE-QoS-CLIENTE
end
!
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.86 255.255.255.252 192.168.14.100 name ANDOAS
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.66 255.255.255.252 192.168.14.100 name SARAMU
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.70 255.255.255.252 192.168.14.100 name SARAMU
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.74 255.255.255.252 192.168.14.100 name ESTACIO6
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.82 255.255.255.252 192.168.14.100 name ESTACI8
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.78 255.255.255.252 192.168.14.100 name ESTACI8
ip route vrf CLIENTE 10.200.10.90 255.255.255.252 192.168.14.100 name MORONA
ip route vrf CLIENTE 10.6.11.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ESTACION1
ip route vrf CLIENTE 10.6.13.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ANDOAS
ip route vrf CLIENTE 10.6.14.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name MORONA
ip route vrf CLIENTE 10.6.15.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ESTACION5
ip route vrf CLIENTE 10.6.16.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ESTACION6
ip route vrf CLIENTE 10.6.18.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ESTACION8
ip route vrf CLIENTE 10.6.19.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ESTACION9
ip route vrf CLIENTE 10.6.65.0 255.255.255.0 192.168.14.100 name ESTACION5
ip route vrf PETROPERU 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.26.125
```

```
!  
ip access-list standard CLIENTE  
permit 10.200.10.64 0.0.0.3  
permit 10.200.10.68 0.0.0.3  
permit 10.200.10.72 0.0.0.3  
permit 10.200.10.76 0.0.0.3  
permit 10.200.10.80 0.0.0.3  
permit 10.200.10.84 0.0.0.3  
permit 10.200.10.88 0.0.0.3  
permit 10.6.18.0 0.0.0.255  
permit 10.6.19.0 0.0.0.255  
permit 10.6.11.0 0.0.0.255  
permit 10.6.15.0 0.0.0.255  
permit 10.6.14.0 0.0.0.255  
permit 10.6.13.0 0.0.0.255  
permit 10.6.65.0 0.0.0.255  
permit 10.6.16.0 0.0.0.255  
!  
route-map PBR-PERU permit 10  
match ip address CLIENTE  
set vrf CLIENTE  
!  
!  
!  
!
```

B.3 Configuración del BGP para la Conmutación Automática

Se describe la configuración del BGP para la conmutación automática de los enlaces. Se describirá para la sede de Piura, la misma lógica se sigue para todos las sedes.

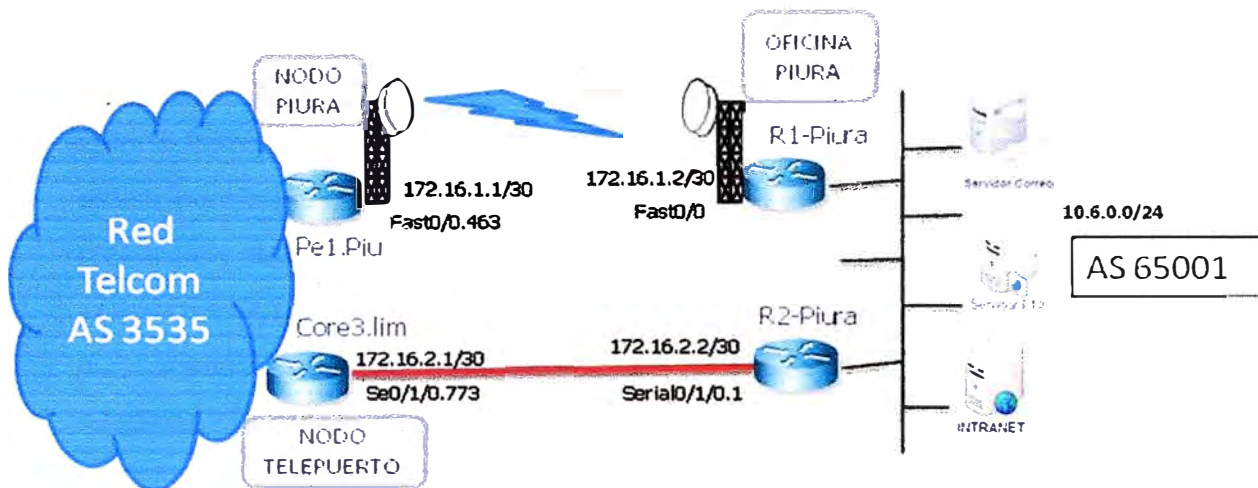


Figura B.2 Configuración del BGP para la Conmutación Automática

Tabla B.3 Configuración del BGP para la Conmutación Automática

```
Pe1.Piu#show running-config
```

```
!
ip vrf CLIENTE
 rd 20363:1100307
 route-target export 20363:1100307
 route-target import 20363:1100307
!
interface FastEthernet0/0
 description F0/0-FE a S.PIU-01
 no ip address
 duplex full
 speed 100
!
interface FastEthernet0/0.463
 description CUSTOMER: CLIENTE a SEDE PIURA
 encapsulation dot1Q 463
```



```
ip vrf forwarding CLIENTE
ip address 172.16.28.181 255.255.255.252
no cdp enable
service-policy output SHAPING-CLIENTE-2.5M
!
router bgp 3535
address-family ipv4 vrf CLIENTE
redistribute connected
redistribute static
neighbor 172.16.28.182 remote-as 65001
neighbor 172.16.28.182 description CLIENTE Sede Piura
neighbor 172.16.28.182 timers 10 30
neighbor 172.16.28.182 activate
neighbor 172.16.28.182 route-map CLIENTE-PIURA-LP in
no synchronization
exit-address-family
!
route-map CLIENTE-PIURA-LP permit 10
set local-preference 150
```

R1-Piura#show running-config

```
!
interface FastEthernet0/0
description WAN A RADIO SAF (Ruta Principal)
bandwidth 2536
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252
speed 100
full-duplex
service-policy output SHAPE-WAN
!
router bgp 65001
no synchronization
network 10.6.0.0 mask 255.255.255.0
```

```
network 10.61.0.0 mask 255.255.255.0
neighbor 172.16.1.1 remote-as 3535
neighbor 172.16.1.1 timers 10 30
no auto-summary
```

Core3.lim#show running-config

```
ip vrf CLIENTE
rd 20363:1100307
route-target export 20363:1100307
route-target import 20363:1100307
!
interface Serial0/1/0
description CUSTOMER: TRONCAL TELCOM2
bandwidth 512
no ip address
encapsulation frame-relay IETF
frame-relay lmi-type q933a
frame-relay intf-type dce
!
interface Serial0/3/1.773 point-to-point
description CUSTOMER: CLIENTE a SEDE PIURA [PIURA UMx3 - 512K]
ip vrf forwarding CLIENTE
ip address 172.16.2.1 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 773 IETF
class SHAPE-CLIENTE
!
router bgp 3535
address-family ipv4 vrf CLIENTE
redistribute connected
redistribute static
neighbor 172.16.2.2 remote-as 65001
neighbor 172.16.2.2 timers 10 30
neighbor 172.16.2.2 activate
```

```
no synchronization
exit-address-family
```

R2-Piura#show running-config

```
!
interface Serial0/1/0
  description CONEXION WAN A MODEM x3ro (Ruta Respaldo)
  no ip address
  encapsulation frame-relay
  frame-relay traffic-shaping
  frame-relay lmi-type q933a
!
interface Serial0/1/0.1 point-to-point
  description PVC a LIMA via Telcom2
  ip address 172.16.2.2 255.255.255.252
  frame-relay interface-dlci 773 IETF
  class FR-512
  load-interval 30
!
router bgp 65001
  no synchronization
  network 10.6.0.0 mask 255.255.0.0
  neighbor 172.16.2.1 remote-as 3549
  neighbor 172.16.2.1 timers 10 30
  no auto-summary
!
!
```

B.4 Configuración del HSRP para la conmutación automática

Se describe la configuración del HSRP para la conmutación automática de los enlaces. Se describirá para la remota Estación 6, la misma lógica se sigue para la configuración de las demás remotas. Para un mayor entendimiento se muéstrala la figura B.3.

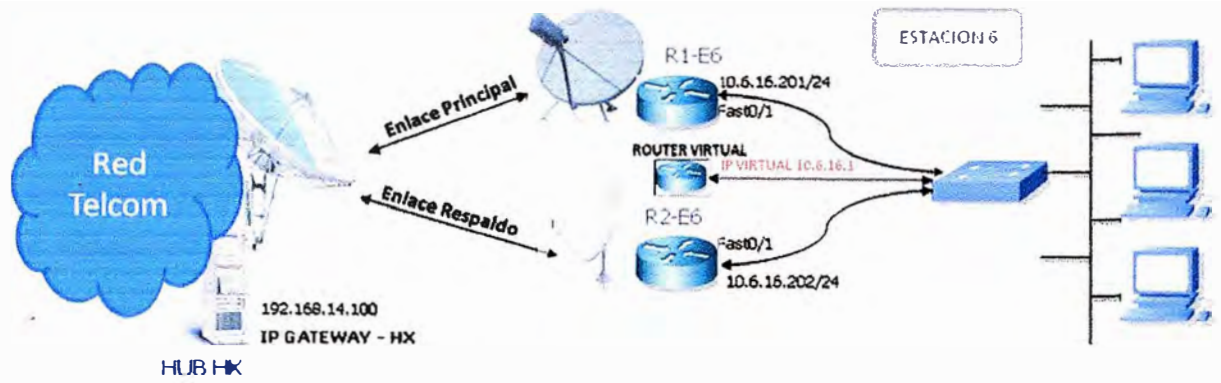


Figura B.3 Configuración del HSRP para la conmutación automática

Tabla B.4 Configuración del HSRP para la conmutación automática

R1-E6#show running-config

```

!
ip sla monitor 10
  type echo protocol icmpEcho 192.168.14.100 source-ipaddr 10.200.10.74
  request-data-size 32
  frequency 20
ip sla monitor schedule 10 life forever start-time now
!
track 1 rtr 10
!
interface FastEthernet0/0
  description LAN
  bandwidth 256
  ip address 10.6.16.201 255.255.255.0
  speed 100
  full-duplex
  standby 1 ip 10.6.16.1
  standby 1 preempt
  standby 1 track 1
!

```

R2-E6#show running-config

```

!
interface FastEthernet0/0
  description LAN
  ip address 10.6.16.202 255.255.255.0
  speed 100
  full-duplex
  standby 1 ip 10.6.16.1
  standby 1 priority 95
  standby 1 preempt

```

B.5 Configuración de la Calidad de Servicio (QoS)

Se describe la configuración de la calidad de servicio en los routers del enlace principal y en la sede remota Estación 6, para los otros enlaces se sigue la misma lógica.

Tabla B.5 Configuración de la Calidad de Servicio

Pehx.lim#show running-config

```

interface GigabitEthernet0/0.1
  description CUSTOMER: MPLS: CLIENTE3
  encapsulation dot1Q 3
  ip vrf forwarding CLIENTE
  ip address 172.16.23.125 255.255.255.252
  service-policy output SHARE-QoS-CLIENTE
!
class-map match-any VOICE
  match ip dscp ef
  match ip dscp cs5
!
class-map match-any VIDEO
  match ip dscp af41
  match ip dscp cs4
!

```

```
policy-map QoS-CLIENTE
  class VOICE
    priority 640
  class VIDEO
    priority 1024
!
policy-map SHARE-QoS-CLIENTE
  class class-default
    shape average 2816000
  service-policy QoS_Total
```

Router-HX#show running-config

```
interface GigabitEthernet0/1.1
  description CUSTOMER: CLIENTE3
  encapsulation dot1Q 3
  ip vrf forwarding CLIENTE
  ip address 172.16.26.126 255.255.255.252
  service-policy output SHARE-QoS-CLIENTE
end
!
class-map match-any VIDEO
  match ip dscp af41
  match ip dscp cs4
class-map match-any VOICE
  match ip dscp ef
  match ip dscp cs5
!
policy-map QOS-CLIENTE
  class VOICE
    priority 640
  class VIDEO
    priority 1024
policy-map SHAPE-QoS-CLIENTE
```

```
class class-default
  shape average 2816000
  service-policy QoS-CLIENTE
```

R1-E6# show running-config

```
interface FastEthernet0/1
  description WAN
  ip address 10.200.10.74 255.255.255.252
  speed 100
  full-duplex
  service-policy output SHAPE-256
!
class-map match-any VOICE
  match ip dscp ef
!
class-map match-any VIDEO
  match ip dscp af41
  match ip dscp cs4
!
policy-map POLITICA
  class VOICE
    priority 80
  class VIDEO
    priority 300
policy-map SHAPE-256
  class class-default
    shape average 256000
    service-policy POLITICA
!
ip access-list standard VOICE
  permit 10.16.16.0 0.0.0.255
```

ANEXO C
CALENTADIO ANUAL DE LAS MANCHAS SOLARES

Se muestra el calendario para las manchas solares para el año 2010. Se tiene como fuente la página web del proveedor satelital SES-WorldSkies. Se considera solo la antena 1.8m por ser el peor escenario.

Tabla C.1 Calendario Manchas Solares Marzo 2010 Lima - Antena 9.3 metros

Year: 2010 Season: March Equinox
 Satellite: NSS-10 Frequency band: C
 Antenna diameter (m): 9.3
 Site location Mayor cities
 Antenna latitude (°N): -12.05 Territory: Peru
 Antenna longitude (°E): 2,393 City: Lima

Calculate Reset Print/Save as

Sun Outage Prediction for NSS-10 at 322.50 degrees East during 2010 March Equinox

Territory Peru
 City Lima
 Antenna diameter: 9.30 m
 Frequency band C

Date	Start time (UTC)	End time (UTC)	Duration (min)
24 March 2010	14:10	14:14	4
25 March 2010	14:09	14:15	6
26 March 2010	14:09	14:14	5
27 March 2010	14:10	14:12	2

Tabla C.2 Calendario Manchas Solares Setiembre 2010 Lima - Antena 9.3 metros

Year: 2010 Season: September Equinox
 Satellite: NSS-10 Frequency band: C
 Antenna diameter (m): 9.3
 Site location Mayor cities
 Antenna latitude (°N): -12.05 Territory: Peru
 Antenna longitude (°E): 2,393 City: Lima

Calculate Reset Print/Save as

Sun Outage Prediction for NSS-10 at 322.50 degrees East during 2010 September Equinox

Territory Peru
 City Lima
 Antenna diameter: 9.30 m
 Frequency band C

Date	Start time (UTC)	End time (UTC)	Duration (min)
16 September 2010	13:59	14:02	3
17 September 2010	13:57	14:03	6
18 September 2010	13:57	14:03	6
19 September 2010	13:58	14:01	3

Tabla C.3 Calendario Manchas Solares Marzo 2010 Lima - Antena 1.8 metros

Year	2010	Season	March Equinox
Satellite	NSS-10	Frequency band	C
Antenna diameter (m)	1.8		
	<input type="radio"/> Site location <input checked="" type="radio"/> Mayor cities		
Antenna latitude (°N)	-12.05	Territory	Peru
Antenna longitude (°E)	282.967	City	Lima
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print/Save as"/>			
Sun Outage Prediction for NSS-10 at 322.50 degrees East during 2010 March Equinox			
Territory	Peru		
City	Lima		
Antenna diameter	1.80 m		
Frequency band	C		
Date	Start time (UTC)	End time (UTC)	Duration (min)
20 March 2010	14:08	14:19	11
21 March 2010	14:06	14:20	14
22 March 2010	14:04	14:21	17
23 March 2010	14:03	14:22	19
24 March 2010	14:02	14:22	20
25 March 2010	14:02	14:22	20
26 March 2010	14:02	14:21	19
27 March 2010	14:02	14:21	19
28 March 2010	14:02	14:20	18
29 March 2010	14:02	14:19	17
30 March 2010	14:04	14:17	13
31 March 2010	14:06	14:14	8

Tabla C.4 Calendario Manchas Solares Setiembre 2010 Lima - Antena 1.8 metros

Year	2010	Season	September Equinox
Satellite	NSS-10	Frequency band	C
Antenna diameter (m)	1.8		
	<input type="radio"/> Site location <input checked="" type="radio"/> Mayor cities		
Antenna latitude (°N)	-12.05	Territory	Peru
Antenna longitude (°E)	282.967	City	Lima
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print/Save as"/>			
Sun Outage Prediction for NSS-10 at 322.50 degrees East during 2010 September Equinox			
Territory	Peru		
City	Lima		
Antenna diameter	1.80 m		
Frequency band	C		
Date	Start time (UTC)	End time (UTC)	Duration (min)
12 September 2010	13:56	14:07	11
13 September 2010	13:54	14:09	15
14 September 2010	13:53	14:10	17
15 September 2010	13:52	14:10	18
16 September 2010	13:51	14:10	19
17 September 2010	13:50	14:10	20
18 September 2010	13:50	14:10	20
19 September 2010	13:50	14:09	19
20 September 2010	13:50	14:08	18
21 September 2010	13:51	14:07	16
22 September 2010	13:52	14:05	13
23 September 2010	13:53	14:03	10

ANEXO D
GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADM: Add/Drop Multiplexer
ACL: Listas de Control de Acceso
ACM: Adaptive Coding and Modulation
ATM: Modo de Transferencia Asíncrona
BCH: Codificación contatenada Bose-Chaudhuri-Hochquenghem
BER: Tasa de Errores de Bit (Bit Error Rate)
BGP: Border Gateway Protocol
BPSK: Bi-Phase Shift Queying
CAPEX: Capital Expenditure
C/N: Relación de Portadora a Ruido (Carrier to Noise)
CSU/DSU: Channel Service Unit / Data Service Unit
DAMA: Demand Assignment Multiple Access
DiffServ: Servicios Diferenciados
DHCP: Protocolo de configuración dinámica de host
DNS: sistema de nombre de dominio
DVB-S: Digital Video Broadcasting by Satellite
EIRP: Potencia Isotropía Radiada Efectiva
ERP: Re-authentication Protocol
FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia
FEC: Forward Equivalence Class
FEC: Forward Error Correction
FTP: Protocolo de Transferencia de Archivos
G/T: Relación entre la ganancia de la antena y temperatura del sistema
GM: Gross Margin, utilidades
GTWY: Gateway IP del HUB Satelital
IDU: In Door Unit
IGP: Interior Gateway Protocol
ISP: Proveedor de Servicio de Internet
LAN: Red de Area Local (Local Area Network)
LDPC: Comprobación de paridad de baja densidad
LNA: Amplificador de bajo ruido
HPA: High Power Amplifier
HTTP: Protocolo de Transferencia de Hipertexto

MCPC: Multiple Channels Per Carrier
MF-TDMA: Multiple Frequency Time Division Multiple Access
MPLS: Multiprotocol Label Switching
MTBF: Mean Time Between Failures, Tiempo Medio Entre Fallas
MTTR: Mean time to repair, tiempo medio de reparación.
NAT: Network Address Translation
NAPT: Network Address Port Translation
NMS: Network Management System
ODU: Out Door Unit
OPEX MRC: Gastos operativos recurrentes
PEB: Power equivalent bandwidth
PEP: Performance Enhancement Proxy
QoS: Calidad de Servicio
QPSK: Quadrature Phase Shift Queying
ROI: Return On Investment
RTP: Real-time Transport Protocol
SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos
SCPC: Singel Channel Per Carrier
SSPA: Solid State Power Amplifier. Amplificador de Potencia de Estado Solido
TCP: Protocolo de Control de Transmisión
TDM: Time Division Multiplexing
Telcom: Empresa que brinda servicios de telecomunicaciones
TPS: Servidor Turbo Page
TWT: Tubos de onda progresiva
URL: Uniform resource locator, localizador uniforme de recursos.
VLAN: Red de Área Local Virtual
VoIP: Voz sobre el protocol IP
VPN: Red Privada Virtual
VRF: Virtual Routing and Forwarding
VSAT: Very Small Aperture Terminal
WAN: Red de Area Ancha (Wide Area Network)

BIBLIOGRAFÍA

1. Cisco Systems Inc., “Guía del Primer Año, CCNA 1 y 2”, Pearson Educación, 2006
2. Cisco Systems Inc., “Guía del Segundo Año, CCNA 3 y 4”, Pearson Educación, 2006
3. Pete Loshin, “Border Gateway Protocol (BGP) RFCs”, Morgan Kaufmann Publisher, 2000
4. Marlad, Gerard, “VSAT NETWORKS”, Wiley, 2003
5. Cisco Systems Inc., “Designing And Managing High Availability IP Networks”, Session NMS-2T20
6. Cisco Sysmtes Inc., “Hot Standby Router Protocol Features and Functionality”, Document ID: 9234
7. Ángela Marcela Mejía Fajardo.,” Redes Convergentes”, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, 2004
8. Luc De Ghein, “MPLS Fundamentals”, Cisco Press, 2006
9. Li Huang, “Introduction to Hx System”, Hughes Network Systems
10. “TDMA inbound/ TDM outbound”
http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo7_99.00/TDMA5.htm
11. <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/>
12. <http://www.upv.es>
13. <http://www.redes.upv.es/>
14. <http://iie.fing.edu.uy/>
15. <http://skyline.ses-worldskies.com/>
16. <http://www.hughes.com>
17. <http://www.idirect.net/>
18. <http://www.gilat.com/>