

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED ADSL DE ALTA CAPACIDAD
EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:
PABEL ANTONIO MOSCOSO URBINA**

**PROMOCIÓN
2010-I**

**LIMA-PERÚ
2013**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED ADSL DE ALTA CAPACIDAD
EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO**

Le dedico el siguiente informe a mi familia por su amor e incondicional apoyo; así como también a mis amigos de la facultad por sus alegrías y el constante aliento en el logro de mis metas.

SUMARIO

En el presente trabajo se describe el análisis y diseño de una red ADSL de alta capacidad en la ciudad de Huánuco. Esta ciudad requiere contar con conexiones a Internet de alta velocidad que ayuden a mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Basándose en aspectos de la población, se ha determinado una demanda potencial de usuarios de Internet así como la velocidad correspondiente.

Con la solución propuesta, se brinda acceso a Internet a una mayor cantidad de personas y con más altas velocidades, para satisfacer la demanda requerida. También se garantiza que los antiguos usuarios accedan a Internet sin peligro de cortes o lentitud en la red.

Esta solución se logra mediante la implementación de un equipo de acceso Ethernet y un posterior cambio de algunos usuarios a esta nueva tecnología. Para el diseño se ha usado cálculos de capacidad, a fin de demostrar que era inviable satisfacer la demanda con la red ADSL inicial y para verificar que con la solución se cumple lo requerido. También se ha tenido en cuenta aspectos como configuraciones lógicas y facilidades técnicas, tales como el espacio físico, la energía; a fin de dejar todo listo para la ejecución de estos trabajos.

Después de la solución de ingeniería, se muestran algunos resultados obtenidos así como un cronograma de tareas y aspectos relacionados a los costos.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	2
1.1 Antecedentes	2
1.1.1 Aspecto geográfico	2
1.1.1 Aspecto demográfico	3
1.1.1 Aspecto educativo.....	4
1.1.1 Aspecto económico.....	5
1.2 Descripción del problema	6
1.3 Objetivos del trabajo.....	6
1.4 Evaluación del problema	7
1.5 Alcance del trabajo.....	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	8
2.1 Línea de Suscripción Digital Asimétrica 2+ (ADSL 2+)	8
2.1.1 Evolución.....	8
2.1.2 Características principales	9
2.2 Modo de transferencia asíncrona (ATM).....	10
2.2.1 ATM y ADSL.	12
2.3 Protocolo punto a punto (PPP).....	12
2.4 Red de área local virtual (VLAN)	12
2.4.1 Smart Vlan.....	13
2.4.2 Standard Vlan	13
2.5 Respecto a la red de acceso	13
2.5.1 Módems.....	13
2.5.2 Bucle de abonado	14
2.5.3 Divisor (Splitter).....	14
2.5.4 Estructura de distribución de señales (MDF).....	15
2.5.5 Multiplexor de línea de acceso de abonado digital (DSLAM).....	16
2.6 Respecto a la red Metro Ethernet.....	17
2.6.1 Equipos.....	18

2.7	Respecto a la red de Agregación.....	19
2.7.1	Equipo.....	19
2.8	Respecto a la red de Servicios.....	20
2.8.1	Equipos.....	20
2.8	Proceso de navegación.....	20
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....		
3.1	Predominio de las redes de acceso con tecnología xDSL.....	21
3.2	Situación inicial de Huánuco.....	23
3.2.1	Topología inicial de la red ADSL.....	23
3.2.2	De su red de acceso a través del par de cobre.....	24
3.2.3	De su red Metro Ethernet.....	25
3.3	Análisis y planteamiento de la solución.....	26
3.4	Descripción de la solución.....	29
3.4.1	Topología final de la red ADSL.....	29
3.4.2	Componentes.....	31
3.4.3	Respecto a la instalación del DSLAM Ethernet.....	41
3.4.4	Respecto a la migración.....	51
CAPÍTULO IV		
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		
4.1	Resultados.....	54
4.1.1	Atenuación y velocidad máxima.....	54
4.1.2	Navegación.....	55
4.2	Tiempos de ejecución y costos.....	56
4.4.1	Tiempos de ejecución.....	56
4.4.2	Costos.....	56
CONCLUSIONES.....		
RECOMENDACIONES.....		
ANEXO A		
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		
BIBLIOGRAFÍA.....		

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo desarrolla en cuatro capítulos una solución en la red ADSL de esta ciudad, a fin de lograr que una mayor cantidad de personas acceda a Internet a mayores velocidades; satisfaciendo la demanda requerida y garantizando un buen servicio a los antiguos usuarios. El informe está dividido en los siguientes capítulos:

- En el primer capítulo se analiza la situación de la ciudad de Huánuco, en aspectos como el educativo y económico, para poder establecer las necesidades que la población cubrirá a través del servicio de Internet y con esto la demanda total a satisfacer.
- En el segundo capítulo, se exponen los conceptos teóricos más importantes así como los relacionados a las distintas redes y equipos que abordará la red ADSL
- En el tercer capítulo, se describe la ingeniería del proyecto. Inicialmente se analiza la situación de Huánuco y luego se plantea una solución considerando el cumplimiento de la demanda, velocidades y liberación de ancho de banda. Finalmente se describe la solución propuesta así como los componentes y topología final.
- En el último y cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos, así como un análisis de los tiempos y costos de la solución.

1.1.2 Aspecto demográfico

Políticamente, Huánuco es el distrito más poblado de los once que conforman la provincia con el mismo nombre. Según el censo del 2007, estaba integrado por 74774 habitantes (distribuidos en 35958 hombres que equivalen al 48% y 38816 mujeres que equivalen al 52%). Tomando como referencia las tablas inferiores, podemos deducir:

- La población al 2013 es de 77375 habitantes, donde 150659 son hombres (47.7%) y 40442 son mujeres (52.3%). Comparando con el resto de años, se muestra que el crecimiento poblacional de Huánuco se caracteriza por ser medianamente proporcional (1.5% anual).
- Huánuco es la ciudad que alberga la mayor parte de la población, tanto de la provincia como del departamento, por lo que es una de las ciudades más influyentes para los cambios y/o las obras de inversión que se pudieran dar en el departamento (como por ejemplo mejoras en el acceso a Internet).
- La población urbana es cerca del 96% del total, por lo que los habitantes de estas zonas que quieran acceder al servicio de Internet no tendrán problemas debido a la planta externa de cobre ya tendida.
- Los grupos que más predominan en la población de Huánuco, en lo que respecta a edades, son los que se encuentran entre los 10 a 29 años de edad (41% del total). Justamente son los adolescentes y jóvenes los que más interés tienen en el acceso a Internet ya que en general lo usan para actividades de entretenimiento (Facebook, Messenger)

Tabla 1.1 Población total, por área urbana y rural, según lugar y edades simples

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO Y EDADES SIMPLES	TOTAL	%	URBANA	RURAL
Distrito HUANUCO	74774	100%	71707	3067
Menores de 1 año	1275	1,71%	1224	51
De 1 a 4 años	5458	7,30%	5187	271
De 5 a 9 años	7016	9,38%	6661	355
De 10 a 14 años	8381	11,21%	7987	394
De 15 a 19 años	8347	11,16%	8062	285
De 20 a 24 años	7777	10,40%	7554	223
De 25 a 29 años	6203	8,30%	5970	233
De 30 a 34 años	5221	6,98%	5004	217
De 35 a 39 años	5030	6,73%	4806	224
De 40 a 44 años	4451	5,95%	4291	160
De 45 a 49 años	3680	4,92%	3549	131
De 50 a 54 años	3178	4,25%	3046	132
De 55 a 59 años	2355	3,15%	2257	98
De 60 a 64 años	1868	2,50%	1777	91
De 65 y más años	4534	6,06%	4332	202

Tabla 1.2 Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamento, provincia y distrito, 2012-2013

Departamento, provincia y distrito	2012			2013		
	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
Huánuco	840,984	427,094	413,89	847,714	430,58	417,134
Huánuco	301,396	149,168	152,228	304,407	150,659	153,828
Huánuco	77,894	37,281	40,613	77,375	36,933	40,442

1.1.3 Aspecto educativo

La educación es una de las bases fundamentales para el desarrollo de un país y pone a disposición del sector público y privado los recursos humanos que requieren para desarrollar sus actividades. El acceso a Internet es una herramienta que propone nuevos retos en la educación y que usada de forma conveniente, brinda muchos elementos positivos.

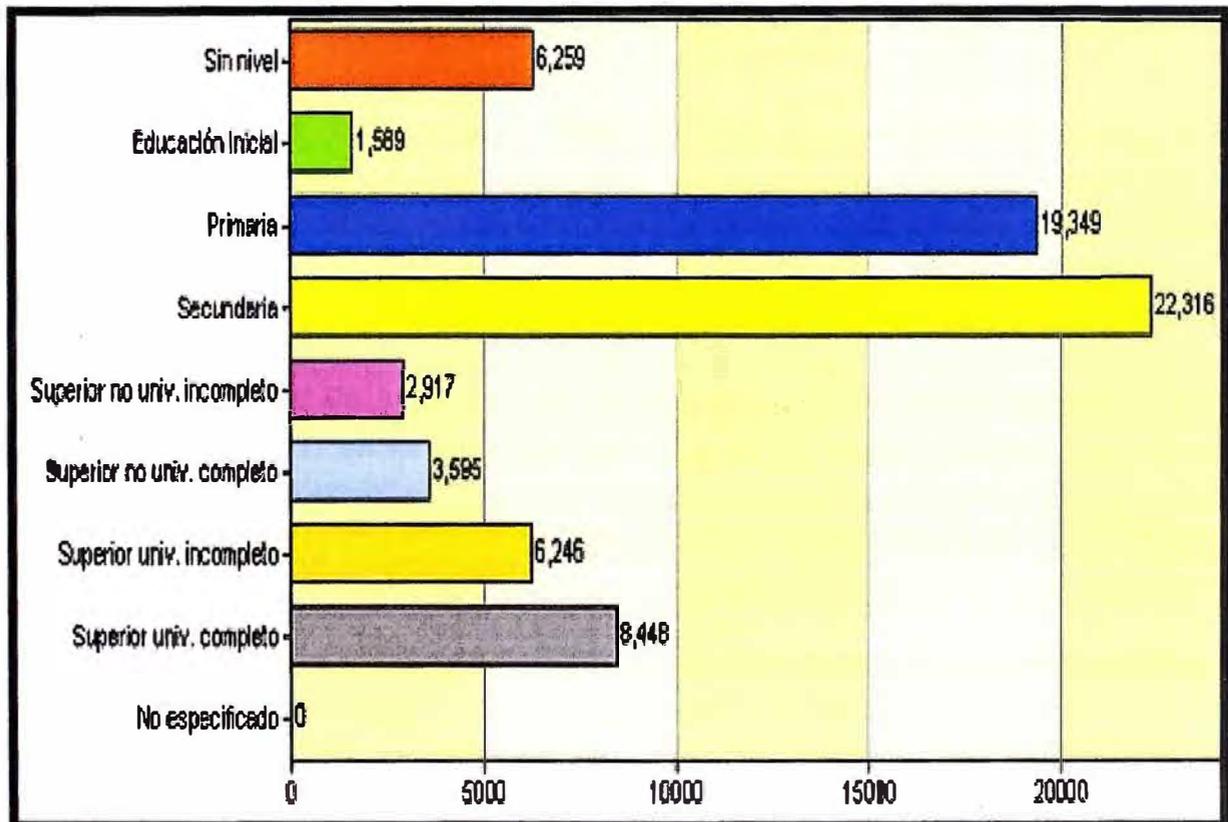


Figura 1.2 Población de 3 y más años de edad, por nivel educativo según lugar

Tabla 1.3 Matrícula por tipo de gestión, área geográfica y sexo, según nivel educativo y estrategia o forma de atención, 2011

Nivel educativo y estrategia/característica	Total	Gestión		Área		Sexo	
		Pública	Privada	Urbana	Rural	M	F
Total Básica Regular	32,64	21,556	11,086	31,826	816	16,5	16,14
Inicial	4,774	3,178	1,596	4,626	148	2,474	2,3
Primaria	14,84	9,648	5,19	14,277	561	7,439	7,399
Secundaria	13,03	8,73	4,3	12,923	107	6,591	6,439

Tabla 1.4 Porcentaje de escuelas que cuentan con accesos a Internet (2011-2012)

Departamento	Provincia	Distrito	Primaria		Secundaria	
			2011	2012	2011	2012
Huánuco	Huánuco	Huánuco	28.0	46.3	45.0	74.3

De las gráficas anteriores se muestra que la tendencia es la siguiente:

- Poco a poco la cantidad de escuelas con Internet está aumentando, sin embargo se tiene que continuar impulsando este crecimiento y con altas velocidades a fin de conseguir mejoras en la educación.
- La mayoría de la población busca tener primaria y secundaria completa, por lo que las familias de estos alumnos se pueden considerar como clientes potenciales, ya que requieren una conexión a Internet para que sus hijos sean protagonistas del proceso de aprendizaje (investiguen, accedan a museos digitales, descarguen libros, etc.) y de esta forma enriquezcan su conocimiento. Una velocidad suficiente para este tipo de casos es 2Mbps.
- Sólo un 11.9% de los jóvenes continúa los estudios universitarios. Para seguir aumentando este porcentaje, es necesario continuar impulsando las conexiones a Internet que promueven una educación de calidad, ya sea en estas instituciones o en los hogares de estas personas.

1.1.4 Aspecto económico

Una consecuencia de Internet es la modernización de las actividades económicas tradicionales así como en el surgimiento de nuevas fuentes de trabajo. Por ejemplo aparecen las cabinas de Internet, que son negocios destinados para el público en general y tienen gran demanda debido a su bajo costo. La velocidad de conexión va de acuerdo a la cantidad de computadoras así como del servicio que se brinde siendo en promedio de 3 a 4 Mbps. Además, permite la aparición de nuevos puestos de trabajo como el operador (que atiende al público) así como la persona dedicada al soporte técnico.

Tabla 1.5 Instalaciones de servicios de comunicación, según departamento, 2012

Departamento	Instalaciones de servicios de comunicación			
	Cent. comunitarios Telefónicos	Central Telefónica	Oficinas de correo	Cab. públicas de Internet
Huánuco	748	27	14	840

Tabla 1.6 Población de 6 y más años de edad (%) que hace uso de internet en cabina pública, según área de residencia y departamento, 2007-2012

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Huánuco	15.1	16.7	14	15.2	13.1	12.5

De lo anterior se muestra que existe una gran cantidad de cabinas públicas de

Internet que atienden a las personas que no cuentan con este servicio; sin embargo el porcentaje de la población que acude a estos negocios ha estado disminuyendo producto del aumento de conexiones a Internet desde el hogar.

Cabe resaltar que el uso de Internet también es esencial para encontrar nuevas formas de trabajo en esta ciudad como el teletrabajo que no requiere la presencia física de la persona en la propia empresa. Para ello, es fundamental que el teletrabajador tenga bien desarrollados los sistemas tecnológicos e informáticos y una buena conexión a Internet para que este en contacto constante con su empresa.

Otra forma de negocio que puede impulsar el Internet en esta ciudad es el comercio electrónico que consiste en la compra y venta de productos o servicios a través de la red, lo cual puede abrir un mundo de posibilidades de cara a otros aspectos como son los clientes, reducción de costos (gasto telefónico, desplazamientos, papel), etc.

1.2 Descripción del problema

Limitado número de conexiones a Internet a través del par de cobre de la ciudad de Huánuco, a pesar de existir una demanda potencial que desea contar con ello. Otro problema son las bajas velocidades a través de este tipo de conexión, ya que fluctúan entre 512 Kbps a 2 Mbps; salvo algunos que cuentan con velocidades de 4 y 6 Mbps, siendo éstos los que ocasionan la saturación de los enlaces de los equipos que brindan este servicio.

El acceso a Internet es una herramienta esencial para el desarrollo de la ciudad de Huánuco y tiene como objetivo reducir la brecha digital en esta ciudad y mejorar la calidad de vida, tratando de atender las necesidades de la población que se relacionan con este servicio.

1.3 Objetivos del trabajo

Analizar y diseñar una solución que permita:

- Ampliar el número de accesos a Internet para poder cumplir con la demanda establecida.
- Brindar velocidades más altas de conexión.
- Eliminar la saturación de los enlaces de los equipos ATM que brindan este servicio.

La solución se logra a través de la instalación de un nuevo equipo de acceso Ethernet y de una migración de tecnologías ATM a Ethernet (ATM-ETH) de algunos abonados. Este equipo se integra con la planta externa de cobre y la red Metro Ethernet, ya desplegadas, para formar una red que sirva para los usuarios con altas velocidades (por ejemplo de 2 Mbps a más). La red basada en la tecnología ATM continuará albergando a los antiguos equipos de acceso en Huánuco y la tendencia es que sean destinados a los usuarios de bajas velocidades (por ejemplo menos de 2 Mbps).

1.4 Evaluación del problema

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados, se muestra que el tráfico de Internet es muy importante para fomentar el progreso de la ciudad, desarrollo personal y mantener el contacto con el mundo globalizado (chats, redes sociales). En base a esto, Telefónica del Perú estimó una demanda potencial a periodo de un año, con las siguientes velocidades:

Tabla 1.7 Demanda total de conexiones a Internet en Huánuco (1 año)

CIUDAD	DEMANDA ZONAL (1 AÑO)		
	> =2MB	<2MB	Total
HUANUCO	1,000	500	1,500

Previo a la solución, la ciudad contaba con más de 4500 puertos ADSL vendidos (puertos con conexión a Internet) que equivale alrededor del noventa por ciento del total instalado y una capacidad de conexión a la red del ISP de 3 STM-1 (466 Mbps). Teniendo en cuenta lo anterior, notamos que se aproxima la escasez de puertos así como conexiones más lentas debido al aumento de la saturación de los enlaces antes mencionados.

Cómo ejemplo menciono que dos de los seis equipos que brindan el acceso a Internet ya cuentan con enlaces saturados (95% de su capacidad total); razón por la cual se ha prohibido la venta de sus puertos ADSL a fin de evitar desconexiones de la red e incumplimiento en las velocidades de conexión prometidas a los usuarios que albergan estos equipos.

Los argumentos mencionados justifican el diseño de una solución que brinde una mayor cantidad de puertos con altas velocidades, a fin de cumplir con la demanda requerida, y resuelva el tema de la saturación de los enlaces de los equipos de acceso ya desplegados.

1.5 Alcance del trabajo

Parte de la solución propuesta se basa en un equipo DSLAM Ethernet, el cual se conecta a los pares de cobre de la red telefónica de la ciudad de Huánuco y así llegar a la cantidad de usuarios establecida. Como el enfoque de este proyecto no es el desarrollo de la planta externa de cobre, se considera que los usuarios se encuentran en un radio de expansión de 5 km y que cuentan con una línea telefónica o que quieren acceder al servicio de Internet a través de una. Cabe resaltar que este informe aborda la conexión del equipo DSLAM a la red Metro Ethernet de provincias así como a la red de Agregación; sin embargo no toma como objeto de estudio el diseño y despliegue de estas dos últimas redes, dado que ya se encuentran desplegadas.

CAPÍTULO II MARCO TEORICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen los conceptos básicos generales así como los relacionados con las principales redes, todo esto para la mejor comprensión del trabajo.

2.1 Línea de Suscripción Digital Asimétrica 2+ (ADSL 2+)

Es una importante tecnología que pertenece a la familia xDSL y que usa los pares trenzados (infraestructura de cobre de la Red Telefónica Básica) para proporcionar un flujo de datos asimétrico y altas velocidades.

Se dice asimétrico porque el ancho de banda en el downstream, (desde la red hacia el usuario) es distinto que en el upstream, (desde el usuario hacia la red). La velocidad de bajada es mayor que la de subida, siendo ideal para los usuarios residenciales ya que es mucho mayor la cantidad de datos que se envían desde la red hacia el cliente que viceversa.

De lo anterior se nota que a través del par de cobre se transmite voz y datos, resultado de usar rangos de frecuencia distintos: para la voz hay una banda estrecha mientras que para los datos hay bandas mucho mayores, las cuales son:

- Para la transmisión de voz: De 300 Hz a 3400 Hz
- Para el upstream de datos: De 25Khz a 140 KHz
- Para el downstream de datos: De 140 KHz a 2.2.Mhz

2.1.1 Evolución

Los estándares anteriores fueron:

- ADSL: En el modo G.dmt, se requiere splitters de voz y no se pueden conectar a dispositivos de diferentes proveedores. En el modo G.Lite, no se necesita splitters de voz, reduciendo costos.
- ADSL 2: Es una tecnología que ofrece velocidades de transferencia mayores que las brindadas por el ADSL convencional haciendo uso de la misma infraestructura telefónica. Además de la mejora del ancho de banda, este estándar contempla una serie de implementaciones que mejoran la supervisión de la conexión y la calidad de servicio (QoS). Ahora es sólo un punto de conexión en el desarrollo de la tecnología.

En la Tabla 2.2, el término distancia convencional hace mención a la distancia máxima con la cual se pueden obtener las velocidades pico de las tecnologías xDSL (esto

se puede comprobar en la Figura 2.2).

Tabla 2.1 Estándares de las tecnologías xDSL

Tipo	Descripción
ADSL	G.992.1 G.dmt
ADSL	G.992.2 G.Lite
ADSL 2	G.992.3 G.dmt. Bis
ADSL 2	G.992.4 G.lite.bis
ADSL 2+	G.992.5

Tabla 2.2 Comparación de las características básicas de estas tecnologías

XDSL	Downstream(Mbps)	Upstream(Mbps)	Distancia convencional(m)
ADSL	8	0.8	1.5
ADSL 2	12	2	2
ADSL 2+	25	2	1.5

Otro punto a resaltar es que los ISPs no garantizan a los usuarios residenciales la exclusividad de la velocidad de conexión que se contrata; ya que en realidad ellos aplican el overbooking con lo cual se comparte entre varios clientes un mismo ancho de banda, asegurándoles como mínimo un porcentaje de la velocidad contratada. Por ejemplo Telefónica del Perú asegura un mínimo del 10% en bajada del ancho de banda efectivo y un 2% en subida. Si asumimos que un usuario residencial requiere una velocidad nominal de 2 Mbps, en realidad no va a tener esta velocidad sino que, como es compartida, fluctuará entre 200 Kbps (10%) y 2Mbps (100%) siendo generalmente la velocidad que se usa la de 200 Kbps (10%). Esta acotación es importante a la hora de la planificación, ya que si es necesario contar con los 2 Mbps puros, es preferible con tal con el Internet 1:10 con planes de más alta capacidad (por ejemplo los dúos de 15 Mbps, donde se asegura el 10% que equivale a 1.5 Mbps)

2.1.2 Características principales

El 2003, la ITU lo presentó como el estándar G.992.5, que es compatible con la primera generación del estándar ADSL. Tiene como características principales:

- Aumenta el espectro frecuencial y duplica el ancho de banda utilizado por el ADSL convencional de 1.1 MHz a 2.2 MHz para alcanzar una velocidad máxima de downstream de 25Mbps (sentido red–usuario) en líneas telefónicas de alrededor de 1,5 Km.
- Para transmitir las frecuencias del espectro disponible sin que haya traslape de bandas, se usa la modulación DMT. Este tipo de modulación divide las frecuencias disponibles en 512 subportadoras, las cuales son moduladas en cuadratura (modulación QAM).
- Disminuye el consumo de energía, ya que antes los equipos encargados de dar este servicio (DSLAMS) estaban continuamente conectados. Ahora se pueden inducir unos

estados de reposo o standby en función de la carga que está soportando, lo cual supone un ahorro para los operadores.

- Mejora la interoperabilidad y ofrece un mejor desempeño cuando se conectan a equipos ADSL2+ de diferentes proveedores.

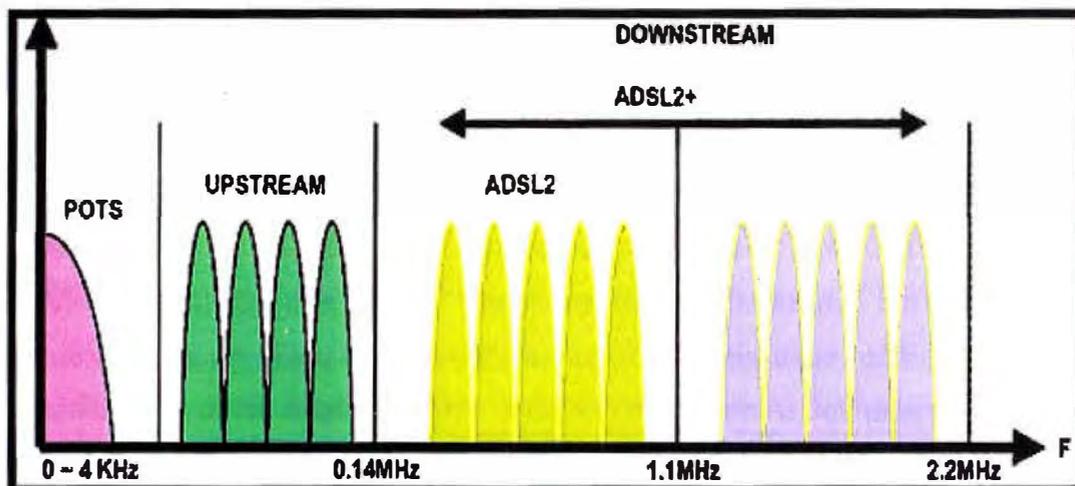


Figura 2.1 Comparación de espectros del ADSL2 y ADSL2+

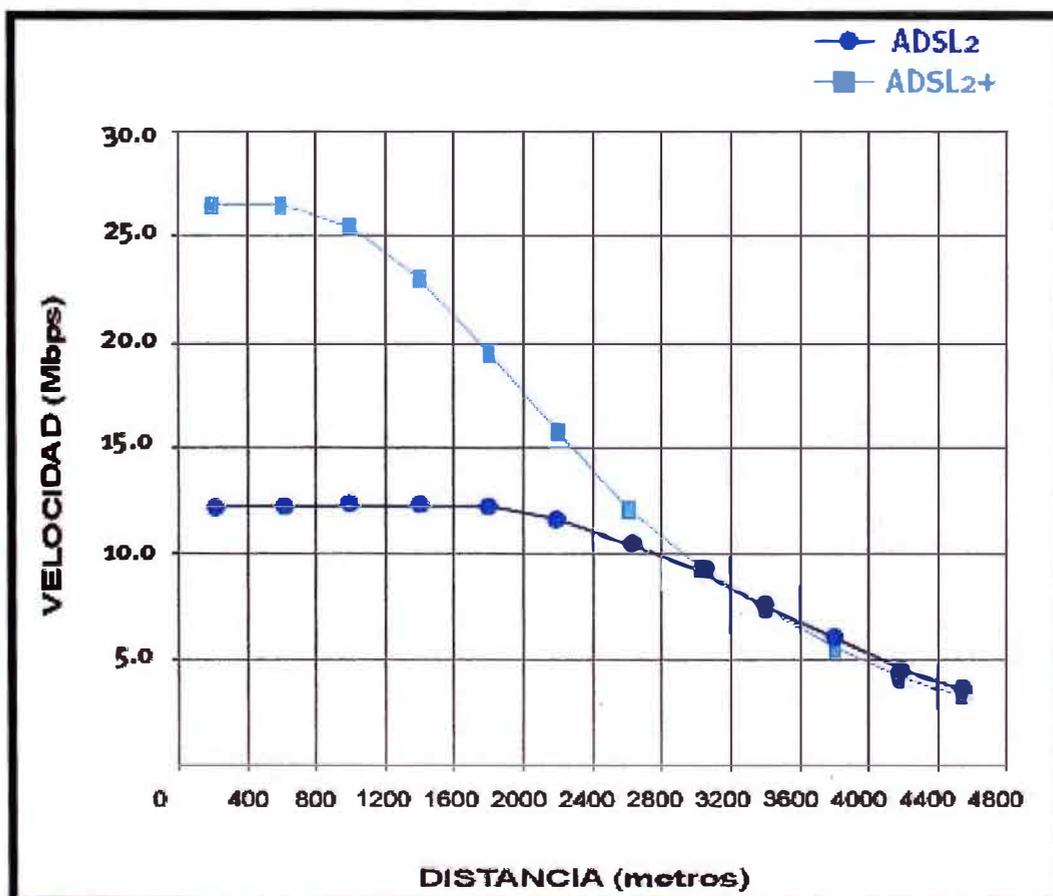


Figura 2.2 Relación distancia vs velocidad del ADSL2 y ADSL2+

2.2 Modo de transferencia asíncrona (ATM)

ATM es una tecnología de conmutación de paquetes que multiplexa y transfiere información a altas velocidades. Sus principales características son:

- Asincronismo indica que la transmisión de la información no tiene que ser periódica.

- Se ubica en la capa de enlace de datos del modelo OSI y es orientada a conexión.
- Su unidad básica es la celda, la cual es un paquete de 53 bytes distribuidos de la siguiente forma: 5 bytes para la cabecera y 48 bytes para la carga útil. El uso de éstas, disminuye el tiempo de procesamiento en los nodos de la red brindando bajo delay a altas velocidades.
- Realiza una multiplexación estadística.
- Gran flexibilidad y adaptabilidad para interoperar con otras redes.

Como ATM es orientado a conexión, primero es necesario implementar una conexión virtual antes del flujo de datos. Dicha conexión se puede establecer de dos maneras:

- Canal Virtual (VC): Se usa para el transporte unidireccional de las celdas entre dos puntos anexados a un único identificador común (VCI). Es decir, el VC es el canal por donde transitan los datos relativos a una conexión simple entre dos usuarios ATM.
- Camino Virtual (VP): Se usa para el transporte unidireccional de celdas pertenecientes a un Canal Virtual anexado a un identificador común (VPI). Es decir, el VP agrupa varios VCs que hay entre dos puntos finales de una red ATM.

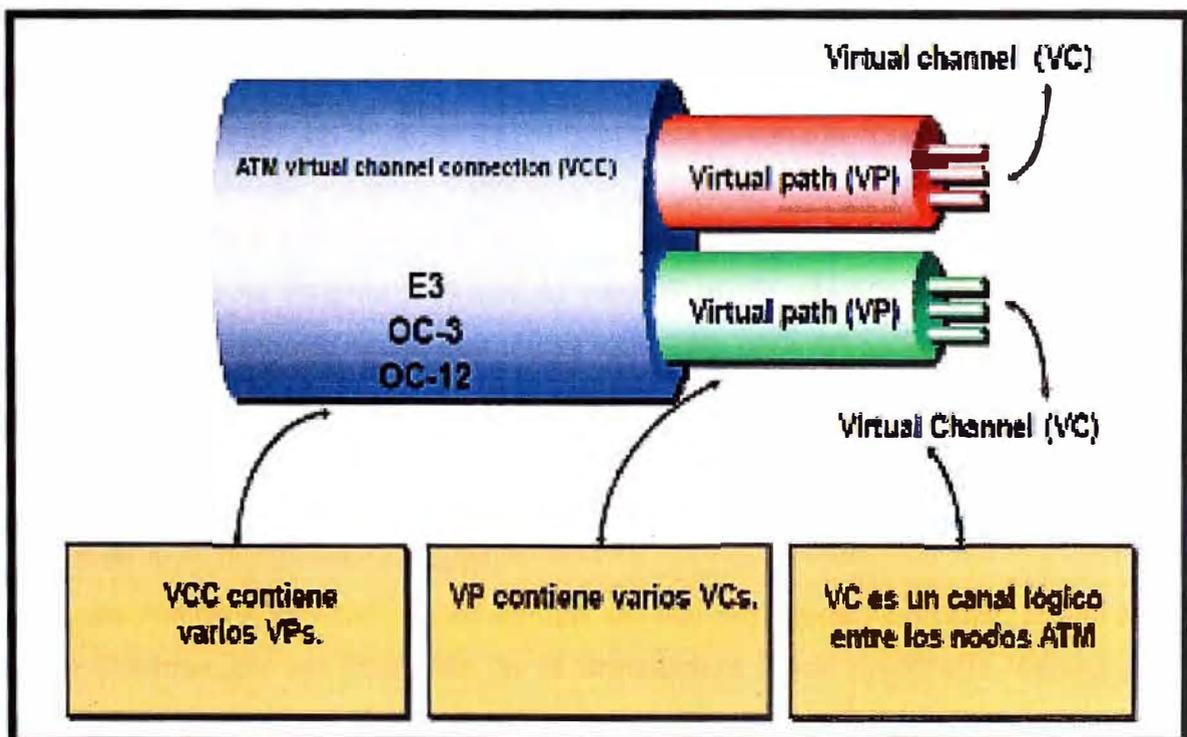


Figura 2.3 Representación VP/VC

Dos conceptos adicionales, muy importantes son:

- Circuito Virtual Permanente (PVC): Facilita la conexión directa entre los puntos y garantiza la disponibilidad de conexión. Aquí, el administrador de la red debe configurar cada PVC, el cual estará conectado todo el tiempo.
- Circuito Virtual Conmutado (SVC): Se crea y libera dinámicamente, permaneciendo en uso mientras dura la transferencia de datos.

Al final, la etiqueta de un circuito virtual se asocia a un VPI/VCI, para facilitar las funciones de conmutación a lo largo de la red.

2.2.1 ATM y ADSL

De lo anterior se muestra las ventajas del ATM, lo cual ha sido aprovechado por algunos ISPs para imponer el modelo de ATM sobre ADSL y brindar estos beneficios desde la última milla hasta el Core. Si se usa ATM como protocolo de enlace se puede obtener lo siguiente:

- Varios PVCs sobre el par de cobre. De esta forma, sobre el enlace físico pueden haber múltiples conexiones lógicas, cada una de ellas asociadas a un servicio diferente.
- Diferentes servicios con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada PVC. Así, además de existir múltiples circuitos sobre un enlace físico; se les puede dar un tratamiento diferenciado a cada uno.

2.3 Protocolo punto a punto (PPP)

Establece una comunicación a nivel de enlace entre el módem ADSL con su ISP. Además del envío de datos, PPP brinda dos funciones importantes:

- Autenticación: Mediante una clave de acceso (usuario y contraseña).
- Asignación dinámica de IP: Se asigna una a cada cliente en el momento en que se conectan al proveedor. La IP se conserva hasta que termina la conexión y posteriormente se asigna a otro cliente.

Los tipos de PPP son:

- PPPoE (PPP over Ethernet): Protocolo para la encapsulación PPP sobre una capa Ethernet. Es un protocolo túnel, que implementa una capa IP sobre una conexión entre dos puertos Ethernet, pero con las características del PPP.
- PPPoA, (PPP over ATM): Es un protocolo de red para la encapsulación PPP en capas ATM.

2.4 Red de área local virtual (VLAN)

Es una red de área local que se agrupa de manera lógica y no física, con lo cual es posible liberarse de las limitantes de la arquitectura física (geografía, espacio, etc.). Ofrece las siguientes ventajas:

- Flexibilidad en la administración y en los cambios de la red
- El estándar IEEE 802.1q define la estructura de tramas de VLAN.
- El estándar IEEE 802.1ad define el "vlan stacking" que se basa en apilar de forma consecutiva 2 etiquetas VLAN, uno para el proveedor (S-VLAN) y otro para el cliente (C-VLAN). Las tramas del cliente que llegan al proveedor con una VLAN determinada (lo que pasará a ser C-VLAN) son encapsuladas mediante una S-VLAN que indica el servicio que el cliente ha solicitado.

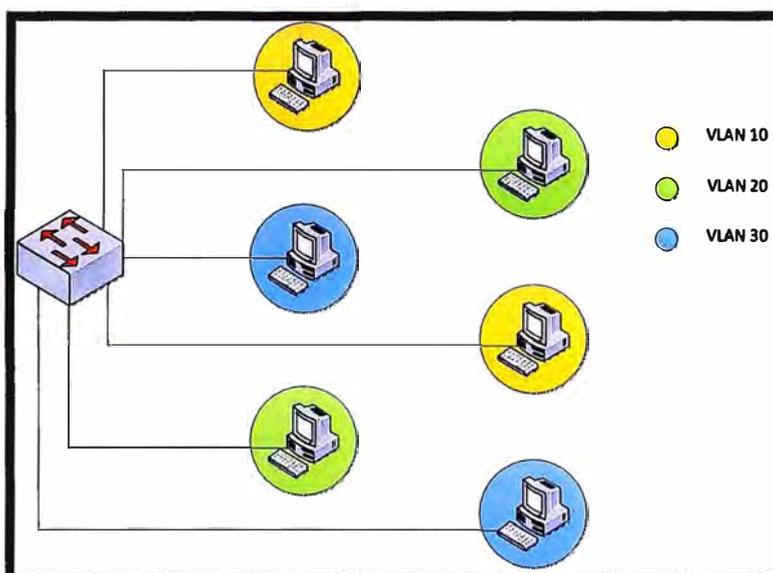


Figura 2.4 Representación vlans

Los principales tipos de vlans usadas en el ADSL son la smart y la standard vlan.

2.4.1 Smart Vlan

Sus principales características son:

- Pueden contener varios puertos de subida y puertos virtuales de servicio xDSL.
- Permite el empleo del atributo “stacking” ósea varios puertos de servicio en una sola VLAN.
- Puede ser usada por múltiples suscriptores xDSL, lo que reduce el uso de vlans en la red.

2.4.2 Standard Vlan

Su principal característica es:

- Puertos Ethernet de una misma Standard Vlan se pueden comunicar entre sí, pero diferentes Standard Vlans se encuentran aisladas.

2.5 Respecto a la red de acceso

Es la sección del enlace total que conecta a los usuarios finales con algún ISP. Teniendo en cuenta que el objeto de estudio es una red de ADSL 2+, este tipo de acceso comienza con el módem del usuario (ubicado en su domicilio) y termina en el equipo DSLAM (ubicado en la central o nodo del ISP).

2.5.1 Módems

Son equipos que modulan las señales enviadas desde la red local del cliente hacia el par de cobre (usa una interfaz RJ11). También demodulan las señales recibidas del ISP para enviarlas a los equipos del cliente. Esta transmisión de datos se realiza a través de una interfaz Ethernet así como wireless.

Actualmente en los hogares, los equipos no sólo actúan como módems (conmutando tramas de capa 2) sino también como routers ADSL teniendo como funciones adicionales

ser puerta de enlace (para la salida al exterior de la red del cliente), servidor DHCP y de enrutador (trabajando en la capa 3, ya que direcciona los paquetes que llegan del exterior hacia la interfaz destino correspondiente)

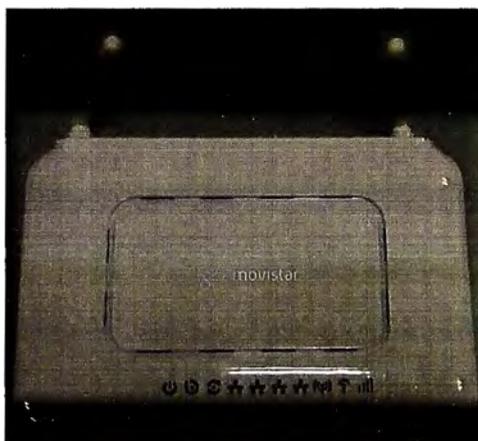


Figura 2.5 Modem Nucom R5000UNV2

2.5.2 Bucle de abonado

Es el par de cobre que se extiende entre la central telefónica y el domicilio del usuario; a través del cual se envían las señales de voz y datos. Los factores fundamentales que rigen la calidad de la transmisión de información son la atenuación y el ruido.

2.5.3 Divisor (Splitter)

Es la unión de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo cuya función es separar las señales de voz y de datos. En el lado del usuario, las unifica o separa para enviarlas al teléfono o al módem respectivamente desde el par de cobre.



Figura 2.6 Splitter de casa

En el lado de la central, pueden existir de dos formas:

- Si el DSLAM es ATM, el splitter es una tarjeta que se encuentra en su interior por lo que este equipo, además de multiplexar y demultiplexar celdas ATM, también actúa como splitter de voz (poseen una tarjeta splitter por tarjeta ADSL)

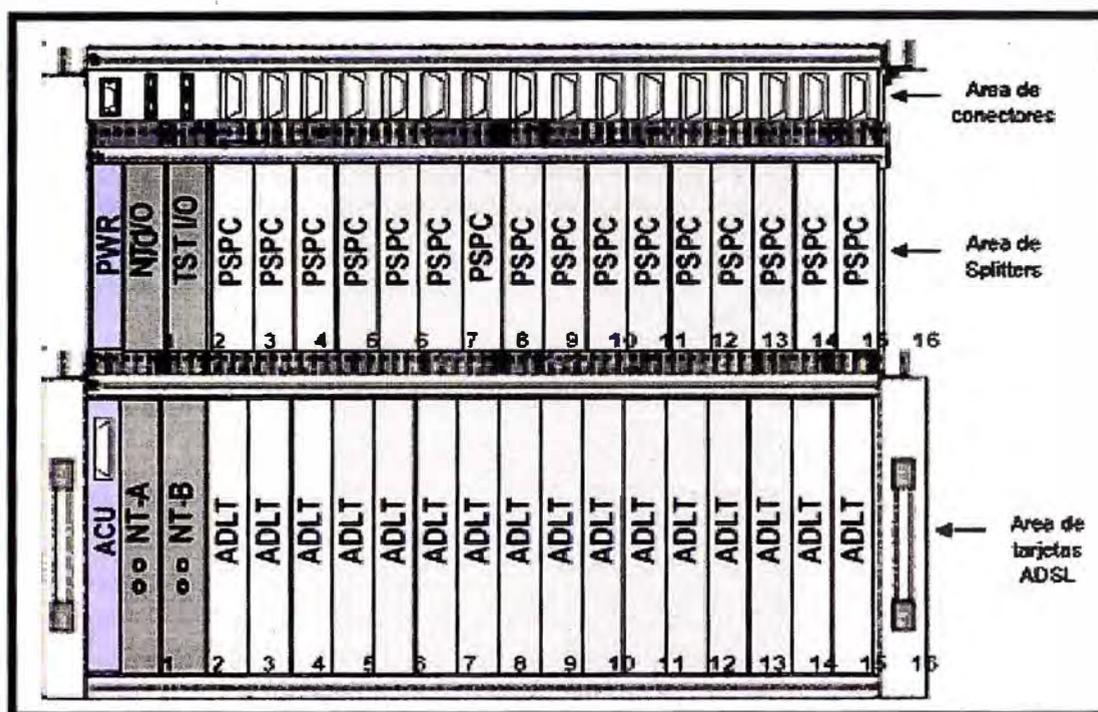


Figura 2.7 Splitter de un DSLAM Ethernet de la central

- Si el DSLAM es Ethernet, el splitter es un elemento externo que se coloca en los blocks del MDF y que unifica o separa la voz y los datos que se enviará hacia los equipos de la PSTN y al DSLAM respectivamente, todo esto desde el par de cobre.

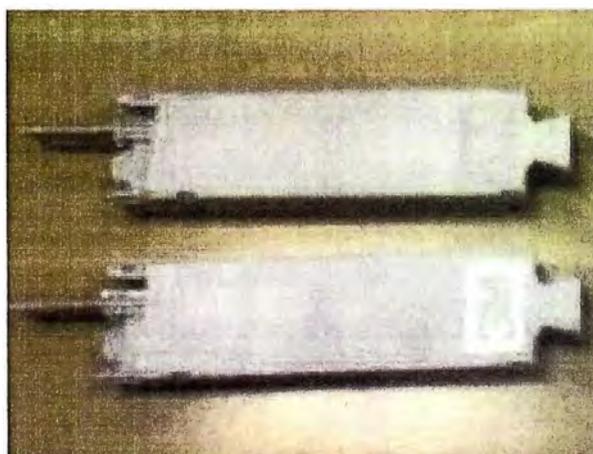


Figura 2.8 Splitter de un DSLAM Ethernet de la central

2.5.4 Estructura de distribución de señales (MDF)

Un MDF es una estructura de acero dentro de la central telefónica, la cual se encuentra formada por dos lados: uno llamado lado vertical en donde se alojan los blocks (partes constituyentes del MDF) que vienen de la planta externa (donde terminan los bucles locales); y el lado horizontal donde se alojan los blocks terminales de los equipos que se encuentran en las salas técnicas (planta interna) como los de conmutación, ADSL, etc. Para dar servicio a un cliente se realiza el jumpeado o conexionado, el cual consiste en unir a través de un par de hilos desde el block de la planta interna con la planta externa.

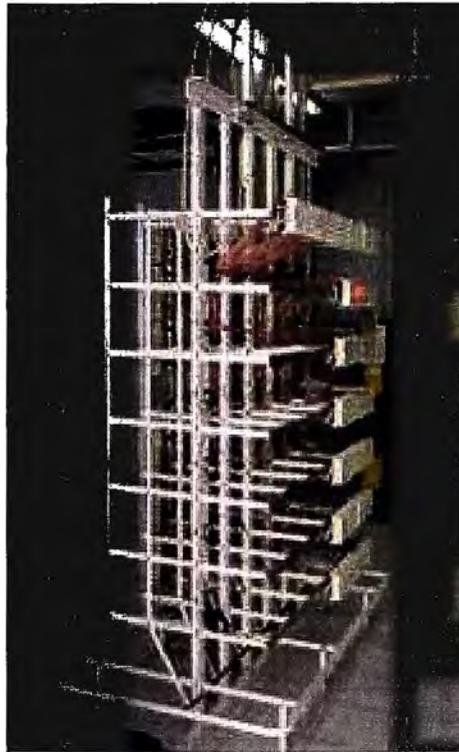


Figura 2.9 MDF

2.5.5 Multiplexor de línea de acceso de abonado digital (DSLAM)

El DSLAM es un equipo localizado en la central del ISP que recibe las señales de datos (divididas por el splitter) de los usuarios a través de sus interfaces ADSL y las envía a la red del proveedor a través de su uplink (dependiendo del tipo de DSLAM, puede ser PDH, SDH, Ethernet). Según la tecnología, existen dos tipos de DSLAM:

- ATM
- ETH

a. Características de los tipos de DSLAMS

Actualmente en Huánuco se encuentran instalados los DSLAMS ATM, por lo que se compararán las características de este tipo con el DSLAM Ethernet Huawei MA5600 que se instalará a futuro (ver Tabla 2.3).

b. The iManager N2000

Es la plataforma que permite gestionar, de una manera gráfica amigable, a los equipos DSLAM Ethernet Huawei así como a los servicios que brinda. En la red de Telefónica del Perú se cuenta con 02 servidores que obtienen la información de los DSLAMS, pero también se puede instalar un software cliente en cualquier PC para obtener información del N2000 (ver Figura 2.10).

Sus principales funciones son:

- Monitorear y localizar los fallos de la red así como administrar los nodos de forma centralizada, lo que reduce la operación y mantenimiento de la red.
- Gestión de la configuración y de la seguridad.

Características del sistema:

- Gestión centralizada y unificada
- Multiplataforma: Ya que puede funcionar con el sistema operativo Solaris o el sistema operativo Windows.
- Alta fiabilidad: Ya que ofrece un sistema dual redundante geográficamente para evitar desastres y soporta el mecanismo de IP flotante (ips:10.168.2.11, 10.168.2.12 y 10.168.2.13)
- Medición del desempeño: Ya que consulta información en tiempo real de los dispositivos administrados y realiza la gestión integrada del rendimiento en ellos (tarjetas, frames, etc.)

2.6 Respecto a la red Metro Ethernet

Interconecta diferentes puntos de la red a nivel de Ethernet y por medio de vlans (simplificando las operaciones de red y la administración). Otra ventaja de esta red, es que permite conectar una gran cantidad de DSLAMS al agregador, a través de pocos enlaces y evitando la saturación de puertos en este equipo.

Tabla 2.3 Comparación entre DSLAMS de distinta tecnología

DSLAM ATM	DSLAM ETH
Tiene un núcleo de ATM para la Agregación de tráfico, ya que antes las redes se basaban en conmutación ATM y/o transporte SDH.	Tiene interfaces para trabajar con la red de Agregación Ethernet que es a lo que están migrando las redes actualmente.
Usan como uplink enlaces SDH y PDH como STM-1, E3 o E1	Usan como uplink enlaces Gigaethernet
Un gabinete alberga 2 subracks	Un gabinete alberga 3 frames
Cada subrack(similar al frame) alberga 16 tarjetas de servicio	Cada frame alberga 14 tarjetas de servicio
Cada tarjeta posee 24 puertos de abonados	Cada tarjeta posee 64 puertos de abonados
Cada subrack alberga 16 tarjetas splitter que dividen las señales de voz y datos en el interior del DSLAM	El DSLAM no alberga tarjetas splitter ya que la división se realiza en el MDF, permitiendo usar este espacio para instalar más tarjetas de servicio.
En total proporciona servicio a 768 abonados por bastidor	En total proporciona servicio a 2688 abonados por bastidor
Su gestor posee un entorno grafico antiguo	Su gestor posee un entorno grafico más asequible y de fácil uso
	Brindan modernas mejoras como: QinQ, reducen la complejidad de conversión de formatos de datos, solucionan problemas de congestión de tráfico con alta velocidad

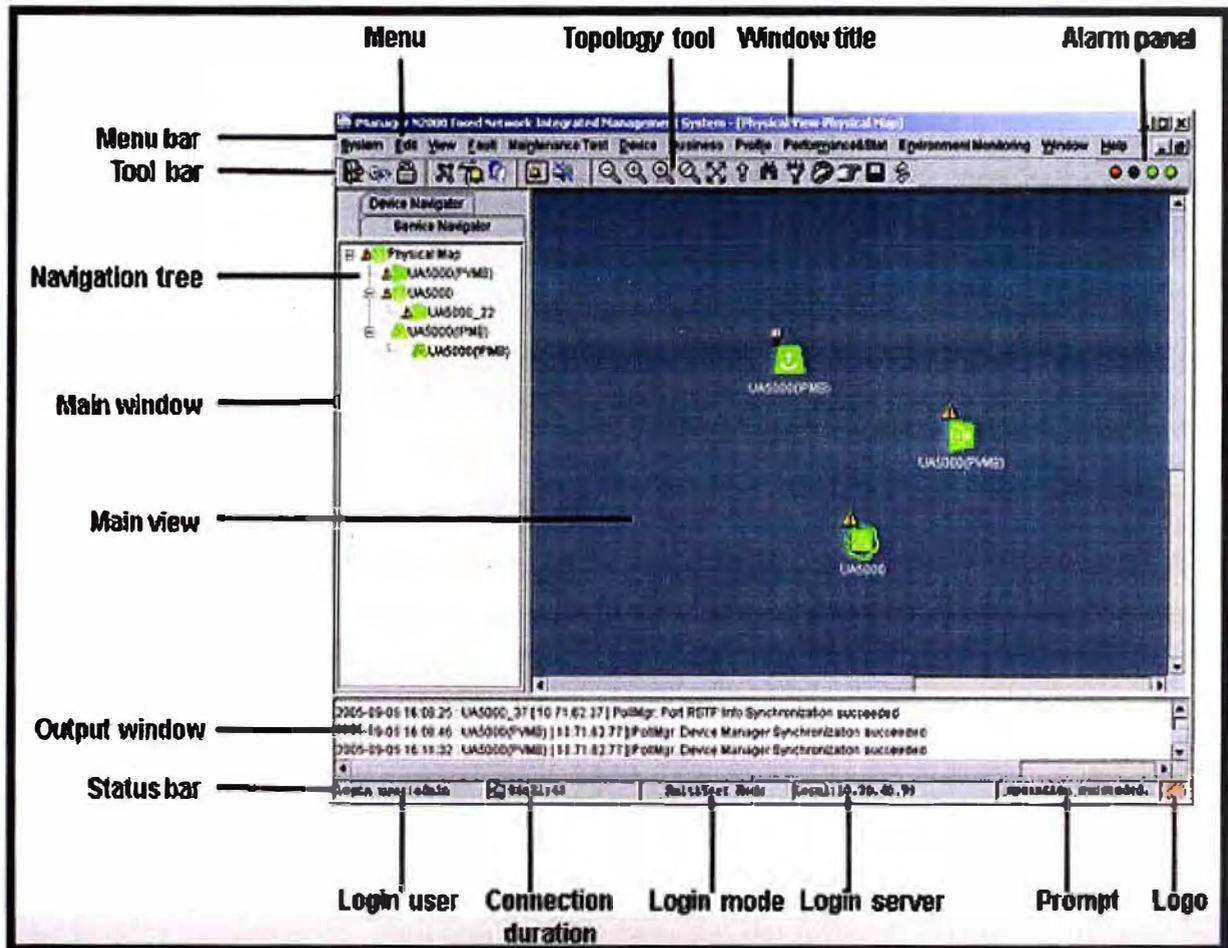


Figura 2.10 iManager N2000

2.6.1 Equipos

Los equipos que predominan son:

- Router de acceso: Es de la marca Huawei y de modelo NE40E, que permite la entrada a la red Metro. Contiene 04 tarjetas de 40Gigas.
- Router de borde: Es de la marca Huawei y de modelo NE80E, que permite la conexión al agregador (indicando la salida de la Red Metro). Contiene 16 tarjetas de 40Gigas.

Si bien estos routers difieren en la capacidad de los puertos, cumplen con las mismas características:

- Gestión más dinámica y eficiente
- Soporta tablas de enrutamiento excesivamente grandes, así como la autenticación de texto encriptado y plano.
- Permite una rápida convergencia y garantiza la estabilidad y seguridad en la red.
- Satisface las demandas de calidad del servicio de los distintos usuarios y servicios.
- Pueden hacer frente a las fallas en la red de transporte IP/MPLS y garantizar la recuperación del servicio (una disponibilidad del sistema del 99,999 %).
- Pueden detectar y ajustar automáticamente su temperatura para lograr un ahorro de energía

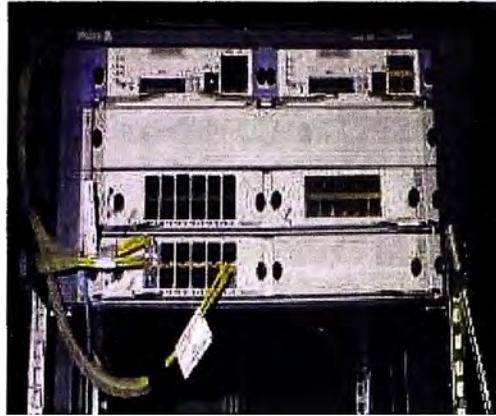


Figura 2.11 Router NE40E

2.7 Respecto a la red de Agregación

Esta red se encarga de agregar el perfil de velocidad, asociado al usuario, así como asignar una IP pública para que se pueda navegar en Internet. Todo esto se realiza previa autenticación (se valida usuario y contraseña).

2.7.1 Equipo

El más resaltante es el Juniper ERX 1440, que es un router que se encuentra en el borde de la red. Brinda múltiples servicios a través de una sola plataforma y posee bloques de direcciones IP públicas, las cuales asignará dinámicamente a los usuarios previamente autenticados para que puedan navegar por Internet.

Sus características principales son:

- Posee interfaces Ethernet para el tráfico de usuarios con encapsulación PPPoE y el tráfico IP.
- Posee interfaces ATM para el tráfico de usuarios con encapsulación PPPoA y el tráfico IP.
- Puede inyectar políticas de gestión y calidad de servicio IP (QoS).
- Maneja distintos protocolos de comunicación como el BGP y el OSPF.



Figura 2.12 ERX 1440

2.8 Respecto a la red de Servicios

Esta red, de capa 3, trabaja con la red de Agregación para realizar el proceso de autenticación (comprobación del usuario y contraseña en su base de datos)

2.8.1 Equipos

Resaltan:

- Radius: Realiza la autenticación y autorización de los atributos de los clientes a través de este protocolo.
- LDAP: Es una base de datos en donde se almacenan los atributos de los clientes (el usuario, contraseña, perfil del cliente y número telefónico).
- DNS: Es una base de datos que almacena nombres de dominio de Internet y permite traducirlas a direcciones IP. Aunque Internet sólo funciona en base a direcciones IP, el DNS permite que las personas usen los nombres de dominio que son más fáciles de recordar.

2.9 Proceso de navegación

Cuando el módem se enciende, se conecta con el DSLAM (a través del bucle de abonado y MDF) y empieza a sincronizarse. Para llevar a cabo este proceso, el DSLAM aplica el perfil configurado en su puerto. Se verifica dicha sincronización en el módem, con el led ADSL de color verde, así como desde su gestor. Teniendo en cuenta el tipo de DSLAM, éste se conecta al agregador (ya sea por red ATM o Ethernet) y se establece una sesión punto a punto (PPPoA o PPPoE) entre ambos. Las redes de transporte y Metro Ethernet facilitan el enrutamiento de la información entre el modem y agregador, pero actuando como “simples cables” entre dicha interacción.

Con dicha sesión, el módem envía el usuario y contraseña (configurados en este equipo) al agregador, quien lo retransmite al Radius para consultarle sobre la autenticación. El Radius verifica estos datos en el LDAP y si son afirmativos envía el perfil de velocidad de dicho usuario (almacenado en el LDAP) al agregador.

Ya autenticado, el agregador asigna una IP pública al módem y le aplica el perfil de velocidad correspondiente. Una vez que el módem ya tiene ip pública y perfil asociado, ya se puede acceder a una página web. Esta información llega al servidor DNS, quien traduce el nombre del dominio a su ip correspondiente y se lo envía al módem. Con esta ip el módem envía los paquetes al agregador, el cual inicia el ruteo hacia Internet a través de la nube CORE. Finalmente la navegación en el módem se verifica con el led Internet de color verde.

CAPÍTULO III METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe la ingeniería del proyecto. Al principio se comenta acerca del predominio de las redes de acceso a través del par de cobre sobre otros tipos, luego se hace el análisis de la solución considerando la situación inicial de las redes de acceso y Metro Ethernet de Huánuco así como los requerimientos de la demanda establecida. Finalmente se describe el diseño de la solución a implementar.

3.1 Predominio de las redes de acceso con tecnología xDSL

Actualmente se aprecia que el acceso a Internet se ha vuelto una necesidad fundamental para poder cumplir con los requerimientos de nuestra vida diaria (educación, trabajo, etc.). Esto se refleja en la realidad de nuestro país, en donde el acceso a Internet está aumentando cada vez más. Según datos de Osiptel, cerca del 20% de la población cuenta con acceso a Internet; de los cuales el 15.9% es a través de una conexión fija siendo ésta la manera que más predomina.

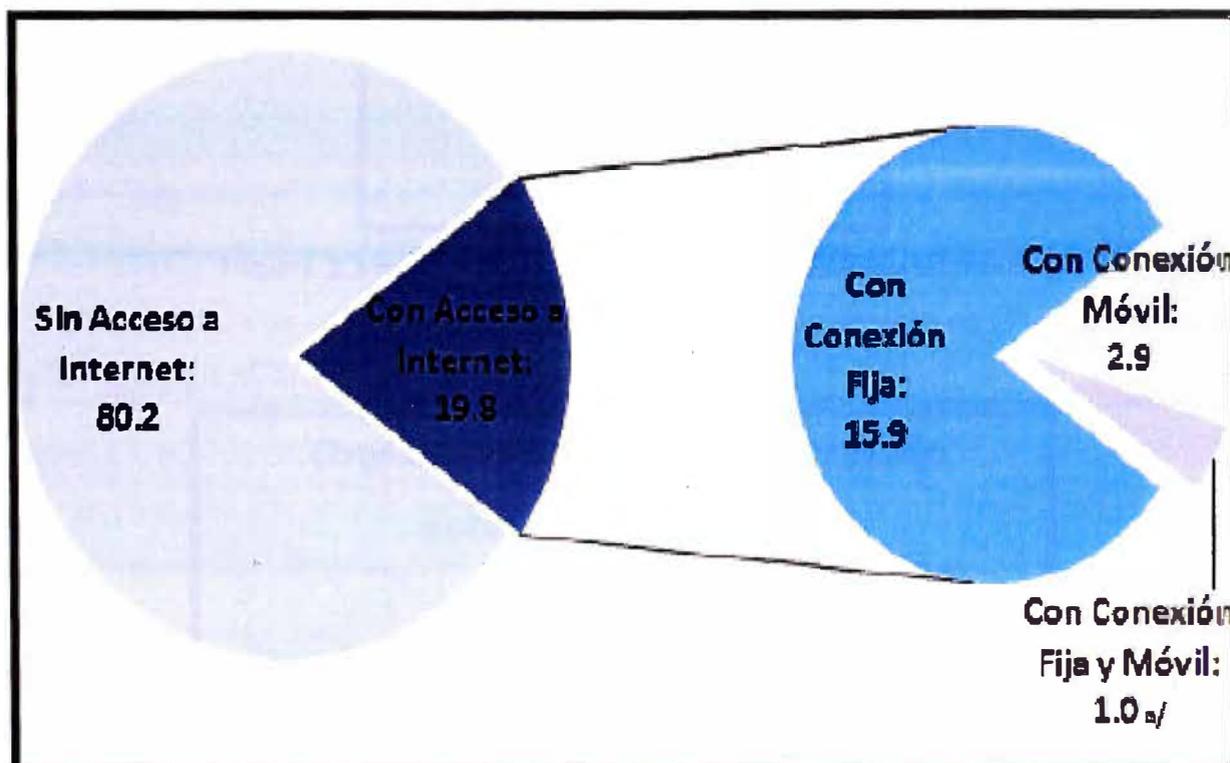


Figura 3.1 Tendencia del Servicio de Internet, 2012 (Porcentaje)

Además, teniendo en cuenta el aspecto económico de la población de Huánuco, se muestra que hay una mayor predisposición por contratar una conexión a Internet fija.

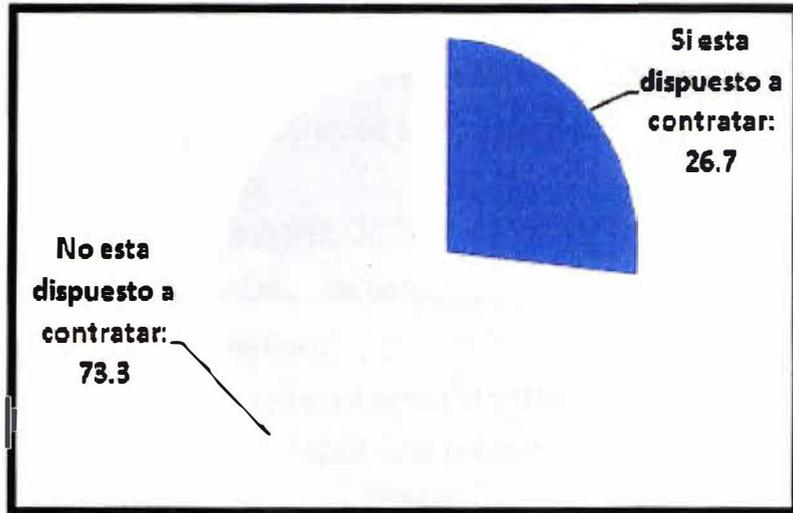


Figura 3.2 Intención de contratar servicio de Internet fijo



Figura 3.3 Intención de contratar servicio de Internet móvil

Entre los tipos de conexiones a Internet fijo, la que más destaca es el acceso a través de la tecnología xDSL (ADSL generalmente)

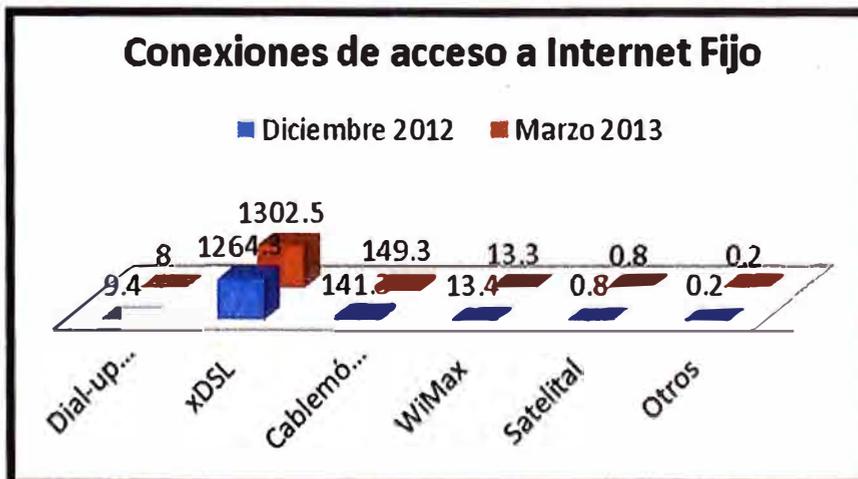


Figura 3.4 Acceso a Internet Fijo por Tecnología de Acceso (en miles)

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se observa que a nivel nacional las personas acceden a Internet principalmente a través de la tecnología ADSL y Huánuco no es la excepción, por lo que lo tendremos como referencia para la solución.

3.2 Situación inicial de Huánuco

3.2.1 Topología inicial de la red ADSL

- La computadora y el módem ADSL de un usuario de esta ciudad se conectan a través de un cable UTP (tecnología Ethernet).
- Tanto el módem como el teléfono se conectan al splitter, el cual recibe la señal de datos (D) y de voz (V) a su entrada y a su salida, una única señal que contiene ambas (V+D).
- La salida del splitter se conecta a la Planta Externa de la PSTN de Huánuco, la cual está formada por la red de postes y cableado de esta ciudad.
- Los bucles de abonados de los usuarios llegan al nodo, específicamente al block vertical del MDF, y se conectan a los DSLAMS ATM (en la topología los 6 DSLAMS de Huánuco se representan como uno solo para mayor entendimiento, esto se detalla en la sección siguiente) quienes dividen la señal completa (V+D) en voz (V) y datos (D).
- Los DSLAMS se conectan al block horizontal del MDF y envían la señal de voz (V), la cual llega a la central telefónica quien la enruta a la PSTN.

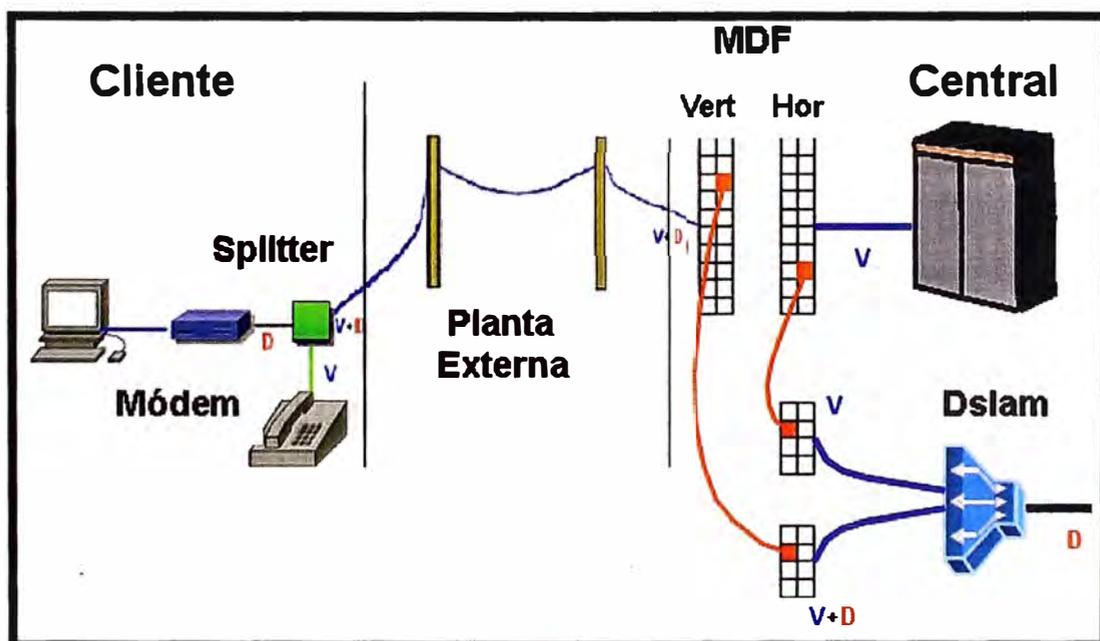


Figura 3.5 Topología de red usuario-central (red de acceso)

- Respecto a la señal de datos, los DSLAMS la envían al agregador de la Oroya través de su uplink (en este caso 3 STM-1 en total). Como el agregador está en otra ciudad, se usa la red de transporte para que la información llegue a este equipo. Esta última red se considera como un "simple cable" en la interacción DSLAM-agregador.
- Finalmente, el agregador convierte la información que le envían los DSLAMS en paquetes IP y los enruta hacia Internet o hace el proceso inverso, reenviándolo al

módem ADSL del usuario. Para que el cliente pueda realizar la navegación, primero se tiene que realizar la autenticación (proceso en donde se apoya del Radius y del LDAP) y luego el DNS traduce los nombres de dominio a direcciones Ip (estos servidores se encuentran en Lima).

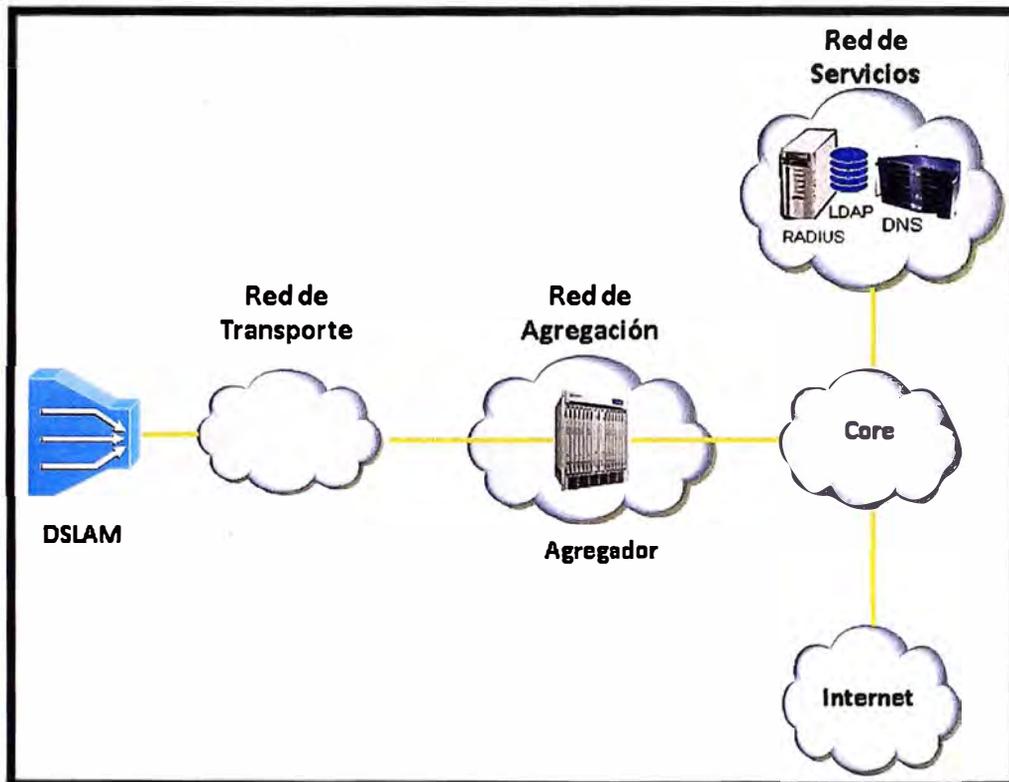


Figura 3.6 Topología central-red ISP

Tabla 3.1 Líneas ADSL de Huánuco por DSLAMS ATM (Marzo 2012)

NODO ADSL PROVINCIAS	Puertos ATM	
	Ocupados	Total
Huánuco 1	520	576
Huánuco 2	1,537	2112
Huánuco 3	1,337	1,464
Huánuco 4	330	384
Huánuco 5	520	576
Huánuco 6	384	480

3.2.2 De su red de acceso a través del par de cobre

Como se comentó inicialmente, la planta externa de cobre de esta ciudad ya se encuentra desplegada por la red de telefonía y la demanda requerida se encuentra en un radio de expansión de 3 Km. alrededor de la central (indicado en el alcance); razón por la cual cumple con los requerimientos de distancia de las tecnologías ADSL y ADSL 2+. Estos pares de cobre se reflejan en el MDF y de aquí se conectan a los DSLAMS de Huánuco. Según datos de Telefónica del Perú, esta ciudad tenía inicialmente 5592

puertos ADSL instalados y distribuidos en DSLAMS Alcatel ATM tal como se indica en la Tabla 3.1.

La topología de estos DSLAMS en la red es de la siguiente forma:

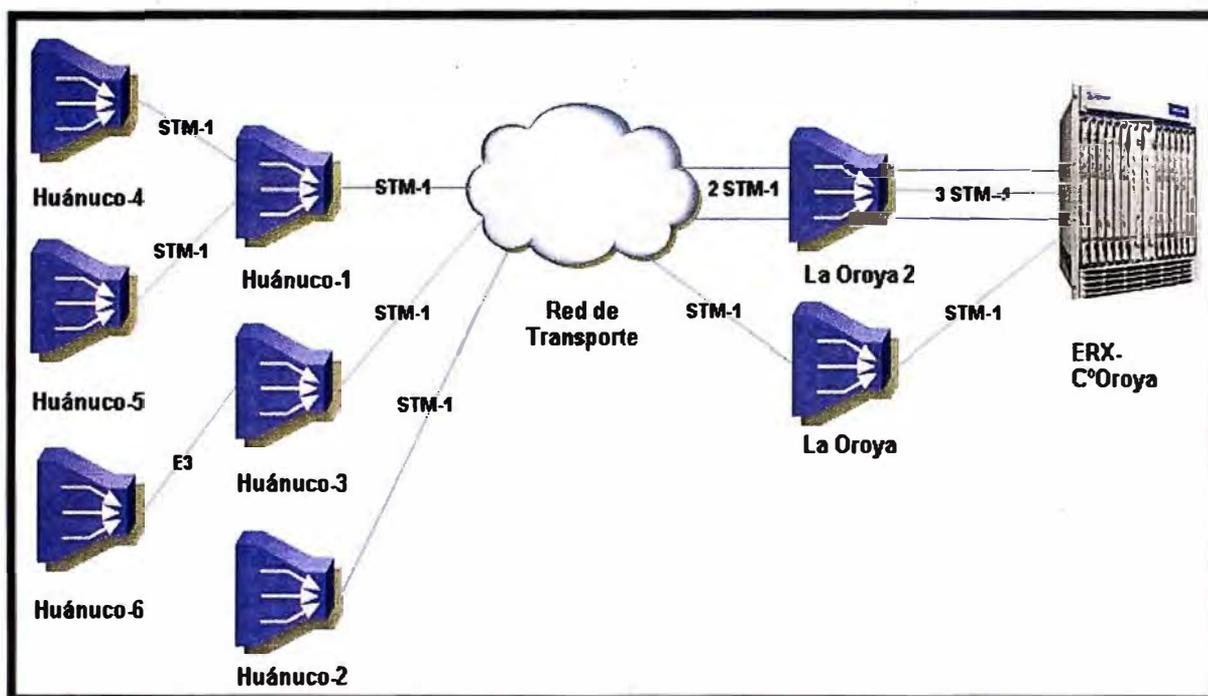


Figura 3.7 Topología DSLAMS ATM Huánuco

Cabe indicar que las tarjetas de estos DSLAMS ATM, solo soportan la tecnología ADSL (máximo 8 Mbps). De la tabla anterior, a los DSLAMS Huánuco podemos clasificarlos de la siguiente manera:

Tabla 3.2 Función de los DSLAMS Huánuco de acuerdo a su topología

DSLAMS		
Subtendido	Subtendido y Concentrador	Concentrador
Huánuco 2	Huánuco 1	Cerro La Oroya 2
Huánuco 4	Huánuco 3	La Oroya
Huánuco 5		
Huánuco 6		

Los DSLAMS que son subtendidos solo reciben la información de sus abonados, mientras que los concentradores son aquellos que reciben la información de DSLAMS subtendidos. Hay casos como Huánuco 1 y 3 que cumplen ambas funciones.

3.2.3 De su red Metro Ethernet

En esta ciudad se encuentra instalado el router de acceso NE40E de Huánuco, el cual se ha integrado a la red Metro Ethernet de provincias gracias al despliegue de la FOA (Fibra Óptica de los Andes), proyecto de Telefónica del Perú que consiste en instalar fibra óptica y equipos DWDM para aumentar la capacidad de transmisión de las

principales ciudades del país así como routers que se integren a la red IP/MPLS ya desplegada.



Figura 3.8 Tramo Huánuco-Proyecto FOA (2012)

Gracias a este despliegue de fibra óptica, se garantiza la conectividad entre el router de Huánuco con la Oroya, lugar donde se encuentran el router de borde (NE80E de la Oroya) y el agregador (ERX de Cerro la Oroya)

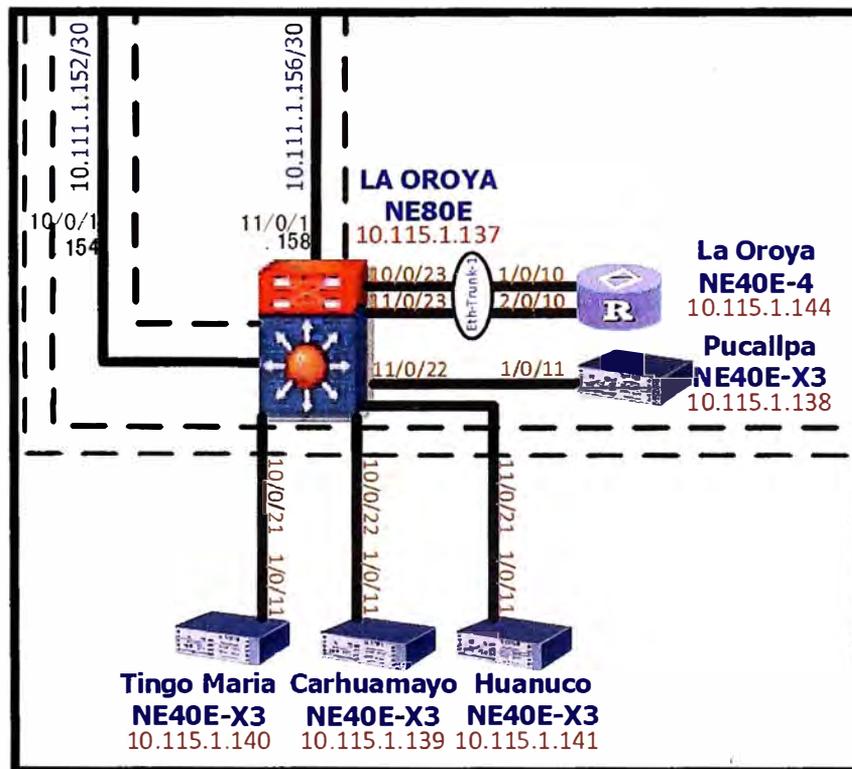


Figura 3.9 Parte de las conexiones de la Red Metro (sección Huánuco)

3.3 Análisis y planteamiento de la solución

Primero se demostrará que no es factible aprovechar para la venta las líneas que se encuentran instaladas en los DSLAMS ATM. Para poder destinar estas líneas para la venta, primero es necesario verificar la saturación de los enlaces de estos DSLAMS (dado que la capacidad máxima de uplink es un STM-1 por DSLAM).

Tabla 3.3 Enlaces saturados ATM - marzo-12 (al 95%)

Enlace DSLAM	Velocidad (Mbps)	Tipo Enlace	% SAT Prom
Huánuco 1	155.52	STM-1	82.7
Huánuco 2	155.52	STM-1	94.7
Huánuco 3	155.52	STM-1	94.7
Huánuco 4	155.52	STM-1	15.6
Huánuco 5	155.52	STM-1	20.5
Huánuco 6	34.47	E3	27.9

De lo tabla anterior se muestra que no se debe vender líneas de los DSLAMS concentradores Huánuco 2 y 3. Tampoco en el DSLAM Huánuco 6, ya que al ser subtendido por otro, el aumento de tráfico en éste saturará el uplink de su concentrador (Huánuco 3). Para cumplir con la demanda requerida se analiza los DSLAMS Huánuco 1, Huánuco 4 y Huánuco 5. El tráfico de Huánuco 1 es el resultado del tráfico de sus propios usuarios y de los DSLAMS Huánuco 4 y Huánuco 5, siendo el total equivalente al 82.7% de un STM-1(aproximadamente 128.2 Mbps)

Al tratar de activar la mayor cantidad posible de líneas para la venta, estas generan un tráfico adicional en el DSLAM Huánuco 1 que al sumar con el tráfico anteriormente mencionado, no debe superar el 90% del STM-1(139.5 Mbps) para no causar lentitud y cortes en los usuarios. Este tráfico adicional equivale a 31.3 Mbps.

Usando la siguiente formula, se calcula la cantidad máxima de puertos a instalar con una saturación de uplink del 90%.

$$BWGAR = 0.1 * (P * BWP * 0.84) \quad (3.1)$$

Dónde:

BWGAR: Ancho de banda garantizado en Mbps

P: Numero de puertos

BWP: Ancho de banda por puerto en Mbps

0.84: Constante relacionado con el % de concurrencia y navegación

Asumiendo que el BWP sea en promedio 2 Mbps, se obtiene que P es igual a 186 puertos aproximadamente, cantidad que no se compara con nuestro requerimiento de demanda y motivo por el cual se tiene que reestructurar la red de acceso. Para no desaprovechar los pares de cobre ya desplegados, se busca soluciones relacionadas con esta tecnología a fin de optimizar recursos y evitar la instalación de nuevas infraestructuras (equipos, medios) que generen mayores costos y dificultades. Una posible solución será continuar con la red ATM e instalar dos gabinetes de DSLAMS ATM (con sus respectivos subracks y tarjetas), pero esto implica mayores costos por el

equipamiento, más recursos de energía, espacio físico y enlaces SDH que tardan mucho en implementarse.

Lo que se propone en este informe es la instalación de un sólo equipo de acceso Ethernet y una migración ATM-ETH. La instalación consiste en la activación de un equipo DSLAM Ethernet MA5600 con 1536 puertos (esta cantidad es modular ya que cada tarjeta que soporta tecnología ADSL2+ contiene 64 puertos). Para la venta se destinan 1000 puertos que tendrán velocidades altas (de a 2 Mbps o 4 Mbps) y 500 puertos para la migración ATM-ETH; la cual consiste en cambiar de tecnología (que poseen velocidades de 2 a 4 Mbps) de los DSLAMS ATM al DSLAM Ethernet que se instalará, dejando 500 puertos libres en los DSLAMS ATM para la venta de velocidades más bajas (1 Mbps o 512 Kbps). Esta migración permite liberar ancho de banda en los enlaces que se encuentran saturados y así instalar más puertos con bajas velocidades. La tendencia a futuro será vender puertos con altas velocidades (de 2 Mbps a más) en el DSLAM Ethernet y puertos con bajas velocidades en los DSLAMS ATM (de 512 Kbps a 1 Mbps). Con esto se conseguirá los siguientes beneficios:

- Reducir costos ya que se aprovecha tanto el bucle de abonados ya desplegado así como la red Metro Ethernet.
- Optimizar recursos, ya que se instala solo un gabinete adicional y no tantos como en los ATM.
- Innovar la red ADSL ya que, además de la tecnología ATM, se va a usar la tecnología Ethernet y así estar a la par con otras ciudades del país.
- Brindar mayor cantidad de puertos por gabinete (más de 2500 puertos a diferencia de los ATM que sólo proporcionan 768)
- Vender puertos que soporten altas velocidades, esto en respuesta al uplink Gigaethernet y a las tarjetas del nuevo DSLAM que soportan tecnología ADSL2+.
- Liberar ancho de banda en los enlaces de los DSLAMS ATM, esto como producto de la migración.

A continuación se verifica que, con lo planteado anteriormente, se cumple con los requerimientos de demanda y de capacidad. Usando la fórmula (3.1), y teniendo en cuenta lo siguiente, se halla el tráfico de los 1000 puertos:

BWP=4 Mbps

Puertos=1000

El resultado es que el DSLAM como máximo soporta un tráfico de 336 Mbps, no teniendo inconveniente por su enlace Gigaethernet. Después de la migración de 500 abonados, de velocidades superiores a 2 Mbps (de los DSLAMS ATM al DSLAM Ethernet), se halla que el tráfico que se adiciona al DSLAM Ethernet es de 168 Mbps.

Finalmente el tráfico total, que soportará este DSLAM será de 504 Mbps del enlace Gigaethernet (siendo alrededor del 50% de saturación). Al realizar la migración de estos 500 abonados se liberará 168Mbps de los DSLAMS ATM, los cuales se repartirán de la siguiente forma:

Tabla 3.4 Enlaces saturados después de la migración

Enlace DSLAM	Tipo Enlace	Puertos migrados	% SAT Prom Inicial	% SAT Prom después de la migración
Huánuco 1	STM-1	100	82.7	61
Huánuco 2	STM-1	200	94.7	51.4
Huánuco 3	STM-1	200	94.7	51.4
Huánuco 4	STM-1		15.6	15.6
Huánuco 5	STM-1		20.5	20.5
Huánuco 6	E3		27.9	27.9

Los puertos liberados de los DSLAMS ATM se venderán con una velocidad menor a 2 Mbps. A continuación se calcula el % de saturación de estos DSLAMS después de una venta futura de los 500 puertos (se asumirá una velocidad de 1Mbps). Usando nuevamente la fórmula 3.1 se halla que el tráfico final será:

Tabla 3.5 Enlaces saturados después de las ventas

Enlace DSLAM	Tipo Enlace	Puertos migrados	% SAT Prom Inicial	% SAT Prom después de la migración	% SAT Prom después de las ventas
Huánuco 1	STM-1	100	82.7	61	66.4
Huánuco 2	STM-1	200	94.7	51.4	62.2
Huánuco 3	STM-1	200	94.7	51.4	62.2
Huánuco 4	STM-1		15.6	15.6	15.6
Huánuco 5	STM-1		20.5	20.5	20.5
Huánuco 6	E3		27.9	27.9	27.9

Al final los enlaces tendrán menos del 70% de saturación, lo cual es beneficioso para los clientes que actualmente usan el servicio. De lo anterior se muestra, que con esta solución, se cumple con la demanda requerida a las velocidades ya mencionadas y se logra liberar ancho de banda de los enlaces de la red ATM para futuras ventas de bajas velocidades, ya que para las altas velocidades se recomienda usar los puertos del DSLAM Ethernet.

3.4 Descripción de la solución

3.4.1 Topología final de la red ADSL

Está integrada por la antigua red ATM (ya indicada inicialmente) así como la nueva red Ethernet. A continuación se indica como son las conexiones de esta nueva red para luego integrarlas en un sólo esquema:

- La conexión desde el usuario hasta el block vertical del MDF de la central de Huánuco es similar a la red ATM ya que, como se mencionó anteriormente, se reutilizan los bucles

de abonados.

- El par de cobre llega a la central y se conecta a un block de planta externa del MDF. De aquí se realiza un “puente” (con el cable jumper de la central) hacia el splitter del block ADSL, donde también están ponchados los cables de abonados del DSLAM Ethernet y de los equipos de conmutación.

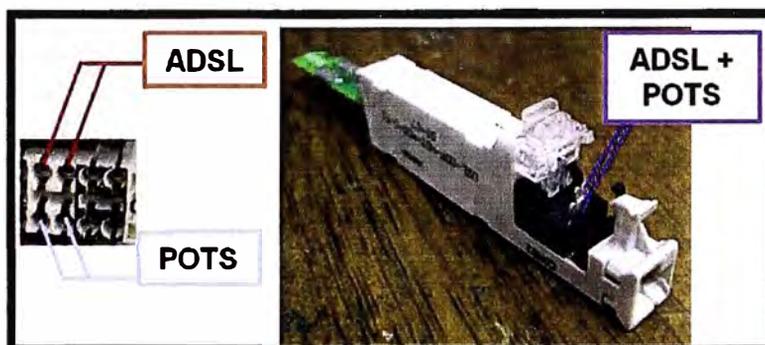


Figura 3.10 Ejemplo de conexión en un block

- En este caso, el splitter actúa como divisor de las señales de voz y datos. La voz va hacia el block de conmutación y de aquí al equipo de la PSTN (equipos de conmutación), y los datos son guiados hasta el DSLAM Ethernet. A diferencia del caso ATM; aquí el splitter es un elemento externo al DSLAM y de menor tamaño, lo que permite el ahorro de espacio en el DSLAM y MDF.

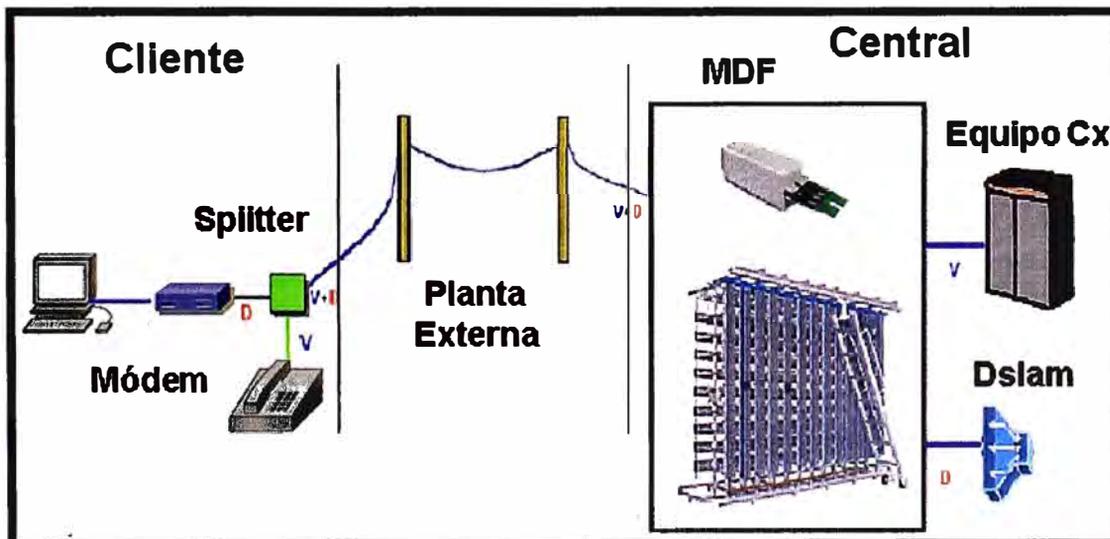


Figura 3.11 Topología de red usuario-central (red de acceso)

- El DSLAM recibe estas señales y las unifica, para mandarlas al agregador a través de su uplink (Gigaethernet con fibra óptica). Como el agregador más cercano está en La Oroya y está usando tecnología Ethernet, se aprovecha la red Metro Ethernet (el router de acceso de Huánuco y el router de borde de La Oroya) para que la información llegue a este equipo. Esta última red es considerada como "un simple cable" en la interacción DSLAM-agregador.
- Finalmente, el agregador convierte la información que le envía el DSLAM en paquetes

IP y los enruta hacia Internet o hace el proceso inverso, reenviándolo al módem ADSL del usuario. Para que el cliente navegue, primero se tiene que realizar la autenticación (proceso en donde se apoya del Radius y del LDAP) y luego el DNS traduce los nombres de dominio a direcciones Ip.

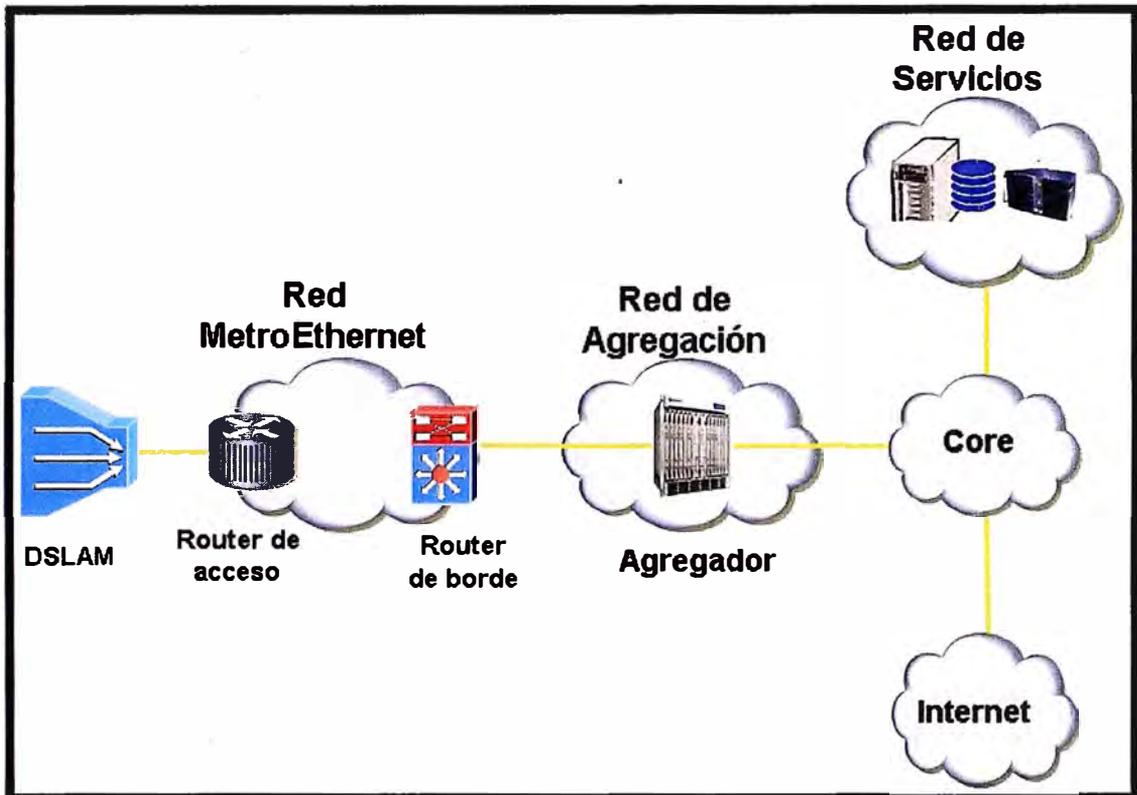


Figura 3.12 Topología central-red ISP

De lo anterior, los usuarios se conectan con la misma planta externa a los DSLAMS Ethernet y ATM quienes multiplexan o demultiplexan la información para luego enviarla al Agregador de acuerdo a la topología indicada en la Figura 3.13

3.4.2 Componentes

a. Blocks 3M

Son un nuevo tipo cuyas características principales son:

- Están compuestos por pequeños bloques de 16 pares.
- Hay de 48, 64 y 72 puertos.
- Son de menor tamaño comparado con los antiguos blocks Mondragón.
- Mayor flexibilidad de operaciones (conexión/desconexión de líneas y pruebas sin necesidad de remover los splitters)
- Los puntos de conexión son accesibles siempre.
- Los splitters se ubican en la parte posterior.

Como la demanda es de 1500 abonados, se van a instalar 1536 puertos (modularmente ya que cada tarjeta es de 64 puertos). De las características anteriores se percibe que cada tarjeta es un block 3M, por tanto se requieren 24 blocks.

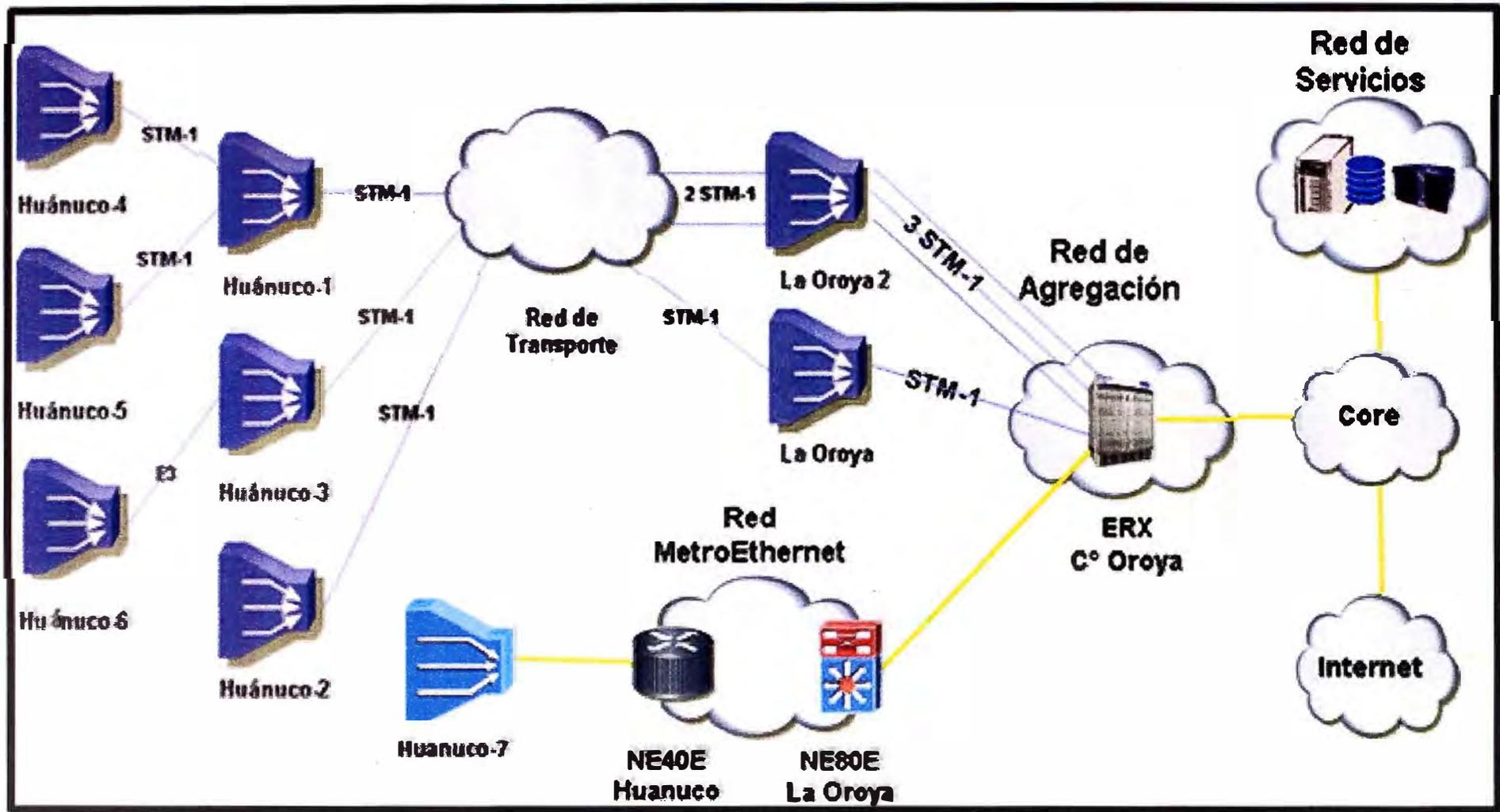


Figura 3.13 Topología final

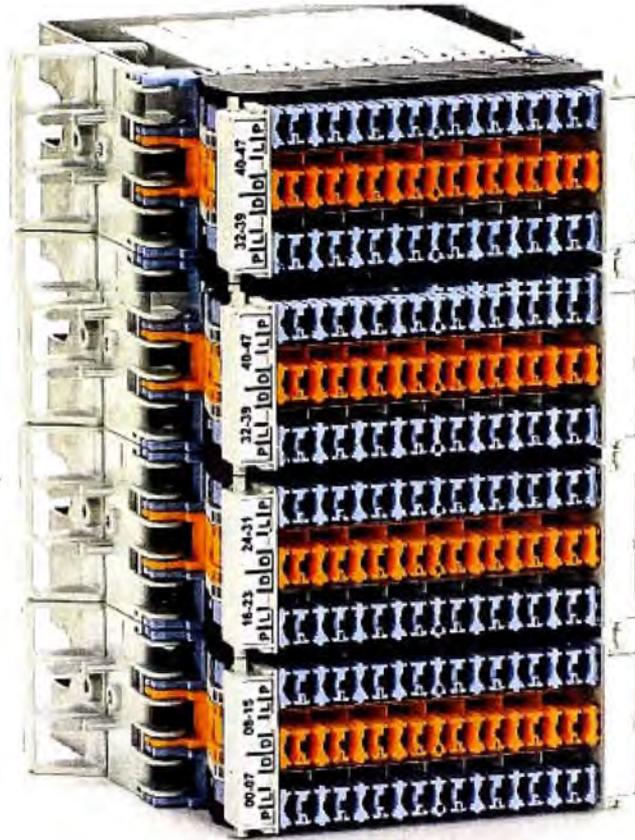


Figura 3.14 Block 3M

b. Alambre para tendido de puentes (jumper)

Es el cable que se usa para interconectar dos puntos en el MDF. Es de cobre puro y su diámetro es de 0.5 mm. En este informe se usará para los cableados de migración que van desde el block ADSL al block de planta externa (cuya distancia es de 12 m.) así como desde el block ADSL al de conmutación (12 m.) En total se necesitan 24m. por cada abonado (12 Km. En total para los 500 abonados)



Figura 3.15 Alambre para tendido de puentes

c. Gabinete

El gabinete del DSLAM es el del modelo N66-22 que cuenta con 46U, acceso frontal y con las siguientes dimensiones:

Tabla 3.6 Principales dimensiones del gabinete

Dimensiones (WxDxH)	Peso
600 mm X 600 mm X 2200 mm	Vacío: 73 Kg Lleno: 210 Kg

Este gabinete cuenta con unas aperturas en la parte superior los cuales les permite direccionar los distintos tipos de cableado del equipo (cables de energía, tierra, de abonados y fibra óptica como uplink). Para el trabajo se requiere un solo gabinete.

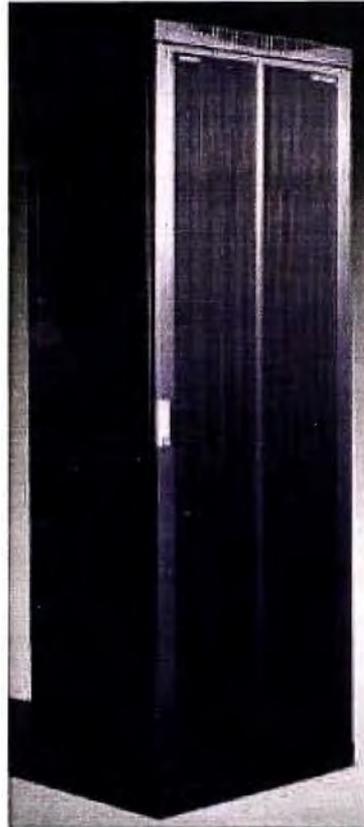


Figura 3.16 Gabinete N66-22

d. Frames

El DSLAM está integrado por 3 frames de 10 (U) cada uno y colocados uno encima del otro dentro del gabinete. Cada frame alberga 16 tarjetas y un fan tray. Sus principales funciones son:

- Brindar servicios del acceso ADSL 2+ y SHDSL
- Convertir los servicios de acceso de estas tecnologías a paquetes IP y viceversa.

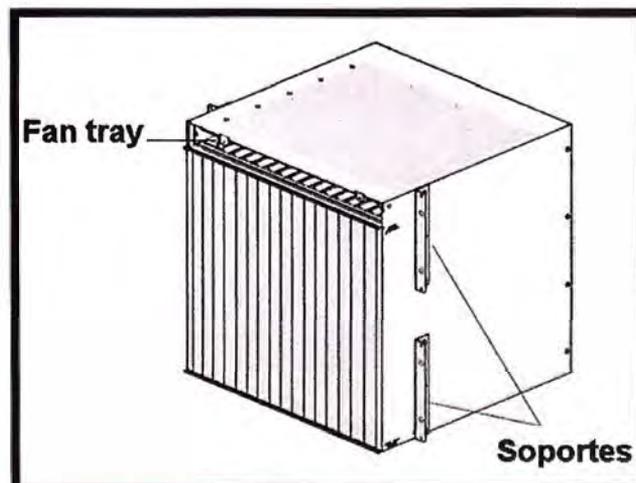


Figura 3.17 Estructura de un Frame

Tabla 3.7 Principales dimensiones del frame

Características	Especificaciones
Dimensiones (W x D x H)	436 mm x 420 mm x 441.8 mm
Peso del shelf vacío	19.4 Kg
Máximo peso (2 SCUs + 14 ADEFs + fan tray)	44.84 Kg
Máximo consume de potencia (2 SCUs + 14 ADEFs + fan tray)	890 W

El fan tray se encuentra en la parte superior e integrada por seis ventiladores pequeños. Se encarga de la ventilación y cuenta con una tarjeta de monitoreo para detectar el status de los trabajos de los ventiladores.

Tabla 3.8 Principales dimensiones del fan tray

Características	Especificaciones
Dimensiones (W x D x H)	410 mm x 368 mm x 42.7 mm
Peso	2.72 Kg
Máximo consumo de potencia (6 fans)	48 W



Figura 3.18 Fan tray

Para el trabajo se requieren 2 frames con sus respectivos fan trays.

e. Tarjetas

Las 16 tarjetas pueden ser de distintos tipos, siendo las principales (y las que se usarán en este estudio):

Fan tray	
15	Service board/SU/Interface board
	Service board/SU/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
7	Main control board
8	Main control board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
	Service board/Interface board
0	Service board/Interface board

Figura 3.19 Distribución de las tarjetas en un frame

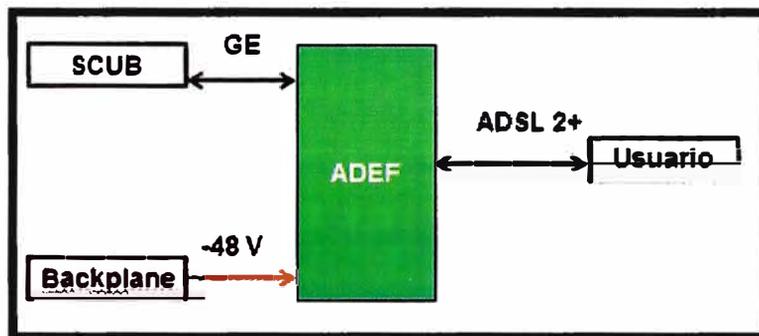
Tabla 3.9 Tipos de tarjetas en el interior del frame

Tipo de tarjeta	Modelo	Slots
Control	SCUB	7 y 8
Servicio	ADEF	0-6 y 9-15

e.1 Tarjetas de servicio

Son las que comunican al DSLAM con los módems de los usuarios. Sus características principales son:

- El modelo principal es el ADEF
- Se pueden instalar en todo el frame a excepción de las posiciones destinadas para las tarjetas de control (slots 0 al 15 menos los slots 7 y 8)
- Cada tarjeta posee 64 puertos, un puerto por abonado.
- En upstream, la señal ADSL2+ llega a la tarjeta de servicio y se transforma en un flujo de celdas ATM. En el interior de la tarjeta se encapsula en tramas ETH y finalmente estos paquetes son enviados al SCUB a través del backplane. Para el caso del downstream, el enrutamiento es en dirección opuesta.

**Figura 3.20** Conexiones externas de la tarjeta ADEF

e.2 Tarjetas de control

Son las que controlan los procesos del sistema en general y permiten la gestión del DSLAM a través de éstas. Sus características principales son:

- El modelo principal es el SCUB
- Se instalan en los slots 7 y 8 (usualmente se usa el slot 7 para la tarjeta activa y el 8 para la tarjeta de standby)
- Toda tarjeta controladora tiene un botón de reset físico.
- Poseen puertos RJ45, los cuales permiten configurar el DSLAM.
- Poseen 2 puertos ópticos, que sirven para el uplink (permiten enviar los datos a la red del proveedor a través de la fibra óptica) y para el downlink (conexión con el frame inferior)
- Cuenta con un módulo que configura, recopila y registra la información de estado del DSLAM (por ejemplo, recibir las alarmas de las tarjetas de servicio). Cuando el usuario

realiza un upstream de datos, la información llega desde el módem a las tarjetas de servicio; y de éstas se envía al SCUB a través del backplane del frame. En la SCUB se procesan los datos y a continuación se envía a la red del proveedor a través de los puertos ópticos. Para el caso del downstream, el enrutamiento es en dirección opuesta.

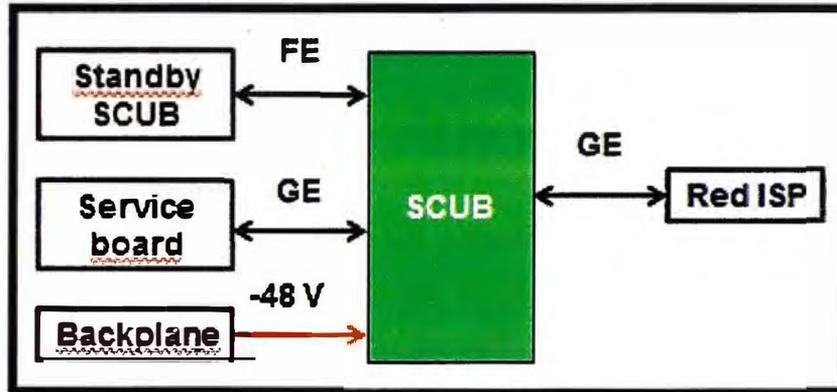


Figura 3.21 Conexiones externas de la tarjeta SCUB

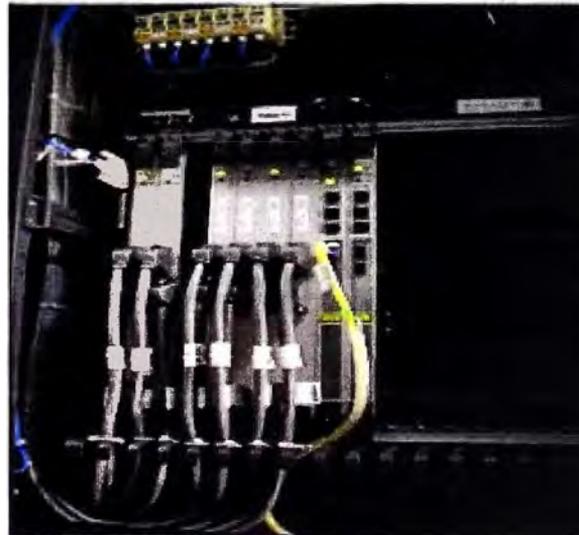


Figura 3.22 Frame con tarjetas de servicio y de control

Para el presente informe se usan 24 tarjetas de servicio y 4 tarjetas de control distribuidos de la siguiente forma:

- El primer frame estará completo, es decir tendrá sus 14 tarjetas de servicio y sus 2 tarjetas de control.
- El segundo frame tendrá 10 tarjetas de servicio y sus 2 tarjetas de control.
- El tercer frame se instalará pero sólo tendrá tarjetas de control. Esto se hace con motivos de atender líneas a futuro de manera más rápida, ya que solo requerirá instalar tarjetas y no el frame completo.

f. Módulo óptico

Son dispositivos de entrada-salida (transceptores) que se insertan en los puertos de la tarjeta SCUB. Soportan fibra óptica monomodo y una longitud de onda de 1310nm. El tipo de conector es LC.

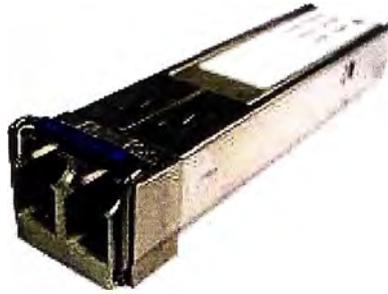


Figura 3.23 Módulo SFP

g. Power Distribution Unit:

También llamado PDU, es usado en los gabinetes de acceso frontal que se activan con energía DC. Proporciona cuatro puertos de salida de -48 VCC y dispone de dos entradas de -48 VCC. Su máxima corriente de salida es 80A

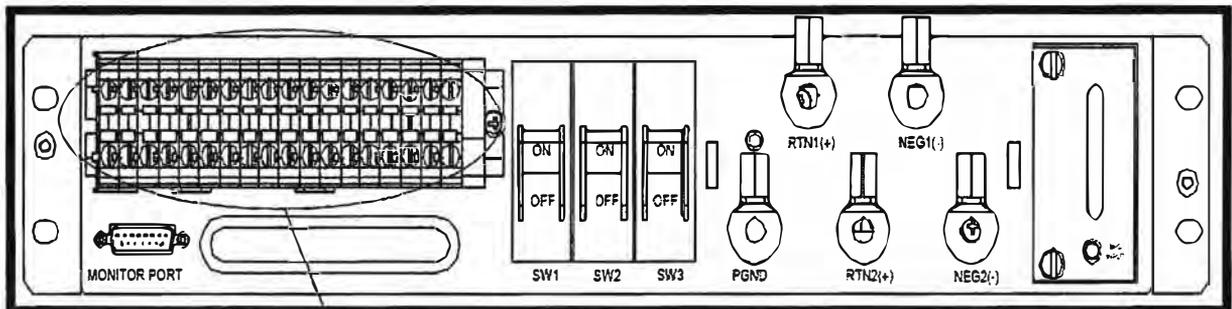


Figura 3.24 Parte frontal de un PDU

Para el informe, solo se usa 01 equipo en la parte superior del gabinete.

h. Cables de energía

Se usan para el encendido del equipo. Pueden ser internos y externos. Sus características son:

- De color azul (-) y negro (+).
- Su longitud es de 30 m.
- Su diámetro es de 35 mm (aproximadamente 25 mm² de sección transversal).
- Salen por la parte superior del gabinete.



Figura 3.25 Cables de energía externos

El cable de energía interno debe:

- Contar con un conector tipo D (3 pines) y por dos terminales comunes de color azul (-) y negro (+).

- Tener longitud corta ya que une el PDU a los puertos de energía de cada frame.

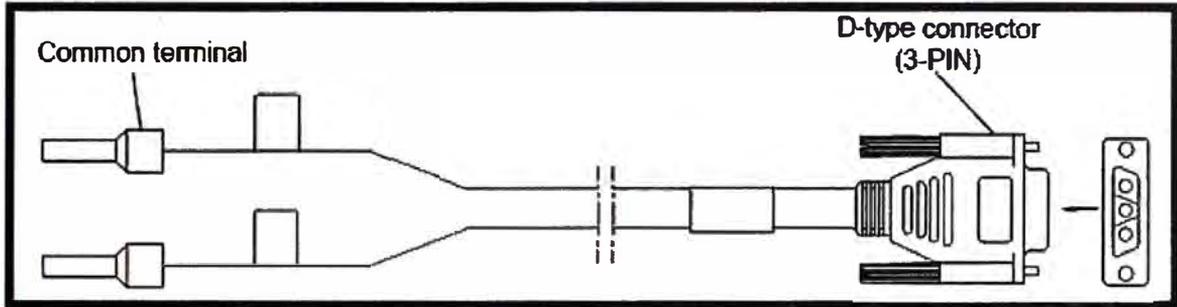


Figura 3.26 Cable de energía interno

Tabla 3.10 Conexión de los cables de energía externo

PDU	RECTIFICADOR
NEG1 (-)	NEG del primer breaker
RTN1 (+)	RTN del primer breaker
NEG2 (-)	NEG del segundo breaker
RTN2 (+)	RTN del segundo breaker

Tabla 3.11 Conexión de los cables de energía interno

Terminales de salida	Descripción	SW de control
1-, 1+	Cátodo y ánodo de los terminales de la carga 1	SW1
2-, 2+	Cátodo y ánodo de los terminales de la carga 2	SW2
3-, 3+	Cátodo y ánodo de los terminales de la carga 3	SW3

i. Cable de tierra

Se usa para el aterramiento del equipo. Sus características principales son:

- De color amarillo y verde.
- Su longitud es de 20 m.
- Su diámetro es de 35 mm (aproximadamente 25 mm² de sección transversal)
- Los terminales deben estar aislados.
- Sale por la parte superior del gabinete.

Este cable conecta el terminal interno PGND del PDU con la barra de tierra.



Figura 3.27 Cable de tierra

j. Cables de abonados

Permiten la conexión del DSLAM con el block 3M del MDF. Estos cables deben ser:

- Dos por cada tarjeta ADEF, además deben tener el conector DB-68 en un extremo y los cables pelados en el otro extremo.
- Su longitud es de 70m.
- Los cables de abonados se enrutan de la siguiente forma: los que pertenecen al lado izquierdo del frame ingresan por la apertura izquierda del gabinete y los del lado derecho por su apertura correspondiente.

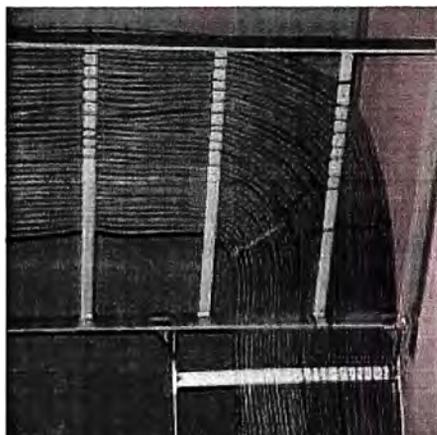


Figura 3.28 Cable de abonado

k. Fibra óptica

Permite la conexión con la red Metro Ethernet. Sus características son:

- La longitud es de 5m.
- Es una fibra monomodo con longitud de onda de 1310 nm.
- Su alcance es de 10 Km
- Tiene conectores LC/LC
- Su máxima potencia óptica de salida es -3dbm
- Su mínima potencia óptica de salida es -20dbm
- Cuando la fibra óptica se usa para conectarse con el router de acceso de la red Metro, ésta debe salir del gabinete cubierto por un tubo corrugado.

Tabla 3.12 Conexión de los puertos de las tarjetas SCUB a través de la fibra óptica

Nº Frame	Nº Slot	Nº Puerto	Conexión
1	7	1	Con un puerto del NE40E
1	7	2	Se interconectan entre sí
2	7	1	
2	7	2	Se interconectan entre sí
3	7	1	
3	7	2	Al aire

3.4.3 Respecto a la instalación del DSLAM Ethernet

La instalación de este equipo se divide en los siguientes pasos:

-Site Survey

-Implementación física

- Montaje y anclaje del DSLAM
- Tendido de los cables de energía, tierra y energización
- Tendido de los cables de abonados y fibra óptica

- Implementación lógica

- Determinación de los datos de gestión y configuración lógica

-Pruebas

- De pares y de navegación

En el presente informe se comentara sobre el Site Survey, porque permite determinar a priori la factibilidad de la instalación. También se comenta sobre la configuración que se realiza en el equipo, a fin de entender la parte lógica de éste.

a. Site Survey

Antes de la instalación, es necesario verificar los recursos físicos con los que se cuenta en el interior de la central de Huánuco, por ejemplo: recursos de energía, espacio, etc. Para esto, se realiza un Site Survey (o TSS) el cual consiste en inspeccionar el local, generalmente por un par de personas, en un corto periodo de tiempo (2 días, incluido el tiempo para el informe) y se realiza antes de la instalación. Los principales ítems que se analizan son:

- Ubicación física: El DSLAM se instala en la sala de conmutación, ubicándose al costado del gabinete del NE40E. El espacio aproximado según la fotografía es de 80 cm. y teniendo en cuenta la dimensión del DSLAM (60 cm de ancho y de largo) no hubo inconvenientes en escoger esta ubicación.



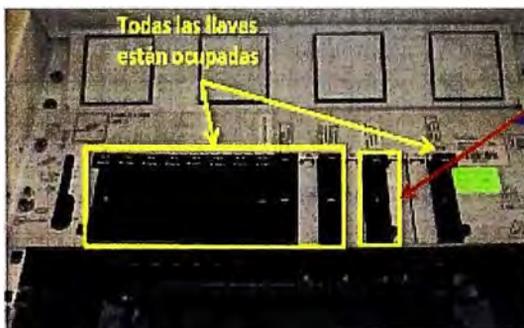
Figura 3.29 Ubicación destinada para el DSLAM

- Energía: Este equipo se energiza con 2 breakers (o disyuntores) de 100 A cada uno, las cuales permiten al equipo trabajar a su máxima capacidad. La necesidad de usar esta cantidad es por que debe existir redundancia de energía para el equipo. Estos breakers se encuentran instalados en los rectificadores que generalmente se ubican en la sala de energía. En la central de Huánuco se cuenta con 5 rectificadores de los cuales el primero, el segundo y el cuarto tienen todas las llaves ocupadas, razón por la cual se analiza solo los 2 rectificadores



Breaker de 100A (durante el TSS no se pudo fotografiar cuando estaba en OFF. Esta foto se tomó después que se usó para la energización del equipo, razón por la cual está en ON)

Figura 3.30 Distribución de breakers del rectificador N°3



Breaker de 100A (durante el TSS no se pudo fotografiar cuando estaba en OFF. Esta foto se tomó después que se usó para la energización del equipo, razón por la cual está en ON)

Figura 3.31 Distribución de breakers del rectificador N°5

En base a lo anterior, los breakers a usar son:

Tabla 3.13 Posiciones de los breakers del DSLAM

Rectificador	Distribuidor	Breaker	Amperaje
3	3	13	100 A
5	1	13	100 A

- Protección a tierra: Del gráfico se ve que la barra de tierra no está saturada y cuenta con posiciones disponibles para conectar

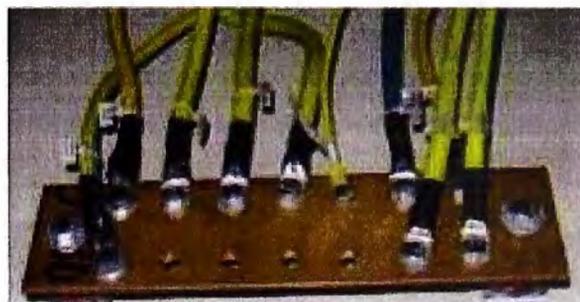


Figura 3.32 Barra de tierra

- MDF: De el grafico se aprecia que hay 28 blocks 3M, por lo que no es necesario instalar más (para el trabajo se requiere solo 24 blocks)

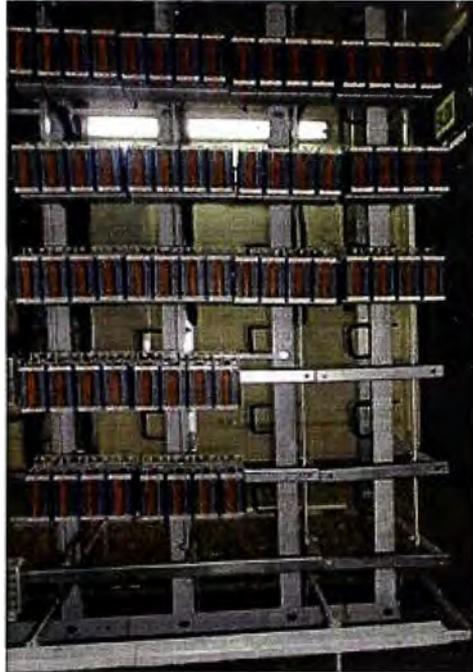


Figura 3.33 Disponibilidad MDF

- Puertos en el NE40E: En la central ya existe un equipo que es el NE40E, el cual se ubica al costado del espacio designado para el DSLAM. Este equipo es relativamente nuevo y cuenta con una buena cantidad de puertos disponibles (ver figura 2.11)

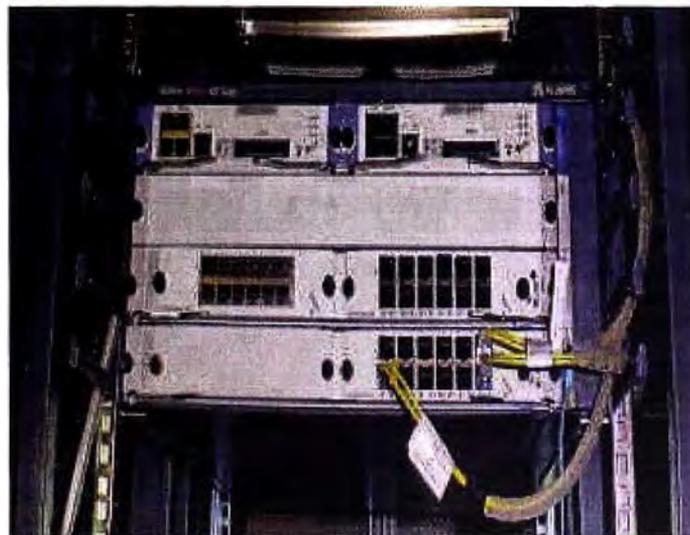


Figura 3.34 NE40E Huánuco

- Cableados: Se refiere a verificar la longitud de los cables necesarios para el equipo DSLAM, los cuales son: cables de energía, de tierra, de abonados y la fibra óptica. En sitio se verificó que estos tendidos no requerían adecuaciones, que son instalaciones o ampliaciones de estructuras tales como las bandejas, escalerillas; que permiten el correcto despliegue de estos cableados. Teniendo en cuenta la visita realizada así como el layout del lugar, las longitudes son:

Tabla 3.14 Longitudes de los cableados requeridos

Cableados		Longitud
Energía	Conecta el DSLAM con los breakers del rectificador	30
Tierra	Conecta el DSLAM con la barra de tierra	20
Abonados	Conecta el DSLAM con los blocks del MDF	70
Fibra óptica	Conecta el DSLAM con el puerto del router de acceso	5



Figura 3.35 Recorrido de los cables de energía y tierra en la central de Huánuco

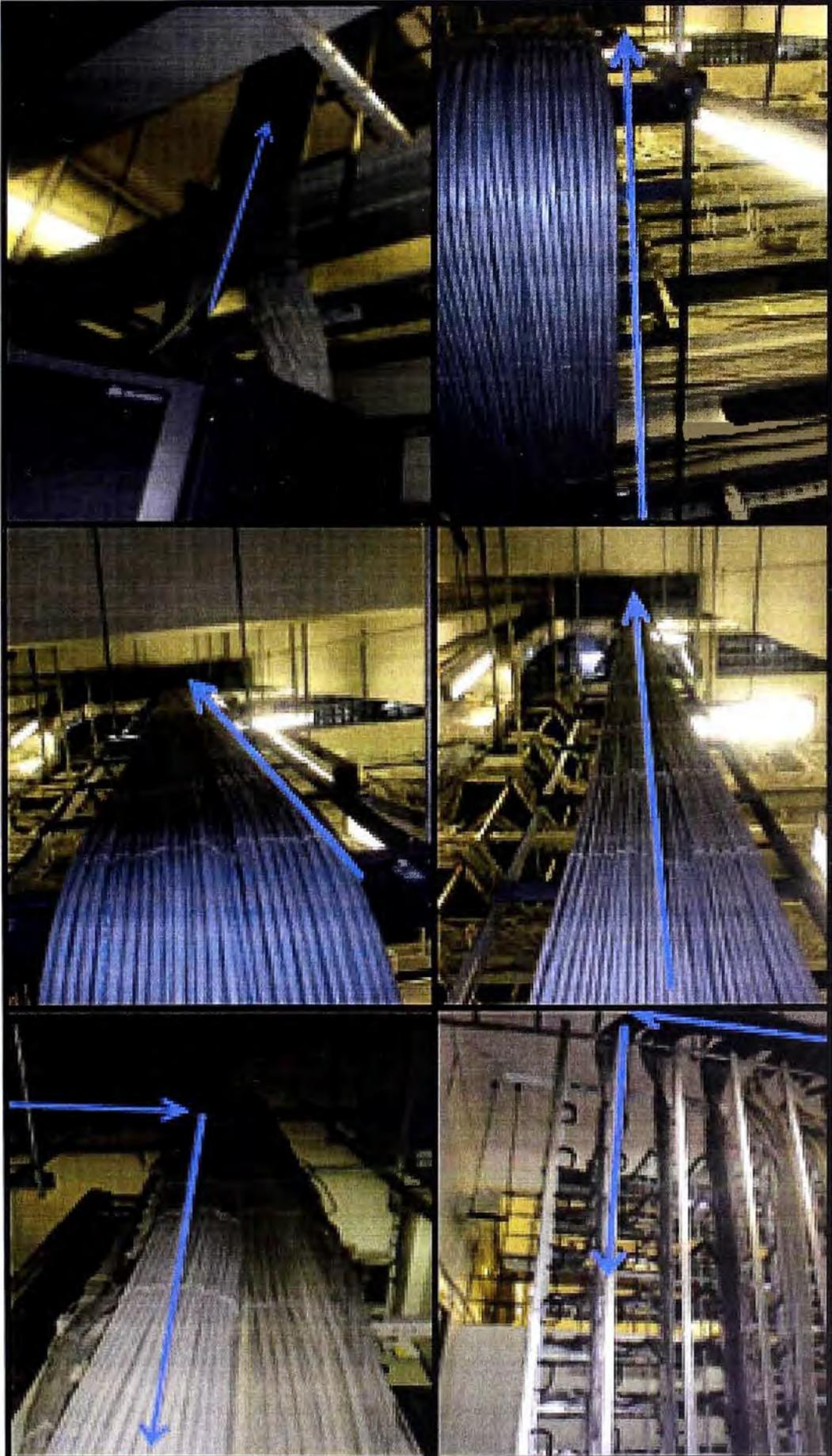


Figura 3.36 Recorrido de los cables de abonados

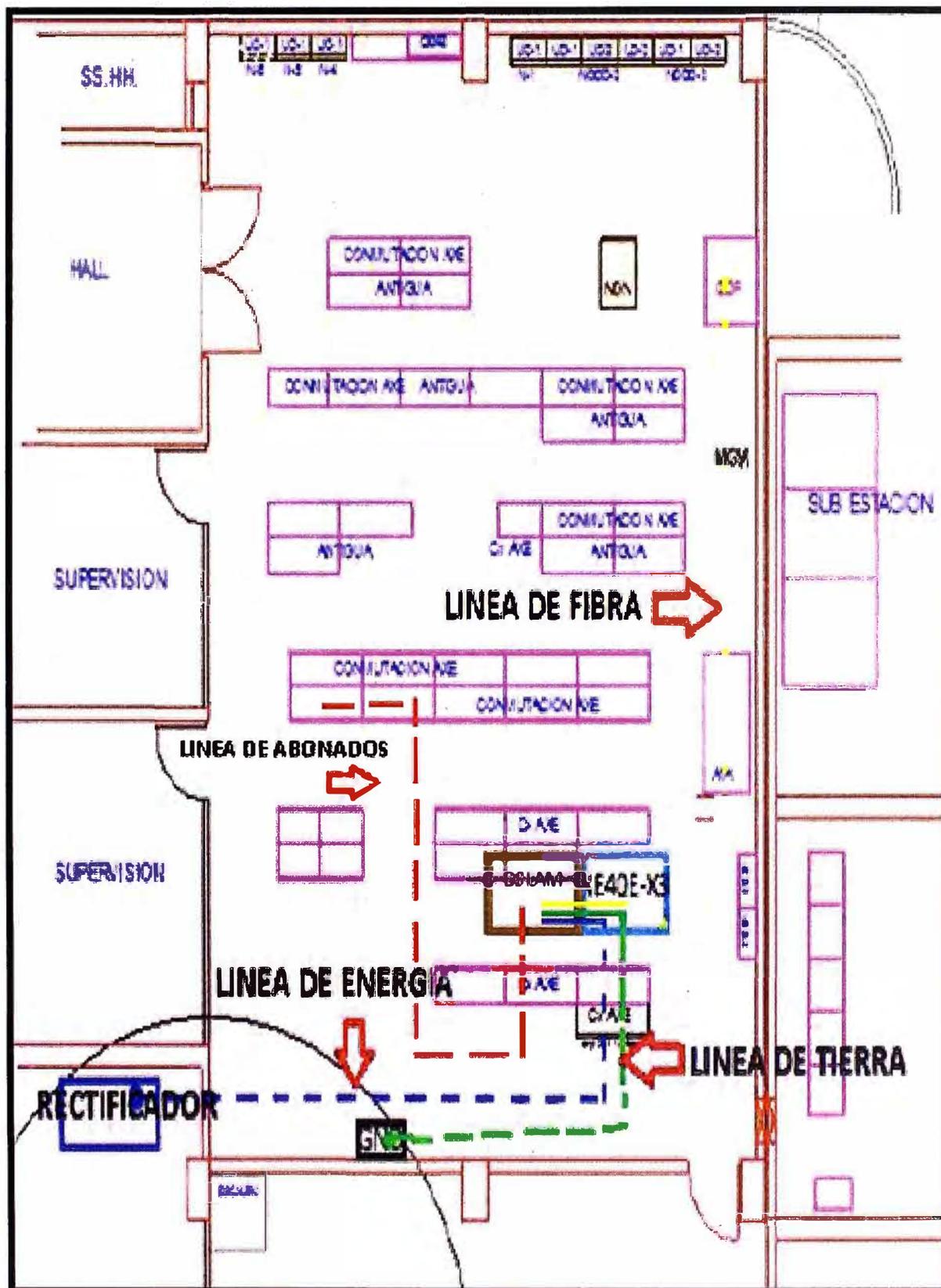


Figura 3.37 Recorridos de los cableados en la central de Huánuco

Una vez concluido el TSS, la implementación física consiste en instalar y energizar el DSLAM así como tender los respectivos cables (basado en el TSS). Finalmente el DSLAM queda instalado como en la Figura 3.38. En la siguiente sección se comenta sobre los datos de gestión y la configuración lógica.

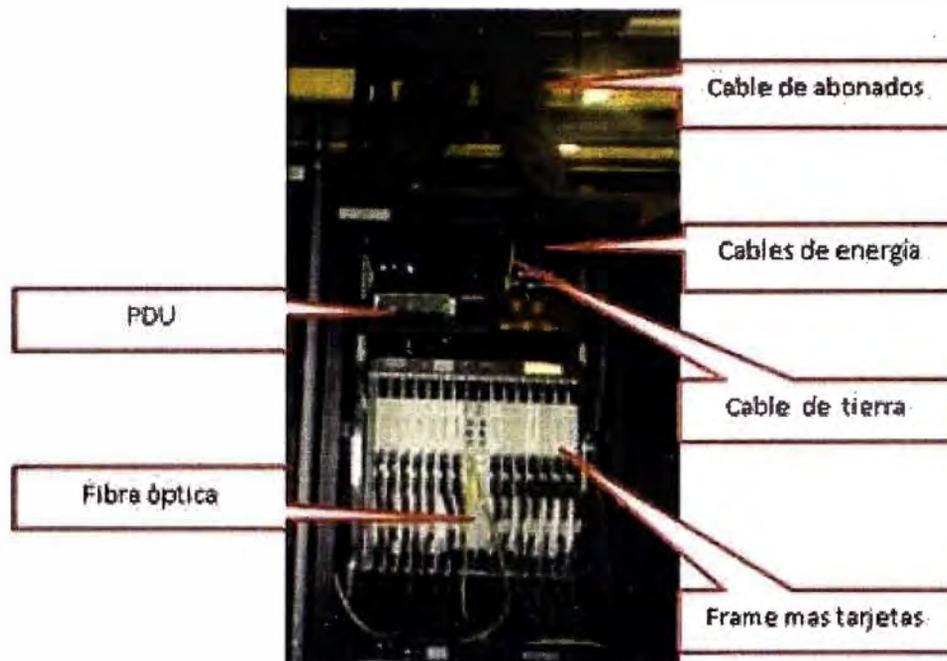


Figura 3.38 Gabinete DSLAM Ethernet

b. Aspecto lógico de la instalación

b.1 Determinación datos de gestión

En esta etapa se procede a determinar los datos que se configuran en el DSLAM y que facilitan la gestión y el servicio a los clientes. Estos datos son muy importantes y se consideran dentro del diseño a fin de evitar errores durante la instalación:

Tabla 3.15 Principales datos requeridos para la configuración

DSLAM	Frame	IP Gestión	SVLAN	Inner-label	DSLAM - RED METRO		RED METRO - CORE		CORE IP	
					SW	Port	SW	Port	Agregador	Port (GE)
Huanuco-7	Frame-1	192.168.240.21	1141	11 - 906	NE40E Huanuco	1/0/3	NE80E La Oroya	10/0/3	ERX C°OROYA	5/0
	Frame-2	192.168.240.22	1142	11 - 906						
	Frame-3	192.168.240.23	1143	11 - 906						

- DSLAM: Teniendo en cuenta que ya existen 6 DSLAMS basados en tecnología ATM, éste se nombra como Huanuco-7, pero de tecnología Ethernet.
- Frame: Se coloca el número de frames a instalar. En este caso son 3.
- IP Gestión: Aquí se colocan las ips que se usan para la gestión de los frames. Haciendo ping a estas direcciones se puede acceder remotamente y realizar las configuraciones necesarias.
- SVLAN (o vlan residencial): Es la segunda vlan que apila a la primera vlan asociada a cada cliente. Es la que indica cómo va a ser el "trato" al cliente (son usuarios residenciales al que se les va a permitir tener acceso a Internet)
- Inner label: Es la primera vlan asociada a cada cliente. Como máximo existen 896 clientes en cada frame por lo que hay 896 vlans distintas, la cuales van del 11-906.

- SW/Port (DSLAM - RED METRO): Indica el nombre del router de acceso que sirve como entrada a la red Metro Ethernet así como su puerto que se conecta al DSLAM. En la central de Huánuco se encuentra instalado un equipo NE40E Huanuco.
- SW/Port (RED METRO - CORE): Indica el nombre y puerto del router de borde que servirá como salida de la red Metro Ethernet hacia el CORE. En este caso el equipo es el NE80E de la Oroya y se encuentra en esta ciudad
- Agregador/Port (CORE – IP): Indica el nombre de agregador y su puerto que permite la asignación de ip y ruteo de capa 3. Teniendo en cuenta la ubicación geográfica, el agregador más cercano es el de C° la Oroya.

Los datos del cuadro anterior son usados por todas las redes por las que pasa la información del usuario (Acceso, Metro Ethernet, Agregación, Servicios)

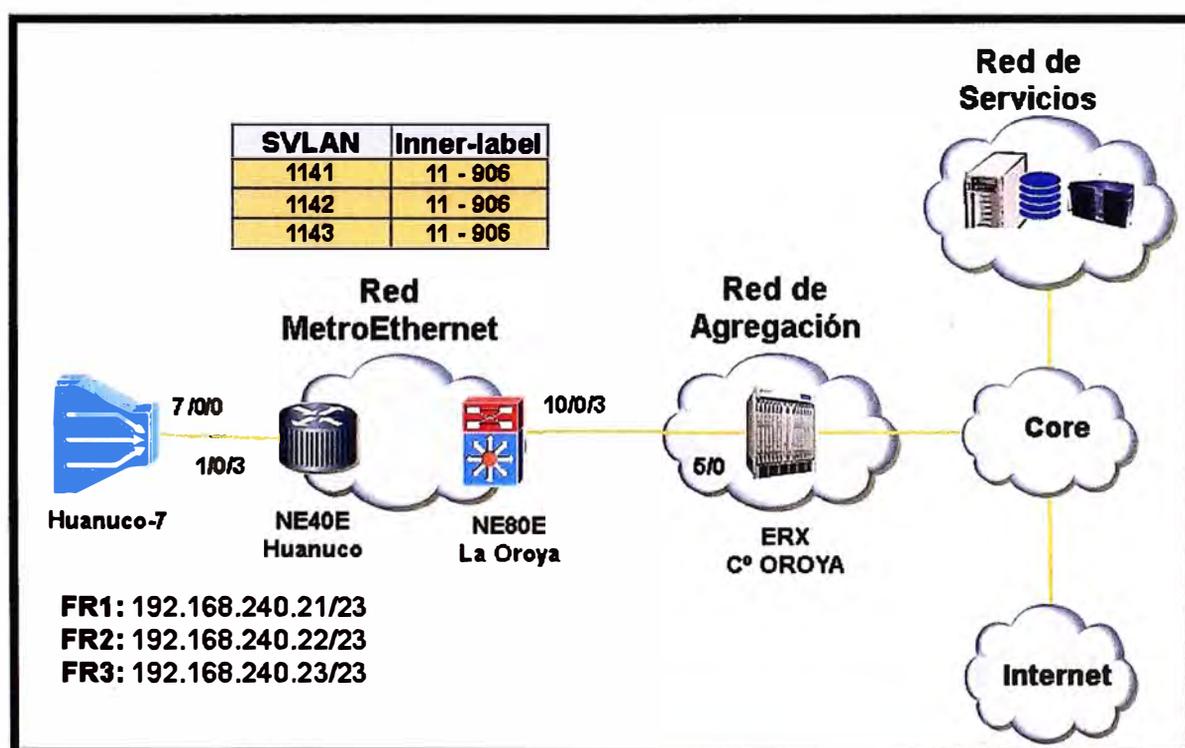


Figura 3.39 Topología completa con los datos de gestión

b.2 Configuración lógica

La configuración de los 03 frames es similar al del primero, la cual se divide en cuatro secciones:

- Gestión remota
- Configuración del SNMP
- Configuración de los servicios
- Integración en el gestor N2000

Al DSLAM se ingresa colocando el usuario y clave inicialmente. Posteriormente se ingresa al modo de configuración:

User Name: root

User password: admin

MA5600>

MA5600>enable

MA5600#config

MA5600(config)#

Una vez aquí, se empieza a ingresar los comandos:

- Gestión remota: Aquí se configuran los datos a través de los cuales se podrá acceder remotamente y en cualquier momento al DSLAM. Para identificar a un DSLAM se le asigna un nombre:

MA5600(config)#sysname MA5600_HUANUCO07_F1

Se crea una vlan standard para gestionar el equipo:

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#vlan 2000 standard

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#port vlan 2000 0/7 0-1

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#interface vlanif 2000

MA5600_HUANUCO07_F1(config-if-vlanif2000)#ip address 192.168.240.21
255.255.254.0

MA5600_HUANUCO07_F1(config-if-vlanif2000)#quit

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#

- Configuración del SNMP: Este protocolo se usa para monitorear y gestionar dispositivos con un esquema simple y efectivo. Para que esto suceda con el DSLAM, se configuran los siguientes comandos:

Se establecen las comunidades de escritura y lectura que se usan para supervisar y cambiar variables del DSLAM:

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent community read MA5600TDPRO

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent community write MA5600TDPRW

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent sys-info version v1 v2c

Se ingresa el destino para los traps así como su password:

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent target-host trap-hostname 10.168.2.11
address 10.168.2.11 udp-port 162 trap-paramsname 10.168.2.11.

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent target-host trap-hostname 10.168.2.12
address 10.168.2.12 udp-port 162 trap-paramsname 10.168.2.12

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent target-host trap-hostname 10.168.2.13
address 10.168.2.13 udp-port 162 trap-paramsname 10.168.2.13

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent target-host trap-paramsname
10.168.2.11 v1 securityname TDP

MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent target-host trap-paramsname

10.168.2.12 v1 securityname TDP

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent target-host trap-paramsname
```

10.168.2.13 v1 securityname TDP

Se habilita el envío de traps, que son notificaciones que se envía al gestor sobre alguna alarma:

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent trap enable standard
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#snmp-agent trap source vlanif 2000
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#ip route-static 10.168.2.0 255.255.255.0
192.168.240.1
```

- Configuración de los servicios:

Se configura las vlans externas que contienen a las vlans individuales de los abonados:

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#vlan 1141 to 1143 smart
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#vlan 151 to 153 smart
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#vlan attrib 1141 stacking
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#vlan attrib 151 stacking
```

Se asocia las vlans a los puertos de la tarjeta SCUB (para que permita el paso de estas vlans a través de estos puertos de uplink y downlink):

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#port vlan 1141 to 1143 0/7 0
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#port vlan 1142 to 1143 0/7 1
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#port vlan 151 to 153 0/7 0
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#port vlan 152 to 153 0/7 1
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#board confirm 0
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#traffic table index 7 ip car 8192 priority 6 priority-policy
tag-ln-Package.
```

Se configura todos los puertos de servicio (uno por cada PVC) con su vlan residencial, una tabla de tráfico y un VPI/VCI determinado, (solo se colocan los comandos para los puertos de la primera tarjeta y de la última tarjeta):

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#multi-service-port vlan 1141 port 0/0 0-63 vpi 8 vci 60
rx-cttr 7 tx-cttr 7
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#multi-service-port vlan 1141 port 0/15 0-63 vpi 8 vci
60 rx-cttr 7 tx-cttr 7'
```

Se configura todos los puertos de servicio con su inner vlan y un VPI/VCI determinado (solo se colocan los comandos para el primer puerto de la primera tarjeta y ultimo puerto de la última tarjeta). Permite asociar un PVC a una vlan de usuario inner label:

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#stacking label 0/0/0 vpi 8 vci 60 11
```

```
MA5600_HUANUCO07_F1(config)#stacking label 0/15/63 vpi 8 vci 60 906
```

Las configuraciones del segundo y tercer frame son similares en cuanto a la gestión, sin embargo varían en el tema de los servicios ya que en el segundo frame solo habrá diez tarjetas de servicio y en el tercer frame no habrá ninguna (salvo las de control).

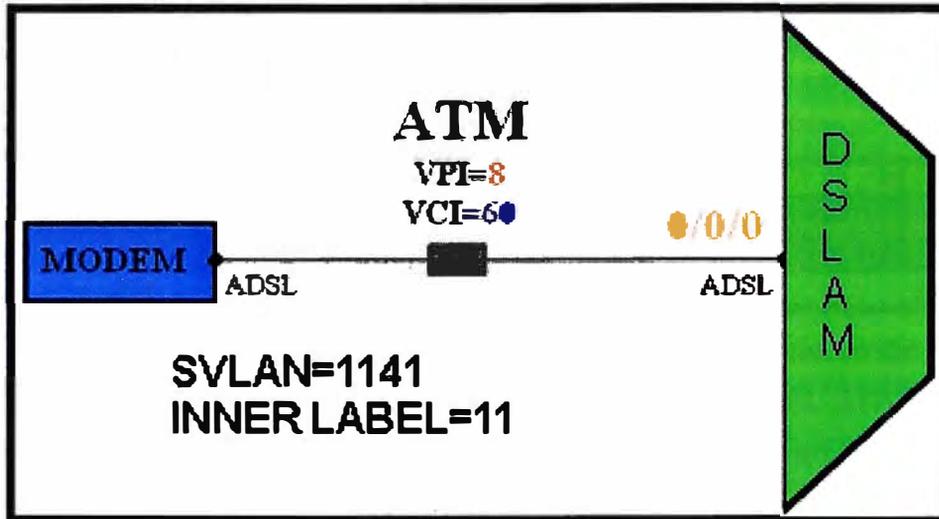


Figura 3.40 Parámetros entre DSLAM y modem para la configuración

- Integración en el gestor N2000: Después de haber ingresado los comandos necesarios en el DSLAM, se realiza su mapeo en el gestor. Se crea un ícono y se le asocia al DSLAM para que se pueda gestionar, obtener información y realizar cambios de forma gráfica amigable.

3.4.4 Respecto a la migración

La migración ATM-ETH es un cambio tecnológico en los usuarios a los que se les brinda el servicio de Internet. Éstos, cambian de la red ATM a Ethernet lo cual les permite soportar velocidades más altas sin riesgo de saturación de su uplink. Este trabajo implica modificaciones en el servicio de los usuarios, por lo que se realiza de madrugada con micro cortes de voz y datos 3 a 4 minutos por el cambio de tecnología. Se puede dividir en los siguientes pasos:

-Pre-Implementación:

- Cableados
- Configuración lógica

-Implementación:

- Pruebas de navegación
- Bloqueo y desbloqueo de pares

-Post-Implementación:

- Pruebas de navegación
- Retiro de cables antiguos

En el presente informe se comenta sobre la Pre-Implementación, ya que permite entender el concepto de migración así como los futuros pasos del trabajo.

a. Cableados

En esta etapa, el técnico verifica los datos de los usuarios que se van a migrar a través de las pruebas de timbrado (son llamadas que se hacen desde el block de planta externa para verificar que la línea telefónica hacia el usuario no este dañada). Estos datos sirven para identificar el origen y destino y son:

Tabla 3.16 Datos necesarios para la migración

ORIGEN						DESTINO
DSLAM ATM HUANUCO 2		Pta Externa		Conmutacion		DSLAM ETH HUANUCO 7
Telefono	Par ADSL	Cable	Par	Cabecera	Ubicacion	Par ADSL
512160	609	12	729	HUANUCO 2	11266	331

Para la migración se tiene que realizar un cableado en paralelo desde el block de planta externa al block de conmutación (pasando por el block ADSL ETH), de tal forma que cuando se migre el servicio del DSLAM ATM al ETH se haga en el menor tiempo y con mucha eficiencia. Estos cableados son:

- En el block de Conmutación: Se desconecta el puente de voz existente para luego conectar un nuevo puente al block ADSL. Finalmente, se conecta encima el puente de voz antiguo que se desconectó.
- En el block ADSL: Se tiende un puente hacia el block de conmutación y se corre otro puente al block de planta externa. Finalmente se deja bloqueado el block ETH, para que la comunicación siga su recorrido inicial sin interferencias.
- En el block de Planta Externa: Se desconecta el puente de voz existente para luego conectar un nuevo puente al block ADSL. Finalmente, se conecta encima el puente de voz existente que se desconectó.

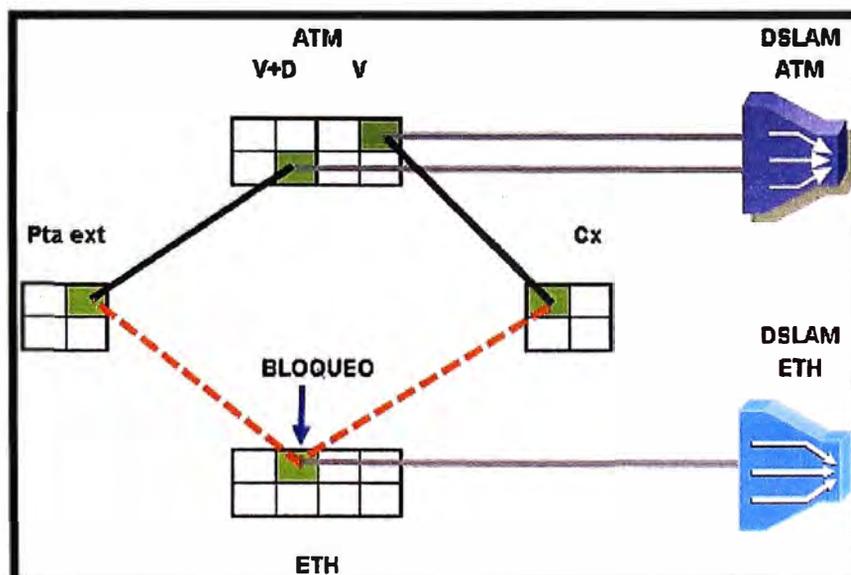


Figura 3.41 Tendido de puentes en paralelo

a. Configuración lógica

Consiste básicamente en copiar la información del DSLAM ATM al DSLAM ETH, de cada puerto a migrar. Del DSLAM ATM se debe extraer el perfil (velocidad), etiqueta (teléfono) y el VPI/VCI. A continuación se indican los comandos principales:

Se habilita el ppoa y el encapsulamiento automático

```
MA5600_HUANUCO07_F2(config)#ppoa enable
```

```
MA5600_HUANUCO07_F2(config)# ipoa default gateway 192.168.240.1
```

```
MA5600_HUANUCO07_F2 (config)#encapsulation 0/1
```

```
:start-portId=Puerto de Inicio
```

```
:end-portId =Puerto Final
```

```
type Auto
```

Se eliminan los VPI/VCI configurados en la etapa de instalación

```
MA5600_HUANUCO07_F2(config)#undo service-port board 0/2
```

Se asocian las vlans a los nuevos VPI/VCI (datos de los usuarios, extraídos del DSLAM ATM)

```
MA5600_HUANUCO07_F2(config)#service-port vlan 1142 adsl 0/12/0 vpi 8 vci 48 rx-cttr 7 tx-cttr 7
```

```
MA5600_HUANUCO07_F2(config)#stacking label 0/12/0 vpi 8 vci 48 203
```

Se usan los comandos TL1 para desactivar el puerto, copiar y pegar los perfiles y etiquetas de los usuarios (data extraída del DSLAM ATM) y activar los puertos para el correcto funcionamiento

```
DACT-ADSLPORT::DEV=MA5600_HUANUCO07_F2, FN=0, SN=3, PN=41:100::;
```

```
MOD-
```

```
ADSLPORT::DEV=MA5600_HUANUCO07_F2, FN=0, SN=3, PN=41:100::: LPROFID=ADAP 6_2000_256, ALIAS=H062512160N10;
```

```
ACT-ADSLPORT::DEV=MA5600_HUANUCO07_F2, FN=0, SN=3, PN=41:100::;
```

Una vez realizado la Pre-Implementación, el resto consistió en un trabajo rápido ya que el servicio no puede verse afectado por mucho tiempo. Respecto a la parte física, durante la ventana solo se realiza un desbloqueo en el block ADSL de los DSLAMS ETH y un bloqueo en los blocks de los DSLAMS ATM. Respecto a la parte lógica, se hacen pruebas de navegación antes y después de los cortes para verificar la sincronización y navegación de los puertos. Una vez concluido todo esto y habiendo esperado un tiempo de estabilización (12 horas) para solucionar posibles averías, se realiza el retiro de los antiguos cables de conexión a los blocks de los DSLAMS ATM.

CAPITULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran algunos resultados y se aborda el tema de tiempos y costos.

4.1 Resultados

4.1.1 Atenuación y velocidad máxima

Después de realizar pruebas en los pares 1,11 y 21 del MDF, se verifica lo siguiente:

- La correcta correspondencia entre los pares del MDF y puertos del DSLAM (se activan los puertos 0, 10 y 20; ya que la numeración en el MDF inicia desde 1 y en la tarjeta desde 0) lo que indica que no hay inversión de pares.
- Los valores de atenuación tienen que ser mínimos porque el técnico realiza la operación a escasos metros del MDF.
- Los valores de las velocidades son correctos porque coinciden al rango teórico.
- Como los valores son correctos, se infiere que la conexión física de los pares es correcta (tendido, ponchado)

```

MAS600_HUANUCOO7_F1 (config-if-ads1-0/0) #display line operationall
{ <cr>[<K> } :

Command:
  display line operationall
It will take several minutes, and console may be timeout, please use command idle-timeout to
set time limit
Are you sure to continue? (y/n)[n]:y
-----
Xdsl UpNoise DwNoise Up Stream Dw Stream MaxUp MaxDw UpOut DwOut Up   Dw
Port Margin  Margin  attenuate  attenuate  Rates  Rates  Power Power Rates Rates
-----
  0  8.3    7.8    2.2    0.0    1115  27463  12.3  14.8  1021  23308
 10  8.6    8.1    2.6    0.0    1126  27307  12.3  14.9  1021  23308
 20  8.7    9.7    2.9    0.0    1130  27839  12.3  14.8  1021  23308
-----

```

Figura 4.1 Resultado de las pruebas en los pares 1, 11 y 21

4.1.2 Navegación

Con los gráficos inferiores se verifica lo siguiente:

- Después de la instalación del DSLAM y la migración ATM-ETH, los usuarios navegan de forma normal (leds verdes en el grafico inferior)
- La correcta configuración del DSLAM, ya que los clientes tienen acceso a Internet y se puede obtener información de este equipo a través de su gestor.
- El correcto enrutamiento de la información (a través de la red de Acceso, Metro Ethernet, Agregación, Servicios)

Status	Name	Alias	Line Profile	Name Profile	Extended Profile	Port Type
Red	Porta DSL x DPort0	HX02018427L10_cdd	ADWPS_1000_200	DEFWL	EXT_2_1	ADSL2+
Red	Porta DSL x DPort1	HX02018427V15_IL_cdd	HEAS0030R4000_01203D	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort2	HX02018333L10	HJAMEL_1000_250_10_0	DEFWL	EXT_2_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort3	HX02015774F10M	ADWPS_6000_600	DEFWL	EXT_2_1	ADSL2+
Red	Porta DSL x DPort4	HX02015134F10M2_Esp	HJAMEL_1000_600_10_0	DEFWL	EXT_2_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort5	HX02011000F10M2	HJAMEL_1000_600_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort6	HX02012780F10M	HEAS0030R4000_01M05	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort7	HX02018320L10	ADWPS_1000_250	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort8	HX02017407F10M2_M	HJAMEL_1000_600_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort9	HX02018849F10_IL	HJAMEL_1000_012_10_0	DEFWL	EXT_2_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort10	HX02015542R10U	HEAS0030R4000_01X03D	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort11	HX02016320R10	HEAS0030R4000_01X03D	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort12	HX02014832R10U	HEAS0030R4000_01X03D	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort13	HX02014837F10M	HJAMEL_1000_600_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort14	HX02018254F10M	HJAMEL_1000_600_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort15	HX02018438F10M	HJAMEL_1000_600_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort16	HX02018775R10M	HJAMEL_1000_512_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort17	HX02018353F10M	HEAS0030R4000_01M05	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort18	HX02015972R10U	HEAS0030R4000_01X03D	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort19	HX02017942R10U	HEAS0030R4000_01X03D	DEFWL		ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort20	HX02018751U10M	HJAMEL_1000_1000_10_0	DEFWL	EXT_1_1	ADSL2+
Green	Porta DSL x DPort21	HX02018427L10_cdd	HEAS0030R4000_02000	DEFWL		ADSL2+

Figura 4.2 Sincronización de usuarios migrados, visto desde el gestor N2000

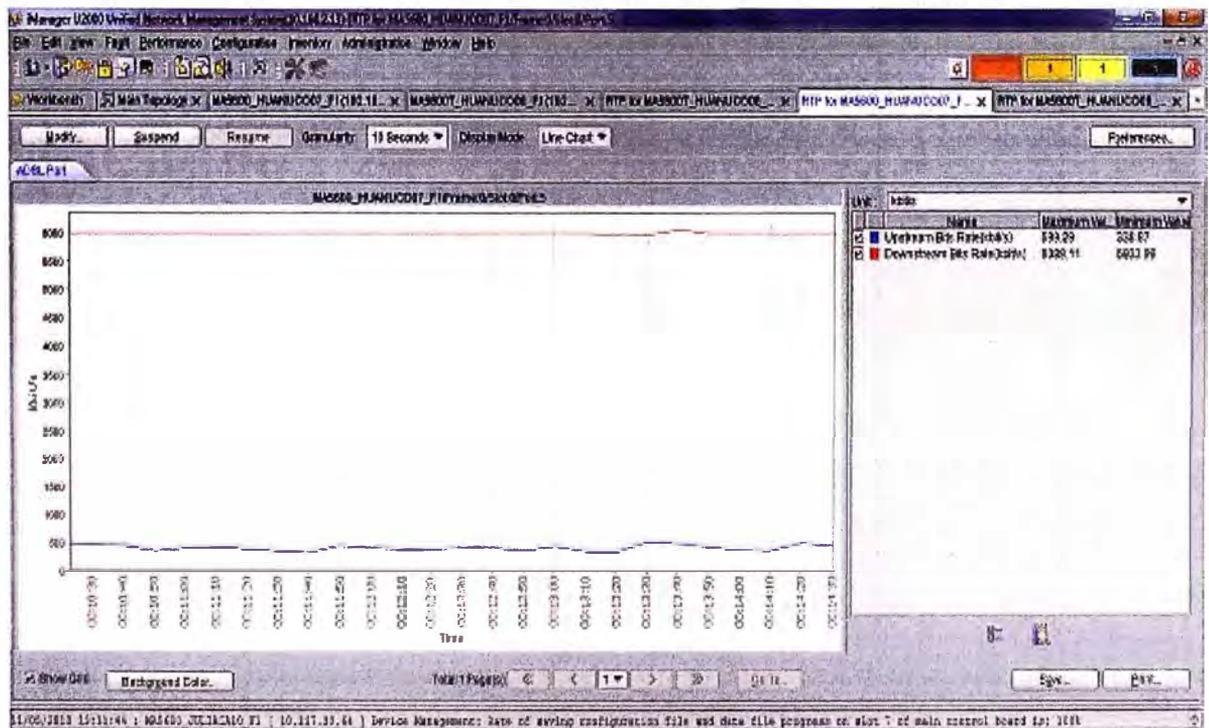


Figura 4.3 Velocidad de un cliente, visto desde el gestor N2000

4.2 Tiempos de ejecución y costos

4.2.1 Tiempos de ejecución

Para la instalación de un equipo DSLAM y la migración, se requiere tener en cuenta muchos factores tales como recursos, cableados, aspectos lógicos. También se tiene que determinar un correcto orden y definir claramente el conjunto de acciones a realizar, a fin de evitar la afectación de otros equipos y servicios de la central. Para la instalación del DSLAM se estima un periodo de 7 días laborables, mientras que para la migración 8 días laborables. En la Figura 4.4 se muestra el cronograma de actividades.

4.2.2 Costos

a. Respecto a la instalación

Para la implementación del equipo DSLAM se presentaron dos proveedores, los cuales fueron Huawei y Alcatel. La selección del proveedor tuvo en cuenta distintos puntos:

- Ofertas: Cada proveedor envió sus ofertas en donde se incluían sus precios de línea, tanto de suministro como de servicio, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 4.1 Costos por proveedor

NO.	Item - Equipment Supply	Total Ports	Huawei		ALU	
			Unit Price (USD DDP Lima,Peru)	Total Price (USD DDP Lima,Peru)	Unit Price (USD DDP Lima,Peru)	Total Price (USD DDP Lima,Peru)
1	Suministro líneas ADSL Indoor					
1.2	Indoor DSLAM, Nuevo Gabinete puertos ADSL, uplink 1GE	1536	20.00	30,720.00	30.00	46,080.00
2	Servicios de Instalación					
	Instalación, Comisionamiento, Integración, Pruebas, Transporte y Puesta en servicio en Provincia, por puerto ADSL	1536	10.00	15,360.00	15.00	23,040.00
	TOTAL			46,080.00		69,120.00

Teniendo en cuenta esto, se ve que hay una diferencia sustancial en los precios, lo que influyó principalmente en la selección del proveedor final.

- Modularidad: Por cada gabinete del DSLAM Huawei se dispone de 2688 líneas, mientras que por cada gabinete del DSLAM Alcatel se dispone de 768 líneas. Esta también fue otra de las razones que pesó en la selección.

Tabla 4.2 Detalle de la oferta de instalación

No.	Model	Description	Total Quantity
1	MA5600 Broadband Access System(V300R003)		
1.1	Main Equipment		
1.1.1	Cabinet		
	H80B05F02F01	2.2m Front-access ETSI Assembly Integration Cabinet(-48V/-60V,C3PDB,Default Containing 1 Service Subrack,Maximum Supporting 2 Service Subracks)	1
1.1.2	Board		
	Main Control Board		
	H80-SCUB	Super Control Unit Board	6
	Service Board		
	H56D00ADEF01	64-port ADSL2+ over POTS Service Board	24
	Interface Board & Pinch Board		
	GIU Interface Board		
	H80-GICD0	4-port GE Optical Interface Card	6
1.1.3	SFP		
	GE Optical Transceiver Module		
	eSFP-1310nm-1000Base-Lx SM	Optical transceiver,eSFP,1310nm,1.25Gb/s,-9~-3dBm,-20dBm,LC,Single Mode,10km	6
1.2	Power Equipment		
	H80-PRTE	Connect Power Board	1
1.3	Installation Material(Extra charge shall be paid for exceeded length of cables based on actual site information)		
1.3.1	External Cable Suite,MA5600,External Cable Suite		
	CSAD32040	Subscriber Cable,32 Channel ADSL,40m,0.4mm,64 Cores,D64AM-II,CC32P0.4P430U-I	48
	CSAD32011	Subscriber Cable,32-Channel ADSL,0.4mm,64 Cores,per meter	0
1.3.2	External Cable Suite,MA5600,External Power Cable		
	C1025BL00	Wire,450/750V,60227 IEC 02(RV)25mm ² ,blue,110A,With a package exempted from fumigating(per meter)	60

	C1025BK00	Wire,450/750V,60227 IEC 02(RV)25mm ² ,black,110A,With a package exempted from fumigating(per meter)	60
	C1025YG00	Wire,450/750V,60227 IEC 02(RV)25mm ² ,yellow green,110A,With a package exempted from fumigating(per meter)	30
1.3.3	MA5600,External Fiber Cable Suite		
	F000FSL00	Optical Patch Cord(PCS)	1
1.4	Software Charge Item muster		
	H80S00MCBB00	MA5600 Broadband Main Control Board Backup Function Software	1
	H80S10SCUB03	SCUB V800R010 System Software Package	1

b. Respecto a la migración

El proveedor elegido también realizó la migración. Para el tema de los costos, se considera la parte física y lógica, siendo estos los siguientes:

Tabla 4.3 Detalle de la oferta de la migración

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	CANT.	P.U. INST.	P. TOTAL INST.
SUMINISTRO E INSTALACIÓN			
ENTORCHADO Y PRUEBAS DE UN PAR	500,00	0,10	50,00
PRECIO HORA JORNADA NOCTURNA DE UN TECNICO	296,00	15,00	4.440,00
Los trabajos se realizarán de noche para no interrumpir al personal del MDF :			
Ponchado de 500 pares en MDF - ADSL -> CX (2 personas x 8 horas)			
Ponchado de 500 pares en MDF - ADSL -> P.E. (2 personas x 8 horas)			
Corrida de Puentes en MDF (ADSL - P.E. - Cx.)(2 x 8 horas-hombre)			
Verificación de lista de usuarios (2 personas x 4 horas)			
Desmontaje de jumper (2 personas x 8 horas).			
PRECIO HORA JORNADA NOCTURNA DE UN TECNICO	16,00	15,00	240,00
Prueba de pares y migración de 500 abonados (2 personas x 8 horas)			
Resolución de averías (2 personas x 8 horas)			
SUB - TOTAL			4.730,00
TRANSPORTE Y DESPLAZAMIENTO DEL PERSONAL			

DESPLAZAMIENTOS DE TECNICOS Y HERRAMIENTAS PARA INICIO DE OBRA Desplazamiento por instalación: Se considera 2 personas. Desplazamiento por desmontaje: Se considera 2 personas. Desplazamiento por corte nocturno: Se considera 2 personas.	10,00	40,00	400,00
SUB - TOTAL			400,00
<u>CONFIGURACIÓN LÓGICA</u> TECNICO EN CENTRO DE GESTION PARA LOS TRABAJOS EN DSLAMS	500,00	5,00	2.500,00
SUB - TOTAL			2.500,00
			7.630,00

CONCLUSIONES

1. La ciudad de Huánuco, como capital de provincia y departamento, debe contar con conexiones a Internet de alta capacidad que permitan reducir la brecha digital y aumentar el progreso de los pobladores.
2. Teniendo en cuenta ciertos aspectos de la sociedad de Huánuco, se indicó una demanda potencial que requiere el servicio de Internet así como sus velocidades promedio correspondientes.
3. Se verificó que con la red ADSL inicial, basada en tecnología ATM, no se podía satisfacer la demanda a las velocidades indicadas; producto de la saturación de los enlaces de los equipos de acceso.
4. Se diseñó una solución basada en la instalación de un DSLAM Ethernet y una posterior migración ATM-ETH (cambio de tecnología), para lo cual se aprovecharon la planta externa y la red Metro Ethernet ya desplegados.
5. La instalación del equipo de acceso permite brindar el servicio de Internet a una gran cantidad de abonados y utilizar altas velocidades; todo esto gracias a la tecnología ADSL 2+ y a su uplink Gigaethernet de capacidad.
6. La migración permitió migrar usuarios de alta capacidad de los DSLAMS ATM a ETH, liberando ancho de banda en los enlaces de estos equipos y así evitar la saturación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que a futuro, los clientes con velocidades superiores a los 2 Mbps sean asignados a los puertos del DSLAM ETH; mientras que los usuarios con velocidades inferiores sean asignados a los puertos de los DSLAMS ATM.
2. Se recomienda que el personal del MDF permita realizar trabajos de cableado de migración durante el día, acelerando así el proceso y disminuyendo los gastos por horas-hombre.
3. Se sugiere que se analice continuamente la cantidad de puertos vendidos, a fin de ampliar líneas ADSL si es que se produjera una escasez de puertos antes de la fecha establecida.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line. Tecnología de transmisión digital que usa el bucle de abonados para transmitir datos.
BGP	Border Gateway Protocol. Protocolo de enrutamiento WAN utilizado en redes MPLS.
BW	Bandwidth. Cantidad de información que se puede enviar a través de un medio en un período de tiempo determinado.
Cable UTP	Cable de par trenzado no apantallado. Es el más simple y con una impedancia característica de 100 Ohmios. El conector más frecuente con el UTP es el RJ45.
Dial-up	Conexión a Internet por medio de acceso telefónico a través de un módem (56kbps como máximo en la conexión).
DMT	Es la solución elegida en el estándar ADSL para la modulación.
DNS	Domain Name System. Servidor que traduce nombres de dominio en direcciones IP.
Fibra óptica	Medio de transmisión que usa fibra de vidrio como conductor de frecuencias de luz visible o infrarroja. Tiene las ventajas de que la señal no se debilita con la distancia y que no le afectan las posibles interferencias electromagnéticas.
Internet 1:1	Indica que se puede subir y descargar información a la misma velocidad y ésta equivale al 100%. Es exclusiva a un usuario, ya que no se comparte.
ISP	Internet Service Provider. Un ISP es una empresa que proporciona conectividad a Internet para particulares y otras empresas u organizaciones.
Overbooking	Técnica habitual que usan los ISPs para que los precios de acceso a Internet sean asequibles para los usuarios residenciales. Indica entre cuantos clientes se dividirá el ancho de banda dedicado/efectivo.
POTS	Plain Old Telephone Service. Forma americana de llamar al servicio telefónico.
RJ-11.	Conector standard de 4 alambres para líneas telefónicas.
RJ-45.	Conector standard de 8 alambres usados en LANs.
WAN	Wide Area Network. Tipo de red cuya característica principal es que no tiene límites en cuanto a su amplitud.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Municipalidad Provincial de Huánuco, “Huánuco Destino Turístico Cultura y aventura”, disponible en URL
<http://www.munihuanuco.gob.pe/attractivosdelosdistritosdehuanuco.pdf>
- [2] INEI, “Población Estimada y Proyectada por Distrito, 2010-2015”, disponible en URL
<http://www.inei.gob.pe/>
- [3] MINEDU, “Magnitudes de Educación en el Perú”, disponible en URL
<http://escale.minedu.gob.pe/>
- [4] Huawei, “Training Operation DSLAM Huawei MA5600”, Huawei Technologies Co., 2010
- [5] Telefónica del Perú, “Manual DSLAM Alcatel “, Telefónica del Perú, 2007
- [6] Telefónica del Perú, “Tecnología y Aplicación de la Tecnología OBA001006 xDSL “, Telefónica del Perú, 2007
- [7] Huawei, “SmartAX MA5600/MA5603 Multi-service Access Module Hardware Description”, Huawei Technologies Co., 2007
- [8] Huawei, “SmartAX MA5600/MA5603 Multi-service Access Module Hardware Description”, Huawei Technologies Co., 2007
- [9] Huawei, “Network Management System”, disponible en URL
http://market.huawei.com/hwgg/access/en/products/network_management_system.html
- [10] Zonagratis.com, “Tutorial de Tecnología ADSL”, disponible en URL
<http://www.zonagratis.com/a-cursos/internet/TecnologiaADSL.htm>