

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**AMPLIACIÓN DE CAPACIDAD DE ANILLOS METRO ETHERNET A
10GE**

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

**PRESENTADO POR:
LUZ AMELIA ZEGARRA LÉVANO**

**PROMOCIÓN
2008-I**

**LIMA-PERÚ
2012**

AMPLIACIÓN DE CAPACIDAD DE ANILLOS METRO ETHERNET A 10GE

Agradezco a Dios, a mis queridos padres
Julio y Luz por su apoyo y a mi hermano
David por ser el ejemplo que seguí.

SUMARIO

En el presente informe se describe el proyecto de ampliación de capacidad de los anillos Metro Ethernet de una empresa de telecomunicaciones, la cual debido a la creciente demanda de velocidades de transmisión para atender los servicios de Internet, video, voz, así como el lanzamiento del nuevo servicio de video en demanda (VoD) debe incrementar la capacidad de sus anillos de fibra óptica de 1GE a 10GE.

Para realizar el incremento de capacidad, la empresa debió adquirir una nueva plataforma de equipos con interfaces ópticas de 10GE, además de realizar el análisis del costo, consumo de energía, espacio y climatización de estos equipos, así como la inversión en la adecuación de las salas técnicas donde serían instalados.

A lo largo del informe analizaremos las diferentes fases del proyecto de ampliación de capacidad, desde la identificación del problema, la planificación de la solución, elección de los equipos, la posterior instalación y puesta en operación de los equipos adquiridos y el plan de migración de los servicios con el menor impacto para los clientes.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	2
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Situación inicial.....	5
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Fibra óptica:.....	7
2.2 Red HFC.....	7
2.2.2 Cablemodems (modem de cable)	9
2.3 Servicio 3Play – Triple Play	10
2.3.1 Hub 3Play	11
2.3.2 Descripción de los servicios.....	12
2.3.3 Convergencia de los servicios.....	13
2.3.4 Calidad de servicio (QoS)	14
2.4 Video en demanda (VOD – video on demand).....	14
2.5 Multicast	14
2.6 Red Metro Ethernet.....	16
2.7 Modelo jerárquico de red	16
2.7.1 Capa de Acceso (access layer).....	16
2.7.2 Capa de Distribución (distribution layer):.....	16
2.7.3 Capa de núcleo (Core layer)	17
2.8 MPLS (Multiprotocol Label Switching).....	17
2.9 Red Carrier Ethernet.....	17
2.10 IP RAN (IP Radio Access Network)	18
2.11 Servicio RPV – Red Privada Virtual (L3VPN).....	18
CAPITULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	20
3.1 Análisis de la solución.....	20
3.2 Topología.....	20
3.3 Plataforma de equipos	21

3.4 Cantidad de equipos	26
3.5 Implementación del proyecto	27
3.6 Plan de migración	28
CAPITULO IV	
ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS	30
4.1 Costos	30
4.2 Costo de equipos	30
4.2.1 Costo total de equipos	34
4.2.2 Costo de adecuación de salas	34
4.2.3 Costo de habilitación de PEXT (Planta Externa)	34
4.2.4 Costo de instalación de equipos	34
4.2.5 Costo de materiales de instalación	35
4.3 Nueva red de anillos 10GE	35
4.4 Cronograma de desarrollo del proyecto	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
ANEXO A	
GLOSARIO DE TERMINOS	41
ANEXO B	
ROUTER ASR9000	43
BIBLIOGRAFÍA	50

INTRODUCCIÓN

En el presente informe será tratado el proyecto de ampliación de capacidad de anillos 1GE a 10GE de una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, que fue desarrollado en el año 2010 por la necesidad de altas velocidades de transmisión para servicios de video, así como para el servicio de Internet residencial el cual se ha incrementado en los últimos años.

El proyecto consistió en la adquisición de una nueva plataforma de equipos de última generación, la adecuación de las salas técnicas – POPs (point of presence), habilitación de planta externa y puesta en operación de los equipos para la atención de los servicios.

El informe está dividido en cuatro capítulos:

- Capítulo I: En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello se describe el problema y el objetivo del proyecto.
- Capítulo II: Este capítulo se enfoca en las tecnologías relacionadas a la red IP/MPLS, HFC y distintos términos que serán mencionados en el informe.
- Capítulo III: En este capítulo se explica el proceso realizado para la solución del problema, así como el equipamiento utilizado en el proyecto.
- Capítulo IV: Se refiere al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema. Primero se expondrá el objetivo del trabajo, también se precisarán los alcances del informe, para finalmente presentar la situación inicial del diseño presentado

1.1. Objetivo

Ampliar la capacidad de los anillos de datos de una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, y poder atender nuevos servicios que requieren altas velocidades de transmisión.

1.2. Descripción del problema

Falta de capacidad en los anillos Metro Ethernet para atender los requerimientos de la red HFC (hybrid fibre-coaxial) y su servicio 3Play el cual solicitaba mayor velocidad de transferencia de datos para Internet, canales SD (Standard Definition), HD (High Definition) y servicio VoD (Video on Demand).

Este problema se presentó debido a la expansión de hubs 3Play en la ciudad de Lima, donde se contaba con tres anillos Metro Ethernet de fibra óptica con capacidad de 1GE para atender las diferentes zonas geográficas de la ciudad.

En un principio no se contaba con anillos de fibra óptica y debido a los acuerdos de calidad de servicio con los clientes, los cuales incluían alta disponibilidad, se habilitaron 3 anillos de fibra para brindar redundancia en caso de avería por corte de un tramo de fibra.

Estos anillos son:

- Anillo Norte (que atiende a los distritos del cono norte de la ciudad, tales como Los Olivos, Independencia, San Martín de Porres, Cercado de Lima, etc.).
- Anillo Oeste (que atiende a distritos tales como: San Miguel, Magdalena, La Punta, Callao).
- Anillo Este (que atiende a los distritos de Surco, La Molina, San Borja, San Luis, etc.).

En el año 2008, estos anillos tenían una capacidad de 1GE, suficiente para atender los requerimientos de Internet, voz y datos de clientes corporativos. A finales de este año fue puesto en operación el servicio 3Play, con voz, Internet y video residencial a través de la red HFC, el cual sólo para el servicio de video tenía un consumo aproximado de 900 Mbps para lo cual se debió habilitar un segundo anillo sólo de video.

A finales del año 2009 se contaba con 14 hubs 3Play en operación, distribuidos en los diferentes anillos de la ciudad lo cual incremento considerablemente el uso de los anillos Metro Ethernet.

El anillo de datos presentaba un 75% de ocupación y con un considerable crecimiento mensual por el servicio de Internet residencial, lo cual por diseño de la red de esta empresa, a partir de este porcentaje se considera en ocupación crítica, caso diferente al anillo de video con un 92% de ocupación, que al tratarse de tráfico multicast y por manejar un número de canales definidos se mantenía invariable en toda la red sin picos que podrían representar saturación de este anillo. En la figura 1.1 se muestra la ocupación de los anillos de datos y video, donde se puede observar el anillo de datos norte en estado crítico de ocupación.

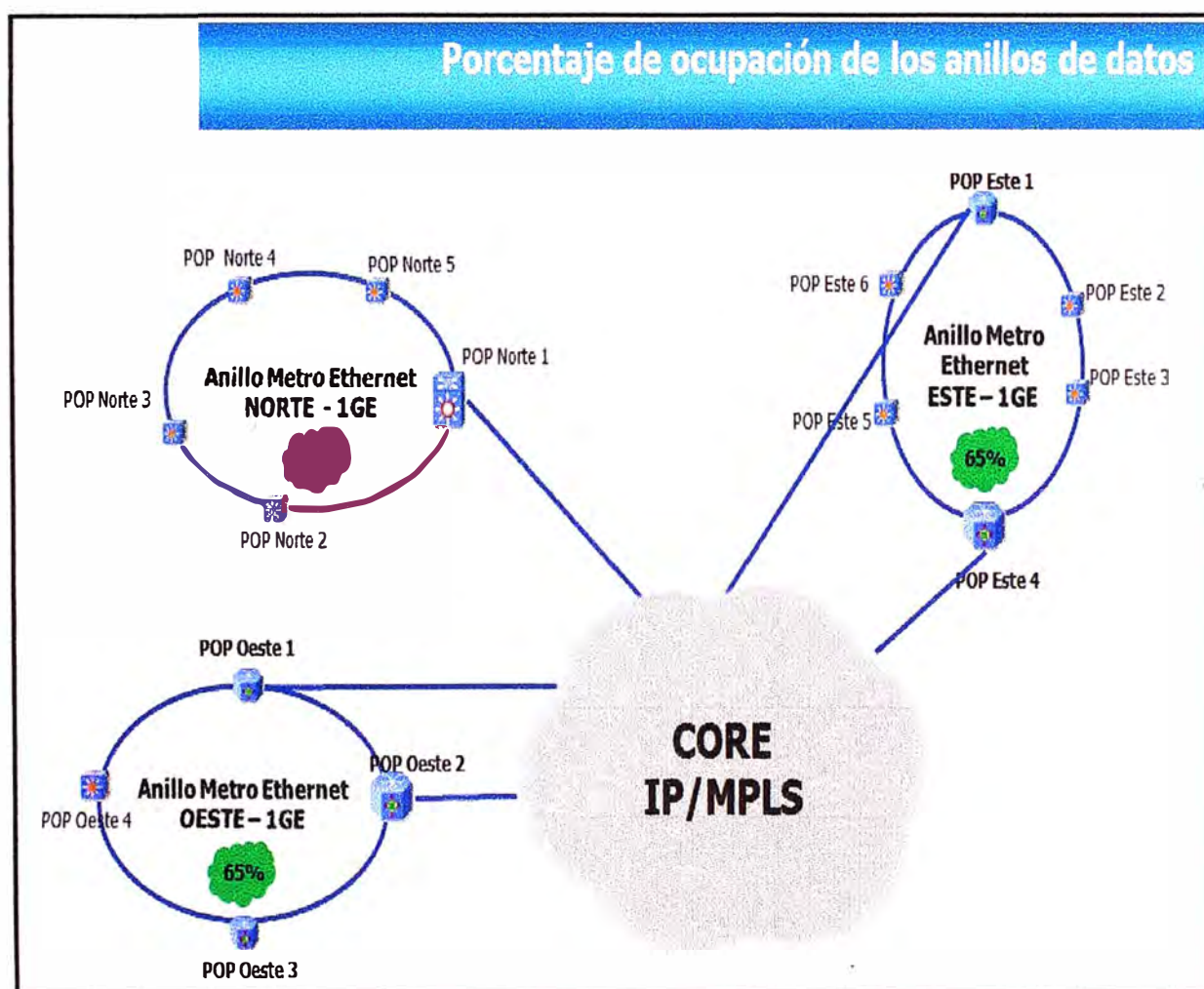


Fig. 1.1 Ocupación de anillos de datos Metro Ethernet (Fuente: elaboración propia)

En la figura 1.2 se muestran los anillos de video, los tres con ocupación, de 92% (920 Mbps) ya que manejan tráfico multicast todos los hubs 3Play reciben el mismo tráfico, si bien son estables no contaban con capacidad para el crecimiento de canales SD y HD requerido.

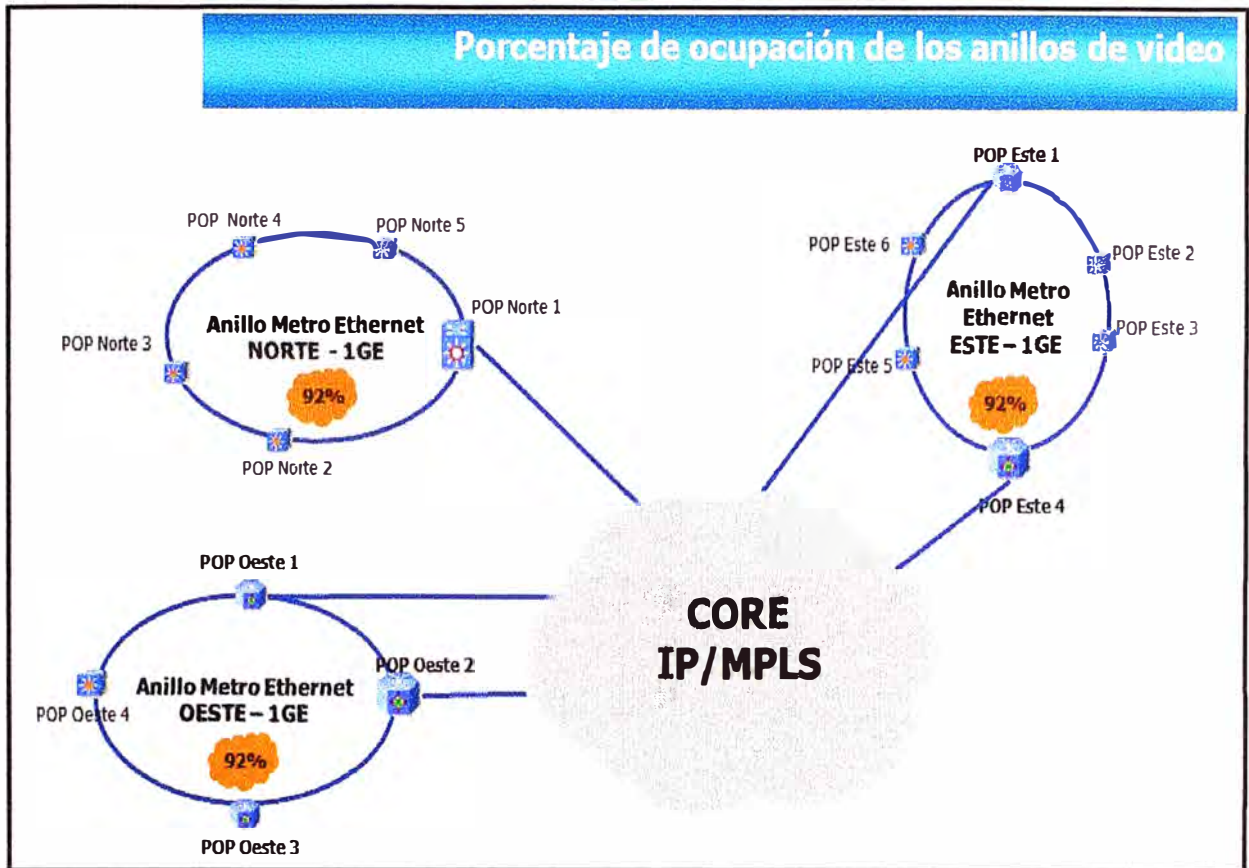


Fig. 1.2 Ocupación de anillos de video Metro Ethernet (Fuente: elaboración propia)

A inicios del año 2010, se recibió un nuevo requerimiento de la unidad de negocios HFC, quienes adquirirían nuevos canales SD y HD para la grilla de canales de video, equipos para el servicio de video en demanda VoD y equipos de datos para el servicio de Internet residencial.

Considerando que un canal SD consume en promedio 4Mbps, un canal HD 20Mbps, un equipo para el servicio VoD (Apex VoD) 600Mbps y un equipo para el servicio de Internet residencial (CMTS) aproximadamente 300Mbps (estimado a los 90 días de operación, figura 1.3), surge la necesidad de ampliar la capacidad de los anillos de 1GE a 10GE. En la tabla 1.1 se muestran los consumos de los servicios requeridos.

Tabla 1.1 Consumo estimado en Mbps para nuevos servicios HFC (Fuente: elaboración propia)

Descripción	Consumo (Mbps)	Cantidad solicitada	Consumo total (estimado)
Canal SD	4	20	80 Mbps
Canal HD	20	20	400 Mbps
Internet (equipo CMTS)	300	2	600 Mbps
VoD (Equipo APEX_VoD)	600	2	1200 Mbps
			2280 Mbps

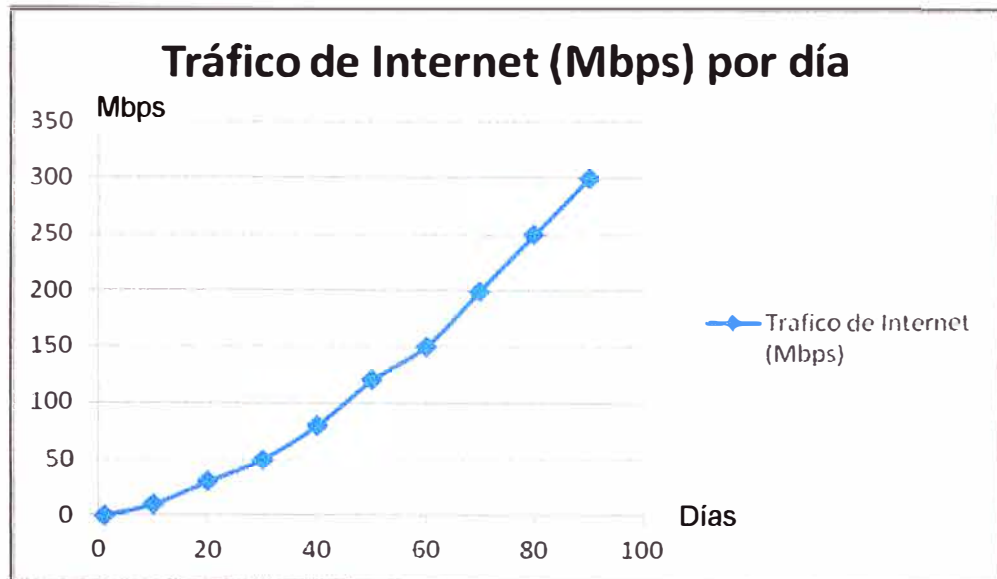


Fig. 1.3 Consumo de equipo CMTS (Internet) en Mbps por día (Fuente: elaboración propia)

Para la ampliación de capacidad de los anillos Metro Ethernet, se optó por adquirir una nueva plataforma de equipos routers con interfaces de 10GE, lo cual implicaba, adecuar las salas técnicas donde serían instalados los equipos, encontrándose problemas de espacio, energía y aire acondicionado. Además para tener el menor impacto posible en la red en producción, se trabajó en un anillo de fibra paralelo, para lo cual debió realizarse el tendido de fibra óptica en algunos tramos donde no se contaba con pares disponibles, esto incrementó el costo del proyecto, así como el tiempo de puesta en operación de los nuevos anillos debido a las demoras que esto involucró por los permisos municipales y trabajos de tendido y canalizado.

1.3. Situación inicial

Red formada por tres anillos Metro Ethernet, con equipos switches Catalyst 4506, utilizados para la atención de servicios 3Play y corporativos (alta densidad de puertos de cobre), presentaban las siguientes desventajas:

- Equipos sin slots disponibles para crecimiento.
- Tarjetas de baja densidad de puertos ópticos de 1GE (sólo 6Gbps por tarjeta)
- Para los requerimientos indicados en la tabla 1.1 resultaban insuficientes.

En la figura 1.4 se muestra la situación de los anillos Metro Ethernet a inicios del año 2010, con dos anillos de fibra óptica de 1GE (datos y video) formados por switches Metro de la plataforma Cisco Catalyst 4500 (baja capacidad para servicios 3Play) y routers Cisco 7600-S en los nodos de distribución (estos nodos están conectados al Core y permiten la subida y bajada de tráfico de todo el anillo), además se resaltan los POPs que no contaban con espacio, energía o aire acondicionado y requerían adecuación de sala, lo cual incrementa el tiempo de entrega del proyecto.

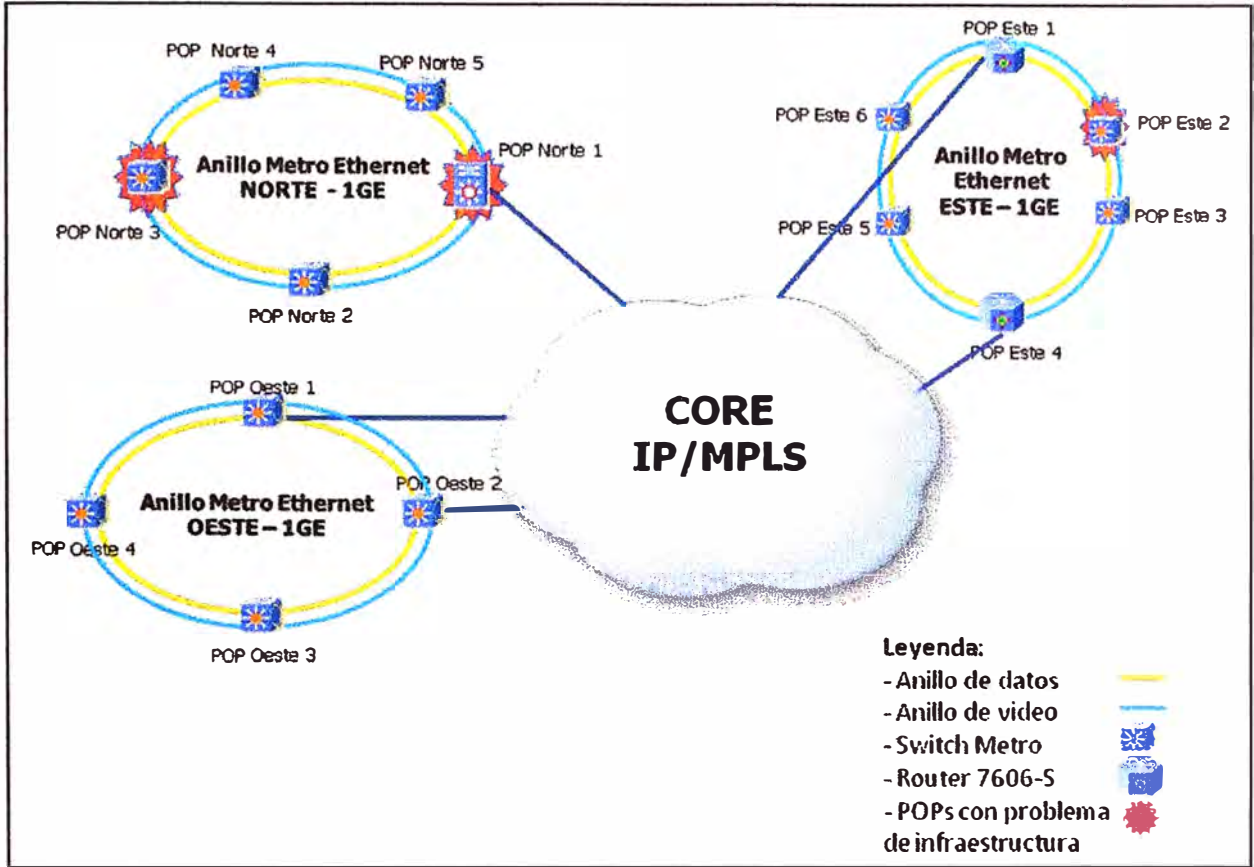


Fig. 1.4 Situación inicial de anillos Metro Ethernet (Fuente: elaboración propia)

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan conceptos importantes que serán mencionados a lo largo del informe y ayudaran a la comprensión del mismo:

2.1 Fibra óptica:

Es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell.

2.2 Red HFC

Es una tecnología de telecomunicaciones en la cual el cable de fibra óptica y el cable coaxial se utilizan en diversos tramos de la red para transportar el contenido de banda ancha (tales como vídeo, datos y voz). Mediante HFC, las compañías de cable instalan fibra óptica desde la cabecera (centro de distribución) hasta nodos próximos a los abonados residenciales. Desde estos nodos se distribuye el contenido mediante cable coaxial a los hogares.

Las redes de cable se diseñaron originalmente para la transmisión de vídeo. Las compañías de cable proporcionaban vídeo que era transmitido hasta los usuarios. Sin embargo, con el desarrollo de las redes, los nuevos equipos han hecho posible enviar datos en ambos sentidos sobre la red de cable, haciendo así posible el acceso a Internet sobre estas infraestructuras.

Una red de acceso HFC está constituida por tres partes principales:

- Elementos de red: dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio, tales como: routers de salida a Internet, central telefónica IP (Softswitch), cabecera de video (Headend).
- Infraestructura HFC: incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.
- Terminal de usuario: set-top-box (equipo para la recepción del servicio de televisión digital), cablemodems (equipo para el servicio de internet) y unidades para integrar el servicio telefónico (eMTA adaptador de terminal multimedia embebido).

Todos los usuarios de cable de un área pequeña comparten los mismos canales para enviar y recibir datos, y la cantidad de ancho de banda que dichos usuarios reciben está sujeto a la cantidad de ancho de banda que estén utilizando sus vecinos.

En el caso hipotético de que ningún otro usuario estuviera usando un nodo de cable en un momento determinado, un usuario de cable podría teóricamente disponer de todo el ancho de banda combinado disponible para él y sus vecinos. Por el contrario, en el caso de un uso elevado, los usuarios de cable-modem podrían sufrir reducciones significativas de ancho de banda.

Una cifra típica de transmisión puede ser una tasa binaria de 30 Mbps con un retorno variable de 128 Kbps a 10 Mbps (dependiendo del sistema) [compartidos].

Las modernas redes de telecomunicaciones por cable híbridas fibra óptica-coaxial están preparadas para poder ofrecer una amplia cantidad de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de estos servicios requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonado, y por tanto exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente (upload) o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal de retorno ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre 5 y 45MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico.

Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías. Una señal generada por el equipo terminal de un abonado recorre la red de distribución en sentido ascendente, pasando por amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico. Allí convergen las señales de retorno de todos los abonados, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia la cabecera.

2.2.1 CMTS (Cable Modem Termination System)

Es un equipo que se encuentra normalmente en la cabecera de la compañía de cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet por cable o Voz sobre IP, a los abonados.

Para proporcionar dichos servicios de alta velocidad, la compañía conecta su cabecera a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad a un proveedor de servicios de red. En la parte de abonado de la cabecera, el CMTS habilita la comunicación con los cablemodems de los abonados. Dependiendo del CMTS, el número de cablemodems que puede manejar varía entre 4.000 y 150.000 o incluso más.

Un CMTS se puede pensar como un router con conexiones Ethernet en un extremo y conexiones RF (radiofrecuencia) coaxiales en el otro. La interfaz RF transporta las señales de RF hacia y desde el cablemodem del abonado. De hecho, la mayoría de CMTS tienen tanto conexiones Ethernet como interfaces RF. De esta forma, el tráfico que

llega de Internet puede ser enrutado mediante la interfaz Ethernet, a través del CMTS y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC de la compañía de cable. El tráfico viaja por la red HFC para acabar en el cablemodem del domicilio del abonado. Obviamente, el tráfico que sale del domicilio del abonado pasará por el cablemodem y saldrá a Internet siguiendo el camino contrario.

Los CMTS normalmente sólo manejan tráfico IP. El tráfico destinado al cablemodem enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (downstream), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transportan en flujos de datos que normalmente se modulan en señales QAM.

El tráfico de subida (upstream, datos del cablemodem hacia la cabecera o Internet) se transporta en tramas Ethernet (no MPEG), típicamente en señales QPSK.

Un CMTS típico, permite al ordenador del abonado obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP. Además, aparte de la IP, también suele asignar la puerta de enlace, servidores DNS, etc.

El CMTS también puede incorporar un filtrado básico como protección contra usuarios no autorizados y ciertos ataques. Se suele utilizar la regulación de tráfico para restringir las velocidades de transferencia de los usuarios finales. Un CMTS puede actuar como bridge o router.

El cablemodem de un abonado no puede comunicarse directamente con otros módems en la misma línea. En general, el tráfico del cablemodem se enruta a otros cablemodems o a Internet a través de una serie de CMTS y routers. Evidentemente una determinada ruta podría pasar por un único CMTS.

2.2.2 Cablemodems (modem de cable)

Las redes HFC, mediante el uso de cablemodems especialmente diseñados para las comunicaciones digitales en redes de cable, tienen capacidad para ofrecer servicios de acceso a redes de datos como Internet a velocidades cientos de veces superiores a las que el usuario medio está acostumbrado a través de módems telefónicos. Los cablemodems convierten a las redes de CATV en verdaderos proveedores de servicios de telecomunicación de vídeo, voz, y datos.

Un cablemodem típico tiene las siguientes características:

- Es un módem asimétrico. Recibe datos a velocidades de hasta 30 Mbps. y transmite hasta 10 Mbps.
- Se conecta a la red HFC mediante un conector de cable coaxial, y a la PC del abonado a través de una placa de red Ethernet que éste debe incorporar.
- La recepción de datos se realiza por un canal de 6 MHz. del espectro descendente (entre 45 y 860 MHz.) con modulación digital. El cable modem demodula la señal

recibida y encapsula el flujo de bits en paquetes Ethernet. La PC del abonado ve la red HFC como una enorme red local Ethernet.

- En sentido ascendente, el módem de cable descompone los paquetes Ethernet que recibe de la PC y los envía a través de un canal de retorno (entre 5 y 45 MHz.) con modulación digital

La cabecera dispone de unos equipos que realizan las funciones de router y switch, y que adaptan el tráfico de datos de la red HFC al protocolo IP.

En el acceso a Internet a través de un módem telefónico, se establece entre éste y el módem del proveedor de servicio una conexión con circuito dedicado, que ofrece al usuario. Una capacidad constante y simétrica (igual descendente que de retorno) y que termina cuando éste cuelga.

La transmisión de datos en redes HFC se realiza a través de un medio de acceso compartido, en el que un grupo más o menos grande de usuarios comparte un ancho de banda generalmente grande, un canal de 6 MHz, por ejemplo, con una capacidad de entre 0 y 30 Mbps.

2.3 Servicio 3Play – Triple Play

El concepto de “Triple play” identifica la prestación de los servicios de voz, Internet y video, sobre una infraestructura común de transmisión de datos o IP.

Históricamente, los servicios de voz, vídeo y datos han sido prestados sobre infraestructuras dedicadas e incluso por proveedores distintos. No obstante, el “Triple Play” no se trata de ninguna novedad en el sector de las telecomunicaciones, de hecho el modelo de servicios de voz, Internet y video han constituido tradicionalmente la principal ventaja competitiva de las redes de cable HFC. La novedad es que ahora el “Triple Play” ha saltado a otros ámbitos, gracias al desarrollo y evolución tecnológica de los sistemas DSL.

Desde el punto de vista estrictamente del negocio, el “Triple Play” es un modelo que ofrece a las operadoras grandes ventajas, como, por ejemplo, la fidelización de los clientes, la escalabilidad y amortización más rápida de su red y los flujos de caja. Los clientes se verán beneficiados por precios más competitivos, única factura, y mayor sencillez en las gestiones de incidencias. Desde el punto de vista técnico, existen en este momento diversas alternativas, como el acceso mediante HFC o el DSL, cada una con sus pros y sus contras. Realmente todas estas alternativas tienen en común que se basan en una infraestructura IP. En la figura 2.1 se muestra un esquema del servicio Triple Play desde los elementos de red central, pasando por los equipos del hub 3Play, la red externa HFC (fibra y coaxial), hasta la residencia de los clientes donde se muestran los 3 tipos de servicio.

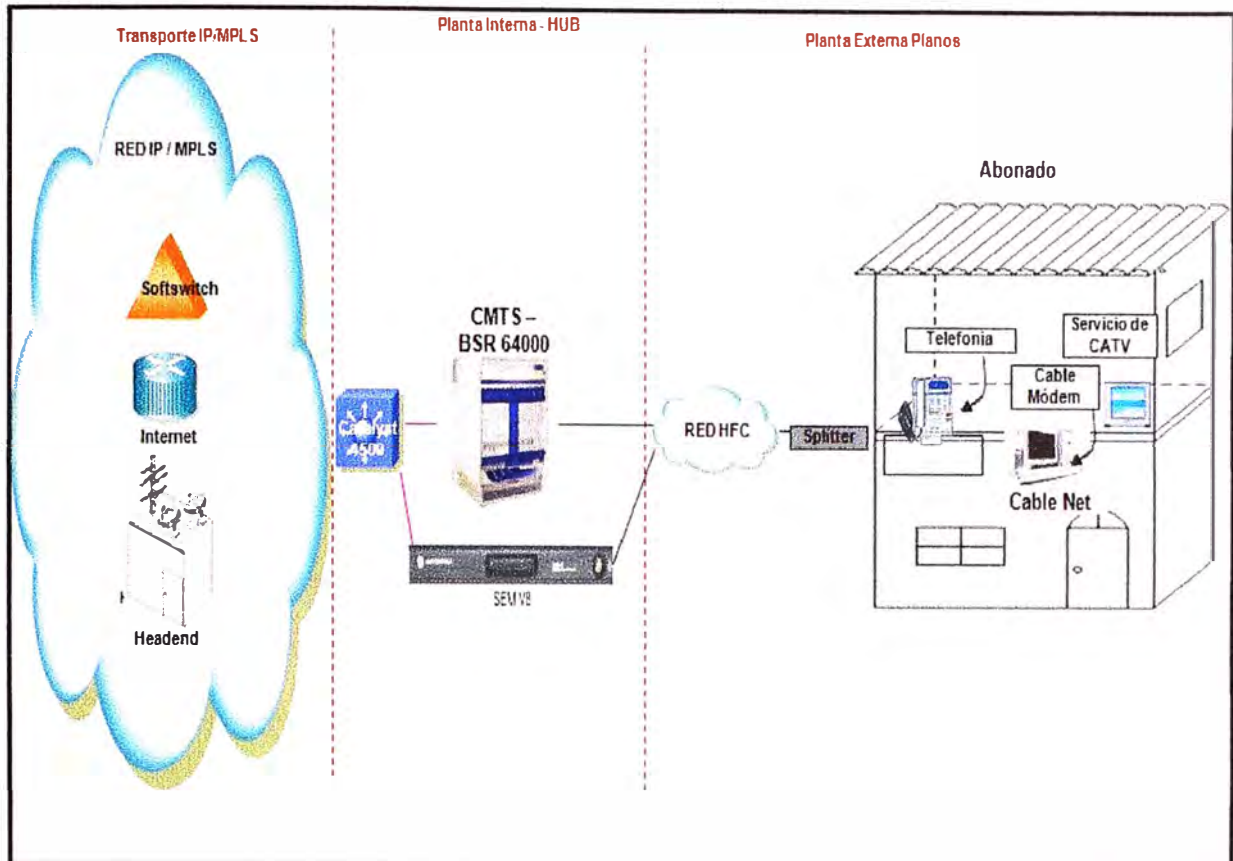


Figura 2.1 Esquema de servicio 3Play (Fuente: elaboración propia)

2.3.1 Hub 3Play

Es una sala de equipos ubicada en los POPs de la red Metro Ethernet donde se encuentran operando los equipos de la red HFC que atienden servicios de Internet, voz y video de determinada zona geográfica. Entre los principales equipos de hub podemos mencionar:

- CMTS (para servicio de voz e Internet)
- SEM v8 (para servicio de video digital)
- APEX_VoD (para servicio VoD)
- APEX_Broadcast (para servicio de video de nuevos canales HD, aun no implementados)

Existen casos especiales donde se cuenta con equipos Cable Vista, los cuales sirven para atender el servicio de video analógico, estos sólo se encuentran en los POPs pertenecientes a los distritos con mayor población donde se habían adquirido cabeceras antiguas de video analógico de pequeños operadores para facilitar la penetración del servicio 3Play.

En la figura 2.2 se muestra el ejemplo de un hub 3Play con los principales equipos de video, voz e Internet, en estos ya no se considera el servicio de video analógico pues a partir del año 2010 se definió sólo crecer en plataformas de video digital y de video en demanda.

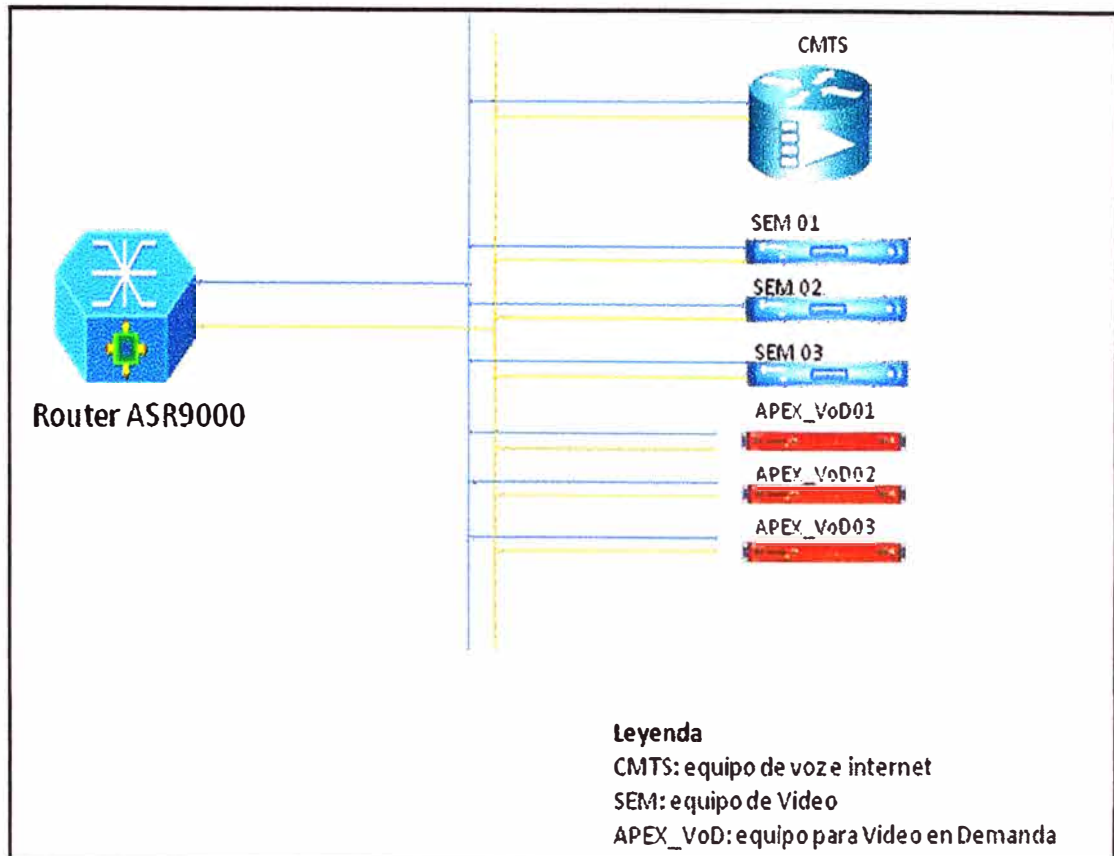


Figura 2.2. Ejemplo de hub 3Play (Fuente: elaboración propia)

2.3.2 Descripción de los servicios

Los servicios de datos, video y voz tienen requisitos de calidad y características distintas entre todos ellos, que podemos resumir en:

- Servicio de datos. Se caracteriza por requerir anchos de banda bastante elevados. La pérdida de paquetes le afecta, pero es capaz de recuperarse ante estos efectos, y es totalmente inmune ante retardos o jitter.

Si alguien se conecta a una página Web (típico servicio de datos), y esta tarda en cargarse 5 ó 6 segundos, aunque es algo que puede desesperar al usuario, en realidad la información se va a poder recibir correctamente así como interactuar con ella.

- Servicio de voz. El servicio de voz se suele caracterizar por tener un ancho de banda bastante reducido. Si se usa el codec básico G.711, la tasa de bits será de 64 Kbps, pero si se usan codecs más avanzados, esta tasa se puede reducir hasta los 4 Kbps. Desde el punto de vista de pérdidas de paquetes, eso supone pérdida de información y puede afectar severamente a la calidad de la información, pudiendo escuchar "clicks" o pérdidas de sílabas. Pero el factor que más puede afectar a la calidad del servicio es el retraso y el jitter. Se ha de tener en cuenta que las palabras se forman en función de la separación temporal de las distintas sílabas, con lo que algunos retardos pueden hacer que escuchemos las palabras mal o que la comunicación sea

bastante difícil. Normalmente para el servicio telefónico se recomiendan retardos inferiores a 400 ms.

- Servicio de vídeo. En este caso se transmiten grandes volúmenes de datos y, además, suele presentar ciertos requisitos sobre el jitter y los retardos. Por ejemplo, las distintas pantallas se deben poder refrescar adecuadamente. Tradicionalmente este servicio suele ir acompañado de audio o de voz, con lo que además se necesita cierta sincronización entre el audio y el vídeo. Por ejemplo: no sería aceptable que a la mitad de una película se escucharan los sonidos de una escena cuyas imágenes aparecen más tarde.

2.3.3 Convergencia de los servicios

El objetivo técnico a conseguir es que estos servicios y cualquier otro que pudiera surgir en el futuro puedan funcionar sobre una única infraestructura y a su vez todos funcionen dentro de unos parámetros de calidad aceptables. De esta forma sólo es necesario invertir en una única infraestructura para disfrutar de varios servicios distintos que hasta ahora solían tener infraestructuras propias.

Si nos fijamos detenidamente en la caracterización del servicio de datos y del servicio de voz, se comprueba que sus necesidades y comportamientos son diametralmente opuestos. En el caso de la voz, los anchos de banda son muy reducidos pero ese tráfico es muy sensible a retardos y en el caso de los datos el ancho de banda necesario es muy elevado pero es bastante robusto ante retardos o jitter. Por lo tanto, lo que se debe conseguir es que el tráfico de voz consuma un ancho de banda reducido pero que sea tratado de tal forma que en las colas de los routers sea priorizado respecto a cualquier otro tipo de tráfico.

Además está el tráfico de video que a su vez puede ser de dos tipos distintos: televisión en vivo o programas que se emiten a una hora concreta y que pueden recibirlo muchos usuarios al mismo tiempo, y televisión a la carta o programas que pueden ser visualizados en cualquier momento por los usuarios.

La televisión en vivo se caracteriza porque hay un emisor y múltiples receptores simultáneamente, mientras que la televisión a la carta tiene un emisor y un único receptor en cada momento (VoD – video en demanda). Se ha de tener en cuenta que es muy poco probable que dos usuarios contraten el mismo programa de la carta en el mismo momento, por lo que el tráfico para cada usuario se considerará único. Existe una tercera forma de pseudo-televisión a la carta en la que la emisión de los contenidos no es en cualquier momento, sino que hay varias horas de emisión y el usuario se conecta a la que más le interese (PPV - pay per view o pague por ver). Su forma de distribución es parecida a la televisión en vivo.

2.3.4 Calidad de servicio (QoS)

La infraestructura común sobre la que se van a prestar todos estos servicios va a ser una red IP (Internet Protocol). Para forzar que cierto tipo de tráfico sea tratado de una forma determinada y que otros tipos de tráficos reciban un tratamiento distinto, existen las técnicas de QoS (Quality of Service). En el mundo IP hay dos paradigmas a este respecto: Diffserv (Differentiated Services) e Intserv (Integrated Services).

IntServ necesita un protocolo llamado RSVP (ReSerVation Protocol) para señalar en la red las características para ciertos flujos, mientras que DiffServ no usa señalización alguna. Por este motivo el más usado de ambos es Diffserv. El protocolo MPLS permite el uso conjunto de ambos paradigmas.

Diffserv se basa en marcar los distintos tipos de tráfico con un valor distinto. Luego se configurará la red para que según la marca del paquete de datos, se trate éste de una u otra forma. El campo de la cabecera IP que se marca para diferenciar los distintos tipos de tráfico es "Type of Service" (ToS) y el estándar que se usa para el marcado es DiffServ Code Point (DSCP).

Realmente esta diferencia de comportamiento se va a notar en las interfaces de salida de los distintos routers. Si una interfaz tiene en su cola tráfico de datos y tráfico de voz, hay que configurarla para que primero envíe el tráfico de voz y posteriormente el de datos. De esta forma se consigue minimizar los retardos y el jitter en el servicio de voz. Generalmente, al definir los distintos tipos de tráfico, se suelen definir algunos de los siguientes tipos: video, voz, datos de alta prioridad, datos de baja prioridad, protocolos y gestión.

2.4 Video en demanda (VOD – video on demand)

Es un sistema de difusión de video que le permite a los usuarios acceso a contenidos multimedia de forma personalizada, ofreciéndole de este modo la posibilidad de visualizar un video, película o programa concreto en el momento exacto que este lo desee sin depender de horarios de transmisión o programación.

El sistema contiene las funciones básicas de vídeo, como la opción de detener el programa o reanudarlo a voluntad del mismo cliente, llevarlo hacia delante y hacia atrás, o simplemente ponerlo en pausa.

Bastante utilizado en capacitación no presencial, presentaciones formales, entrevistas, material de apoyo o entretenimiento entre otros.

2.5 Multicast

Dentro de lo que es el servicio de video, hay dos tipos de datos a transmitir:

Aquellos que sólo está viendo el cliente en un momento dado, por ejemplo un programa a la carta, un usuario decide comprar y ver en un momento dado una película o un

programa; y aquellos que pueden ser vistos por muchos clientes simultáneamente. Por ejemplo la televisión como hoy en día se ve, sería la emulación de un sistema broadcast. Para la primera opción el tipo de tráfico que hay que usar es unicast IP y es el tipo de tráfico más habitual de la red ya que es el que se usa para navegar, leer el correo, etc. Para la segunda opción se usa un tipo de tráfico que se llama multicast IP. Este tipo de tráfico se caracteriza en que un único flujo entrante se puede transmitir por varias interfaces de salida a la vez, permitiendo así ahorrar tráfico en los enlaces troncales.

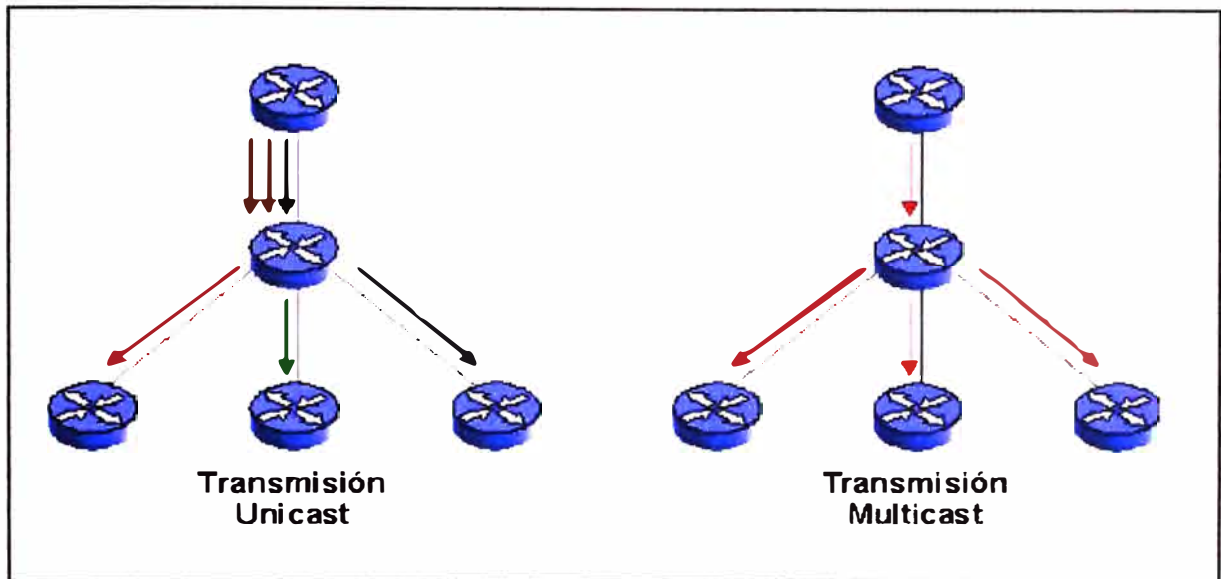


Figura 2.3. Transmisión Unicast y Multicast (Fuente: jeuzarru.com)

Como se ve en la Figura 2.3, en un entorno unicast, para llegar a tres clientes es necesario emitir tres flujos desde el origen. En cambio, en un entorno multicast sólo se emite un flujo, y éste se va multiplicando por los distintos enlaces según sea necesario. La explosión de la banda ancha en nuestros días ha obligado a las operadoras de telecomunicaciones a incrementar el tamaño y alcance de sus redes de transporte para poder soportar todo el tráfico generado en la red de acceso de sus clientes residenciales y empresariales. La demanda de capacidad de transporte es cada vez mayor, debido a la introducción y proliferación de servicios y aplicaciones con gran consumo de ancho de banda (Internet de banda ancha, vídeo bajo demanda, redes de almacenamiento, etc.), a partir de tecnologías en la red de acceso como: ADSL, HFC, LMDS, PLC, GbE, GPRS, etc.

Hace años, el cuello de botella con el que se encontraban las operadoras para poder transportar el tráfico generado por sus clientes estaba en la disponibilidad de fibra óptica, pues típicamente cada fibra transportaba una única señal multiplexada en el tiempo - mediante tecnologías como PDH o SDH- a través de la red. Los grandes avances de finales del siglo pasado en relación a la fotónica, dieron lugar a la aparición de una nueva tecnología de transmisión totalmente óptica conocida por DWDM (Dense Wavelength

Division Multiplexing), mediante la cual una única fibra óptica puede acomodar cientos de señales, y puede ser posible incrementar la capacidad de la red de transporte sin necesidad de hacer nuevos tendidos de fibra.

2.6 Red Metro Ethernet

Es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN, a través de UNIs Ethernet. Estas redes denominadas "multiservicio", soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones, contando con mecanismos donde se incluye soporte a tráfico "RTP" (tiempo real), como puede ser Telefonía IP y Video IP, este tipo de tráfico resulta especialmente sensible a retardo, al jitter.

2.7 Modelo jerárquico de red

Nos permite una red más fácil de diseñar, implementar, mantener y escalar, además de que la hace más confiable, con una mejor relación coste/beneficio. Cada capa tiene funciones específicas asignadas y no se refiere necesariamente a una separación física, sino lógica; así que podemos tener distintos dispositivos en una sola capa o un dispositivo haciendo las funciones de más de una de las capas.

Las capas y sus funciones típicas son:

2.7.1 Capa de Acceso (access layer): controla a los usuarios y el acceso de grupos de trabajo (workgroup access). Los recursos más utilizados por los usuarios deben ser ubicados localmente, pero el tráfico de servicios remotos es manejado aquí, y entre sus funciones están la continuación de control de acceso y políticas, creación de dominios de colisión separados (segmentación), conectividad de grupos de trabajo en la capa de distribución (workgroup connectivity). En esta capa se lleva a cabo la conmutación Ethernet (Ethernet switching), DDR y ruteo estático (el dinámico es parte de la capa de distribución). Es importante considerar que no tienen que ser routers separados los que efectúan estas funciones de diferentes capas, podrían ser incluso varios dispositivos por capa o un dispositivo haciendo funciones de varias capas.

2.7.2 Capa de Distribución (distribution layer): también a veces se llama workgroup layer, y es el medio de comunicación entre la capa de acceso y el Core. Las funciones de esta capa son proveer ruteo, filtrado, acceso a la red WAN y determinar que paquetes deben llegar al Core. Además, determina cuál es la manera más rápida de responder a los requerimientos de red, por ejemplo, cómo traer un archivo desde un servidor.

Aquí además se implementan las políticas de red, por ejemplo: ruteo, access-list, filtrado de paquetes, cola de espera (queuing), se implementa la seguridad y políticas de red (traducciones NAT y firewalls), la redistribución entre protocolos de ruteo (incluyendo rutas estáticas), ruteo entre VLANs y otras funciones de grupo de trabajo, se definen dominios de broadcast y multicast.

2.7.3 Capa de núcleo (Core layer): es literalmente el núcleo de la red, su única función es switchear tráfico tan rápido como sea posible y se encarga de llevar grandes cantidades de tráfico de manera confiable y veloz, por lo que la latencia y la velocidad son factores importantes en esta capa. El tráfico que transporta es común a la mayoría de los usuarios, pero el tráfico se procesa en la capa de distribución que a su vez envía las solicitudes al Core si es necesario. En caso de falla se afecta a todos los usuarios, por lo que la tolerancia a fallas es importante.

Además, dada la importancia de la velocidad, no hace funciones que puedan aumentar la latencia, como access-list, ruteo inter VLAN, filtrado de paquetes, ni tampoco workgroup access. Se debe evitar a toda costa aumentar el número de dispositivos en el Core (no agregar routers), si la capacidad del Core es insuficiente, debemos considerar aumentos a la plataforma actual (upgrades) antes que expansiones con equipo nuevo.

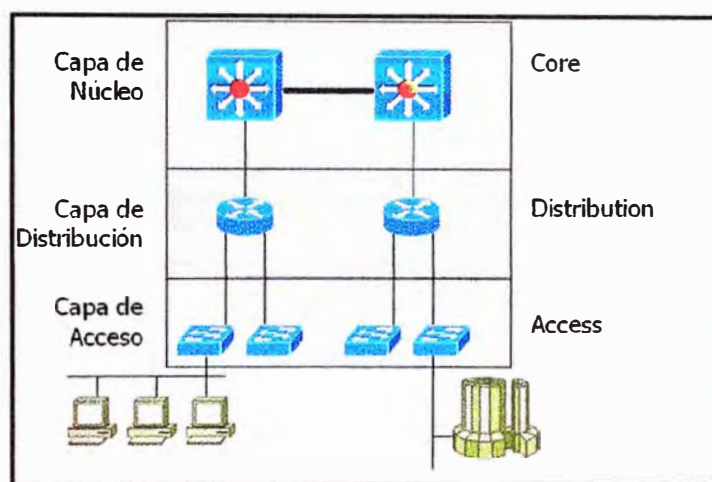


Fig. 2.4 Modelo jerárquico de red (Fuente: IPREF)

2.8 MPLS (Multiprotocol Label Switching)

Es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

2.9 Red Carrier Ethernet

Es una red multiservicios que proporciona:

- Convergencia: para ofrecer servicios residenciales, empresariales, móviles, mayoristas y multiplexación por división de tiempo y ATM por una infraestructura convergente de paquetes conmutados.
- Recuperabilidad: para asegurar la recuperación del núcleo a las instalaciones en 50 milisegundos mediante soluciones combinadas de agregación y acceso de Cisco.

- Inteligencia: para integrar la tecnología y control de admisión de videollamadas para contenido de video broadcast y unicast de alta calidad y sensible a las pérdidas, los retardos y las fluctuaciones.
- Escalabilidad: para proporcionar alta capacidad y gran densidad de servicios en toda la red de punta a punta a fin de satisfacer las demandas en evolución.

2.10 IP RAN (IP Radio Access Network)

Las Redes de Acceso por Radio son esencialmente las redes de acceso que prestan las empresas de telecomunicaciones móviles. Hoy en día existe una gran demanda por parte sus clientes para acceder a contenidos basado en datos con altas tasas en velocidad de descarga y con una excelente calidad de servicio.

Debido a la explosión en el crecimiento de velocidades de ancho de banda que prestan las redes de acceso, 3G (UMTS), HSPA+ o 4G (LTE) , se presenta la tecnológica IP-RAN como una solución gradual y escalable que permite integrar estas al mundo IP.

Con ello los operadores de telecomunicaciones en el mundo no necesitarán hacer gigantescas inversiones en nueva infraestructura para responder al alto crecimiento del tráfico, sino que tienen la opción, a través de tecnologías como IP RAN, de optimizar sus redes para que este tráfico fluya más eficientemente

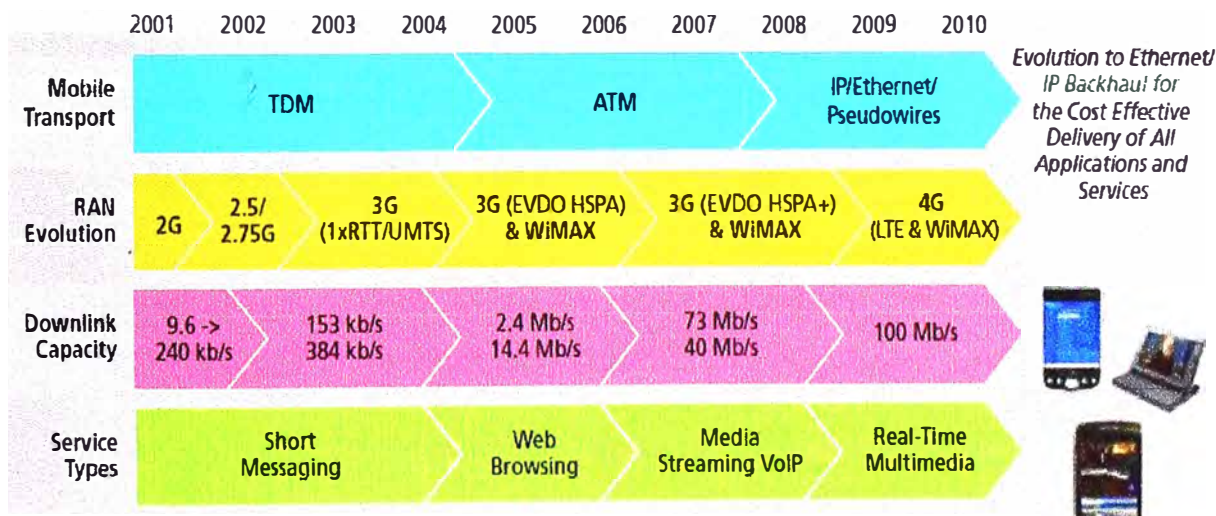


Fig. 2.5 Evolución de la Red de Acceso Radio (RAN) y la Red de Transporte Móvil (Fuente: Alcatel-Lucent)

2.11 Servicio RPV – Red Privada Virtual (L3VPN)

L3VPN transporta datos de clientes en base a tablas de enrutamiento virtuales completamente independientes de la tabla de enrutamiento global y otras tablas virtuales, manteniendo así la privacidad de la red del cliente.

Los routers de borde que conectan a los clientes son llamados PE (Provider Edge) y se encargan de asignar una tabla virtual (VRF – Virtual Routing & Forwarding Instance) a

cada cliente. Esta VRF contiene un identificador RD (Route Distinguisher) que se antepone a cada prefijo IPv4, convirtiéndolo en un prefijo único VPNv4 (para cada cliente), esto permite la reutilización de subredes entre diferentes clientes.

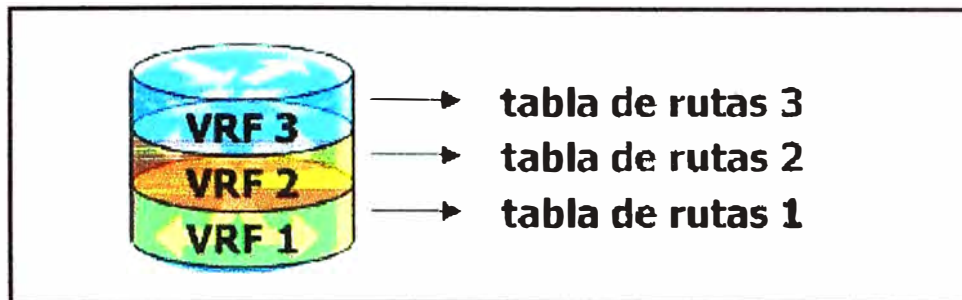


Fig. 2.6 Concepto de VRF (Fuente: Cisco)

Las redes VPNv4 son intercambiadas por sesiones MP-BGP VPNv4 entre los PEs. Estos anuncios contienen una comunidad extendida llamada RT (Route Target), la cual permite que cualquier ruta pueda pertenecer a cualquier VRF por configuración, pudiéndose crear así VPNs formadas por más de una VRF.

El transporte de los paquetes IP se realiza encapsulando los mismos dentro de dos etiquetas:

Etiqueta "MPLS" – la que permite identificar al PE destino, es decir, al router que originó la ruta. Esta etiqueta se obtiene mediante LDP.

Etiqueta "VPN" – la que permite identificar a la VPN destino, es decir, qué tabla de enrutamiento dentro del PE es la que originó la ruta. Esta etiqueta se obtiene mediante sesiones VPNv4 en MP-BGP.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo, se explica la solución que se dio al problema de la baja capacidad de los anillos Metro Ethernet para atender los nuevos servicios.

3.1 Análisis de la solución

En esta sección se revisaran los puntos más importantes que fueron considerados en la solución para la ampliación de capacidad de los anillos Metro, tales como topología, equipos (chasis y cantidades), consideraciones para la adecuación de las salas técnicas, migración de servicios, etc.

3.2 Topología

Se optó por mantener la misma topología de los anillos de 1GE formado por switches de la plataforma Catalyst 4500, para lo cual se formó un anillo paralelo con los nuevos equipos. En el anillo se tiene dos nodos de distribución los cuales están conectados a los routers del Core (plataforma GSR 12400) para dar mayor disponibilidad al tráfico de subida y bajada en caso de caída de uno de estos equipos, para estos nodos se considero equipos de mayor capacidad de módulos pues estos equipos agregarían más de un switch de clientes corporativos.

Mantener la misma topología de los anillos existentes, ayudo a tener mejores tiempos de habilitación de planta externa pues se debían asignar pares libres de tendidos de fibra óptica ya existentes, y sólo ampliar en los que se tenía tramos saturados. Haber considerado nuevos POPs dentro de los anillos significaba un diseño de canalización o tendido de fibra, permisos municipales (los cuales sólo en trámites tomaban de 20 a 30 días hábiles) y obras civiles.

Al tener un anillo paralelo se pudo trabajar en la configuración y pruebas de equipos (pruebas de servicio, pruebas de apagado y conmutación de tarjetas, etc) sin afectar a los servicios existentes. Además para la posterior migración de servicios, solamente se consideraría un cambio de plataforma por una de mayor capacidad dentro de cada POP, lo que permitía a las áreas operativas y comerciales una familiarización más rápida con esta nueva plataforma de equipos.

En la figura 3.1 se muestra la topología de uno de los anillos 10GE (Anillo Este), paralelo al anillo existente formado por los nuevos equipos a adquirir lo mismo se considero para los anillos norte y oeste.

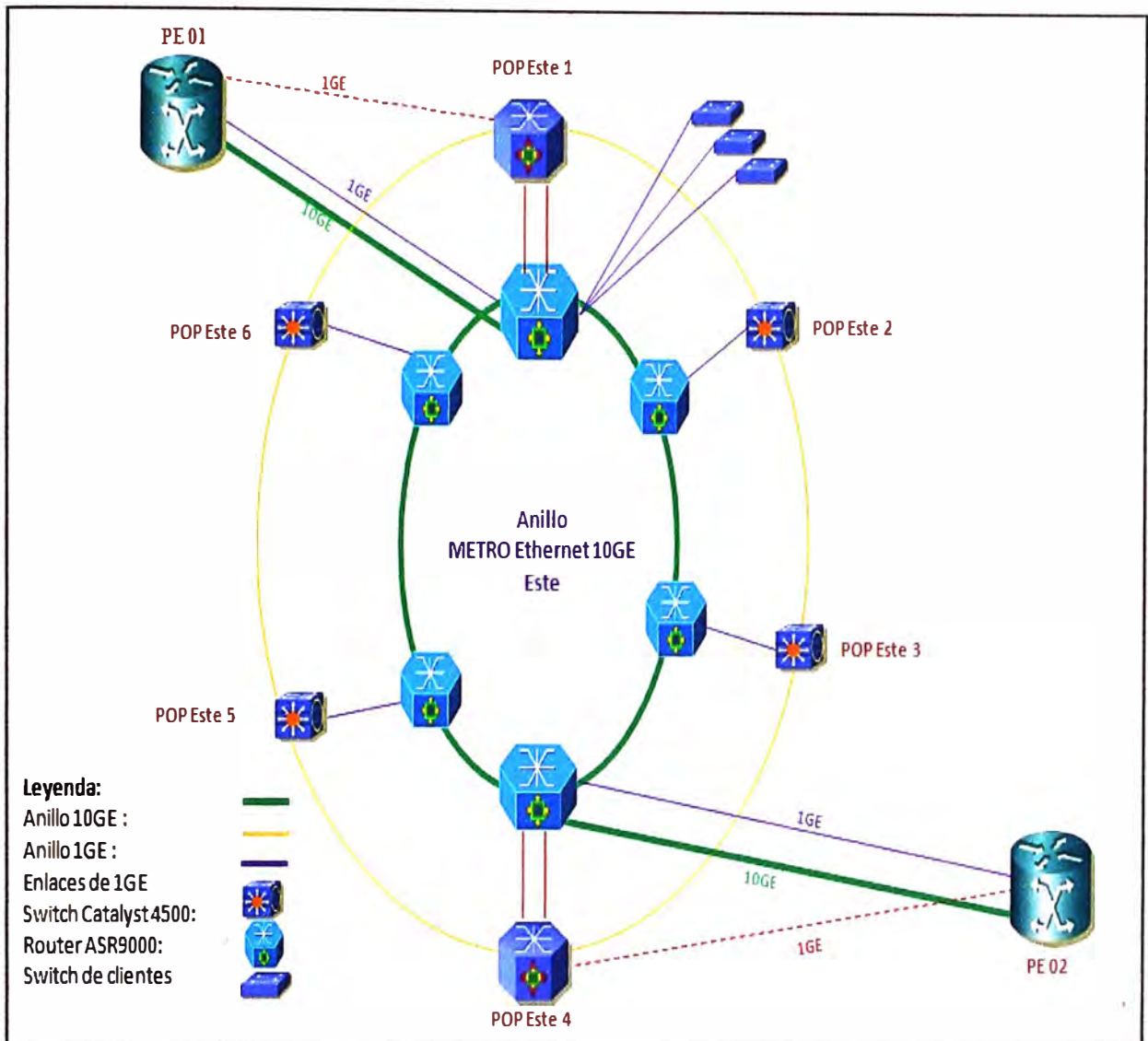


Fig. 3.1 Topología de anillo 10GE (Fuente: elaboración propia)

3.3 Plataforma de equipos

Los equipos a adquirir debían contar con interfaces de 10Gbps para formar los anillos, los cuales debían ser multiservicios (Carrier Ethernet), ya que la empresa se encontraba en proceso de integración con otra de servicios móviles.

Se analizaron 2 plataformas de routers, tomando en cuenta el costo, consumo de espacio, energía y proveedor (para garantizar la interoperabilidad con el Core existente).

Dentro de las marcas analizadas, tenemos:

- Cisco
- Juniper

En este proyecto se optó por Cisco, pues el Core de la red IP/MPLS es de este proveedor y existen ciertas funcionalidades que no fueron validadas con Juniper.

Ya elegido Cisco como proveedor de equipos, se propusieron dos plataformas:

- Cisco 7606-S
- Cisco ASR9000 (nueva plataforma aun no utilizada en Sudamérica)

En la red ya se contaba con la plataforma Cisco7600-S, por lo que se debía sólo validar el funcionamiento de la nueva plataforma ASR9000.

Se probó en laboratorio que cumplía con las funciones necesarias para atender los servicios corporativos y residenciales que brindaba actualmente la empresa.

Finalmente, se eligió al equipo ASR9000, debido a lo siguiente:

- El rendimiento de los equipos ASR9000 era superior al del equipo 7600-S (tabla 3.1)
- El consumo de energía de los equipos ASR9000 es menor al de los equipos de la plataforma 7600-S. (alrededor del 50% menos)
- El tamaño del equipo ASR para la misma cantidad de slots que el equipo 7600 es menor.
- El equipo ASR es una plataforma nueva y en desarrollo de nuevas funcionalidades multiservicio, mientras que los equipos 7600-S si bien son estables, no se tiene el mismo desarrollo. Además el tiempo de retiro de venta del mercado es mas próximo para los equipos 7600-S.

Tabla 3.1 Rendimiento de plataforma ASR9000 vs. 7600-S

Característica	ASR	7600-S
Densidad de puertos	Alta	Mediana
BW por slot	180 Gbps (*)	40 Gbps
VRF	4000	1000
Manejo de colas (QoS)	Alto	Mediano
Manejo de MAC address	Alto	Mediano
IOS (sistema operativo)	IOS XR	IOS
Sincronismo (red movil)	Si	Si

(*) En el año 2010, para el 2011 400Gbps.

Siendo el servicio 3Play, el que tenia mayor consumo de velocidades de transmisión, se decidió que los equipos de la plataforma HFC, se atiendan directamente desde los routers ASR9000, y no desde los switches Metro del anillo 1GE, con esto, los switches liberan capacidad, la cual ahora será utilizada para atender los servicios de clientes corporativos (RPV: Red Privada Virtual, Internet corporativo, telefonía analógica, telefonía pública, etc) al desocupar los slots destinados al servicio 3Play:

En la figura 3.2 se muestra la arquitectura de un hub 3Play atendido desde un switch del anillo de 1GE, donde además se atienden los servicios de internet, voz y datos corporativos. En esta figura además se puede observar que los equipos del servicio 3Play requieren una alta cantidad de conexiones de 1GE (ópticos) hacia los routers ASR9000. En este caso se considero el caso extremo con los equipos de video analógico que suman 8 puertos 1GE.

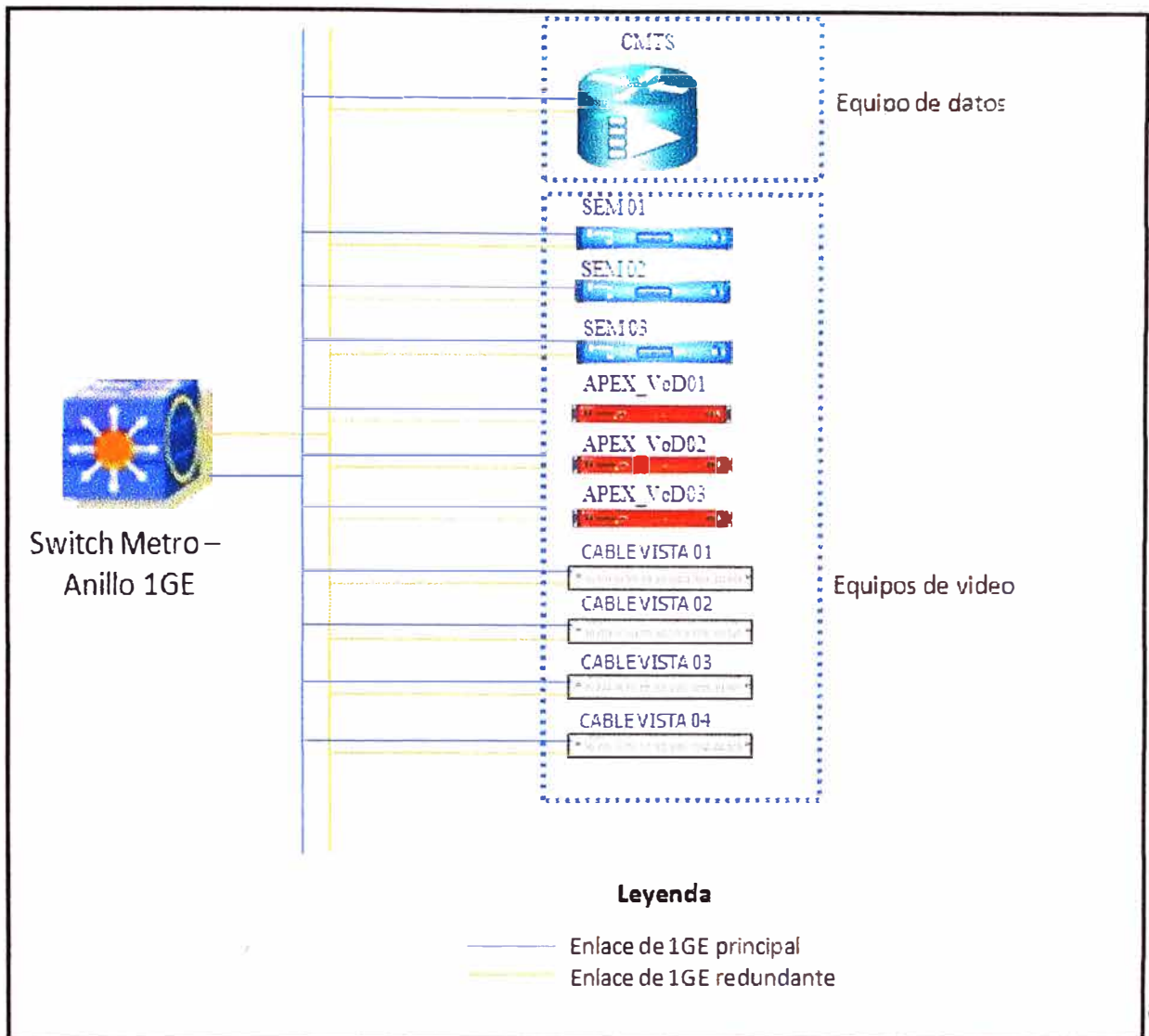


Fig.3.2 Arquitectura de hub 3Play - anillo 1GE (Fuente: elaboración propia)

Por el diseño de alta disponibilidad, los equipos disponen de doble procesadora, doble fuente de energía, doble ventilador y doble tarjeta de línea con interfaces de 10GE para los enlaces del anillo.

Para atender al hub 3Play directamente desde los equipos ASR9000, se consideró la adquisición de dos tarjetas de alta densidad de puertos ópticos de 1GE para enlaces principales y redundantes.

En la figura 3.3 se muestra la arquitectura del hub 3Play, ahora atendido directamente desde los equipos ASR9000 (interfaces ópticas de 1GE), con enlaces principales (línea azul) y enlaces redundantes (línea naranja), donde podemos observar que el switch Metro se encuentra detrás del router ASR9000 sólo para la atención de servicios corporativos. La capacidad liberada por el servicio de video e Internet residencial permitirá atender clientes corporativos con necesidades de altas velocidades de transmisión de datos. Además la conexión antes utilizada para el anillo de video ahora es utilizada para dar redundancia al switch Metro.

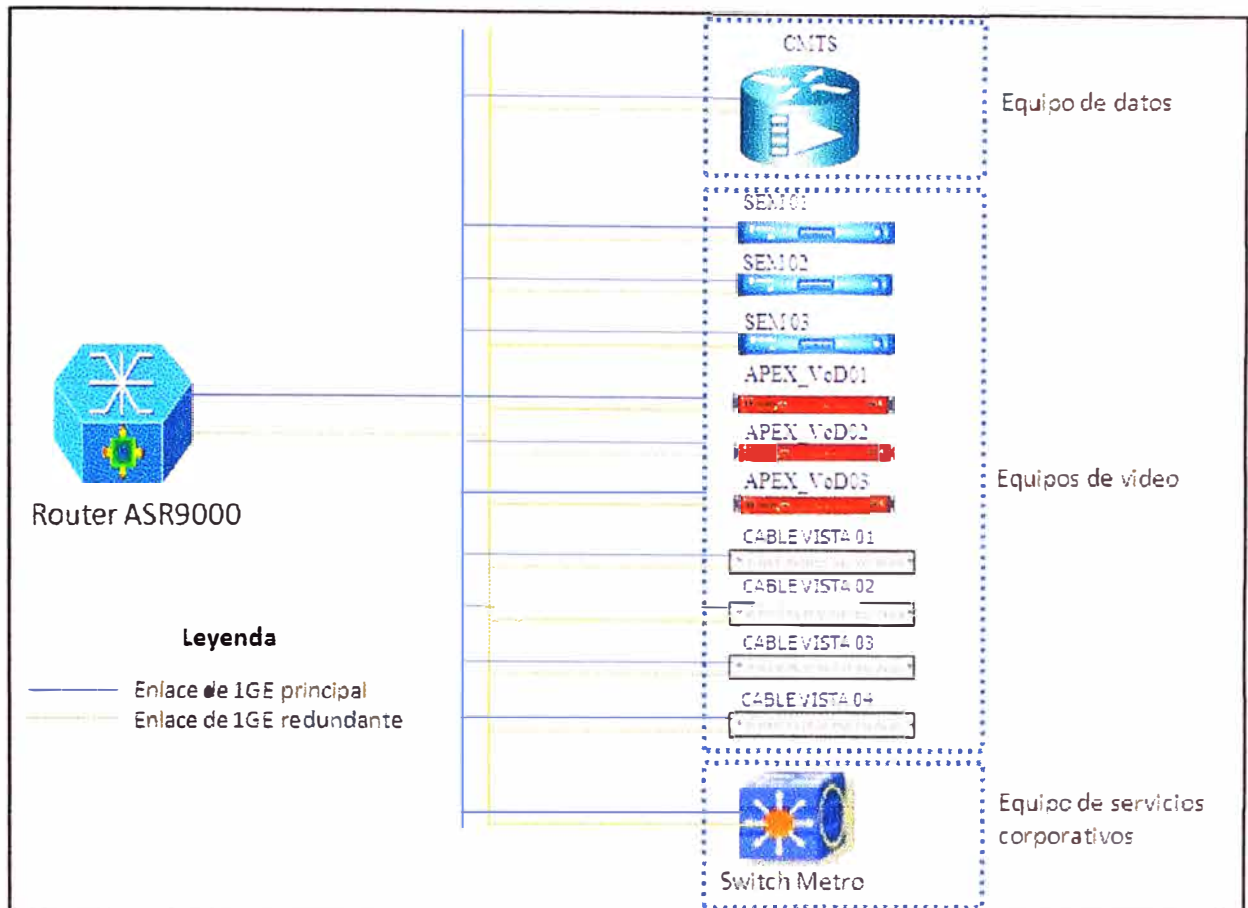


Fig. 3.3 Arquitectura de hub 3Play - anillo 10GE (Fuente: elaboración propia)

A continuación la descripción del equipamiento utilizado:

a). Chasis

El chasis de ASR9000 es el componente que contiene a los demás elementos del sistema. A continuación sus principales características:

- Disponible en versiones de 6 slots (ASR9006) y de 10 slots (ASR9010), de los cuales 2 están reservados para las tarjetas procesadoras. Los equipos ASR9010 son los utilizados para los nodos de distribución que van conectados al Core (núcleo) y los ASR9006 en los nodos que no necesitan conexión al Core.
- Soporta hasta 400Gbps por slot y 3.2/6.4 Tbps por chasis (ASR9006/ASR9010).
- Infraestructura de sincronización integrada para recibir diferentes tipos de fuentes externas y sincronizar las tarjetas para aplicaciones de telefonía móvil y TDM.
- Sistema de ventilación optimizado principalmente formado por dos módulos de ventiladores (6 ó 12 en cada módulo) sin puntos únicos de falla.
- Sistema de energía sin zonas ni restricciones, formado por uno o dos módulos PEM y fuentes AC ó DC cuya cantidad requerida (1 a 3 ó 6) depende de las tarjetas de línea en uso y redundancia deseada.
- Switch Fabric ubicado en las tarjetas procesadoras RSP.
- Consumo de energía bajo y altamente eficiente.

- Tarjetas de línea de puertos de 1Gbps y 10Gbps de alta densidad.

Las siguientes figuras muestran ambos modelos de ASR9000 con tarjetas de línea.

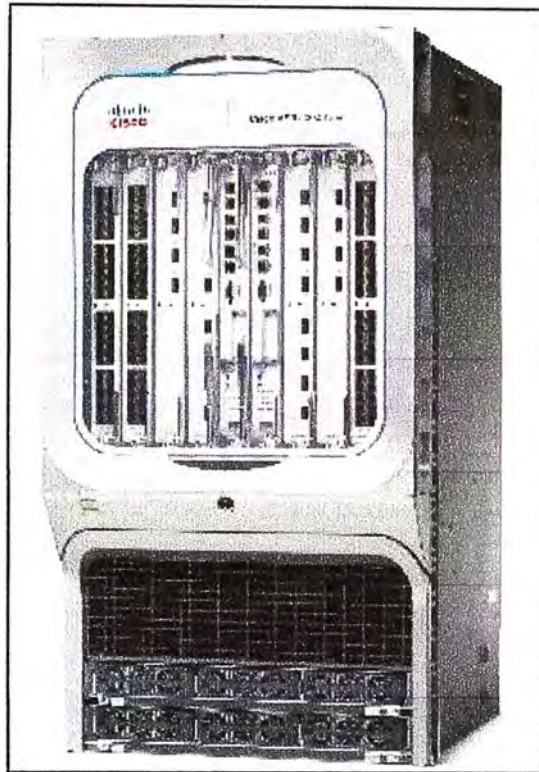


Fig. 3.4 Router Cisco ASR9010 (Fuente: Cisco)

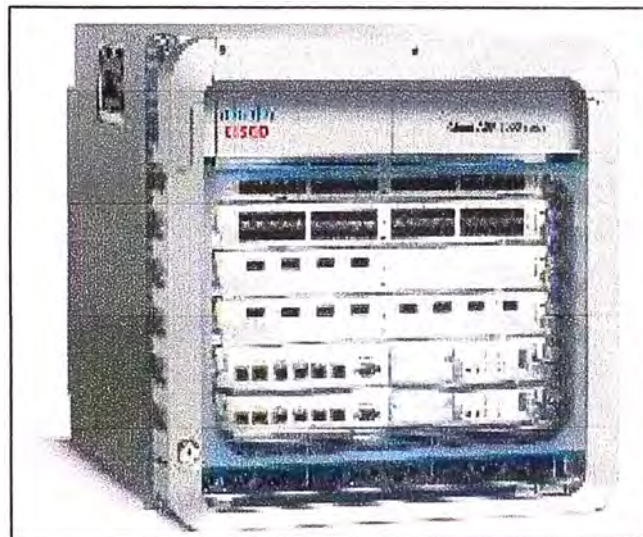


Fig. 3.5 Router Cisco ASR9006 (Fuente: Cisco)

b) Tarjetas de línea

Se consideraron los siguientes modelos de tarjetas:

- A9K-2T20GE-B

Para las conexiones con los switches Metro y equipos de los hubs 3Play, fue elegida la tarjeta A9K-2T20GE-B (Fig. 3.6), de tipo "Medium Queue" (para soportar las colas de las diferentes clases de servicio de la red) y cuenta con 2 puertos de 10Gbps y 20 puertos 100/1000 Mbps. Posee 4 procesadores internos (NP – Network Processor).

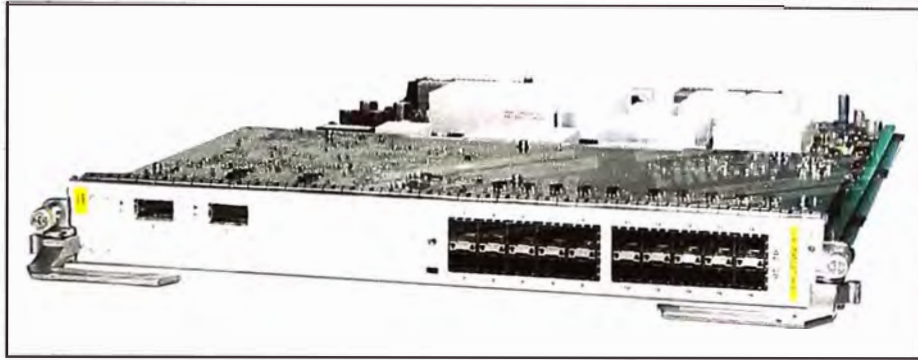


Figura 3.6 Tarjeta de línea A9K-2T20GE-B (Fuente Cisco)

- A9K-4T-L

Para la conexión con el Core, se utiliza la tarjeta A9K-4T-L (Fig. 3.7), de tipo “Low Queue” (pocas colas, pues no terminara servicios de clientes) y cuenta con 4 puertos de 10Gbps (XFP). Posee 4 procesadores internos (NP – Network Processor).

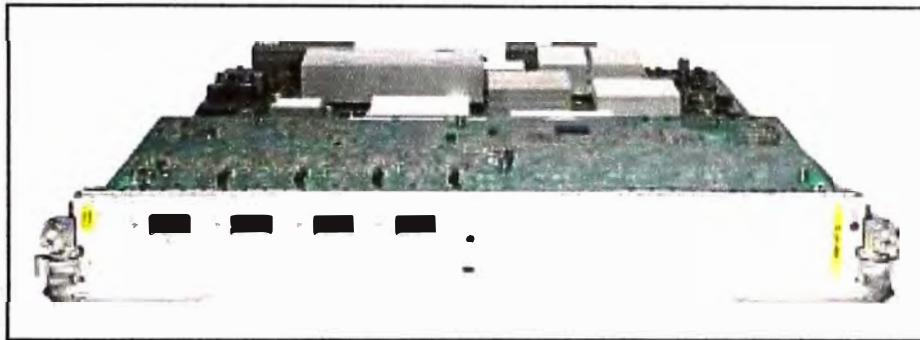


Fig. 3.7 Tarjeta de línea A9K-4T-L (Fuente Cisco)

c) Tarjetas para interconexión con el Core

Para los equipos del Core se requieren tarjetas SPA (shared port adapter) de 10GE (Fig. 3.8).

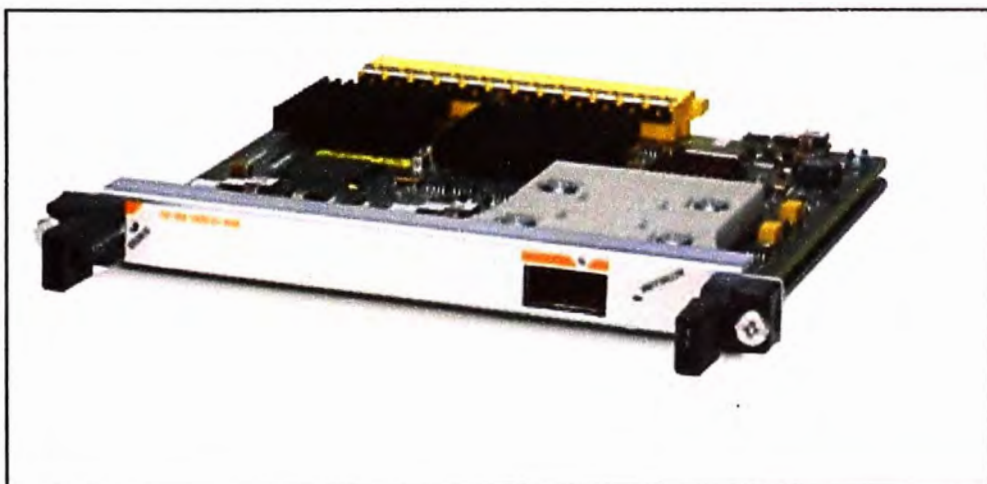


Fig. 3.8 Tarjeta SPA 1x10GE (Fuente Cisco)

3.4 Cantidad de equipos

La cantidad de equipos adquiridos ASR9000 con tarjetas de línea y módulos ópticos por anillo es la siguiente:

Tabla 3.2 Cantidad de equipos Router ASR9000

	Anillo Norte	Anillo Oeste	Anillo Este	
Equipo	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Total
ASR-9010 DC Chassis	2	2	2	6
A9K-2T20GE-B	4	4	4	12
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	45	33	37	115
1000BASE-SX SFP (DOM)	0	6	12	18
XFP Module 10GBASE-ER	2	1	1	4
XFP Module 10GBASE-LR	4	5	5	14
Tarjeta A9K-4T-L	2	2	2	6
ASR-9006 DC Chassis	3	2	4	9
A9K-2T20GE-B	5	4	8	17
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	47	43	49	139
1000BASE-SX SFP (DOM)	0	0	12	12
XFP Module 10GBASE-ER	4	1	3	8
XFP Module 10GBASE-LR	2	3	5	10
Tarjeta A9K-4T-L	1	0	0	1

La cantidad de tarjetas y para la interconexión con el Core de la red IP/MPLS es la siguiente:

Tabla 3.3 Tarjetas para equipos de Core GSR12000

Equipo	Cantidad
Cisco 1-Port 10GE LAN-PHY Shared Port Adapter	2
Multirate XFP module for 10GBASE-LR and OC192 SR-1	3

En el capítulo IV se detallará la cantidad total de equipos, incluyendo software (IOS), fuentes de energía, ventiladores para el cálculo del costo total del proyecto.

3.5 Implementación del proyecto

Una vez adquiridos los equipos, el tiempo estimado de llegada a Lima desde los almacenes de Cisco es de 60 días, durante este tiempo, se realizó la habilitación de las salas técnicas (ampliación de sala, instalación de rack, etc.) y el tendido de los pares de fibra óptica en los tramos que se encontraran saturados.

Las dimensiones de los equipos ASR9000 es la siguiente:

Tabla 3.4 Dimensiones de equipos ASR9000

Medida	ASR9006	ASR9010
Altura	44.45cm	93.35cm
Ancho	44.45cm	44.45cm
Profundidad sin puertas	72.72cm	72.72cm
Profundidad con puertas	79.88cm	79.88cm

Peso sin carga	50kg	86.8kg
Peso con carga completa	106.8kg	170.5kg

En la tabla 3.5 se muestra el consumo de energía calculado de acuerdo a la cantidad de tarjetas adquiridas para el proyecto:

Tabla 3.5 Consumo de energía de equipos ASR9000

Consumo de energía por fuente en caso extremo				
	Tipo	Capacidad (Watts)	Capacidad real utilizada	Corriente (Amp)
ASR9010	A9K-2KW-DC	2100	889	18.52
	A9K-2KW-DC	2100	889	18.52
	A9K-2KW-DC	2100	889	18.52
	A9K-2KW-DC	2100	889	18.52
	TOTAL		3556	74.08
ASR9006	A9K-2KW-DC	2100	889	18.52
	A9K-2KW-DC	2100	889	18.52
	TOTAL		1778	37.04

Considerando esta información, en los POPs se debió solicitar lo siguiente:

- 1 Rack de 42 UR (unidades de rack) de dimensiones: 60x80 cm
- 4 KW de energía DC
- 2 pares de fibra óptica, para ambos lados del anillo

3.6 Plan de migración

Ya que se había considerado tener anillos paralelos para tener el menor impacto en la red en producción, se pudo realizar la instalación y pruebas del equipamiento, así como la configuración y simulación de servicios en esta nueva red sin perjuicio de los servicios activos. A nivel de configuración se mantuvieron los mismos recursos lógicos de los clientes (IPs y VLANs) de los anillos de 1GE, con esto no debía realizarse ningún cambio en sus equipos, lo mismo fue para el caso de los equipos del servicio 3Play.

Se planeo migrar los clientes corporativos de un POP en tres ventanas de mantenimiento ya que al ser clientes que manejan datos y servicios importantes, debía validarse el correcto funcionamiento en la nueva plataforma.

Para el servicio 3Play se planeo migrar todos los servicios en una sola ventana de mantenimiento.

En la figura 3.8 se muestra uno de los anillos paralelos que se formó donde se observan enlaces que conectan al anillo de 1GE con el de 10GE por donde se migrarían los servicios.

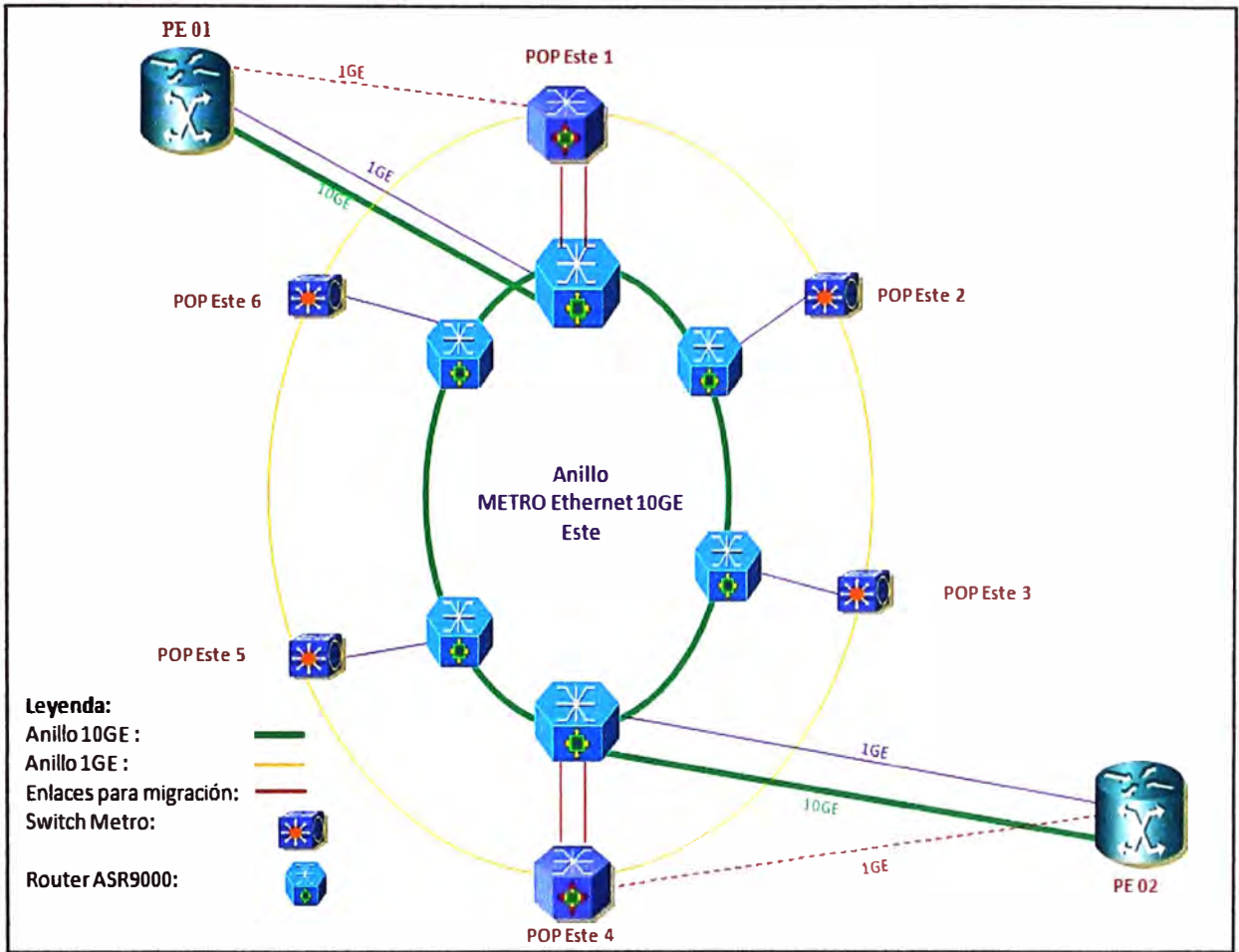


Fig. 3.8 Anillo paralelo para migración de servicios (Fuente: elaboración propia)

En todos los POPs se realizó el cableado reflejo (jumper de fibra óptica) desde el switch METRO hacia el equipo ASR9000, para la migración de la troncal de servicios corporativos, así como el cableado de todos los equipos del hub 3Play hacia los nuevos routers, para que posteriormente en las ventanas de migración sólo se realice la desconexión del cableado actual y conectar el nuevo jumper de fibra óptica.

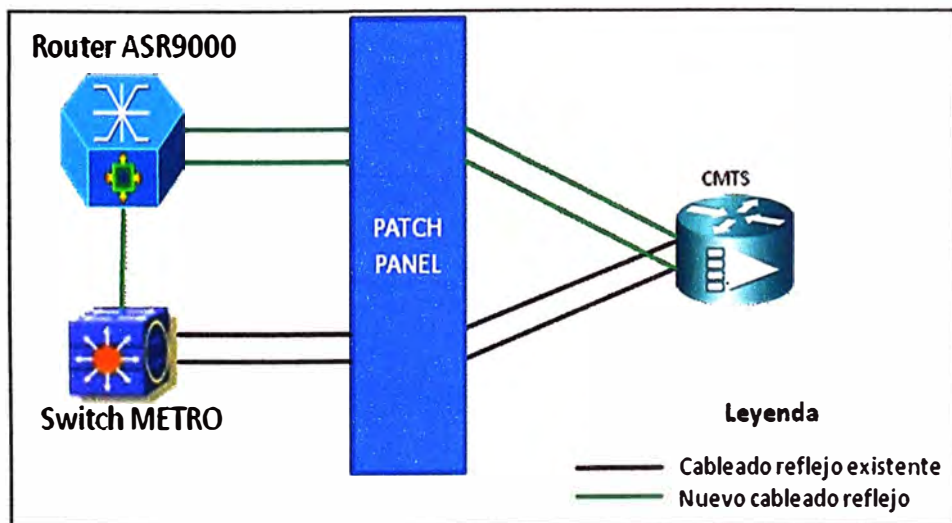


Fig. 3.9 Cableado reflejo para migración (Fuente: elaboración propia)

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Costos

El proyecto tuvo los siguientes costos asociados:

- Costo de equipamiento
- Costo de adecuación de salas
- Costo de habilitación de PEXT (Planta Externa)
- Costo de instalación de equipos
- Costo de materiales para la habilitación de equipos

Los cuales se detallan a continuación.

4.2 Costo de equipos

En las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se muestra el costo del equipamiento por anillo utilizado en el proyecto.

Equipos de repuesto e interconexión al Core

Como parte del proyecto se debía entregar equipos de repuesto al área de Operación y Mantenimiento para el cambio inmediato ante cualquier avería. Sólo se adquirieron las tarjetas más comunes para los otros equipos se contaba con un contrato de soporte con el proveedor el cual debía entregar un repuesto en un plazo no mayor a 24 horas a partir del inicio de la avería.

Tabla 4.1 Costo de equipos de repuesto e interconexión al Core (Fuente: elaboración propia)

Equipos de repuesto e interconexión al Core			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Sub Total S/.
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	1	S/.182,000.00	S/.182,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	2	S/.3,080.00	S/.6,160.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	1	S/.103,600.00	S/.103,600.00
SPA 1x10GE	2	S/.50,000.00	S/.100,000.00
XFP Module 10GBASE-ER	2	S/.28,000.00	S/.56,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	2	S/.11,200.00	S/.22,400.00
Total			S/.470,160.00

Anillo Norte

Este anillo está formado por 2 equipos ASR9010 y 3 equipos ASR9006. En la tabla 4.2, se muestra el costo total por los equipos adquiridos incluyendo módulos ópticos de 1GE y 10GE, fuentes de energía, ventiladores y tarjetas.

Tabla 4.2 Costo de equipos de Anillo Norte (Fuente: elaboración propia)

Anillo Norte			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Sub Total S/.
ASR-9010 DC Chassis	2	S/.33,880.00	S/.67,760.00
ASR-9010 2 Post Mounting Kit	2	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9K Line Card Filler	12	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9010 Fan Tray	4	S/.10,780.00	S/.43,120.00
2kW DC Power Module	8	S/.7,840.00	S/.62,720.00
ASR9K Fabric, Controller 4G memory	4	S/.89,600.00	S/.358,400.00
Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software	2	S/.42,000.00	S/.84,000.00
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	4	S/.182,000.00	S/.728,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	45	S/.3,080.00	S/.138,600.00
1000BASE-SX SFP (DOM)	0	S/.1,540.00	S/.0.00
XFP Module 10GBASE-ER	2	S/.28,000.00	S/.56,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	4	S/.11,200.00	S/.44,800.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	2	S/.103,600.00	S/.207,200.00
ASR-9006 DC Chassis	3	S/.25,200.00	S/.75,600.00
ASR-9010 2 Post Mounting Kit	3	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9K Line Card Filler	18	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9006 Fan Tray	6	S/.10,640.00	S/.63,840.00
2kW DC Power Module	6	S/.7,840.00	S/.47,040.00
ASR9K Fabric, Controller 4G memory	6	S/.89,600.00	S/.537,600.00
Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software	3	S/.42,000.00	S/.126,000.00
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	5	S/.182,000.00	S/.910,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	47	S/.3,080.00	S/.144,760.00
1000BASE-SX SFP (DOM)	0	S/.1,540.00	S/.0.00
XFP Module 10GBASE-ER	4	S/.28,000.00	S/.112,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	2	S/.11,200.00	S/.22,400.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	1	S/.103,600.00	S/.103,600.00
Total			S/.3,933,440.00

Anillo Oeste

Este anillo está formado por 2 equipos ASR9010 y 2 equipos ASR9006. En la tabla 4.3 se muestra el costo total por los equipos.

Tabla 4.3 Costo de equipos de Anillo Oeste (Fuente: elaboración propia)

Descripción	Anillo Oeste		
	Cantidad	Costo unitario	Sub Total S/.
ASR-9010 DC Chassis	2	S/.33,880.00	S/.67,760.00
ASR-9010 2 Post Mounting Kit	2	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9K Line Card Filler	12	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9010 Fan Tray	4	S/.10,780.00	S/.43,120.00
2kW DC Power Module	8	S/.7,840.00	S/.62,720.00
ASR9K Fabric, Controller 4G memory	4	S/.89,600.00	S/.358,400.00
Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software	2	S/.42,000.00	S/.84,000.00
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	4	S/.182,000.00	S/.728,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	33	S/.3,080.00	S/.101,640.00
1000BASE-SX SFP (DOM)	6	S/.1,540.00	S/.9,240.00
XFP Module 10GBASE-ER	1	S/.28,000.00	S/.28,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	5	S/.11,200.00	S/.56,000.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	2	S/.103,600.00	S/.207,200.00
ASR-9006 DC Chassis	2	S/.25,200.00	S/.50,400.00
ASR-9010 2 Post Mounting Kit	2	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9K Line Card Filler	12	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9006 Fan Tray	4	S/.10,640.00	S/.42,560.00
2kW DC Power Module	4	S/.7,840.00	S/.31,360.00
ASR9K Fabric, Controller 4G memory	4	S/.89,600.00	S/.358,400.00
Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software	2	S/.42,000.00	S/.84,000.00
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	4	S/.182,000.00	S/.728,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	43	S/.3,080.00	S/.132,440.00
1000BASE-SX SFP (DOM)	0	S/.1,540.00	S/.0.00
XFP Module 10GBASE-ER	1	S/.28,000.00	S/.28,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	3	S/.11,200.00	S/.33,600.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	0	S/.103,600.00	S/.0.00
Total			S/.3,234,840.00

Anillo Este

Este anillo es el que cuenta con la mayor cantidad de routers, está formado por 2 equipos ASR9010 y 4 equipos ASR9006. En la tabla 4.4 se muestra el costo total por los equipos.

Tabla 4.4 Costo de equipos de Anillo Este (Fuente: elaboración propia)

Anillo Este			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total S/.
ASR-9010 DC Chassis	2	S/.33,880.00	S/.67,760.00
ASR-9010 2 Post Mounting Kit	2	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9K Line Card Filler	12	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9010 Fan Tray	4	S/.10,780.00	S/.43,120.00
2kW DC Power Module	8	S/.7,840.00	S/.62,720.00
ASR9K Fabric, Controller 4G memory	4	S/.89,600.00	S/.358,400.00
Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software	2	S/.42,000.00	S/.84,000.00
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	4	S/.182,000.00	S/.728,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	37	S/.3,080.00	S/.113,960.00
1000BASE-SX SFP (DOM)	12	S/.1,540.00	S/.18,480.00
XFP Module 10GBASE-ER	1	S/.28,000.00	S/.28,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	5	S/.11,200.00	S/.56,000.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	2	S/.103,600.00	S/.207,200.00
ASR-9006 DC Chassis	4	S/.25,200.00	S/.100,800.00
ASR-9010 2 Post Mounting Kit	4	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9K Line Card Filler	24	S/.0.00	S/.0.00
ASR-9006 Fan Tray	8	S/.10,640.00	S/.85,120.00
2kW DC Power Module	8	S/.7,840.00	S/.62,720.00
ASR9K Fabric, Controller 4G memory	8	S/.89,600.00	S/.716,800.00
Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software	4	S/.42,000.00	S/.168,000.00
2-Port 10GE, 20-Port GE Line Card	8	S/.182,000.00	S/.1,456,000.00
1000BASE-LX/LH SFP (DOM)	49	S/.3,080.00	S/.150,920.00
1000BASE-SX SFP (DOM)	12	S/.1,540.00	S/.18,480.00
XFP Module 10GBASE-ER	3	S/.28,000.00	S/.84,000.00
XFP Module 10GBASE-LR	5	S/.11,200.00	S/.56,000.00
4-Port 10GE Low Queue Line Card	0	S/.103,600.00	S/.0.00
Total			S/.4,666,480.00

4.2.1 Costo total de equipos

En la tabla 4.5 se muestra el costo total del equipamiento utilizado para este proyecto.

Tabla 4.5 Costo total de equipos (Fuente: elaboración propia)

Descripción	Costo
Anillo Norte	S/.3,933,440.00
Anillo Oeste	S/.3,234,840.00
Anillo Este	S/.4,666,480.00
Repuesto + interconexión	S/.470,160.00
Total	S/.12,304,920.00

4.2.2 Costo de adecuación de salas

En la tabla 4.6 se muestran los costos de habilitación de las salas técnicas por anillo, que incluye la habilitación de espacio y energía.

Tabla 4.6 Costo de adecuación de salas por anillo (Fuente: elaboración propia)

	Espacio	Energía	Sub Total S/.
	Costo	Costo	
Anillo Norte	S/.111,440.00	S/.72,800.00	S/.184,240.00
Anillo Este	S/.71,680.00	S/.39,200.00	S/.110,880.00
Anillo Oeste	S/.5,040.00	S/.0.00	S/.5,040.00
Total			S/.300,160.00

4.2.3 Costo de habilitación de PEXT (Planta Externa)

En la tabla 4.7 se muestra el costo de habilitación de pares de fibra óptica paralelos al anillo existente, los precios incluyen los materiales y la mano de obra para el tendido o canalizado de fibra en los tramos saturados.

Tabla 4.7 Costo de adecuación de PEXT por anillo (Fuente: elaboración propia)

	Costo S/.
Anillo Norte	S/.590,296.00
Anillo Este	S/.739,578.00
Anillo Oeste	S/.988,540.00
Total	S/.2,318,414.00

4.2.4 Costo de instalación de equipos

En la tabla 4.8 se muestran los costos de instalación de equipos por anillo, lo cual incluye el traslado, instalación y aterramiento del gabinete, el traslado e instalación del equipo dentro del gabinete, el energizado del equipo, los reflejos de fibra óptica para los enlaces con equipos de Triple Play y para la atención de servicios corporativos, así como las interconexiones de fibra óptica externa con los otros equipos del anillo.

Tabla 4.8 Costo de instalación de equipos por anillo (Fuente: elaboración propia)

Descripción	Cantidad de equipos	Costo por equipo	Costo total por anillo
Anillo Norte	5	S/.8,000.00	S/.40,000.00
Anillo Oeste	4	S/.8,000.00	S/.32,000.00
Anillo Este	6	S/.8,000.00	S/.48,000.00
Total			S/.120,000.00

4.2.5 Costo de materiales de instalación

Dada la gran cantidad de cableados reflejos de fibra óptica para los equipos de la plataforma HFC, se debió tener en cuenta el costo de los materiales de instalación. En la tabla 4.9 se muestra el costo total de materiales del proyecto.

Tabla 4.9 Costo de materiales de instalación (Fuente: elaboración propia)

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo S/.
Jumpers	463	S/.140.00	S/.64,820.00
Patch Panel	80	S/.56.00	S/.4,480.00
Conectores	403	S/.19.60	S/.7,898.80
Total			S/.77,198.80

4.3 Nueva red de anillos 10GE

Al finalizar el proyecto se obtuvieron 3 anillos Carrier Ethernet de alta capacidad y disponibilidad, estos anillos multiservicio transportan los servicios de clientes corporativos, residenciales 3Play y el tráfico móvil de voz e Internet (el cual en los últimos dos años ha tenido un gran incremento).

En la figura 4.1 se muestra la topología final de los anillos Carrier Ethernet, con los switches de acceso que atienden los servicios corporativos de diferentes zonas de Lima conectados a la red de 10GE.

En la figura 4.2 se muestra la topología propuesta para el transporte de tráfico móvil a través de los anillos 10GE con nuevos equipos IP RAN para el transporte de radio bases 2G y 3G.

Como se menciona en el capítulo I, la empresa se encontraba en proceso de fusión con una de servicios móviles la cual ya contaba con una red IP RAN de baja capacidad (en su mayoría tenía enlaces microondas o de fibra óptica de 1GE) para esta red los anillos Carrier Ethernet sirvieron de transporte hacia el Core Móvil, lo que se obtuvo al integrar los anillos IP RAN a los routers ASR9000.

La ocupación final de los anillos 10GE una vez migrado el tráfico del servicio 3Play no sobrepasa el 30% (Fig. 4.3)

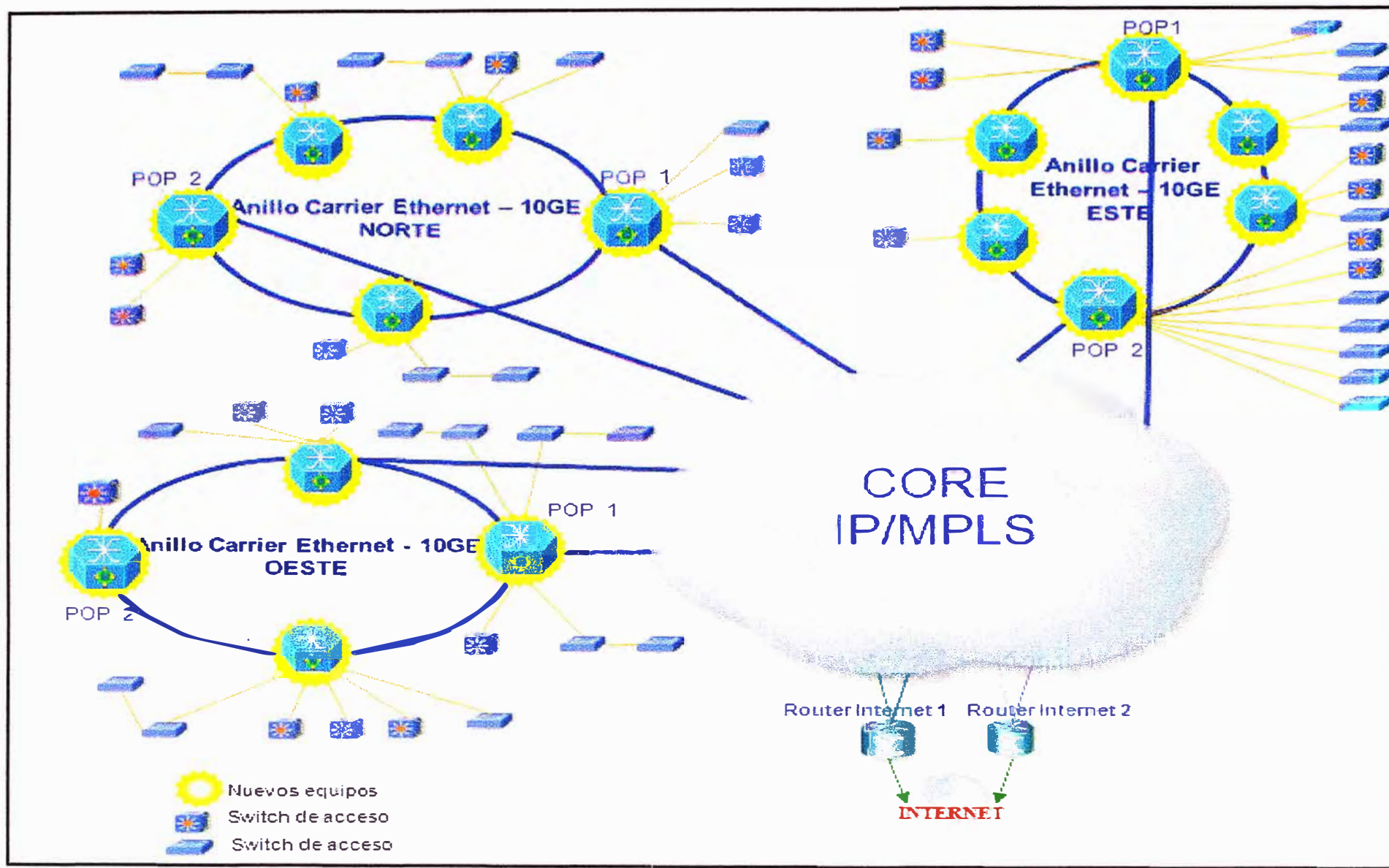


Fig. 4.1 Topología final de anillos 10GE (Fuente elaboración propia)

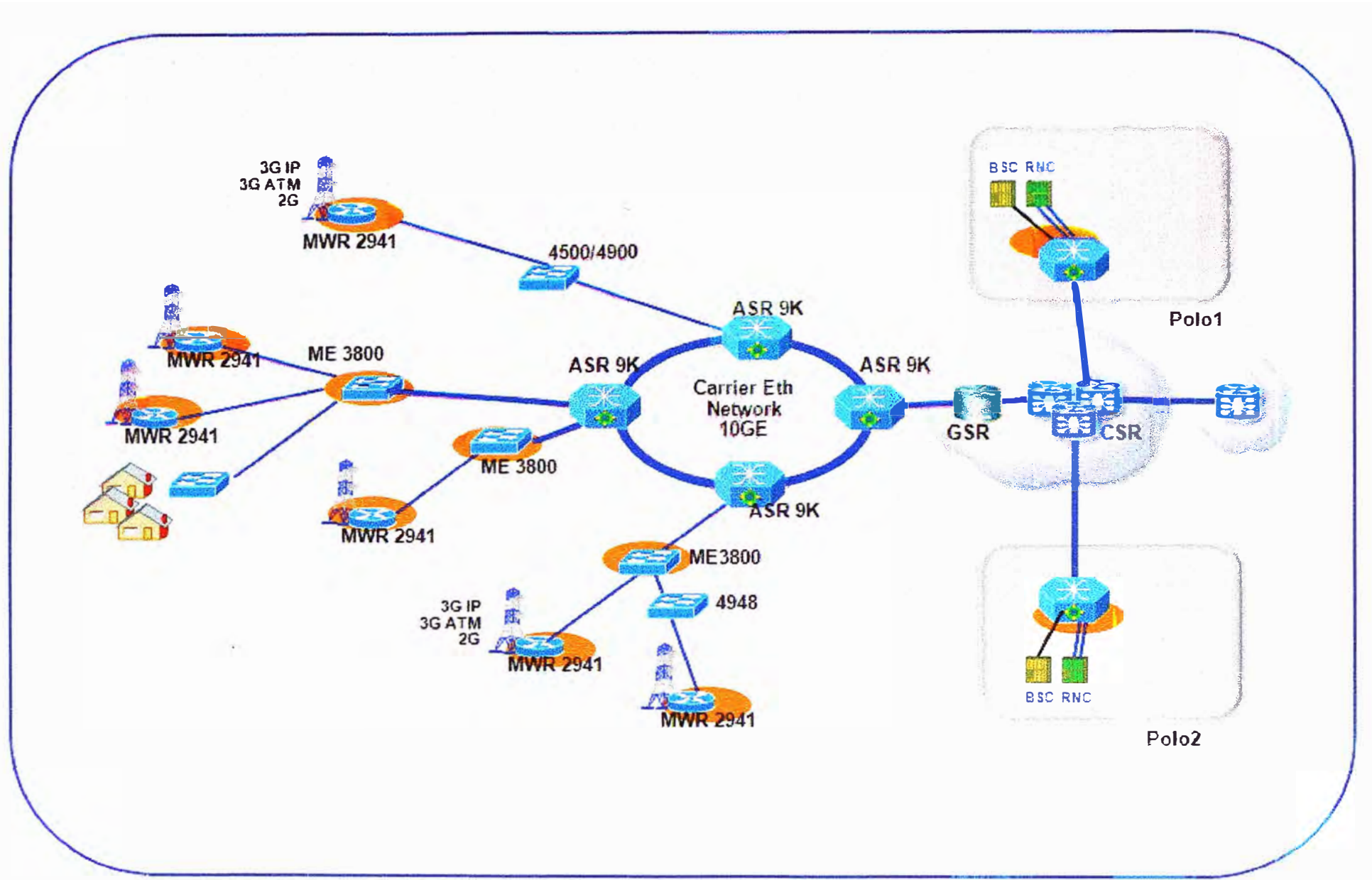


Fig. 4.2 Topología de red para el transporte de tráfico móvil (Fuente: Cisco/Claro)

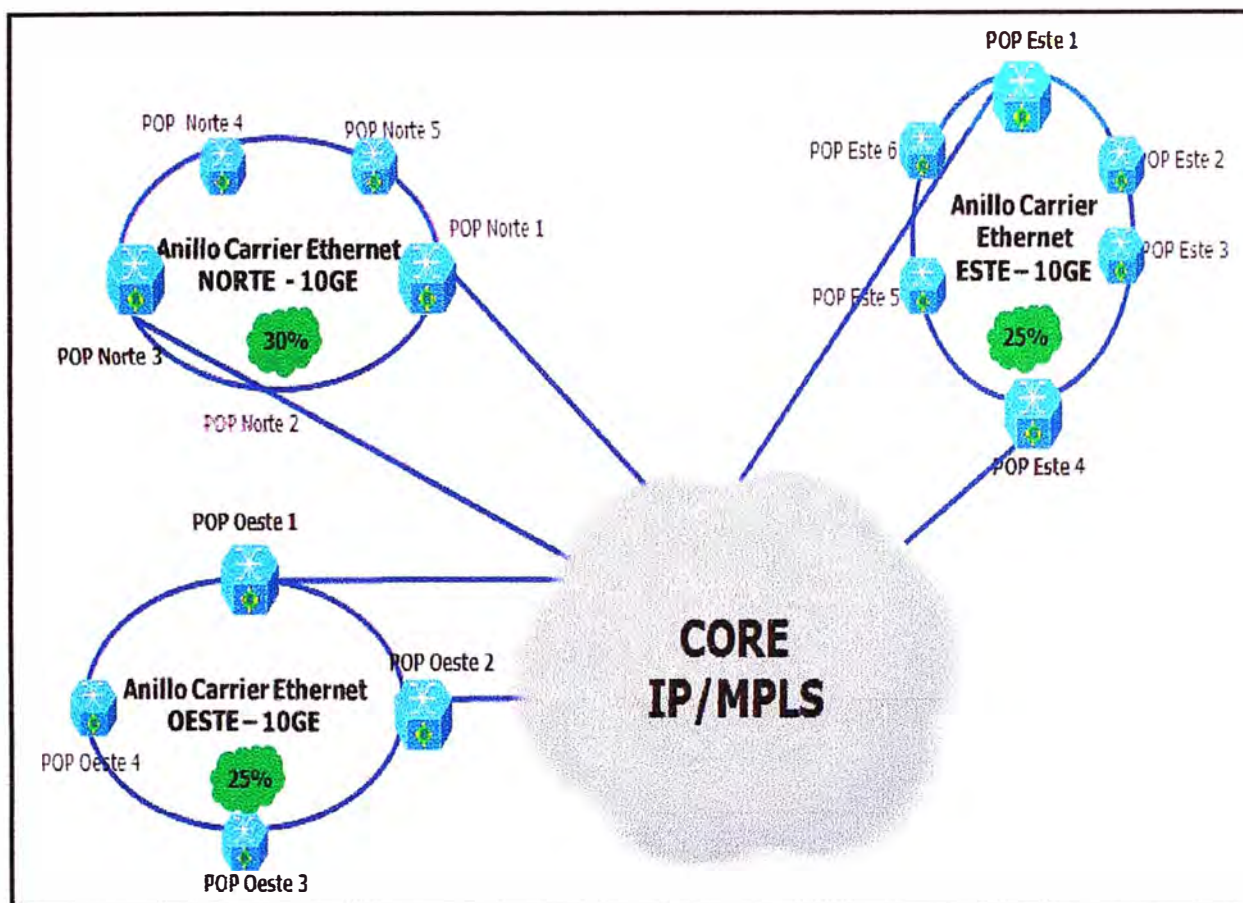


Fig. 4.3 Ocupación de anillos Carrier Ethernet (Fuente: elaboración propia)

4.4 Cronograma de desarrollo del proyecto

Para el planeamiento de la implementación del proyecto, se debe tener en cuenta los siguientes puntos para realizar el cronograma del proyecto:

- Definición de requerimientos	3 días
- Diseño de la solución	17 días
- Compra e importación de equipos	60 días
- Adecuación de salas	40 días
- Habilitación de PEXT	60 días
- Instalación de equipos	25 días
- Validación de equipos	10 días
- Configuración de equipos	30 días

Estos tiempos son los que se estimaron para el proyecto, existieron retrasos en alguno de ellos, tales como la llegada de equipos, pues dada la cantidad de partes, la verificación y desaduanaje de estos se extendió unos días. Finalmente los tiempos no variaron mucho de los estimados pues se trabajó en paralelo en varias de las tareas y se logró brindar los servicios en las fechas esperadas.

En la figura 4.4 se muestra el diagrama de Gantt con el cronograma que se manejó para el proyecto.

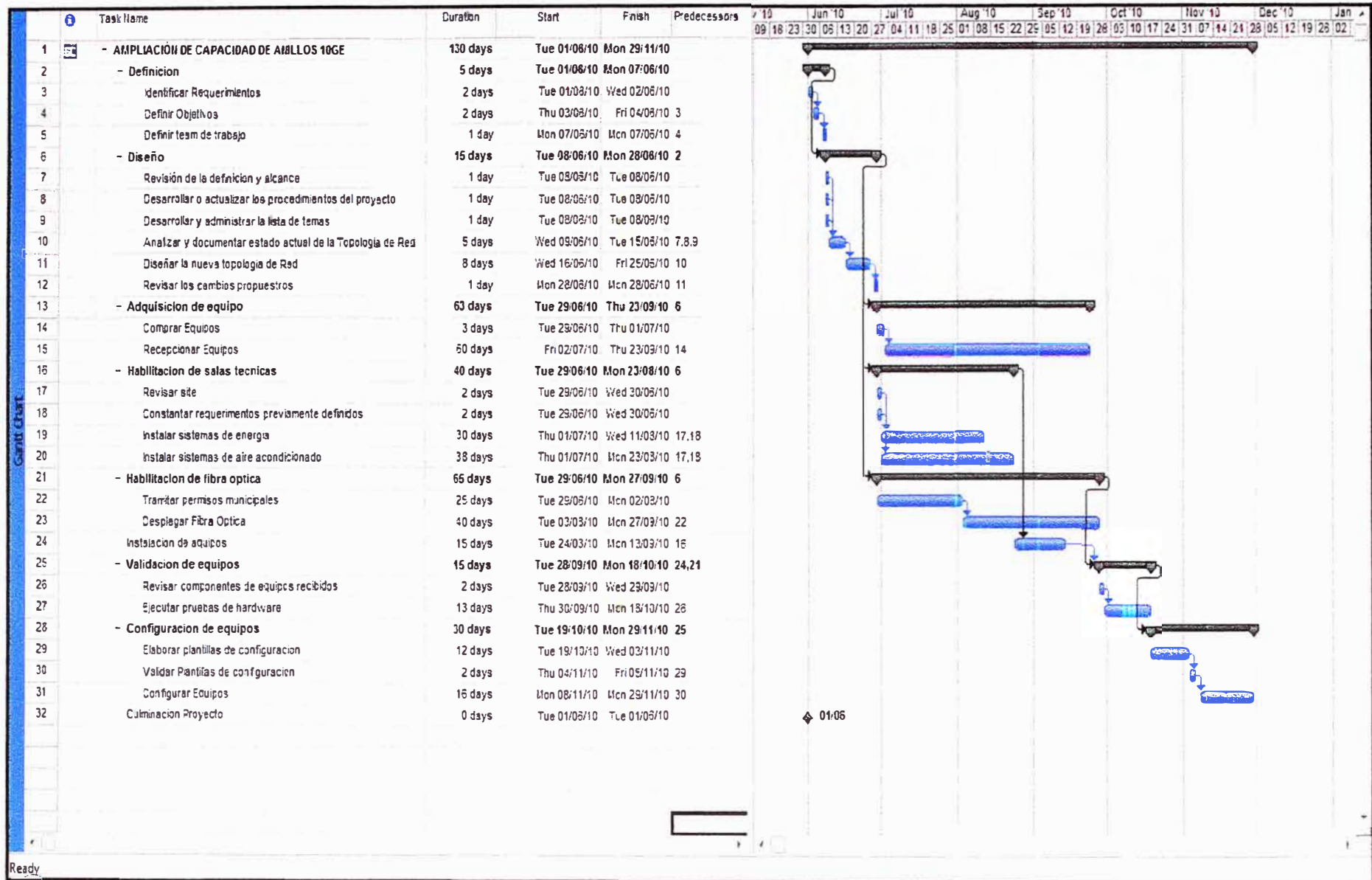


Fig. 4.4 Diagrama de Gantt (Fuente: elaboración propia)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las redes de 1GE quedan obsoletas frente a los nuevos requerimientos de velocidades de transmisión para los servicios de video e Internet.
2. Las redes Carrier Ethernet o redes multiservicio son la tendencia en telecomunicaciones, debido a la necesidad de transportar múltiples servicios sobre una sola red, como en el caso del presente proyecto donde la nueva red de anillos 10GE permite el transporte de la red fija y el tráfico de la empresa móvil con la cual se fusionó.
3. Contar con anillos Metro Ethernet, facilitó el diseño de la nueva red, pues al mantener la topología existente de alta disponibilidad, sólo debía realizarse una mejora de la plataforma de equipos.
4. Se obtuvo una plataforma robusta y de alta disponibilidad, con interfaces libres de 10GE para crecimiento futuro.

Recomendaciones

1. Se deberá monitorear la ocupación de los anillos 10GE, para realizar el incremento del anillo en una interface adicional de 10GE cuando la ocupación alcance el 75%.
2. Reservar un par de fibra óptica para tener disponibilidad inmediata de ampliación.
3. Para el transporte de tráfico móvil se deberá considerar el tema de sincronismo.

ANEXO A
GLOSARIO DE TERMINOS

CMTS	Sistema de terminación de cablemodems
VoD	Video en demanda
HD	Alta definición
SD	Definición estándar
IP RAN	Red de acceso de radio
3PLAY	Servicio que a través de un sólo medio brinda Internet, voz y video
HFC	Hybrid fibre-coaxial, red hibrida de fibra óptica y cable coaxial
LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
WAN	Wide Area Network
UNI	User Network Interface
DWDM	Dense wavelength Division Multiplexing
MPLS	Multiprotocol label switching
DDR	Dial-On-Demand Routing
VLAN	Virtual LAN
GE	Gigabit Eternet
NAT	Network Address Translation

ANEXO B
ROUTER ASR9000

En este anexo se detallan las características técnicas del equipo ASR9000, desde la parte lógica y de rendimiento, por la cual fue elegida esta plataforma, hasta la parte física que sirvieron para la adecuación de las salas técnicas.

Plataforma ASR9000 vs. 7606-S

A continuación se presenta un cuadro comparativo de las plataformas Cisco que se tenían disponible para implementar los anillos 10GE. En la red se venían utilizando equipos 7606-S, en cambio la plataforma ASR9000 pertenecía a un nuevo lanzamiento de Cisco, la cual hasta el momento no había sido usada en Sudamérica.

Tabla a – Cuadro comparativo ASR9000 vs. 7606-S (Fuente: Cisco)

	ASR9000			7606-S		
	LC-E	LC-B	LC-L	ES+	ES+X (XC, XT)	ES+T
Architecture for high density Ethernet ports	Yes			Medium		
End-to-End QoS (including To-Fab QoS)	Yes			Yes		
Superior Multicast	Yes			Yes		
Micro-kernel OS architecture	Yes			No		
Green	Yes			Yes		
Systems Scale						
BW per Slot (current -> 2011)	180Gb -> 400Gb			40Gb -> 80Gb*		
FIB IPv4	1M			1M (3CXL)		
MAC addresses	512K			96K		
VRFs	4K			1K		
MPLS labels	128K					
Egress Queues	256K	64K	8/port	128K	128K	16 level 4 queues, 8 Level 3 shaper, 4 level 2 shaper, all per physical port
Policers	256K	128K	8K	24K	24K	24K (T-20), 48K (T-40)
L3 sub-interface/port or /LC	4K/port	4K/port	4K/port			2048 /LC (T-20), 4096/LC (T-40)
EFPs/EVCs	32K	16K	4K			4096 (T-20), 8192 (T-40)
Bridge Domains	8K	8K	4K			

Packet Buffer	150ms	50ms	50ms			
SyncE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BNG/ISG Capable	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
10G Interface Modes				LAN	LAN/WAN	LAN/WAN
Video Mon Capable				Yes	Yes	Yes
OTN, G.709/FEC				No	Yes	Yes
Carrier Ethernet						
E-OAM (E-LMI,802.3ah,802.1ag, CFM)		Yes			Yes	
Y.1731 Ethernet performance management		Yes			Yes	
Traffic Monitoring		Yes			Yes	
802.3ad per EFP Load Balancing		Yes			Yes	
Mobile						
SyncE		Yes			Yes	
1588v2		roadmap			Yes	
Cell Packing		Yes			Yes	
MLPPP, LFI, IC-SSO, MR-APS		Yes			Yes	
LTE gateway - GTPv2		roadmap			Yes	
Transport						
WANPHY		Yes			Yes	
IPoDWDM		Yes			Yes	
Video Solution						
Inline Monitoring		Yes			Yes	
MoFRR		Yes			Yes	
High Availability						
Multicast High Availability		Yes			Yes	
BGP NSR, BGP PIC, BGP NHT		Yes			Yes	
IP FRR for OSPF & ISIS		Yes			Yes	
MoFRR		Yes			Yes	
TE Path Protection		Yes			Yes	
HSRP/VRRP		Yes			Yes	
Netflow						
Netflow		Yes			Yes	
Multicast VPN		Yes			Yes	
6PE/6vPE		Yes			Yes	
Services						
Subscriber Aware Ethernet – BNG/ISG		Future			Yes	

PPP/IP Sessions	Future	Yes
Lawful Intercept	Future	Yes

En base a esta información se elaboró la tabla 3.1 con las características más importantes que llevaron a elegir a la plataforma ASR9000.

Características físicas

- Componentes de equipo ASR9000

ASR9010

En la figura B1 se muestra la distribución de tarjetas de línea, procesadoras, fuentes de energía y bandejas de ventilación en un equipo ASR9010.

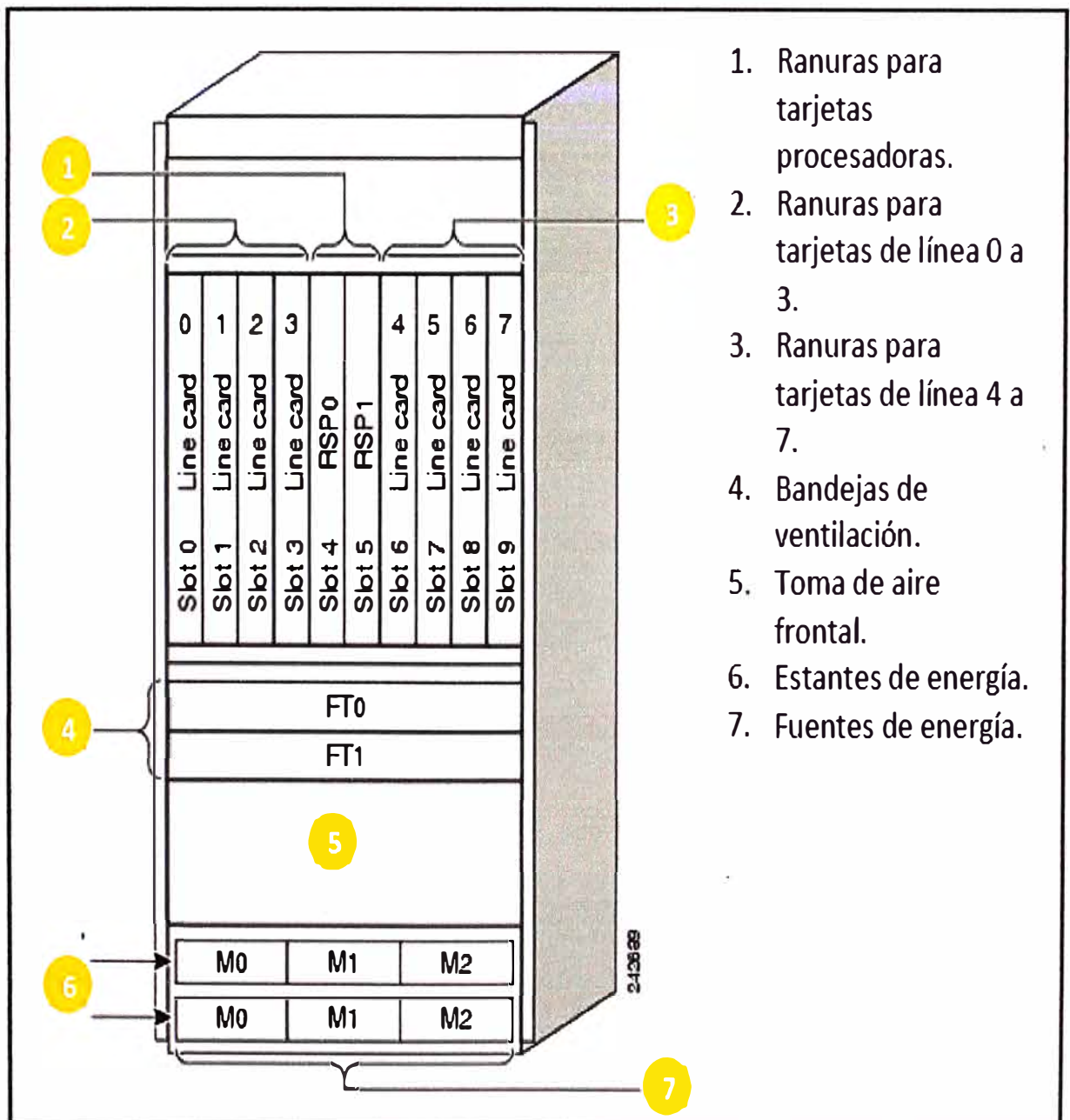


Figura B1 Distribución de equipo ASR9010 (Fuente: Cisco)

ASR9006

En la figura B2 se muestra la distribución de tarjetas de línea, procesadoras, fuentes de energía y bandejas de ventilación en un equipo ASR9006.

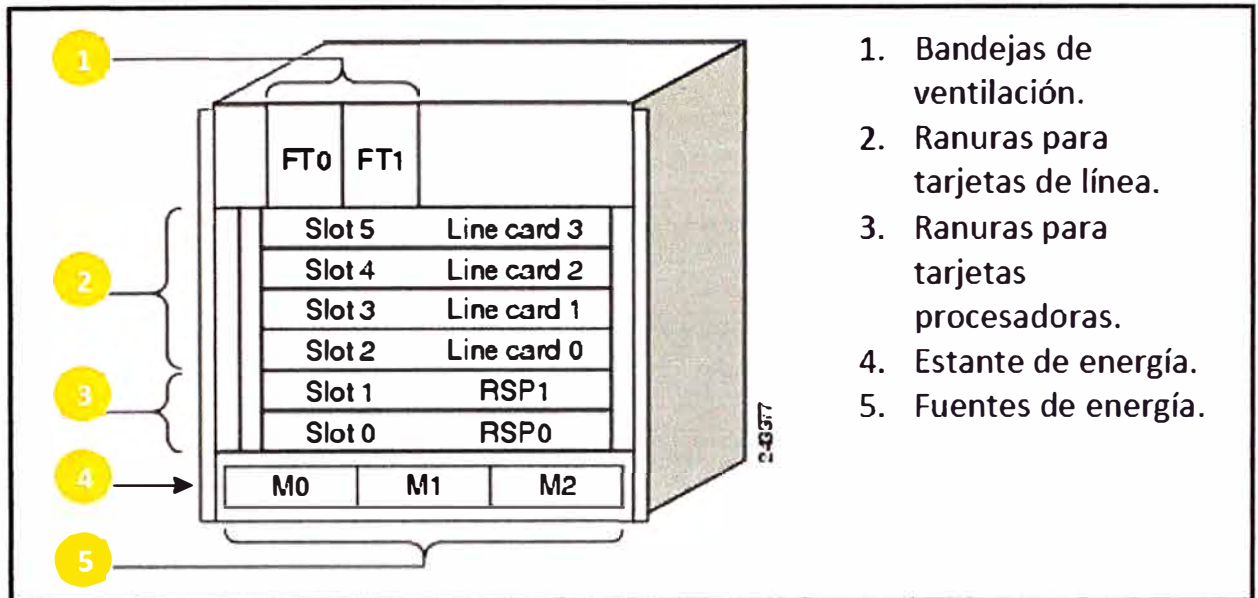


Figura B2 Distribución de equipo ASR9006 (Fuente: Cisco)

- Fuentes y sistema de energía DC

El sistema de energía DC consiste en:

Uno o dos estantes de energía (Power Shelf) en la parte trasera, según si es ASR9006 (hasta 3 fuentes) o ASR 9010 (hasta 6 fuentes). Fuentes DC en la parte frontal inferior del equipo (Fig. B3)

Cada power shelf entrega energía hasta a 3 fuentes DC. Para cada fuente se requieren cuatro cables como indica la figura (PWRA-, RTNA+, PWRB-, RTNB+), más un cable a tierra para todo el chasis.

El sistema no maneja zonas de energía. Cada fuente de 2100W distribuye en forma equitativa la energía necesaria a los módulos que se encuentren instalados. El dimensionamiento recomendado debe ser tal que se cuente con el número de fuentes mínimo necesario para cubrir el consumo de las tarjetas instaladas, mas una fuente adicional para proveer redundancia N+1. La posición de las fuentes en el power shelf no es relevante. Cabe recalcar que el orden de prioridad de asignación de energía en caso el consumo exceda la energía disponible es el siguiente:

1. Módulos de energía.
2. Ventiladores.
3. Tarjetas procesadoras.
4. Tarjetas de línea empezando por el slot 0.

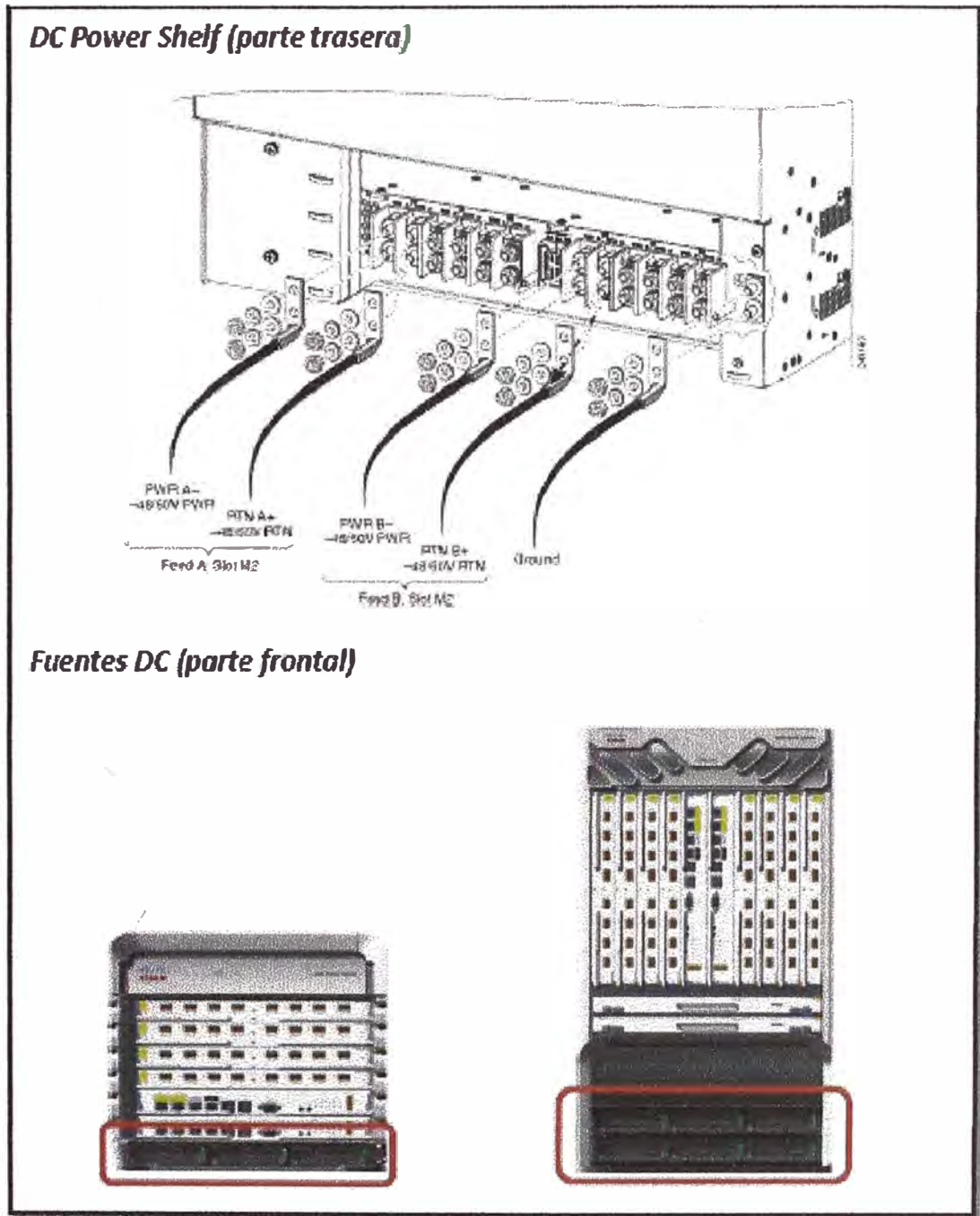


Figura B3 Fuentes y sistema de energía DC (Fuente: Cisco)

- Ventiladores y sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento consiste en dos juegos de bandejas de ventilación en el ASR9010 y en el ASR9006, conteniendo 12 y 6 ventiladores cada uno, respectivamente. Ambas bandejas tienen la habilidad de regular sus velocidades (rpm) por lo cual en caso un ventilador o bandeja completa falle, el sistema puede continuar trabajando sin problemas.

De acuerdo a la siguiente figura (Fig. B4), el flujo de aire tiene una dirección y sentido distinto según el tipo de chasis.

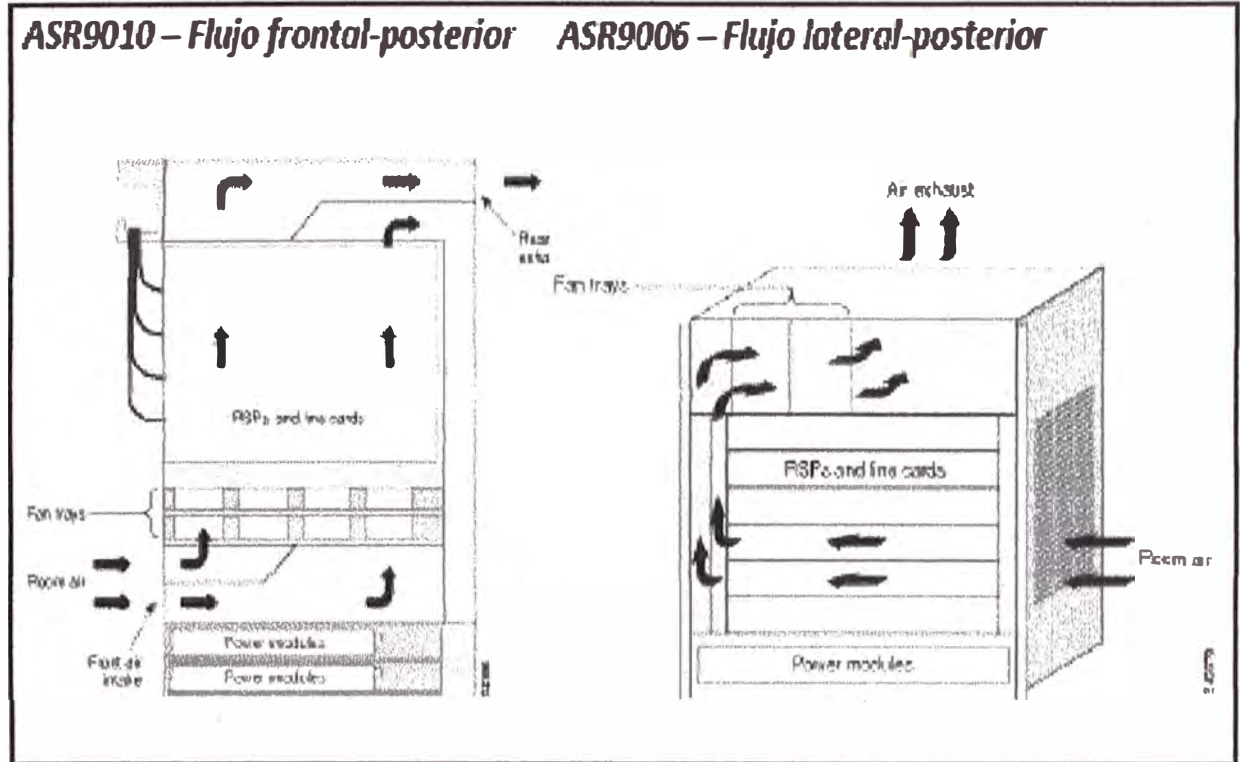


Figura B4 Flujo de aire en equipos ASR (Fuente: Cisco)

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Servicio VoD
<http://www.rtv.gov.co>
<http://www.cs.tut.fi/tit/stuff/vod/VoDOverview/vod.html>
<http://www.redbeemedia.com/services/search-recommendations>
- [2] Servicio Triple Play
<http://www.jeuazarru.com/docs/TriplePlay.pdf>
<http://www.express.com.ar>
- [3] Red Carrier Ethernet
<http://www.cisco.com>
- [4] Red IP RAN
http://www.alcatel-lucent.com/campaigns/wbb/docs/ALU-METAbrochure_0608.pdf
- [5] Modelo jerárquico de red
<http://www.ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>
- [6] Red HFC
<http://www.bandaancha.es/Informacion/Tecnologias/TecnologiasCableadas>
http://www.iol.unh.edu/services/testing/efm/training/UNH-IOL_Opticomm-DOCSIS.pdf
http://www.twcbc.com/medialibrary/3/28/content%20management/products%20and%20services/functionalitymoduletitles/dsl_myths.pdf
http://www.cablecable.net/tech_cable_dsl.html
- [7] Plataforma ASR9000
<http://www.cisco.com>
- [8] Red Carrier Ethernet: Advanced Services' Deploying and Maintaining Carrier Ethernet Services – Volumen 1/2 - Cisco