



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**“SERVICIOS DE BANDA ANCHA SOBRE TECNOLOGÍA DSL,  
EN UNA RED DE TELECOMUNICACIONES EN MÉXICO”**

## **CASO PRÁCTICO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:  
OSWALDO ORTIZ JIMÉNEZ**

**ASESOR DE TESIS:  
ING. JUAN GASTALDI PÉREZ.**

MÉXICO, 2009.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A ustedes que siempre me inculcaron el valor y la determinación para ser el mejor, por su apoyo incondicional en cada momento bueno y malo de mi vida; por sus desvelos y esfuerzos, por que siempre se preocuparon para que no me faltara una palabra de aliento. **Gracias Mamá y Papá.***

*A ti que con tus ocurrencias y locuras me alegrabas los momentos difíciles y porque siempre me apoyaste incondicionalmente. **Gracias Mary.***

*A ti que eres el motor de mi vida, por esa motivación que me trasmites día a día, por encaminarme a ser siempre el mejor, por ayudarme a trazar una vida; por compartir tus sueños, alegrías y enojos. **Gracias Mi Amor.***

*A ti que fuiste parte fundamental para dar el empujón que me faltaba, por venir a complementar mi vida y llenarla de dicha; por motivarme a terminar lo que habia empezado. **Gracias Christian.***

# ÍNDICE

---

<i>Introducción.</i>	<i>I</i>
<b>Capítulo 1. ANTECEDENTES.</b>	
<b>1.1 Medios de Acceso.</b>	<b>1</b>
1.1.1 <i>Redes de Cable.</i>	<b>1</b>
1.1.2 <i>Redes de Cable, Módems Dial Up.</i>	<b>1</b>
1.1.3 <i>Redes de Cable, DSL.</i>	<b>4</b>
1.1.4 <i>Fibra Óptica.</i>	<b>4</b>
<b>1.2 Banda Ancha.</b>	<b>5</b>
1.2.1 <i>Red de banda ancha.</i>	<b>5</b>
1.2.2 <i>Red de telecomunicaciones</i>	<b>5</b>
1.2.3 <i>Redes de Nueva Generación</i>	<b>8</b>
1.2.4 <i>Servicios sobre redes de banda ancha</i>	<b>10</b>
1.2.5 <i>Requerimientos de los usuarios</i>	<b>10</b>
<b>1.3 ATM (Asynchronous Transfer Mode)</b>	<b>11</b>
<b>1.4 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)</b>	<b>16</b>
1.4.1 <i>TCP</i>	<b>16</b>
1.4.2 <i>IP</i>	<b>20</b>
<b>Capítulo 2. TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN (ADSL).</b>	
<b>2.1 Que es DSL.</b>	<b>27</b>
2.1.1 <i>Tipos de tecnologías DSL</i>	<b>28</b>
<b>2.2 COMPONENTES DE LAS TECNOLOGÍAS DSL.</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Red ADSL.</b>	<b>31</b>
2.3.1 <i>Ventajas de ADSL</i>	<b>33</b>
2.3.2 <i>Desventajas de ADSL</i>	<b>33</b>
2.3.3 <i>Red IPTV</i>	<b>33</b>
2.3.4 <i>QoS</i>	<b>35</b>
<b>Capítulo 3. ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED IPTV PARA EL SERVICIO DE TRIPLE PLAY EN MÉXICO.</b>	
<b>3.1 Antecedentes.</b>	<b>39</b>
3.1.1 <i>Premisas de Diseño</i>	<b>39</b>
<b>3.2 Arquitectura funcional de la solución Tecnológica</b>	<b>41</b>
3.2.1 <i>Red IP para video Multicast y Unicast</i>	<b>41</b>
3.2.2 <i>Nodo Funcional.</i>	<b>41</b>
3.2.3 <i>Selección de la fase comercial y POPs metropolitanos</i>	<b>41</b>

<b>3.2.4 Módulos funcionales que componen la red IPTV</b>	<b>43</b>
<b>3.2.5 Descripción de los módulos funcionales</b>	<b>45</b>
<b>3.2.6 Elementos que componen los módulos funcionales.</b>	<b>45</b>
<b>3.2.7 Conexiones físicas y lógicas válidas</b>	<b>49</b>
<b>3.2.8 Conexiones entre nodos funcionales</b>	<b>49</b>
<b>3.2.9 Dentro de los nodos funcionales</b>	<b>49</b>
<b>3.2.10 Conexiones entre POPs (WAN)</b>	<b>50</b>
<b>3.2.11 Conexiones de redes locales (LAN)</b>	<b>50</b>
<b>3.2.12 Topología de la red para brindar el servicio</b>	<b>51</b>
<b>3.2.13 Estrategia de crecimiento para la red de IPTV</b>	<b>53</b>
<b>3.2.14 Plan de direccionamiento</b>	<b>56</b>
<b>3.2.15 Protocolos</b>	<b>57</b>
<b>3.2.16 Filtros</b>	<b>60</b>
<b>3.2.17 Políticas de calidad de servicio</b>	<b>61</b>
<b>3.2.18 Políticas de seguridad y gestión</b>	<b>62</b>
<b>3.2.19 Puntos de control</b>	<b>63</b>

***Conclusiones.*** **VI**

***Bibliografía.*** **VIII**

# INTRODUCCIÓN



# INTRODUCCIÓN

---

Sin lugar a dudas, el campo de las telecomunicaciones constituye un mundo fascinante y lleno de conocimientos que encaminados de manera productiva, brindan servicios eficientes a una sociedad plagada cada día de nuevas tecnologías.

Tecnologías cuya característica deberá radicar en la capacidad de simplificar las actividades de los usuarios, al contar con diversos servicios a través de un mismo medio.

Un reto nada sencillo tomando en cuenta la constante y acelerada evolución de la tecnología y de las necesidades de los usuarios. Sin embargo, a través del caso práctico Servicios de Banda Ancha sobre Tecnología DSL, en una Red de Telecomunicaciones en México; se pretende dar solución a éstas necesidades de los usuarios para adentrarlos a un cambio evolutivo en el mundo de las telecomunicaciones y simplificar su qué hacer cotidiano.

La nueva red IPTV permitirá darle un valor agregado al ISP ya que no sólo tiene la capacidad de proporcionar el servicio de voz y datos sino también la de TV Broadcast y VoD, los cuales cada día son mas requeridos por la sociedad que busca un servicio All Inclusive, lo que permite tener el control en una sola cuenta.

Finalmente la implementación de este proyecto, es de gran impacto económico para el ISP que desee brindar este tipo de servicios, por lo cual se debe contemplar un plan estratégico donde se debe revisar cuales son los lugares potencialmente adecuados para realizar una inversión de este tipo.

# Capítulo 1. ANTECEDENTES



# OBJETIVO

---

El objetivo del tema es tratar a modo de introducción las principales tecnologías de las redes de acceso mediante telefonía fija, identificando sus características así como sus limitaciones de las mismas, lo que nos llevará a entender de mejor manera las tecnologías DSL, de igual manera trataré de explicar las tecnologías ATM y TCP/IP para entender más adelante los conceptos con los que se van a trabajar.

## 1.1 MEDIOS DE ACCESO

Las distintas redes de acceso que se han desarrollado a lo largo de la historia en nuestro país han tenido un auge importante considerando de primer instancia el acceso Dial-UP hasta los famosos Dial-Turbo, los cuales han sido parte fundamental de la dirección a la cual está enfocado el servicio.

Las redes ISDN, fueron una alternativa superior en calidad de transmisión y velocidad comparada con las líneas Dial Up, o módems convencionales, pero la realidad es que no fue una solución adecuadamente competitiva para aprovechar las ventajas que se tiene el los pares de cobre tendidos por todo el país.

La fibra óptica de última milla (hasta el hogar del cliente) tiene todavía altos costos de implementación y parece una alternativa aún muy lejana para su empleo de manera masiva, sobre todo en un país como el nuestro donde la infraestructura de cableado está dominada por el cobre.

### *1.1.1 Redes de Cable*

La red telefónica básica, es el tipo de red más difundida y su principal soporte a nivel de accesos es el par de cobre. La misma fue diseñada para el transporte analógico de la señal de voz, pero no por ello deja de ser eficiente para las nuevas tecnologías digitales y/o los nuevos perfiles de AB demandados por el cliente.

Esta red tiene una estructura jerárquica, en la cual los distintos centros se comunican a través de diferentes circuitos de interconexión. Las conexiones entre los puntos de acceso, los usuarios y las centrales locales se efectúan en banda base, con un ancho de banda de 4 Khz, pero a medida que se va ingresando en la red, se emplean varios sistemas de transmisión y multiplexión de distintas capacidades, a los que las comunicaciones en curso van accediendo mediante diferentes procesos de modulación y multiplexión.

### *1.1.2 Redes de Cable, Módems Dial Up*

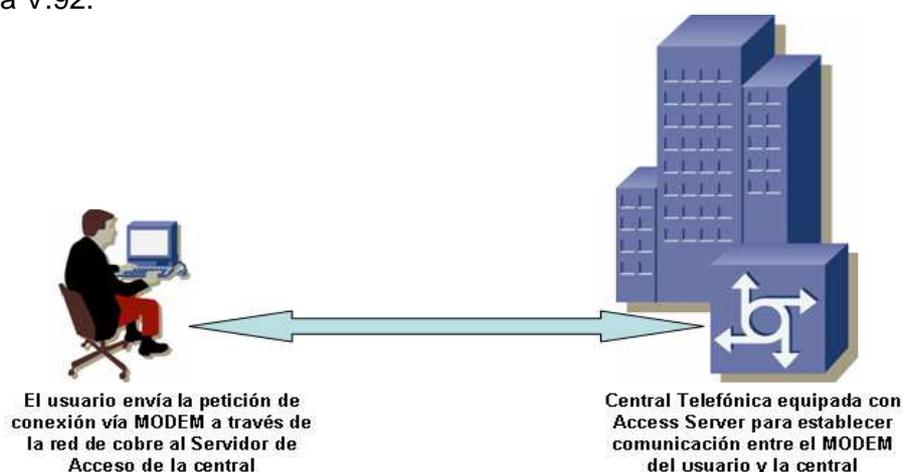
Estas redes de cable vieron una aplicación más y hasta ciertamente un nuevo negocio, ya que al modernizarse las centrales telefónicas permitieron la entrada de servicios digitales como la conexión llamada Dial Up, en la cual uno de los principales actores era el módem del usuario o cliente el cual abría la posibilidad de interconectar computadoras a través de la red de telefonía pública conmutada. *Figura 1.1*

Los módems dentro de todo su funcionamiento es el de interconectar computadoras, lo hacen mediante técnicas de modulación 4x4 QAM y técnicas de compresión y corrección de errores, además de una serie de características como la supresión de eco.

Actualmente los módems se rigen bajo la recomendación V.92 la cual adiciona la cancelación de eco y características como:

- Velocidades de 56Kbps
- Módem on Hold, que permite interrumpir una llamada de datos para atender una de voz, y una vez finalizada retomar la de datos sin perder la conexión.
- Quick Connect, que permite reducir el tiempo inicial de la conexión al realizar una llamada, omitiendo parte de la secuencia de prueba, con lo que se logran reducciones de hasta el 50% de los tiempos empleados habitualmente.
- V.PCM Upstream, que facilita la comunicación en sentido ascendente, permitiendo alcanzar velocidades de hasta 48.000 Bps, comparada con el límite de 31.200 Bps de la norma V.90. A fin de mejorar las condiciones de envío de mensajes por correo electrónico o de archivos, el usuario puede seleccionar el aumentar la velocidad del upstream, a costa de perder un poco de velocidad en el downstream.

Para poder hacer uso de estos servicios es necesario que ambos extremos, es decir el usuario y el proveedor de servicios de Internet, se encuentren actualizados a la normativa V.92.



*Figura 1.1. Envío de petición a la Central Telefónica.*

Sin duda alguna, en nuestro país fue la tecnología de acceso más desarrollada y por consiguiente con costos de equipamiento muy bajos. Pero este tipo de tecnologías ya no parecen suficientes para la transmisión a velocidades razonables y en tiempo real de voz, datos y video.

Otra de las tecnologías de red de acceso que vivió nuestro país fue el llamado Internet Turbo que no era más que la llamada red ISDN de conmutación de circuitos, la cual transmite datos en forma digital utilizando técnicas de multiplexado en el tiempo TMDA, y como la ISDN está integrada a la red telefónica conmutada, soporta el establecimiento de llamadas desde y hacia cualquier cliente de la Red Telefónica Básica.

Este tipo de redes utiliza dos pares trenzados de cobre convencional, uno para transmisión y otro para la recepción, dentro de la red ISDN existen dos categorías de servicio la (N-ISDN), o ISDN de banda estrecha y la (B-ISDN) o ISDN de banda ancha.

La (N-ISDN) fue un primer intento por reemplazar al sistema analógico por el digital, para el transporte de voz y datos. Permite el acceso a Internet a velocidades del orden de los 128 Kbps, comparados con los módems Dial Up que lo hacen a velocidades de 28.8, 33.6 ó 56 Kbps, además de tener un alcance de alrededor de 6 Km. Uno de sus mayores inconvenientes fue la demora en los procesos de estandarización de la red, quedando prácticamente obsoletos cuando estuvieron listos. No obstante ello, se proporcionaron velocidades de acceso a Internet, bastante más rápidas que los módems convencionales.

Entre las ventajas de estas redes, podemos entonces mencionar:

- Buena calidad de transmisión.
- Mayor seguridad, dada la posibilidad de encriptación de los mensajes.
- Buena velocidad, respecto de los módems Dial Up.
- Mayor flexibilidad en el tipo de conexiones.
- Servicio simultáneo de voz y datos.
- Ausencia de línea dedicada.

Y entre sus desventajas, se encuentran las siguientes:

- Costo elevado de los equipos.
- Costo elevado de la conexión.

Dentro de esta tecnología, se han desarrollado dos modos de conexión más comunes, uno con un nivel de ancho de banda más bajo, para el uso hogareño, y otro con un nivel de ancho de banda mayor para el uso empresarial.

Dentro del estándar ISDN, existen varios tipos de canales, intercalados por técnicas de multiplexión por división de tiempo:

- A Canal Analógico Telefónico de 4 Khz.
- B Canal Digital PCM de 64 Kbps para voz o datos.
- C Canal Digital de 8 ó 16 Kbps.
- D Canal Digital de 16 Kbps.
- E Canal Digital de 64 Kbps. Para señalización de ISDN Interna.

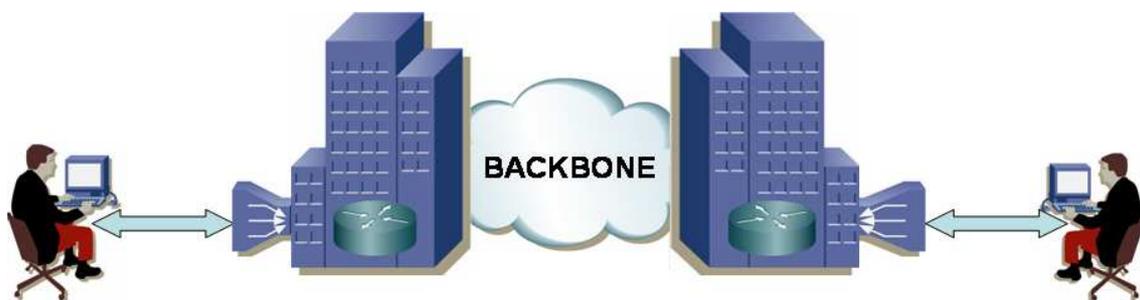
- H Canal Digital de 384, 1536 ó 1920 Kbps. Solamente se encuentran estandarizadas tres de tipos de combinaciones de estos canales:
  - 2 B + D, a 144 Kbps, o de velocidad básica.
  - 30 B + D, a 2.048 Kbps, o de velocidad primaria.
  - A + C, o híbrida

### 1.1.3 Redes de Cable, DSL

El nombre DSL no se refiere a una línea física, sino a un par de módems que dan origen a una línea digital. Esta línea, se genera sobre el par trenzado de cobre existente entre el cliente y la central telefónica. Donde la información viaja a través del backbone de la red y puede ser redireccionado, a otro usuario con DSL o hacia otro cliente con módem Dial Up, un ISP, un usuario de una red LAN, etc. *Figura 1.2*

El uso de esta tecnología permite el empleo simultáneo de la línea de cobre para voz y datos, sin interferirse un servicio con el otro y con velocidades varias veces superiores a las de los módems Dial Up convencionales y a las de las redes ISDN.

Como lo veremos más adelante, existen varios tipos de tecnologías DSL las cuales se distinguen en función de las distintas velocidades y características de cada una de ellas que hacen posible su utilización en distintas aplicaciones, desde el uso para el hogar hasta para grandes empresas; para servicios de datos, video, educación a distancia, servicios T1/E1, servicio entre servidores LAN y WAN, redes ATM y de fibra óptica.



*Figura 1.2. Redes de Cable, DSL.*

### 1.1.4 Fibra Óptica

Los tendidos de fibra óptica así como su clasificación están en función de las topologías y servicios para lo cual fueron construidas, por ejemplo:

- **FTTH, Fiber To The Home.** Es aquella que va desde el cliente hasta el nodo de servicio. Esta opción es la más directa, pero la más costosa a la hora de suministrar accesos de banda ancha, ya que requiere grandes inversiones de obra civil, este tipo de topología también es conocida como de Última Milla.

- **FTTB, Fiber To The Building.** donde la fibra llega hasta el interior de un edificio, en el que se instala una terminal óptica de red u ONU (Optical Network Unit).

Los tipos de fibra a utilizar están en función de las distancias y el tipo de servicio a ofrecer por la misma.

## 1.2 BANDA ANCHA

### 1.2.1 Red de banda ancha

Empezaremos por definir dos conceptos importantes, red y banda ancha, la definición de red comúnmente se simplifica como el conjunto de recursos interconectados entre si, gestionados de diversas maneras, que interaccionan para satisfacer las necesidades de los usuarios que hacen uso de ella.

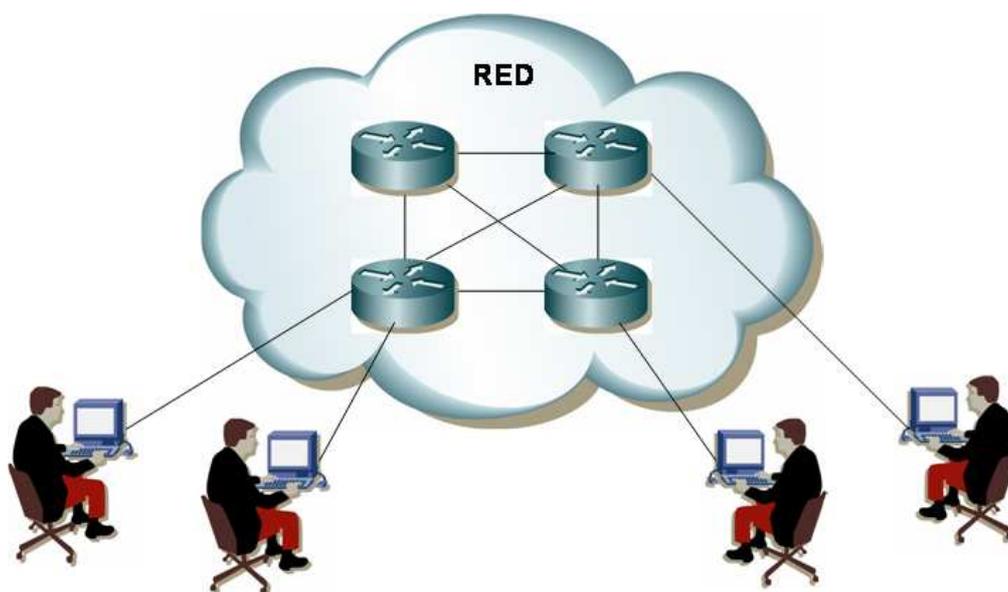
El concepto básico de banda ancha es más amplio aún, pero lo podemos resumir como el medio físico que transporta dos o más señales de telefonía, de datos o de imagen a través de un mismo medio de transmisión, este concepto es muy importante ya que gracias a ello el usuario, podrá acceder a los distintos servicios que tiene asignados, sin ninguna clase de inconvenientes a través de la red.

Actualmente la integración de servicios (voz, datos y video) se han convertido en un factor importante en el desarrollo de las redes de banda ancha, ya que como lo dice la definición de banda ancha, todos estos servicios viajan sobre un mismo canal o medio de transmisión lo cual es transparente para el usuario y no interfiere con la operabilidad de cada uno de los servicios.

Un ejemplo claro de banda ancha son las variantes de servicios DSL (Digital Subscriber Line) en el sentido en que la información se envía sobre un canal y la voz por otro canal, pero compartiendo el mismo par de cables.

### 1.2.2 Red de telecomunicaciones

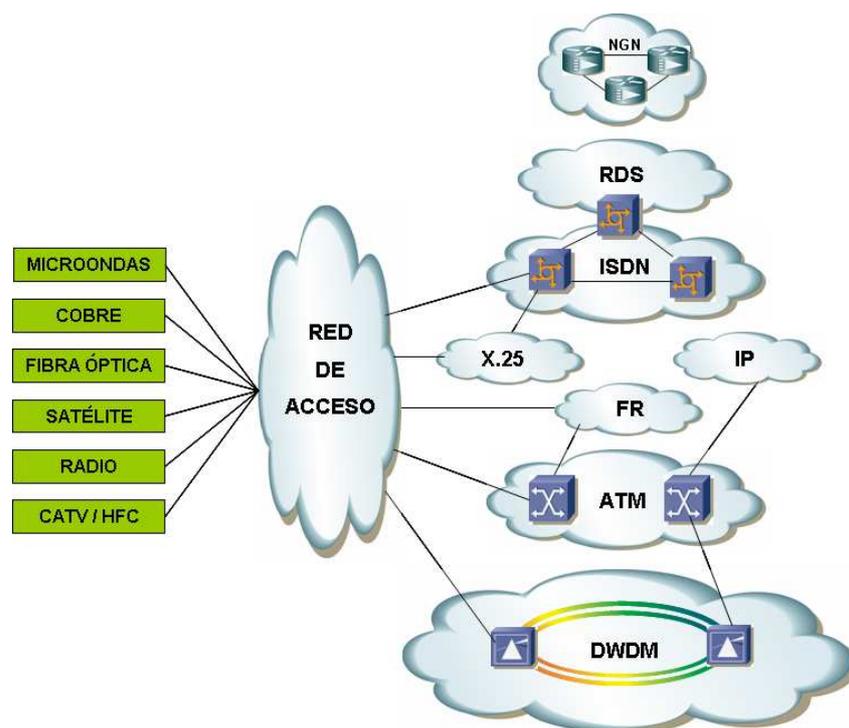
El concepto de red de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. *Figura 1.3*



*Figura 1.3. Redes de Telecomunicaciones.*

Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera. En una red de telecomunicaciones, es posible distinguir cuatro niveles funcionales (*Figura 1.4*).

- **Proveedores de servicios**, este nivel es el que involucra a los encargados de la generación de contenidos, los que pueden ser transmitidos a los usuarios en tiempo real o almacenado en grandes bases de datos y entregados al sistema de transporte. Esta particularidad diferencia a los proveedores de contenido de los de servicios.
- **Sistema de Transporte**, en esta funcionalidad de transporte de red, podemos englobar a todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta los usuarios y atender sus requerimientos a través del canal de retorno.
- **Red Troncal de Transporte**, es el primer nivel de la red de transporte y se encarga de posibilitar que la red alcance a cualquier extensión geográfica.
- **Red de Distribución**, a través de ella deben realizarse las tareas de transmisión de datos y conmutación, teniendo como función principal multiplexar la información proveniente de distintos proveedores de servicios o usuarios y adaptar el sistema de transporte a las características específicas del cliente.



*Figura 1.4. Niveles de las redes de telecomunicaciones.*

En la figura puede observarse un esquema completo de una red de telecomunicaciones, con todos los componentes que se encuentran presentes en la actualidad.

El transporte digital es bidireccional y se realiza utilizando tecnologías síncronas de alta velocidad, como la SDH (Synchronous Digital Hierarchy), que facilitan el transporte de contenidos multimedia a velocidades superiores a 155 Mbps.

El sistema de transporte para aplicaciones multimedia está basado en conmutadores ATM, con fibra óptica como medio físico. Esta tecnología es muy apta para gestionar gran ancho de banda y tiene gran flexibilidad y prestaciones para la gestión de redes multimedia. Otra de sus ventajas es la flexibilidad para asociarle parámetros diferentes de calidad, en función de los servicios requeridos por los usuarios.

Las interfaces de usuario son los elementos finales de la red en el entorno del cliente y son las encargadas de codificar y decodificar la información que va del equipamiento del usuario (PC) a la red y viceversa.

Es previsible que las diferencias entre las distintas redes de acceso existan durante un buen tiempo y en ese entorno, el papel de las interfaces de usuario es fundamental, permitiendo la conexión de una gran variedad de equipos terminales a diferentes tipos de redes de acceso.

### ***1.2.3 Redes de Nueva Generación***

El término de red de nueva generación (Next Generation Networking o NGN) se refiere a la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el objetivo de lograr la congruencia de los nuevos servicios multimedia (voz, datos, video). *Figura 1.5.*

La idea principal que se esconde debajo de este tipo de redes es el transporte de paquetes encapsulados de información a través de Internet. Estas nuevas redes serán construidas a partir del protocolo Internet Protocol (IP). Según la ITU-T. Una Red de Siguiete Generación es una red basada en la transmisión de paquetes capaz de proveer servicios integrados, incluyendo los tradicionales telefónicos y capaz de explotar al máximo el ancho de banda del canal haciendo uso de las tecnologías de Calidad del Servicio (QoS) de modo que el transporte sea totalmente independiente de la infraestructura de red utilizada, además, ofrece acceso libre para usuarios de diferentes compañías telefónicas y apoya la movilidad que permite acceso multipunto a los usuarios.

Desde un punto de vista más sencillo, las Redes de Siguiete Generación suponen tres cambios fundamentales en la arquitectura de red tradicional que han de ser evaluados de forma independiente:

- Con lo que respecta al núcleo de red, las NGN supone la consolidación de varias redes de transporte (dedicadas) construidas a partir de diferentes servicios individuales (normalmente basados en protocolos IP y Ethernet). También implica, entre otras muchas cosas, la migración del servicio de voz desde la tradicional arquitectura conmutada (PSTN) a la nueva VoIP, además de la sustitución de las redes tradicionales como la X.25 o la Frame Relay. Esto supone incluso una migración para el usuario tradicional hacia un nuevo servicio como es el IP VPN o la transformación técnica de las redes tradicionales.
- Para las redes de acceso, NGN supone la migración del canal tradicional dual de voz y datos asociado a las redes xDSL hacia instalaciones convergentes en las que los DSLAMS integren puertos de voz o VoIP, permitiendo de esta forma dejar atrás las actuales redes conmutadas que multiplexen voz y datos por diferentes canales.
- Finalmente en las redes cableadas, la convergencia hacia la NGN implica la migración de la tasa constante de flujo de bits a que suministren servicios VoIP y SIP (Protocolo de Inicio de Sesiones RFC 2543).

En las Redes de Siguiete Generación existe una separación bien definida entre la porción de red de transporte (conectividad) y los servicios que corren por encima de esa red, esto quiere decir que siempre que un proveedor telefónico desee habilitar un nuevo servicio, puede hacerlo fácilmente definiéndolo desde la capa de servicio directamente sin tener en cuenta la capa de transporte, ya que los servicios proporcionados serán independientes de la infraestructura de red.

La tendencia actual es que estos servicios, incluyendo la voz, se inclinen hacia la independencia de red y normalmente residan en los dispositivos de usuario (teléfono, PC, receptores de TVD, etc.).

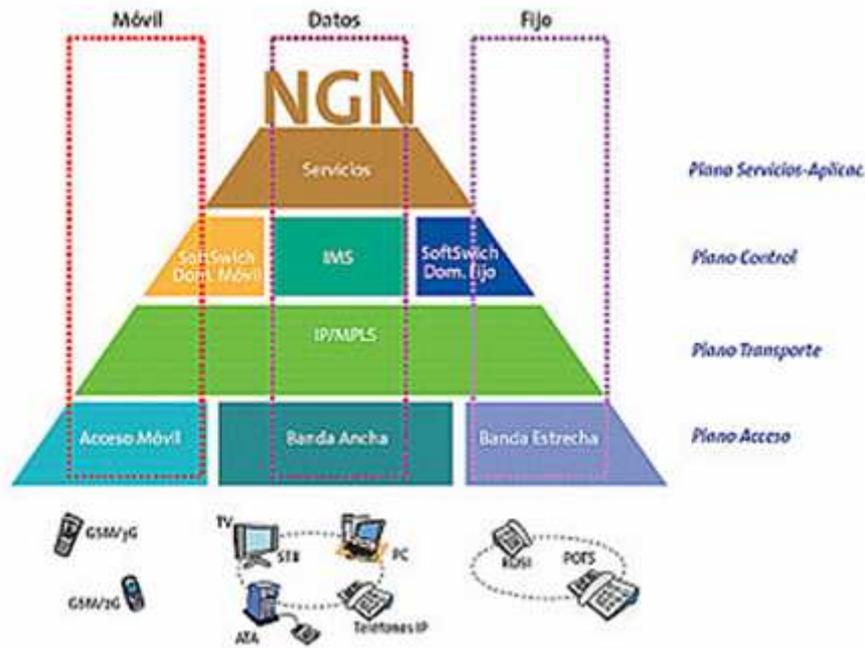


Figura 1.5. Redes de Nueva Generación.

Las Redes de Siguiete Generación están basadas en tecnologías Internet incluyendo el protocolo IP y el MPLS. En el nivel de aplicación, los protocolos SIP, parecen haberse incorporado desde la norma ITU-T H.323.

Inicialmente H.323 era el protocolo más famoso a pesar de que su popularidad decayó en las redes LAN por su pésima gestión de NAT y firewalls. Por este motivo, mientras se están desarrollando los servicios domésticos de VoIP, los nuevos servicios SIP están siendo mejor acogidos. Sin embargo, mientras que en las redes de voz todo el control se encuentra bajo el operador telefónico, la mayoría de los Carriers a gran escala usan H.323 como elección más acertada, por tanto, SIP es realmente una herramienta muy útil para la red local y el protocolo H.323 es como la norma para la fibra de transporte.

Con los últimos cambios introducidos por el protocolo H.323, es posible que ahora los nuevos dispositivos H.323 soporten la gestión de NAT y firewalls, no obstante, la mayoría de las operadoras telefónicas están haciendo un estudio intensivo y apoyo hacia el IMS (IP Multimedia Subsystem) que da al protocolo SIP una mejor oportunidad de ser el nuevo protocolo más ampliamente utilizado.

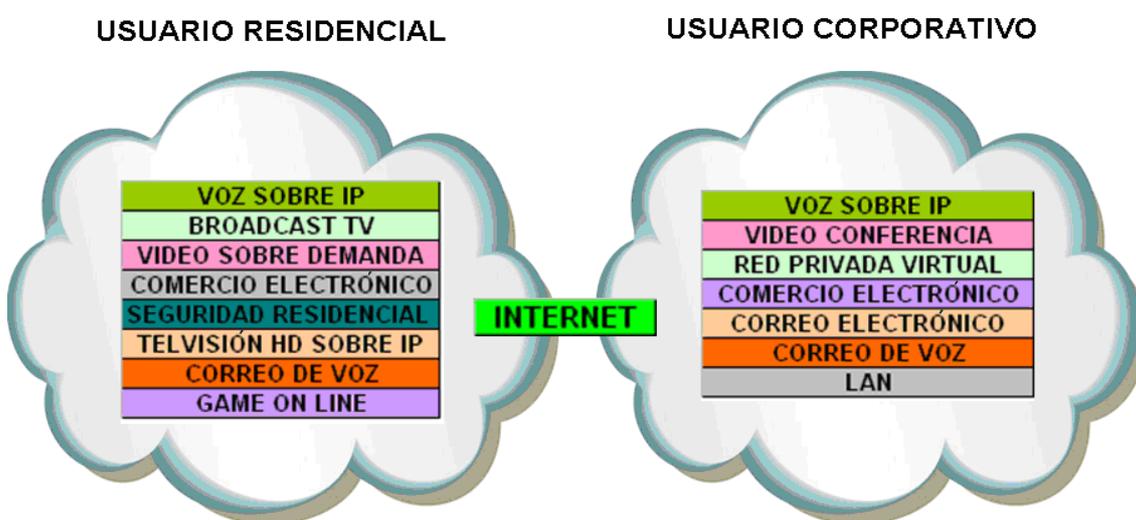
Para las aplicaciones de voz, uno de los dispositivos más importantes en la NGN es un Softswitch, dispositivo programable que controla las llamadas de voz sobre IP (VoIP), éste habilita la correcta integración de los diferentes protocolos en la NGN, y su función más importante es la de crear la interfaz para la actual red telefónica PSTN, a través de Gateways de Señalización (SC) y Gateways Multimedia (MG).

IMS (IP Multimedia Subsystem) es una estandarización de arquitectura NGN para los servicios multimedia de Internet definida por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI) y la 3GPP (del inglés 3rd Generation Partnership Project).

### 1.2.4 Servicios sobre redes de banda ancha

Como hemos visto los últimos años, en nuestro país se ha producido un incremento del volumen de tráfico de banda ancha en las redes, como resultado del crecimiento de las redes corporativas basadas en IP y cuyas necesidades radican en la ejecución de aplicaciones como video conferencias, entretenimiento y e-commerce.

Pero no todo es el mercado corporativo, un nicho importante en nuestro país lo es el mercado residencial, donde los usuarios cada día se enfocan en servicios como video sobre demanda (Unicast), televisión (Broadcast), música sobre demanda, juegos en línea, etc. Con expectativas muy claras del servicio. *Figura 1.6.*



*Figura 1.6. Usuario Residencial y Corporativo.*

### 1.2.5 Requerimientos de los usuarios

Actualmente los usuarios de servicios de telecomunicaciones quieren servicios que satisfagan sus necesidades de comunicación, trabajo, ocio, etc., y no sólo eso, sino también sus expectativas pues no debemos olvidar que estos son quienes finalmente pagarán por los servicios.

Lo que significa que para ellos debe ser completamente transparente la tecnología y la infraestructura que se está empleando para brindarle los servicios requeridos, por lo que el gran éxito de las empresas en México depende fundamentalmente de las prestaciones o valores agregados que el cliente obtenga en cada servicio. Por lo que en los servicios de banda ancha hay que considerar los siguientes puntos:

- Reducción de Costos.
- Evolución.
- Integración.
- Calidad.

Dentro de las reducciones de costos, los clientes quieren aquel paquete que les genere una reducción en el gasto del servicio. Esto puede darse en algunos casos a través de la tarifa plana y en otros a través del cobro por volumen de información transferida y no por tiempo de conexión, cada paquete dependerá de las condiciones del cliente, del volumen de los servicios utilizados, si se trata de un cliente residencial, un SOHO o uno corporativo, etc.

La evolución, nos referimos a la posibilidad de obtener servicios de banda ancha y más y mejores servicios a medida que vayan apareciendo, a costos razonables y para la totalidad de las dependencias y de los usuarios en el caso de los clientes corporativos.

Lo que respecta a la integración, pretenden integrar todos los usuarios y los servicios en la red. Con la digitalización y los servicios multimedia, es técnicamente posible la construcción y operación de redes multiservicio interactivas de banda ancha.

Finalmente, la calidad de servicio, como ya se mencionó, será un factor determinante en lo que respecta al suministro de este tipo de prestaciones; desde la gestión integral del cliente a la garantía y el cumplimiento de los SLA (Service Level Agreements) firmados con los clientes corporativos en la totalidad de sus redes.

### 1.3 ATM

El Modo de Transferencia Asíncrona o Asynchronous Transfer Mode (ATM) es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones. El ATM se puede definir como una tecnología que busca la mayor transmisión de información por un determinado canal de modo que sea lo más eficientemente posible.

La historia del ATM se remonta en los años 60 cuando un norteamericano empleado de los laboratorios Bell, patentó un sistema de transferencia no síncrono, que en su momento no tuvo auge, si no fue hasta la década de los 80 cuando el CCIT (*Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony*) analizó y decidió que sería la tecnología de conmutación de las futuras redes ISDN de banda ancha (ITU-T I.121).

Una vez aceptada esta tecnología se empezó a discutir un tema importante “el tamaño de las celdas”, ya que la Comisión Americana proponía un tamaño de celdas un poco grande (64 bytes), mientras que la Comisión Europea proponía el tamaño ideal el cual consistía en tan sólo 32 bytes, ya que aseguraban que la celda de 64 bytes provocaba retardo de hasta 85ms, lo cual hacía imposible la transmisión de voz de buena calidad.

Sin embargo después de muchas discusiones al respecto y ante la falta de acuerdos, en la reunión de CCITT celebrada en Ginebra en junio de 1989 se tomó una decisión democrática la cual decidía que 53 bytes sería el tamaño de la celda, la cual estaba constituida por 5 bytes de header y 48 bytes de datos de usuario.

En ATM la información no es transmitida y conmutada a través de canales permanentes, sino en forma de pequeños paquetes (celdas ATM) de longitud constante y que pueden ser enrutadas individualmente mediante el uso de los denominados canales virtuales “VC” y trayectos virtuales PVC.

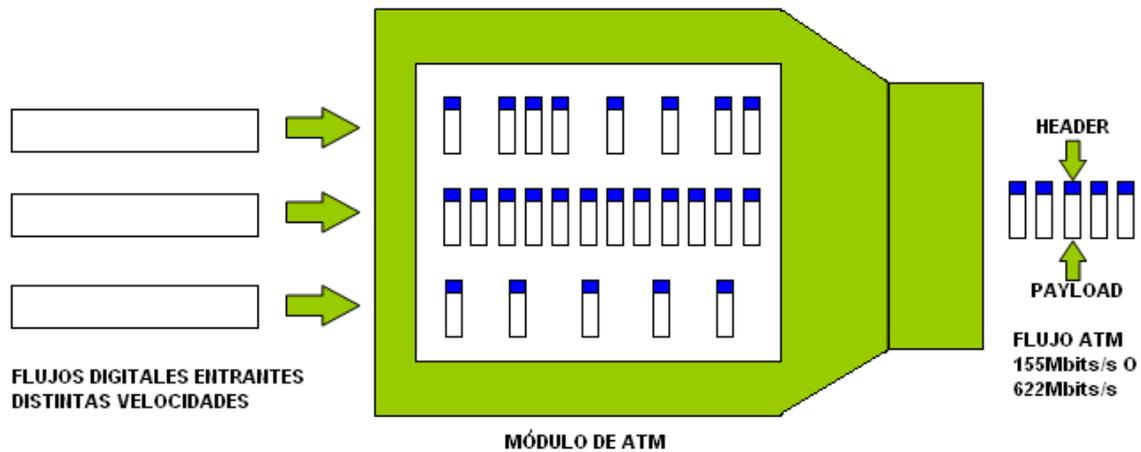


Figura 1.7. Proceso ATM.

Como podemos observar en la [Figura 1.7.](#) se ilustra la forma en que diferentes flujos de información, de características distintas en cuanto a velocidad y formato, que son agrupados en el denominado Módulo ATM para ser transportados mediante grandes enlaces de transmisión a velocidades (bit rate) de 155 o 622 Mbit/s facilitados generalmente por sistemas SDH (**S**ynchronous **D**igital **H**ierarchy).

Cada celda consta de 53 octetos como ya se mencionó y está compuesta por dos campos principales:

- **Header:** Los 5 bytes que lo conforman tienen tres funciones principales: Identificación del canal, Información para la detección de errores y Detección para saber si la célula es o no utilizada. Eventualmente puede contener también corrección de errores y un número de secuencia.
- **Payload:** Los 48 bytes se ocupan fundamentalmente con datos del usuario y protocolos AAL (ATM Adaptation layer) que también son considerados como datos del usuario.

Existen dos conceptos muy significativos del ATM, los Canales Virtuales (VCI) y las Rutas Virtuales (VPI), estos identificadores están en el header de cada celda, ya que ambos determinan el enrutamiento entre los nodos, El estándar ATM define el protocolo orientado a conexión que las trasmite y existen dos formatos de celda.

[Figura 1.8.](#)

- **NNI.** Network to Network Interface, (interfaz red a red) se refiere a la conexión entre Switches ATM en redes privadas

- UNI. User to Network Interface, (interfaz usuario a red) se refiere a la conexión de un Switch ATM de una empresa pública o privada con un equipo terminal ATM de un usuario final, siendo éste el más utilizado.

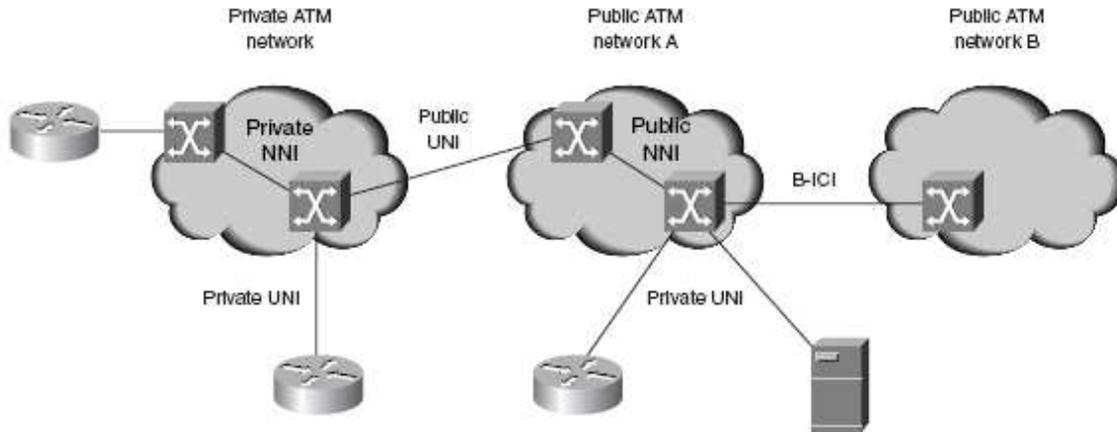


Figura 1.8. Canales y Rutas Virtuales ATM.

En ambos casos las celdas constan de un Header de 5 bytes, seguida de un payload de 48 bytes, pero los Headers de ambas interfaces son diferentes. *Figura 1.9.*

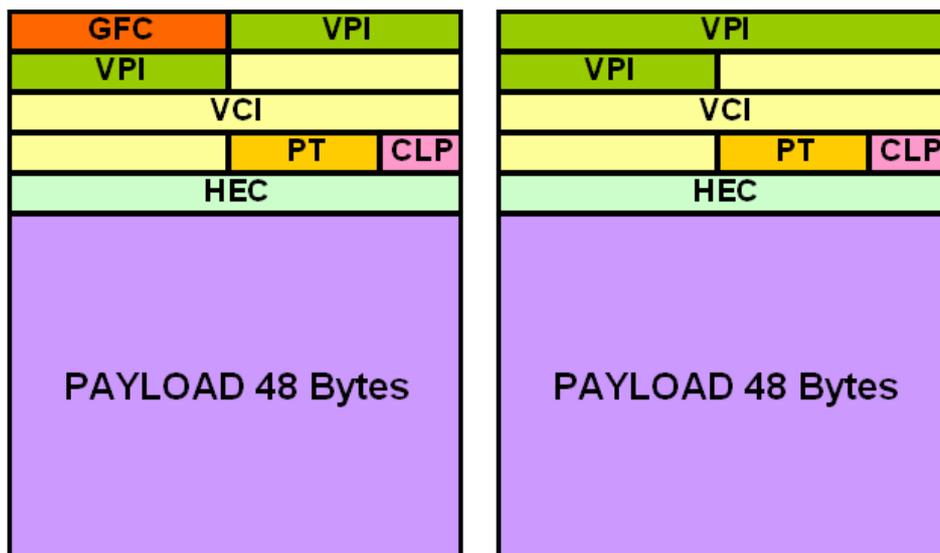
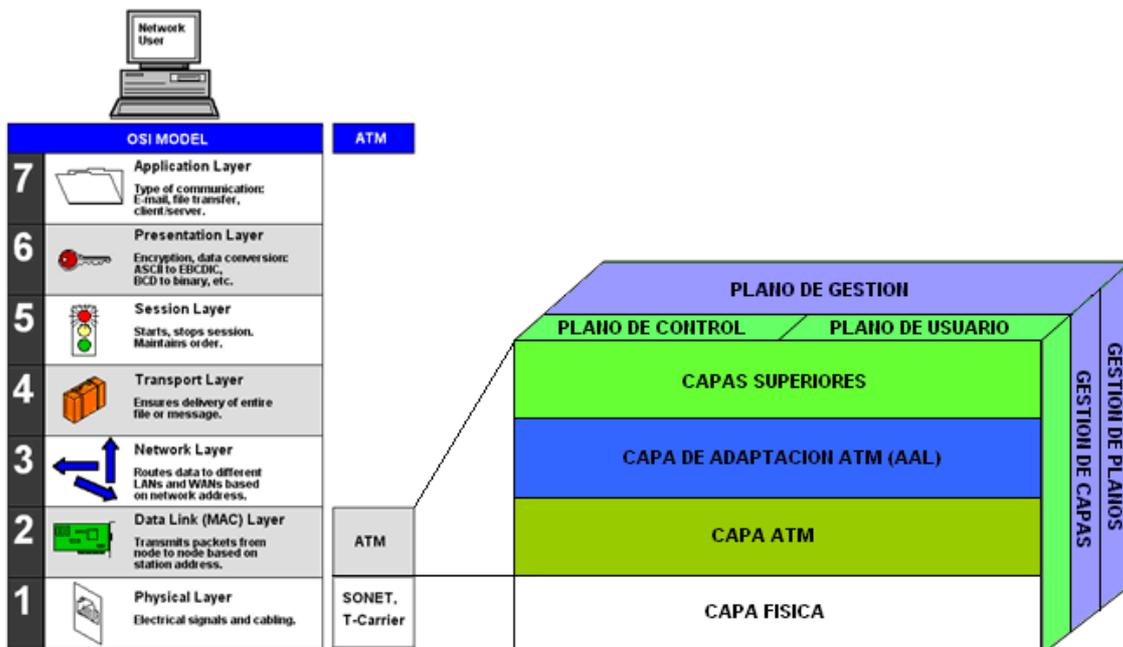


Figura 1.9. Celdas NNI y UNI.

- **GFC**, control de Flujo Genérico, Generic Flow Control, consta de 4 bits, y el estándar originariamente reservó el campo GFC para labores de gestión de tráfico, pero en la práctica no es utilizado. Las celdas NNI lo emplean para extender el campo VPI a 12 bits.
- **VPI**, es el identificador de Ruta Virtual y consta de 8 bits, y se usa para indicar el destino de la célula.
- **VCI**, es el identificador de Circuito Virtual, y consta de 16 bits, se utilizan para indicar la ruta de destino o final de la célula.
- **PT**, es el tipo de información de usuario, constituido por 3 bits e identifica el tipo de datos de la celda (de datos del usuario o de control).
- **CLP**, este campo de 1 bit indica el nivel de prioridad de las celda, si este bit esta activo cuando la red ATM está congestionada la celda puede ser descartada.
- **HEC**, corrección de error de cabecera, consta de 8 bits y contiene un código de detección de error que sólo cubre la cabecera (no la información de usuario), y que permite detectar un buen número de errores múltiples y corregir errores simples.

La tecnología ATM tiene su propio modelo de referencia, diferente del modelo OSI y también del modelo TCP/IP, este modelo consiste en tres capas: la capa física, la capa ATM y la capa de adaptación ATM. *Figura 1.10.*



*Figura 1.10. Modelo OSI y ATM.*

**La capa física**, tiene que ver con voltajes, temporización de bits y otras consideraciones más. ATM no prescribe un conjunto de reglas en particular, pero en cambio dice que las celdas ATM se pueden enviar por si solas por un cable, fibra o bien se pueden empaquetar como carga útil de otros sistemas portadores. De este modo ATM está diseñado para ser independiente del medio de transmisión.

**La capa ATM**, tiene que ver con las celdas y su transporte, define la organización de las celdas y dice lo que significan los campos del encabezado. Además también participa en el establecimiento y la liberación de circuitos virtuales y aquí es donde se localiza el control de la congestión.

**La capa de adaptación de ATM**, (ALL, ATM adaptation layer) se ha definido para permitir a los usuarios enviar paquetes mayores de una celda ya que la mayor parte de las aplicaciones no quieren trabajar directamente con celdas. Entonces esta capa se encarga de segmentar los paquetes en celdas, transmitirlos de manera individual y reensamblarlo todo en el otro extremo.

Además el modelo ATM se define en tres dimensiones:

**El plano de usuario**, es el que se encarga del transporte de los datos, el control de flujo, la corrección de errores y otras funciones de usuario.

**El plano de control**, es el que se encarga del establecimiento, mantenimiento y terminación de las conexiones.

**El plano de gestión**, es el que se encarga de la coordinación entre planos y de las funciones de operaciones, administración y mantenimiento.

## **Enrutamiento**

ATM ofrece un servicio orientado a conexión, en el cual no hay un desorden en la llegada de las celdas al destino. Esto lo hace gracias a los caminos o rutas virtuales (VPI) y los canales o circuitos virtuales (VCI), los VPI, son los caminos que siguen las celdas entre dos enrutadores ATM pero este camino puede tener varios VCI's.

Al momento de establecer la comunicación con una calidad de servicio deseada y un destino, se busca el camino virtual que van a seguir todas las celdas. Este camino no cambia durante toda la comunicación, así que si se cae un nodo la comunicación se pierde. Durante la conexión se reservan los recursos necesarios para garantizarle durante toda la sesión la calidad del servicio al usuario.

Cuando una celda llega a un enrutador este le cambia el encabezado según la tabla que posee y lo envía al siguiente con un VPI nuevo, y lo más importante de esto es el hecho de que al cambiar de VPI no tenemos que cambiar de VCI por lo que el valor del VCI no varía, y que sin embargo al cambiar de VCI si tenemos que actualizar el valor de VPI porque puede a su vez cambiar de VPI. *Figura 1.11.*

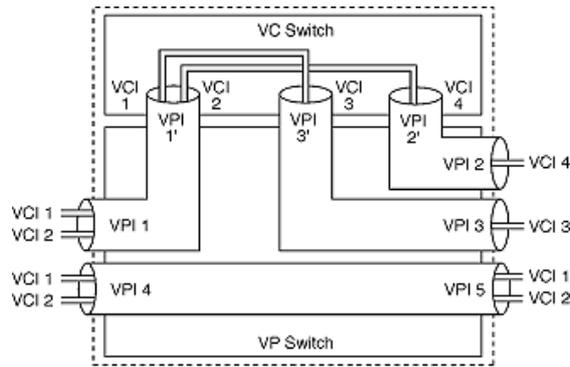


Figura 1.11. Esquema de VCI y VPI.

## 1.4 TCP/IP

### 1.4.1 TCP

El Protocolo de Control de Transmisión (TCP, de sus siglas en inglés Transmission Control Protocol) es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Fue creado entre los años 1973 y 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn como parte de un proyecto patrocinado por la ARPA del departamento de defensa de los EU.

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre sí. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectados ordenadores de clases muy diferentes y con hardware y software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión, TCP se usa para crear conexiones entre ellos a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos.

El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto, además que TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet, incluidas HTTP, SMTP y SSH.

TCP es un protocolo de comunicación orientado a conexión y fiable del nivel de transporte, actualmente documentado por IETF RFC 793, TCP/IP no es un único protocolo, sino que es en realidad lo que se conoce con este nombre es un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto. *Figura 1.12.*

En la arquitectura de protocolos TCP/IP, TCP es la capa intermedia entre el protocolo IP y la aplicación., habitualmente, las aplicaciones necesitan que la comunicación sea fiable y, dado que la capa IP aporta un servicio de paquetes o datagramas no fiable (sin confirmación), TCP añade las funciones necesarias para prestar un servicio que permita que la comunicación entre dos sistemas se efectúe: libre de errores, sin pérdidas y con seguridad.

La arquitectura del TCP/IP consta de cinco niveles o capas en las que se agrupan los protocolos y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera:

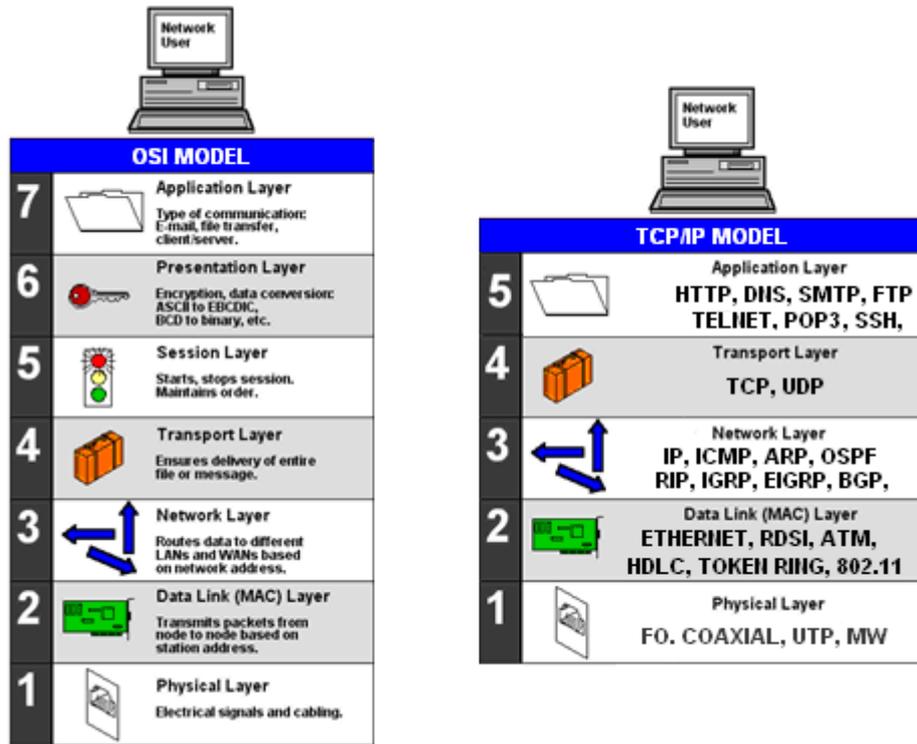


Figura 1.12. Modelo OSI y TCP/IP.

Los tres niveles superiores del modelo OSI (Aplicación, Presentación y Sesión) son considerados simplemente como el nivel de aplicación en el conjunto TCP/IP. Como TCP/IP no tiene un nivel de sesión unificado sobre el que los niveles superiores se sostengan, estas funciones son típicamente ignoradas por las aplicaciones de usuario.

**Nivel físico**, describe las características físicas de la comunicación, como las convenciones sobre la naturaleza del medio usado para la comunicación (como las comunicaciones por cable, fibra óptica o radio), y todo lo relativo a los detalles como los conectores, modulación, potencias de señal, longitudes de onda y distancias máximas

**Nivel de enlace de datos**, especifica cómo son transportados los paquetes sobre el nivel físico, incluyendo los delimitadores (patrones de bits concretos que marcan el comienzo y el fin de cada trama). Ethernet, por ejemplo, incluye campos en la cabecera de la trama que especifican que máquina o máquinas de la red son las destinatarias de la trama. Ejemplos de protocolos de nivel de enlace de datos son Ethernet, Wireless Ethernet, Token Ring y ATM.

**Nivel de red**, soluciona el problema de conseguir transportar paquetes a través de una red sencilla. Con la llegada del concepto de Internet, nuevas funcionalidades fueron añadidas a este nivel, basadas en el intercambio de datos entre una red origen y una red destino. Generalmente esto incluye un enrutamiento de paquetes a través de una red de redes, conocida como Internet.

En la familia de protocolos de red, IP realiza las tareas básicas para conseguir transportar datos desde un origen a un destino. IP puede pasar los datos a una serie de protocolos superiores; cada uno de esos protocolos es identificado con un único "Número de protocolo IP".

**Nivel de transporte**, pueden solucionar problemas como la fiabilidad ("¿alcanzan los datos su destino?") y la seguridad de que los datos llegan en el orden correcto. En el conjunto de protocolos TCP/IP, los protocolos de transporte también determinan a qué aplicación van destinados los datos.

Los protocolos de enrutamiento dinámico que técnicamente encajan en el conjunto de protocolos TCP/IP (ya que funcionan sobre IP) son generalmente considerados parte del nivel de red; un ejemplo es OSPF (protocolo IP número 89), TCP (protocolo IP número 6) es un mecanismo de transporte fiable y orientado a conexión, que proporciona un flujo fiable de bytes, que asegura que los datos lleguen completos, sin daños y en orden.

TCP realiza continuamente medidas sobre el estado de la red para evitar sobrecargarla con demasiado tráfico. Además, trata de enviar todos los datos correctamente en la secuencia especificada. Esta es una de las principales diferencias con UDP, y puede convertirse en una desventaja en flujos en tiempo real (muy sensibles a la variación del retardo) o aplicaciones de enrutamiento con porcentajes altos de pérdida en el nivel de Internet.

UDP (protocolo IP número 17) es un protocolo de paquetes o datagramas sin conexión. Es un protocolo no fiable (*best effort* al igual que IP) - no porque sea particularmente malo, sino porque no verifica que los paquetes lleguen a su destino, y no da garantías de que lleguen en orden. Si una aplicación requiere estas características, debe llevarlas a cabo por sí misma o usar TCP.

UDP es usado normalmente para aplicaciones de streaming (audio, video, etc) donde la llegada a tiempo de los paquetes es más importante que la fiabilidad, o para aplicaciones simples de tipo petición/respuesta como el servicio DNS, TCP y UDP son usados para dar servicio a una serie de aplicaciones de alto nivel. Las aplicaciones con una dirección de red dada son distinguibles entre sí por su número de puerto TCP o UDP. Por convención, los puertos bien conocidos (*well-known ports*) son asociados con aplicaciones específicas y son asignados por la IANA.

RTP es un protocolo de paquetes o datagramas que ha sido diseñado para datos en tiempo real como el streaming de audio y video que se monta sobre UDP.

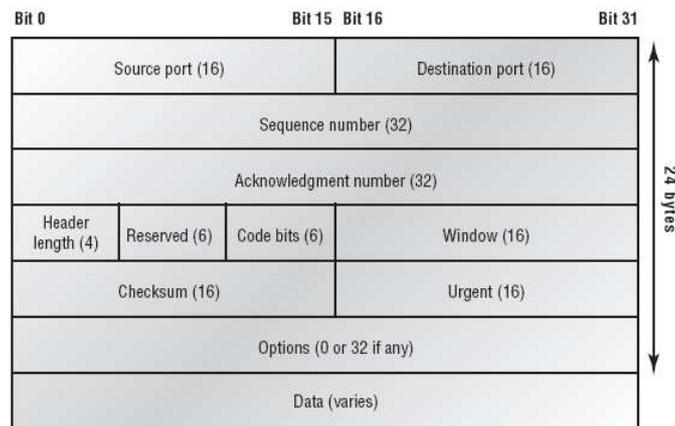
**Nivel de aplicación**, este nivel lo utilizan los programas para comunicarse a través de una red con otros programas. Los procesos que acontecen en este nivel son aplicaciones específicas que pasan los datos al nivel de aplicación en el formato que internamente use el programa y es codificado de acuerdo con un protocolo estándar.

Algunos programas específicos se considera que se ejecutan en este nivel, ya que proporcionan servicios que directamente trabajan con las aplicaciones de usuario. Estos programas y sus correspondientes protocolos incluyen a HTTP (HyperText Transfer Protocol), FTP (File Transfer Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), SSH (secure shell), DNS (Domain Name System) y a muchos otros.

### **Formato del Segmento TCP.**

En el nivel de transporte, los paquetes de bits que constituyen las unidades de datos de protocolo o PDU (protocol data unit) se llaman segmentos y son de un tamaño determinado por el MTU del nivel Data link de la red a la cual esta asociada añadiéndole cabeceras. Entonces, TCP pasa el segmento resultante a la capa IP, donde a través de la red, llega a la capa TCP de la entidad destino. TCP comprueba que ningún segmento se ha perdido dando a cada uno un número de secuencia, que es también usado para asegurarse de que los paquetes han llegado a la entidad destino en el orden correcto. TCP devuelve un acuse de recibo por bytes que han sido recibidos correctamente; un temporizador en la entidad origen del envío causará un timeout si el acuse de recibo no es recibido en un tiempo razonable, entonces será retransmitido el paquete. TCP revisa que no haya bytes dañados durante el envío usando un checksum; el cual es calculado por el emisor en cada paquete antes de ser enviado, y comprobado por el receptor.

El header de TCP es de 20 bytes de largo o mayor (24 bytes) con el campo de opciones. *Figura 1.13.*



*Figura 1.13. Formato de segmento TCP.*

- **Source port**, es el número de puerto de la aplicación del host que envía los datos.
- **Destination port**, es el número de puerto de la aplicación requerida en el host.
- **Sequence number**, también se le conoce como proceso de secuencia, ya que pone en el orden correcto los segmentos agregando un número de secuencia, además que sirve para retransmitir los segmentos perdidos o dañados.
- **Acknowledgment number**, define cual es el siguiente octeto TCP a recibir.
- **Header length**, el número de bits del header es de 32 e indica donde comienzan los datos
- **Reserved**, siempre este valor se establece en cero.
- **Code bits**, es una función de control usada para establecer y terminar una sesión.
- **Window**, es el tamaño de window que el host fuente está dispuesto a aceptar.
- **Checksum**, también conocido como CCR (Cyclic Redundancy Check), y es usado porque TCP no confía en las capas inferiores y no verifica todo, el CRC verifica el header y el campo de datos.

- **Urgent**, es un campo válido sólo si el indicador de urgente se establece, una vez que se establezca el valor, indicará la compensación del número de secuencia, donde el primer segmento de datos no urgente comienza.
- **Options**, puede ser 0 o de 32 bits y comúnmente este campo se rellena con ceros.
- **Data**, va de la mano con el protocolo TCP en la capa de transporte, el cual incluye los encabezados de las capas superiores.

### 1.4.2 IP

El Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés *Internet Protocol*) es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o data grammas, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

El Protocolo de Internet provee un servicio de paquetes no fiable (también llamado *best effort*), lo hará lo mejor posible pero garantizando poco, IP no provee de ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante *checksums* o sumas de comprobación) de sus Headers y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar. Si se necesita fiabilidad, ésta es proporcionada por los protocolos de la capa de transporte, como TCP.

Si la información a transmitir ("paquetes") supera el tamaño máximo "negociado" (MTU) en el segmento de red por el que va a circular podrá ser dividida en paquetes más pequeños, y reensamblada luego cuando sea necesario. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de como estén de congestionadas las rutas en cada momento.

Los Headers de IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino (direcciones IP), direcciones que serán usadas por los conmutadores de paquetes (switches) y los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

El IP es el elemento común en Internet. El actual y más popular protocolo de red es IPv4. Pero ya existe el IPv6 que es el sucesor propuesto de IPv4; y se desarrolló porque poco a poco Internet está agotando las direcciones disponibles, por lo que IPv6 utiliza direcciones de fuente y destino de 128 bits, esto proporciona muchas más direcciones que las que provee IPv4 con 32 bits. Las versiones de la 0 a la 3 están reservadas o no fueron usadas, la versión 5 fue usada para un protocolo experimental. Otros números han sido asignados, usualmente para protocolos experimentales, pero no han sido muy extendidos.

El formato del paquete IP, contiene varios tipos de información que se ilustran en la [Figura 1.14](#).

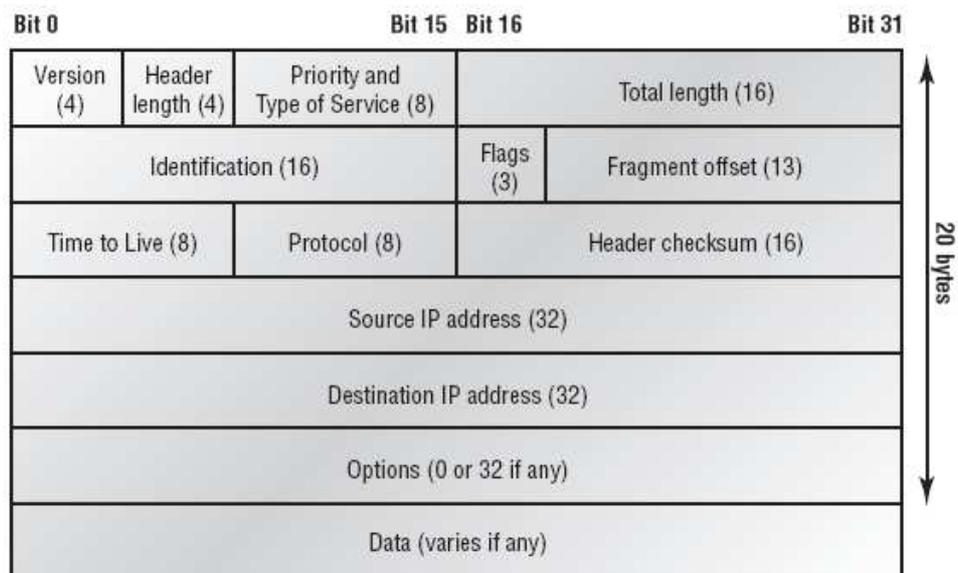


Figura 1.14. Formato de segmento IP

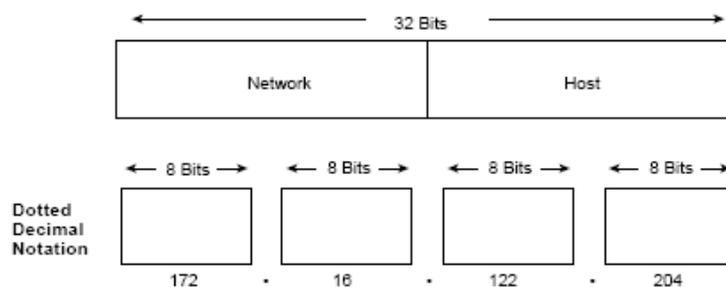
- **Version**, Indica el número de versión del protocolo IP que se está usando, este campo es de 4 bits.
- **IP Header Length (IHL)**, Este campo es de 4 bits e indica la longitud del encabezado que es de 32 bits,
- **Type-of-Service**, es un campo de 8 bits que le permite al host indicarle a la subred el tipo de servicio que desea. Ya que con este campo es posible tener varias combinaciones con respecto a la seguridad y la velocidad, por ejemplo para la voz digitalizada, es más importante la entrega rápida que corregir errores de transmisión. En tanto que, para la transferencia de archivos, resulta más importante tener la transmisión fiable que entrega rápida.
- **Total Length**, este campo es de 16 bits y especifica el tamaño del paquete IP, incluyendo el campo de Data y Header.
- **Identification**, este campo de 16 bits permite identificar los paquetes que se fragmentan, para que al momento de ser recibidos por el host destino puedan ser interpretados correctamente.
- **Flags**, este campo consiste de 3 bits, los cuales los dos bits de menos significancia son para control de fragmentación. El bit de más bajo orden especifica si el paquete puede ser fragmentado, el siguiente Bit (el de en medio) especifica si el paquete es el último fragmento de una serie de paquetes fragmentados y finalmente el tercer bit (de mayor orden) no es usado.
- **Fragment Offset**, permite reensamblar los paquetes fragmentados y obtener el paquete original y se constituye de 13 bits.
- **Time-to-Live**, delimita el tiempo que un paquete permanece en la red y se establece en saltos entre los equipos de comunicación (routers), está constituido por 8 bits.
- **Protocol**, este campo está constituido por 8 bits, e indica el protocolo de transporte (TCP o UDP) en el cual se enviarán los paquetes.

- **Header Checksum**, realiza la verificación y corrección de errores para garantizar la integridad sólo del Header, este campo es de 16 bits.
- **Source Address**, campo de 32 bits que especifica la dirección IP del nodo que envía el paquete.
- **Destination Address**, campo de 32 bits que especifica la dirección del nodo que recibe el paquete.
- **Options**, campo reservado para soportar varias opciones, como podría ser seguridad.
- **Data**, contiene información de las capas superiores.

### Dirección IP

Una dirección IP es un número de 32 bits que sirve para identificar a cada host que está conectado a la red, este número es único para cada host o elemento de red y está representado en formato decimal separado, cada bit en un octeto tiene un valor binario (128, 64, 32, 16, 8, 4, 2,1), el mínimo valor para un octeto es 0 y el máximo es 255.

Una dirección IP está compuesta de 32 bits agrupada en cuatro octetos. *Figura 1.15.*



*Figura 1.15. Formato de segmento de una dirección IP.*

### Clases para el direccionamiento IP

El direccionamiento IP soporta cinco clases diferentes de direccionamiento, los cuales se identifican como tipo: A, B, C, D y E, donde sólo las clases A, B y C están disponibles para el uso comercial, este tipo de clases se identifican con los últimos bits más significativos (de derecha a izquierda el último de la izquierda es el más significativo) indica la clase de direccionamiento, para mayor referencia se muestra la siguiente tabla, la cual nos da una mejor idea de las cinco clases de direccionamiento.

*Figura 1.16.*

IP Address Class	Format	Purpose	High-Order Bit(s)	Address Range	No. Bits Network/Host	Max. Hosts
A	N.H.H.H <sup>1</sup>	Few large organizations	0	1.0.0.0 to 126.0.0.0	7/24	16777214 <sup>2</sup> (2 <sup>24</sup> - 2)
B	N.N.H.H	Medium-size organizations	1, 0	128.1.0.0 to 191.254.0.0	14/16	65534 (2 <sup>16</sup> - 2)
C	N.N.N.H	Relatively small organizations	1, 1, 0	192.0.1.0 to 223.255.254.0	21/8	254 (2 <sup>8</sup> - 2)
D	N/A	Multicast groups (RFC 1112)	1, 1, 1, 0	224.0.0.0 to 239.255.255.255	N/A (not for commercial use)	N/A
E	N/A	Experimental	1, 1, 1, 1	240.0.0.0 to 254.255.255.255	N/A	N/A

1 N = Network number, H = Host number.

2 One address is reserved for the broadcast address, and one address is reserved for the network.

Figura 1.16. Clases de direccionamiento IP.

El formato de las clases de direcciones IP comerciales, y se muestra claramente los bits de mayor orden superior que son los que determinan la clase. *Figura 1.17.*

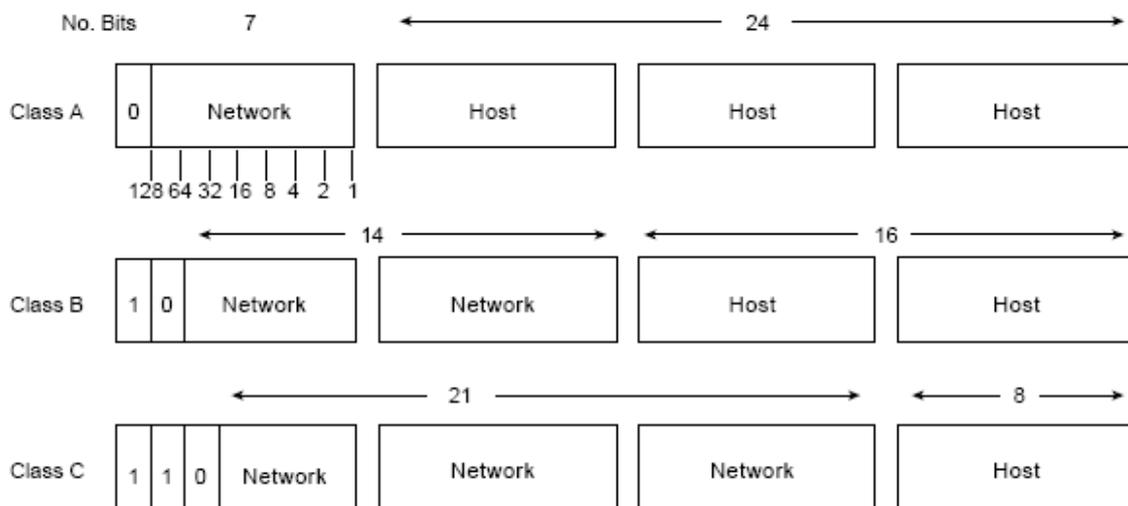


Figura 1.17. Formato de clases de dirección IP.

La clase de direccionamiento puede ser determinada fácilmente si se revisan los primeros octetos de la dirección, y siguiendo la tabla que a continuación se muestra en la *Tabla 1.1.*

Address Class	First Octet in Decimal	High-Order Bits
Class A	1 - 126	0
Class B	128 - 191	10
Class C	192 - 223	110
Class D	224 - 239	1110
Class E	240 - 254	1111

*Tabla 1.1. Clases de direccionamiento IP.*

Por ejemplo, en la dirección 172.31.1.2 el primer octeto es 172, y como 172 cae entre 128 y 191, la dirección 172.31.1.2 pertenece a la clase B.

Si hemos sido observadores en los rangos de la notación decimal hace falta el rango 0 y 127 los cuales no aparecen para su uso comercial ya que tienen un propósito específico:

- La dirección 0.0.0.0 es utilizada por las máquinas cuando están arrancando o no se les ha asignado dirección.
- La dirección que tiene su parte de host a cero sirve para definir la red en la que se ubica. Se denomina **dirección de red**.
- La dirección que tiene su parte de host a unos sirve para comunicar con todos los hosts de la red en la que se ubica. Se denomina **dirección de broadcast**.
- Las direcciones 127.x.x.x se reservan para pruebas de retroalimentación. Se denomina **dirección loopback**.

# Capítulo 2. TECNOLOGIAS DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN (ADSL)



## OBJETIVO

---

Uno de los objetivos más importante de este tema es entender el funcionamiento de la tecnología DSL ya que en especial el ADSL es la tecnología en la cual nos enfocaremos para crear nuestra solución para los servicios de Triple Play.

Dentro de este tema no nos podemos olvidar de la normatividad internacional que existe para este tipo de tecnología.

### 2.1 ¿Qué es DSL?

El DSL (Digital Subscriber Line) lo podemos es la la tecnología que utiliza un par de módems instalados sobre una línea digital de cobre. Dichos módems están ubicados uno en la casa u oficina del cliente y el otro en la central telefónica a través de un equipo llamado DSLAM.

DSL es una tecnología avanzada de transmisión que permite transportar información digital a altas velocidades, por pares telefónicos comunes, mediante sistemas de modulación y demodulación avanzada.

Esta tecnología le permite a las telefónicas enfrentar los nuevos servicios de banda ancha requeridos por los clientes para los servicios de Internet, redes corporativas y servicios on line, haciendo uso de la extensa red de cobre.

Las ventajas que tiene este tipo de tecnología son las siguientes:

- La posibilidad de conectarse en forma permanente, brindando servicios simultáneos de datos, video, voz., etc. de manera además segura, ya que el vínculo establecido en el tramo de la red de acceso es exclusivo para el cliente y no se comparte con otros.
- El aprovechamiento que se hace de la red de cobre existentes en el, reduce los costos de transporte, comparado con las redes de Fibra Óptica.
- Provee un rendimiento adecuado en cuanto a velocidad de transmisión, de acuerdo a las necesidades y demandas actuales de los usuarios.
- La instalación de módem del lado del cliente es sencillo, ya que no requieren ajustes manuales. Los módems automáticamente analizan la línea y en segundos se adaptan a sus condiciones para empezar a transmitir.
- En reglas generales, y como una primera aproximación a esta tecnología y sus diferentes variantes, podemos decir que existen diversas técnicas de transmisión con tecnologías DSL, las que han sido diseñadas para distintos usos, con distintas características, velocidades de transmisión, códigos de línea, distancias útiles, ancho de banda disponible, simétricos o asimétricos, etc.

### 2.1.1 Tipos de tecnologías DSL

Existen diversos tipos de tecnologías DSL como son: HDSL, SDSL, VDSL, ADSL, los cuales para fines de este trabajo sólo nos enfocaremos al ADSL ya que es la tecnología con la que actualmente los ISP prestan los servicios de Triple Play.

**ADSL**, son las siglas de Asymmetric Digital Subscriber Line ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). ADSL es un tipo de línea DSL. Consiste en una línea digital de alta velocidad, apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional, siempre y cuando el alcance no supere los 2 km. medidos desde la Central Telefónica.

En México algunas telefónicas como el caso de Telmex tratan de llegar cada vez más cerca del usuario final. Por esta razón han aparecido los proyectos de redes FTTN (Fiber To The Neighborhood), FTTC (Fiber To The Curb) o FTTB (Fiber To The Building), combinadas con la reutilización de las líneas de cobre en los últimos doscientos metros.

## 2.2 COMPONENTES DE LAS TECNOLOGÍAS DSL

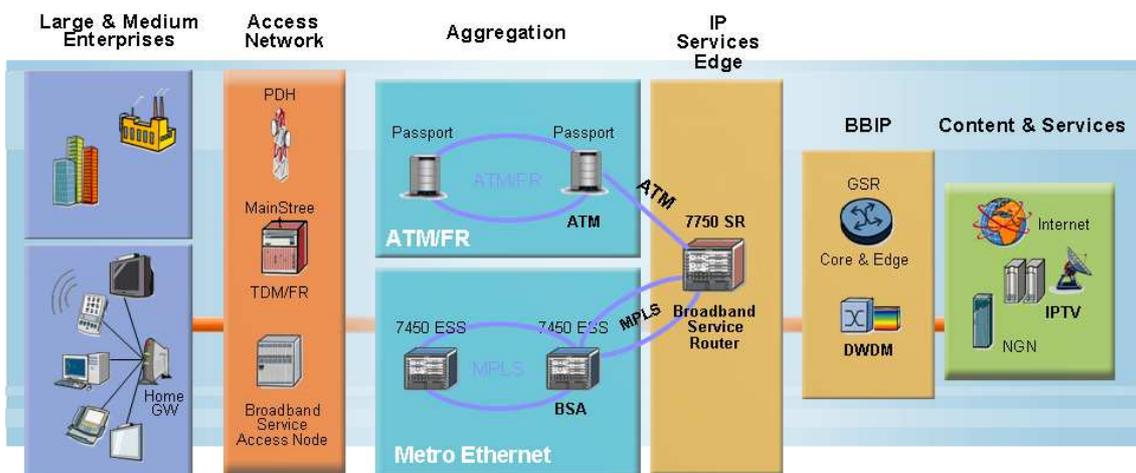
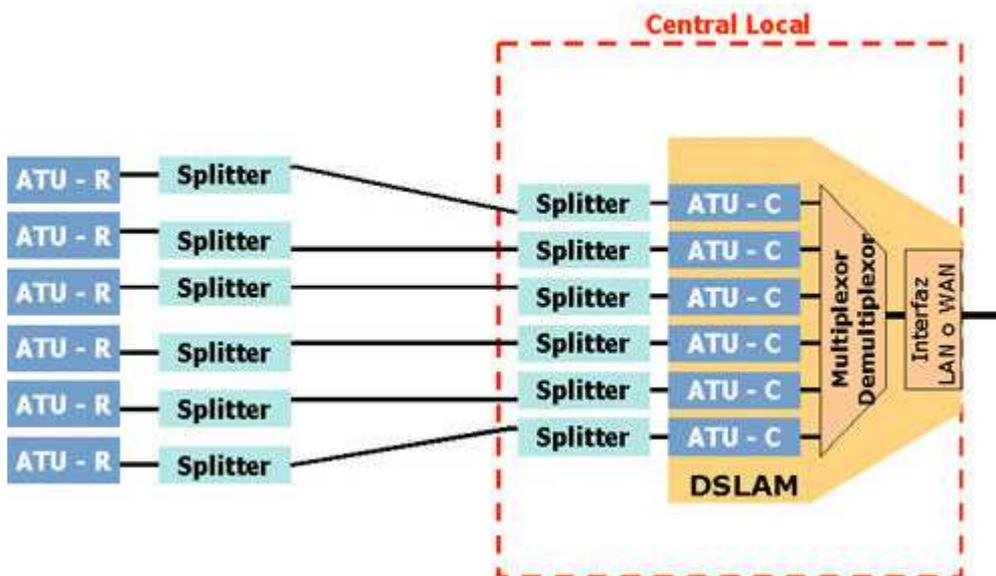


Figura 2.1. Componentes de las tecnologías DSL.

En la *figura 2.1*, se muestra un DSLAM multiservicio ubicado en la Central Telefónica y las terminales remotas de DSL ubicados en el extremo de los usuarios, sean estos Hogares o Empresa.

Frecuentemente, estas terminales remotas son módems, routers o IAD's (Integrated Access Devices) capaces de soportar voz y datos. El sistema de transporte provee al DSLAM una interfaz de transmisión hacia el backbone. Este dispositivo puede soportar interfaces específicas como T1/E1, T3/E3, OC-1, OC-3 y OC-12.

El DSLAM (DSL Access Multiplexer) es el equipo principal de las tecnologías DSL, este equipo está instalado en la central o en exteriores y concentra el tráfico de datos de varios enlaces DSL. Y provee soporte para servicios basados en paquetes, celdas y/o circuitos a través de la concentración de líneas DSL sobre salidas GETH, 10GETH, T1/E1, T3/E3. *Figura 2.2.*



*Figura 2.2. DSLAM.*

Un DSLAM no es exactamente un conmutador o un enrutador, sino que su comportamiento es más el de un multiplexor. Combina los flujos de bits procedentes de los distintos usuarios procedentes en el sentido upstream por un lado, y por el otro divide el volumen de datos procedente de las redes IP y/o ATM, en el sentido downstream, derivándolo en canales a los distintos usuarios, tal como lo hace un multiplexor.

En la actualidad, los DSLAMS incorporan características como etiquetado de tráfico prioritario, Modelado de Tráfico (traffic shaping) y características de interconexión. Esto hace al equipo mucho más efectivo, aunque más costoso.

Una arquitectura inteligente y flexible para un DSLAM debe estar diseñada de modo tal de soportar ATM junto con IP, así como una amplia variedad de servicios, aplicaciones, modelos de red y transportes sobre DSL que son necesarios para los mercados de las empresas y consumidores finales.

Los DSL Módem/Routers son los equipos en el lado del cliente. Aquí la conexión en el usuario es 100 BaseT y a veces también puede ser USB, a menudo estos equipos tienen características de Plug and Play, a fin de facilitar el trabajo de instalación.

Los Microfiltros, son dispositivos pasivos instalados entre cada uno de los aparatos que existen en el extremo del cliente (teléfonos, módems analógicos o máquinas de fax). Básicamente son filtros pasabajos que permiten el paso de los servicios de voz, eliminando interferencias. Los microfiltros pueden ser instalados muy fácilmente por el usuario, sin necesidad de enviar personal adicional para su instalación.

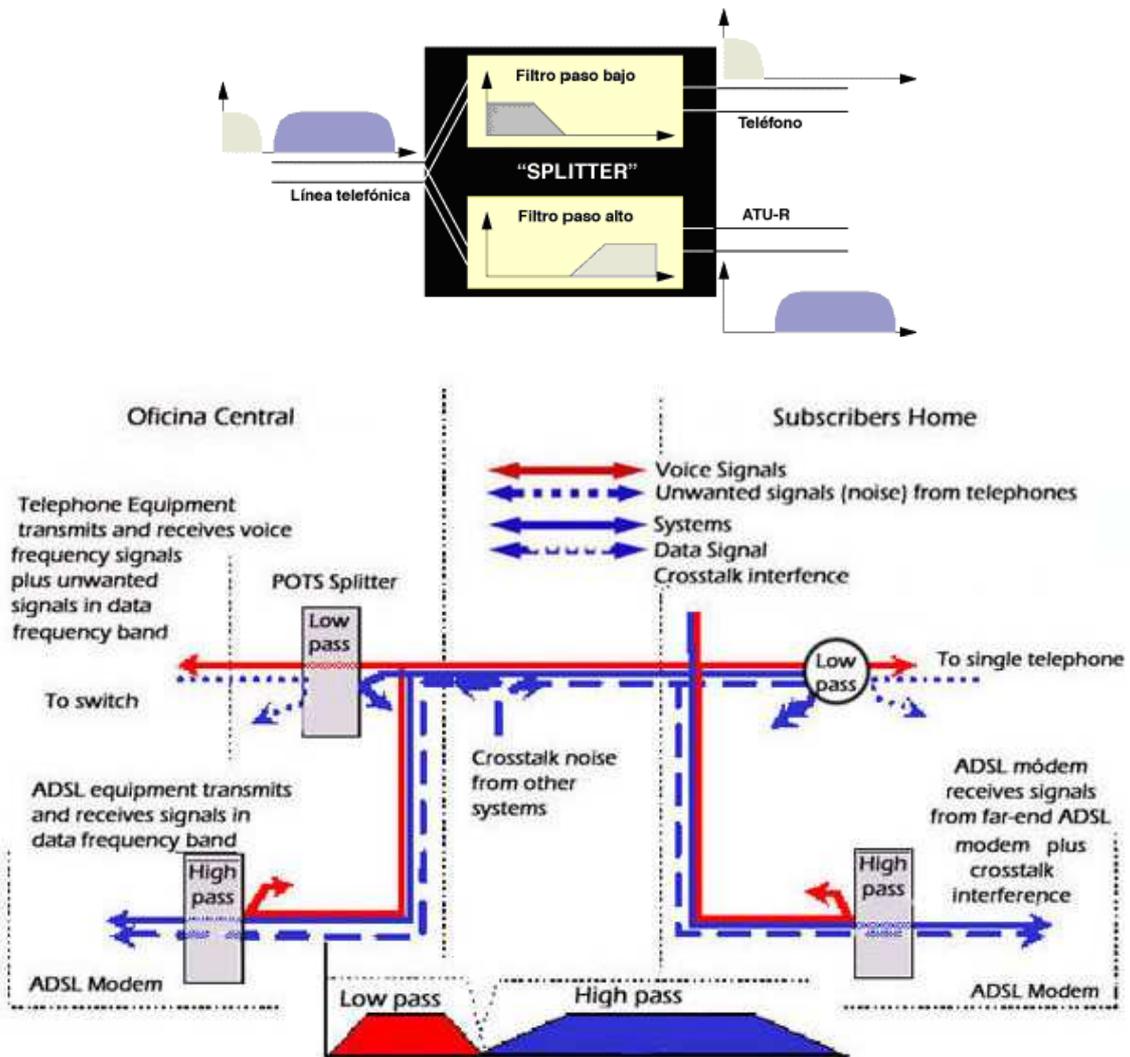
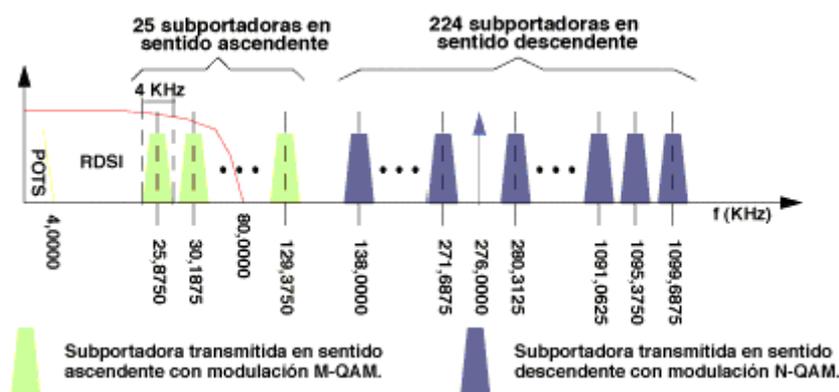


Figura 2.3. Enlaces ADSL.

Estos elementos son los hacen posible establecer un enlace ADSL, pero no olvidemos que estos también requieren un tipo de modulación para hacer efectiva la transmisión de dichas señales, actualmente la modulación para la tecnología ADSL que se emplea es la DMT. *Figura 2.3.*

DMT, básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa

cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida. La técnica de modulación usada es la misma tanto en el módem DSL como en el DSLAM. *Figura 2.4.*



*Figura 2.4. Esquema de superportadora.*

Todo esto se encuentra, dentro de la normativa ITU aplicable:

ADSL G.992.1 Tranceptores ADSL.

ADSL G.992.2 Tranceptores ADSL sin filtro de línea.

xDSL Genérico, G.996.1 Procedimientos de Prueba para Tranceptores DSL.

ADSL G.997.1 Gestión de la Capa Física para Tranceptores DSL.

xDSL genérica, G.994.1 Procedimientos para tranceptores DSL.

La norma para SDSL G.991.2 que trata sobre los Tranceptores SDSL.

La G.995.1 para xDSL que trata sobre Recomendaciones sobre sistemas DSL.

## 2.3 RED ADSL

Las potencialidades del ADSL, superan los servicios de Acceso Rápido a Internet, ya que tiene la capacidad de suministrar accesos más rápidos y de mayor volumen, que pasa de manera inmediata a formar parte de una red mucho más compleja, pero que tiene las capacidades necesarias para suministrar toda una gama de servicios de banda ancha a usuarios residenciales, pequeñas empresas. *Figura 2.5.*

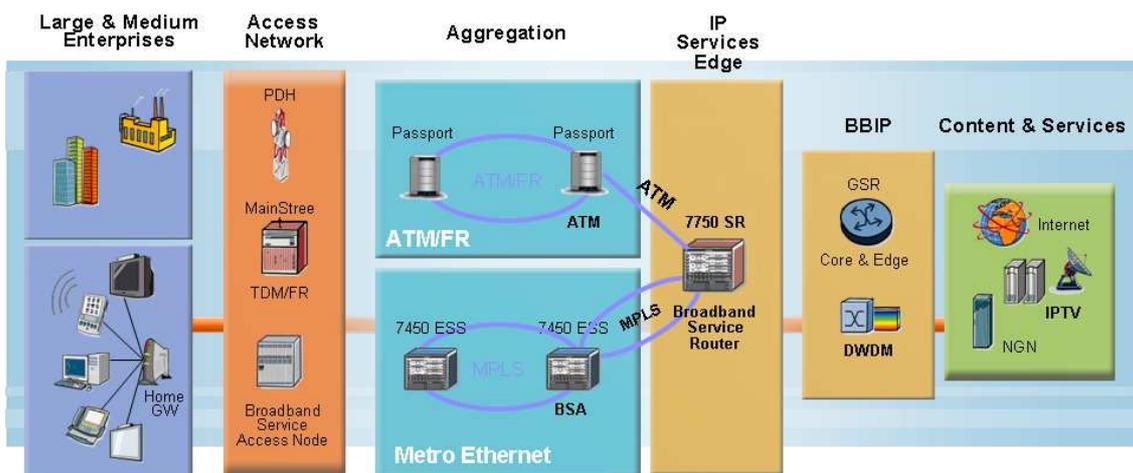


Figura 2.5. Red ADSL.

En la central local, bajo esta arquitectura, el DSLAM se conecta a través de sus interfaces y del MUX con equipos concentradores PSAX, GX (equipos conmutadores ATM) y con los routers TCP/IP de acceso de los proveedores de todos estos servicios de valor agregado con gran ancho de banda. Estos servidores, podrán estar ubicados en la misma central, en otra o en las dependencias de los ISP o proveedores de cada servicio en particular, dependiendo de quien y en que condiciones suministre cada uno de los servicios.

Paralelamente a ellos, y conservando la estructura original de conexión, a través de los splitters, se encuentran las conexiones a la central de conmutación, donde se continúa proveyendo al cliente de los servicios telefónicos. En lo que respecta al extremo del terminal de abonado tenemos, como ya hemos mencionado, la conexión a los teléfonos o a una PABX por un lado, y por el otro la conexión para los servicios de banda ancha, la que podrá ser realizada a través de Set-Top-Box, 100 BaseT- Ethernet o LAN.

Las velocidades que se manejan en el ADSL están en función de la distancia y de la calidad del cobre de las líneas telefónicas, además de la capacidad de la tecnología DMT (Discrete Multitone) de ADSL ya que hace posible adaptar automáticamente las velocidades de transmisión para ofrecer velocidades de datos de 1,5 a 8 Mbps en el sentido red-usuario y de 176 Kbps a 1 Mbps en el sentido usuario-red. *Tabla 2.1.*

VELOCIDADES ADSL		
Downstream	Cable 0,5 mm	Cable 0,4 mm
1,544 Mbps (T1)	5,4 Km	4,5 Km
2,048 Mbps (E1)	4,8 Km	3,6 Km
4,632 Mbps (3 T1)	4,2 Km	3,6 Km
6,312 Mbps (T2)	3,6 Km	2,7 Km
8,448 Mbps (Limite superior T1)	3 Km	2,5 Km

Tabla 2.1. Velocidades ADSL.

### ***2.3.1 Ventajas del ADSL***

Como resumen, podemos destacar como ventajas del ADSL lo siguiente:

- El hecho de no necesitar una línea exclusiva para suministrar el servicio, lo que le permite utilizar la línea telefónica existente del cliente, aunque se encuentre ocupada.
- La buena calidad de transmisión, como consecuencia del uso de códigos de línea muy eficientes.
- La posibilidad de conexión permanente hacia el Internet, lo que le permite facturar el servicio con una tarifa plana.
- Una velocidad elevada de transmisión, suficiente para la gran mayoría de los servicios que se brindan actualmente por Internet.
- Brinda la posibilidad de acceder a servicios de banda ancha.

### ***2.3.2 Desventajas del ADSL***

El ADSL también tiene algunas desventajas, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Las altas velocidades y frecuencias a transmitir limitan de manera importante las máximas distancias a las que se puede enviar la información, a pesar de las permanentes mejoras en los códigos de línea.
- Al depender en gran medida de las líneas de cobre existentes genera bajo rendimiento ya que depende del estado físico de estas líneas de cobre.

### ***2.3.3 Red IPTV***

Una vez dada esta introducción a los que es el ADSL nos empezamos a perfilar a las necesidades de acceso a los multiservicios, para que finalmente concluyamos con la implementación de una red multiservicios o Triple Play. *Figura 2.6.*

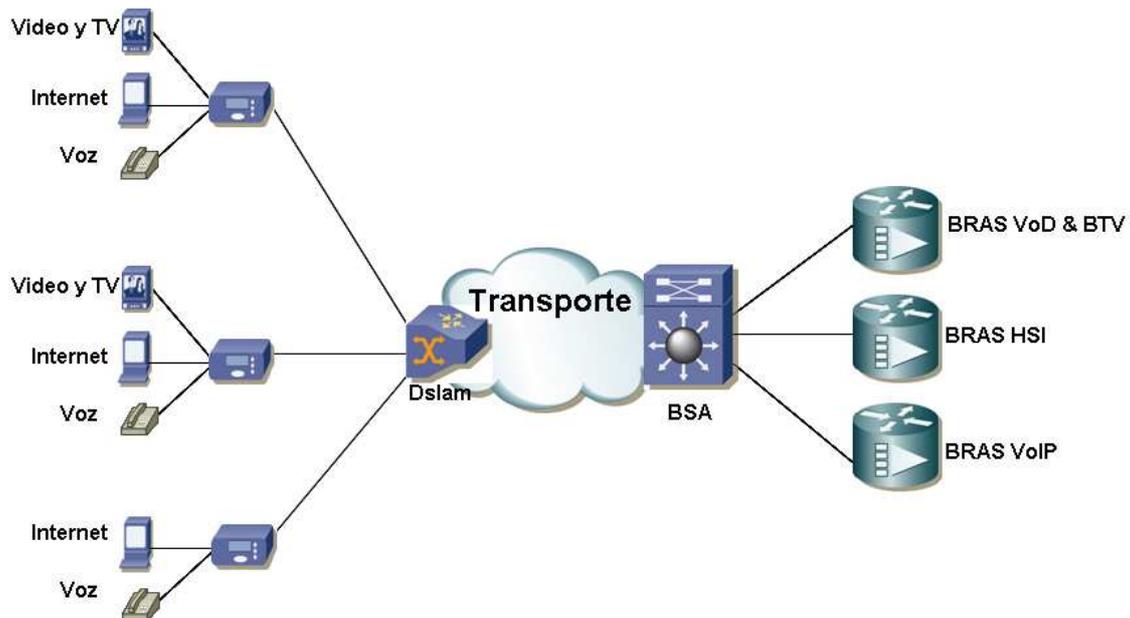


Figura 2.6. Red IPTV.

Como es bien sabido, cada día que pasa es importante contar con una infraestructura que provea de los servicios de Voz, Datos y Video, actualmente existen empresas cableras que proporcionan dicho servicio, pero también existen Proveedores de ISP que cuentan con esa infraestructura tales como Telmex, Maxcom, Axtel sólo por mencionar las más grandes de la zona metropolitana.

Esto hay llevado a que muchas empresas y hogares se vean deslumbrados con las bondades que ofrecen esta gama de servicios y sobre todo la facilidad de facturación de los mismos.

Son pocas las empresas que realmente pueden ofrecer este servicio, ya que el impacto económico para montar una infraestructura de estas es bastante fuerte.

Primeramente hay que puntualizar que estos servicios requieren de infraestructura de punta, empezando por el transporte hasta los equipos separadores de servicios y BRAS, ya que como se ha platicado en el transcurso de este trabajo, la tecnología ADSL funciona perfectamente con el protocolo ATM pero para los fines del Triple Play es importante basarse en Tecnologías Ethernet y transporte DWM, esto es por la versatilidad que da el manejar la calidad de servicios en este tipo de redes y sobre todo el manejo de vlans.

Las vlans es un tema importante el cual se asocia con el estándar 802.1Q y es el responsable de permitir que un usuario tenga el acceso a los diferentes servicios que haya contratado. *Figura 2.7.*

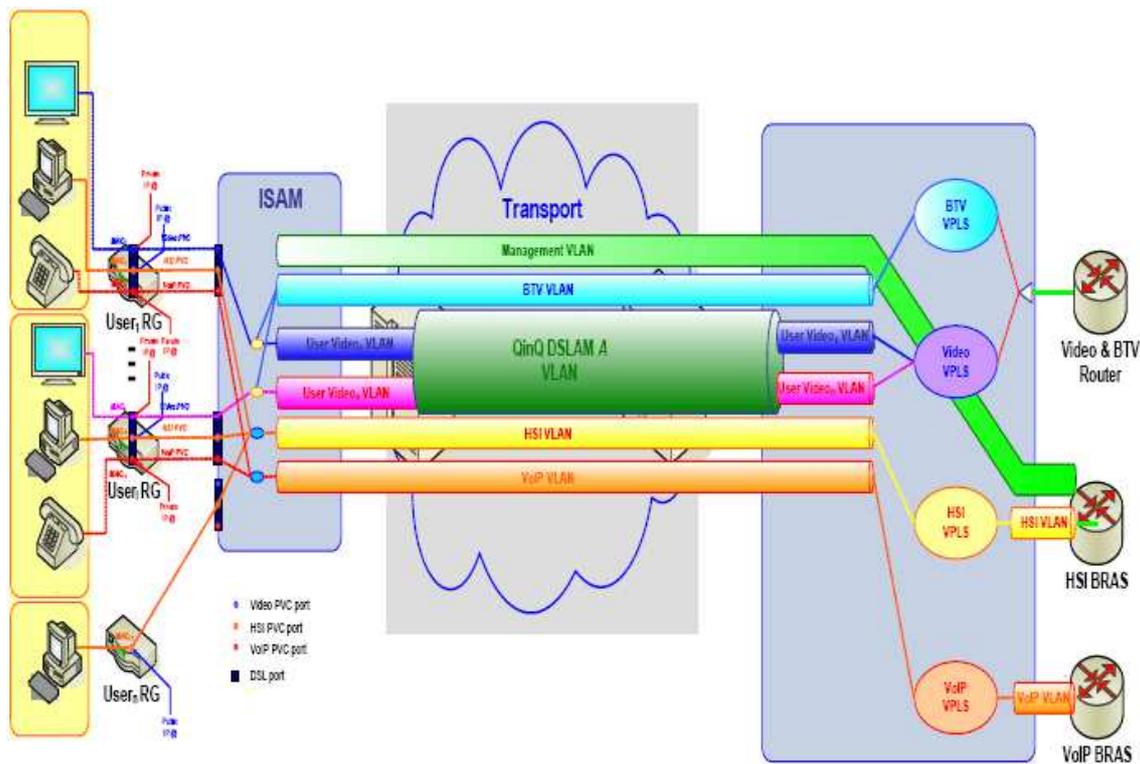


Figura 2.7. Servicio VLAN.

En este diagrama podemos darnos una idea de la forma en la cual se trabaja la parte de multiservicio y como ya comentábamos la importancia de las VLANs en este punto.

### 2.3.4 QoS

Normalmente los datos sobre Internet trabajan con la filosofía del mejor esfuerzo (best effort), cada usuario comparte ancho de banda con otros y por lo tanto, la transmisión de sus datos concurre con las transmisiones de los demás usuarios. Los paquetes de datos son enrutados de la mejor forma posible, conforme las rutas y anchos de banda disponibles. Cuando hay congestión, los paquetes son descartados sin distinción. No hay garantía de que el servicio se realice exitosamente. Entretanto, aplicaciones como voz sobre IP y videoconferencia necesitan de tales garantías.

Con la implementación de calidad de servicio (QoS), es posible proveer de un mejor servicio seleccionando el tráfico sobre varias tecnologías incluyendo Frame Relay, ATM, Ethernet y redes 802.1Q, y con ello garantizar los datos para las aplicaciones avanzadas, una vez que el tráfico de estas aplicaciones pasa a tener prioridad en relación con aplicaciones tradicionales.

Con el uso del QoS los paquetes son marcados para distinguir los tipos de servicios y los enrutadores son configurados para crear colas distintas para cada aplicación, de acuerdo con las prioridades de las mismas. Así, que se reserva un AB

dentro de un enlace de comunicación, para que en el caso de congestión, determinados tipos de flujos de datos o aplicaciones tengan prioridad en la entrega.

Existen dos modelos de implementación de QoS: Servicios Integrados (IntServ) y Servicios Diferenciados (DiffServ). IntServ, se basa en reservar de recursos, mientras que en DiffServ los paquetes son marcados de acuerdo con las clases de servicios predeterminadas.

# Capítulo 3. ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED IPTV PARA EL SERVICIO DE TRIPLE PLAY EN MÉXICO



# OBJETIVO

---

A partir de este tema entraremos en el detalle para proporcionar la solución para generar una red Multicast o red de Full IPTV la cual será la encargada de ofrecer el transporte de video a través de los equipos instalados para ello, desde el centro de video hasta el usuario final.

El objetivo principal es definir la arquitectura funcional que soportará el transporte de los servicios de Full IPTV, así como las funcionalidades técnicas requeridas por cada uno de los componentes de esta red, su tratamiento, políticas de crecimiento, topologías y enrutamiento.

## 3.1 Antecedentes

Anteriormente los ISP en el país sólo tenían la capacidad de proveer a sus usuarios de los servicio de Internet, es decir la trasmisión pura de datos a través de una red en la cual sólo se preocupaba por la operación del servicio de datos.

Las necesidades y exigencias por parte de los usuarios han llevado a los ISP a tener una guerra constante de ofertas tanto en precios como en servicios, llegando a la necesidad de ofrecer servicios de Triple Play para ganar adeptos en el mercado, con la incorporación del transporte de Full IPTV a la gama de servicios proporcionados por la red tradicional ADSL de los ISP, surge la necesidad de contar con la infraestructura y tecnología adecuadas para su implementación, operación y crecimiento, así como de un diseño robusto y escalable.

De acuerdo a la naturaleza de los servicios, se ha elegido la tecnología Multicast para el transporte del tráfico de video, cuyo tráfico cursará a través de enlaces y equipos dedicados para dicho fin.

### 3.1.1 Premisas de diseño

El diseño de la arquitectura para el transporte de tráfico Multicast obedece las siguientes premisas:

Crear una topología de tránsito para tráfico Multicast, que soporte los servicios de Full IPTV.

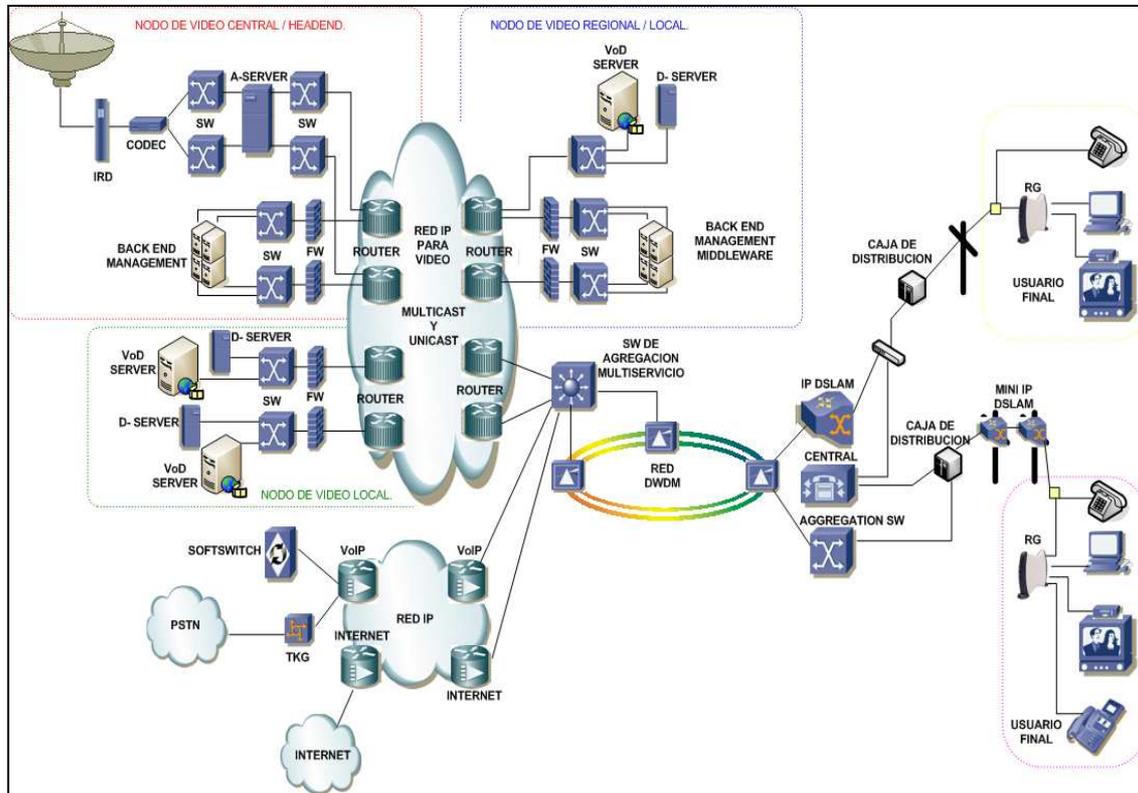
Con base a que la red Multicast será independiente a la red actual de IP, su implementación se realizará considerando el enrutamiento y flujo de tráfico de Multicast por medio de equipos y enlaces dedicados dentro de la red actual del ISP, esto garantizará la estabilidad de la red Unicast en tanto se maduran las funcionalidades.

Se define un diseño de POP redundante cuando todos los componentes de la topología del nodo sean redundantes.

La topología sigue las trayectorias físicas de la red de transmisión. En los POPs nacionales carentes de dos vías de transmisión, no se tendrá un POP con equipo de tránsito, únicamente equipos terminales. El tráfico de tiempo real de video se transporta en la red Multicast y diferenciado.

## 3.2 Arquitectura funcional de la solución Tecnológica

La arquitectura tecnológica de la solución funcional se encuentra ilustrada en la siguiente *Figura 3.1*:



*Figura 3.1. Arquitectura funcional de la solución Tecnológica.*

### 3.2.1 Red IP para video Multicast y Unicast

Esta red esta compuesta funcionalmente por:

- El Nodo de video central esta directamente conectado al Headend donde la señal de BTV es recibida procesada y distribuida. Es en este nodo es donde reside el VoD backend, en donde todo el contenido de VoD es adquirido, procesado e importado a la red IPTV.
- La red de transporte IP Unicast será la entidad responsable de proporcionar la conectividad a nivel IP entre nodos de acceso y los nodos de video para el tráfico Unicast. La conexión entre los nodos video y la red de transporte Unicast se realizará por medio de los equipos de distribución de tráfico.
- Los equipos del tráfico Multicast son los responsables de proporcionar la conectividad de todos los elementos de la red.

La Red funcional de Multicast consta de cuatro módulos o componentes funcionales:

- Fuente de video.
- Equipos de Acceso al Servicio (EAS) para el transporte de tráfico Multicast.
- Equipos de distribución con una interconexión a la red de Unicast.
- Equipos CPE (Customer Premises Equipment), que son los equipos encargados de agregar el tráfico en capa 3 de los clientes en el servicio de acceso a la red de video y encargados de dar tránsito a los servidores aplicativos del servicio en los nodos de video.

### ***3.2.2 Nodo Funcional***

Esta red es una extensión de la red IP, dedicada para soportar tráfico Multicast con una o varias fuentes de video. Esta red de Multicast servirá para transportar el servicio de Full IP TV.

La red está diseñada bajo el concepto de anillos de transporte y de nodos tipo, con enlaces WAN GigabitEthernet Punto a Punto, cuyos POPs formarán anillos nacionales y metropolitanos para el transporte eficiente y diferenciado del tráfico.

La cual tendrá como funciones principales, la de distribución y entrega del tráfico de video a los equipos acceso al servicio (EAS), desde el nodo donde se encuentran las aplicaciones de video y de control a cualquier punto de la red nacional Multicast, en donde se localizan los nodos de video regional o local que entregarán el tráfico de video a los CPE.

La red de Multicast está constituida de diferentes tipos de nodos:

- Nodo de video central.
- Nodo de distribución y acceso (NDA), el cual contiene dos tipos de nodos.
  - Binodal: Dos POP's con un equipo cada uno.
  - No Binodal: Un POP con dos equipos.
- Nodo de video y acceso (NVA), contiene dos tipos de POP's definidos en la arquitectura funcional del servicio.
  - Nodo de video regional: (NVR/L).
  - Nodo de video local: (NVL).
- Nodo de acceso (NA).

### ***3.2.3 Selección de la fase comercial y POPs metropolitanos***

En esta fase se definen los nodos y las ciudades en las cuales se pretende instalar los equipos para brindar el servicio de IPTV, la cual se determina en función de que son las principales ciudades del País donde se concentran las principales actividades económicas, lo cual representa un nicho potencial de negocio, y se

proporcionará el servicio en centrales distintas a las del tránsito nacional. En el caso de Nodos de Acceso únicamente se instalarán equipos CPE, en el caso de los Nodos de Video se instalarán equipos EAS para dar acceso redundante al transporte. *Tabla 3.1.*

CIUDAD	POP	TIPO DE NODO
<b>Zona Metropolitana</b>	POP 1	NVR
	POP 2	NVR
	POP 3	CPE
	POP 4	CPE
	POP 5	CPE
<b>Guadalajara</b>	POP 1	NVR
	POP 2	CPE
<b>Monterrey</b>	POP 1	NVR
	POP 2	CPE

*Tabla 3.1. POPs con presencia de equipo para el servicio de IPTV.*

La modularidad en el diseño de la red, permitirá crear para cada servicio nodos tipo, que podrán ser replicados y así crecer la red sin ninguna dificultad; además, usando un diseño jerárquico se facilitan tanto los cambios a un nodo tipo como agregar uno nuevo.

Cada nodo tipo de la red requiere cambios; el costo y la complejidad de hacer una actualización, estará limitada a un pequeño subconjunto de la red global, no así en una arquitectura de red plana, en la cuál los cambios tienden a impactar a un gran número de sistemas. Además en un diseño jerárquico, se mejora el aislamiento de fallas, esto se facilita por a estructuración modular de la red en pequeños elementos fácilmente entendibles.



Figura 3.2. Ciudades Binodales.

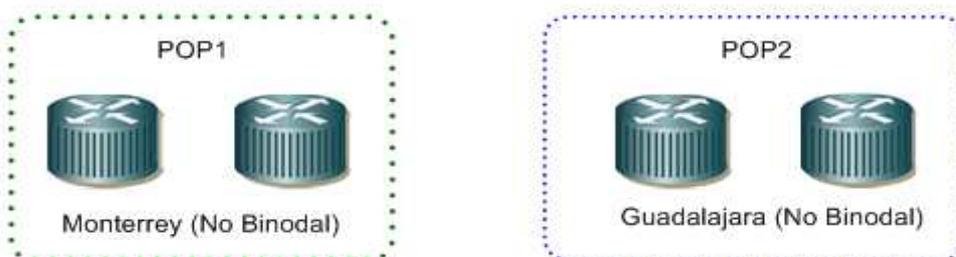


Figura 3.3. Ciudades no Binodales.

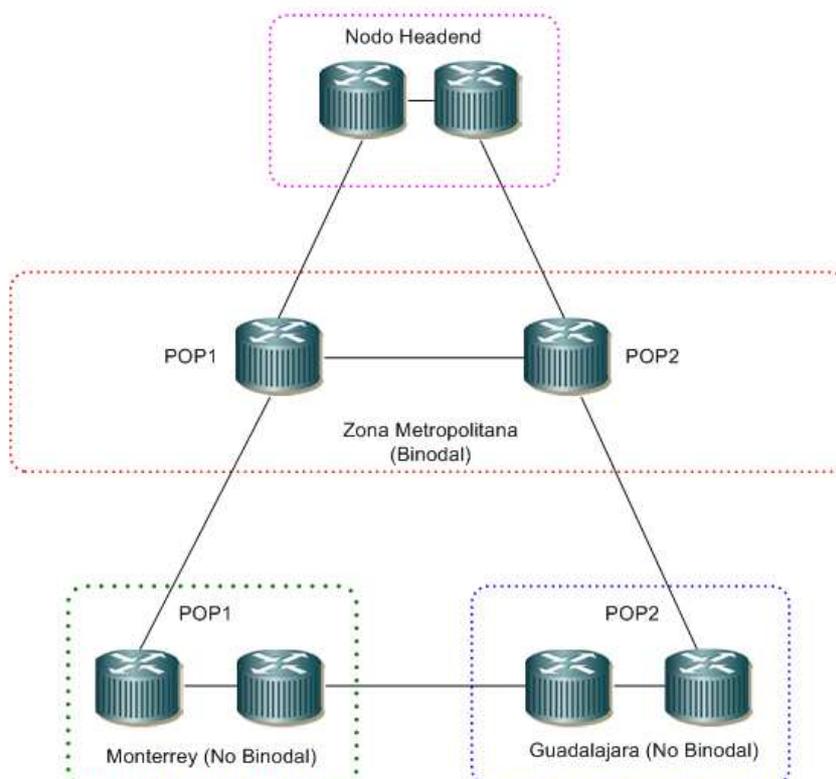
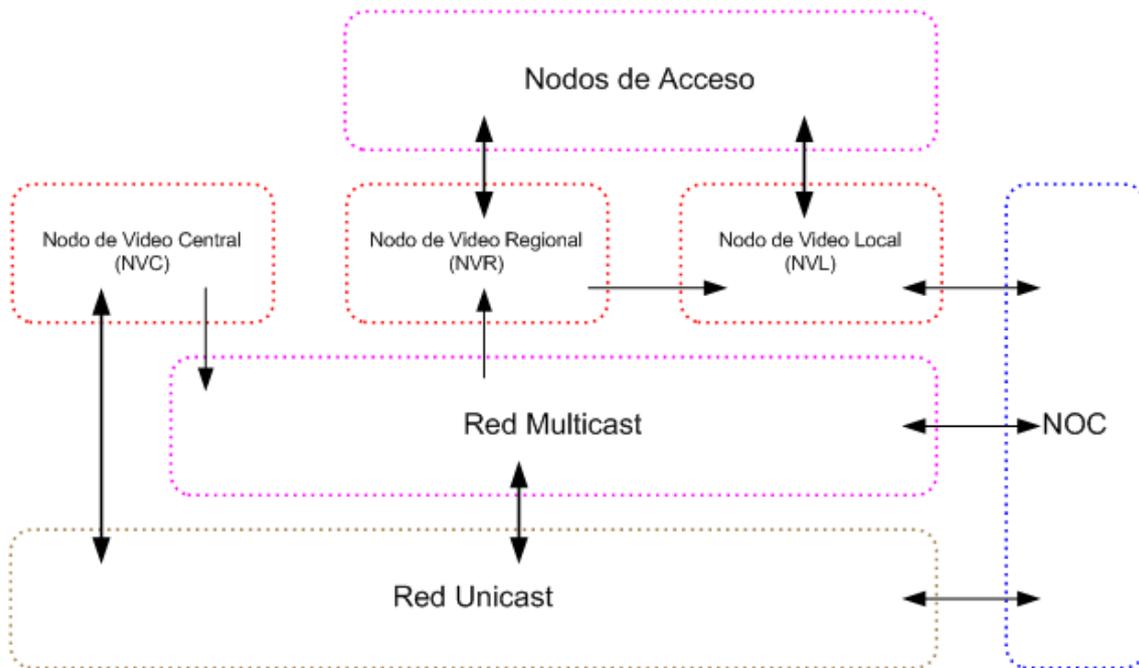


Figura 3.4. Red con soporte para tráfico Multicast.

### 3.2.4 Módulos funcionales que componen la red IPTV

Dentro de una capa, se definen los tipos de elemento y su función, la configuración de cada equipo se optimiza para la función que debe realizar. Esto asegura que la red sea escalable, tolerante a fallas, administrable y eficiente. *Figura 3.5.*



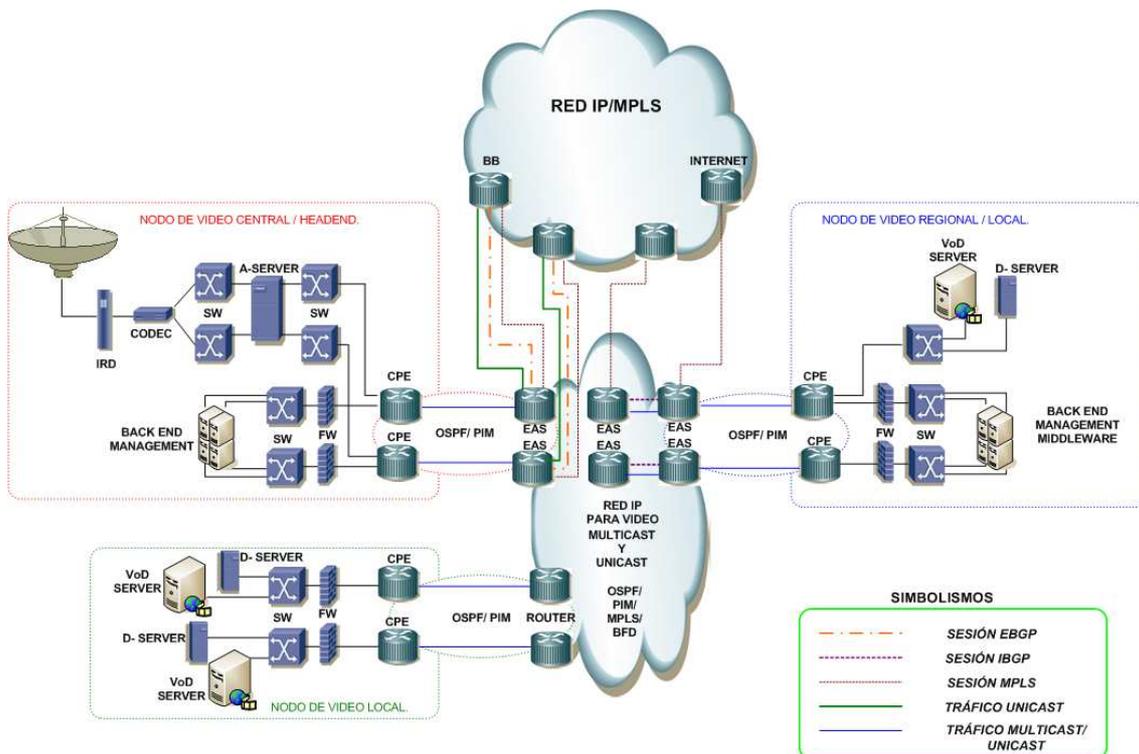
*Figura 3.5. Módulos funcionales que componen la red IPTV.*

- Red Unicast, es la red base con un diseño optimizado para la escalabilidad de los módulos superiores.
- Red Multicast, son las extensiones de la red base para el soporte del tráfico Multicast del servicio Full IPTV.
- Nodo de video central (NVC), es la fuente de distribución de video y brinda la conectividad en Capa 3 hacia los NVR/L y en Multicast a todos los nodos.
- Nodo de distribución y acceso (NDA), son los POPs que tienen la función de transportar el tráfico Multicast hacia los CPE, interconectar con la red IP Unicast para el tráfico Unicast, y de acceso al servicio de los CPE locales.
- Nodo de video regional/local (NVR/L), recibe el contenido de BTV y VoD del NVC y despliega a los servicios locales (NVL) para la entrega al suscriptor. También aquí reside la plataforma de MSTV encargada de recibir las peticiones de servicio provenientes de los clientes pertenecientes a esa región.
- Nodo de video local (NVL), esta jerárquicamente construido para aliviar la necesidad de mayor ancho de banda al implementar los VoD y D-Server más cercanos al usuario. Los clusters del NVL son controlados por los respectivos controladores ubicados en el NVR.
- Nodo de acceso (NA), es necesario para interconectar los usuarios con la red de video.

- NOC (Network Operations Center), es el centro de operación, gestión de la red y del servicio.

### 3.2.5 Descripción de los módulos funcionales

A continuación se muestra el diagrama donde se observa que existen varias relaciones lógicas entre los diferentes módulos. *Figura 3.6.*



*Figura 3.6. Descripción de los módulos funcionales de la red IPTV.*

**Relación entre CPE – EAS :** El EAS es un nodo de acceso, es el equipo que utiliza el CPE para intercambiar tráfico Unicast y Multicast de los servidores con el resto de la red.

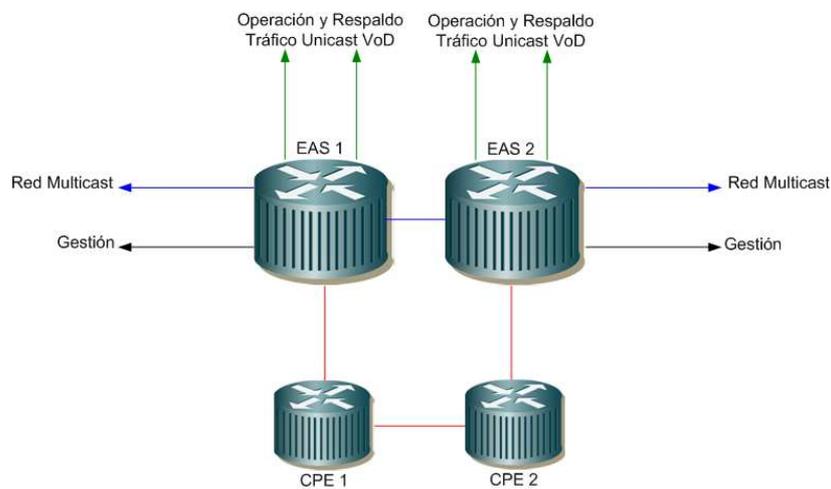
**Relación entre EAS – NDA:** Los equipos EAS de los NDA diferencian el tráfico Unicast y Multicast, enrutando el Unicast por la red base y el tráfico Multicast por las nuevas extensiones para el servicio Full IPTV.

**Relación entre EAS - NDA – NVR:** Los equipos EAS son los next-hop para todo tipo de tráfico que reciban o generen los nodos de video.

### 3.2.6 Elementos que componen los módulos funcionales.

Nodo de Video Central (NVC) *Figura 3.7*, este nodo es el que contiene la fuente de la información siendo la parte de Broadcast TV (IPTV) y la parte de VoD original, la cual a su vez será replicada en tráfico Unicast hacia los servidores de video regional y está compuesto por los siguientes elementos:

- Fuente de Video Multicast (Tiempo Real).
- Fuente original de contenido VoD.
- Servidores de aplicación/administración “Backend”.



*Figura 3.7. Nodo de Video Central (NVC).*

Nodo distribución y acceso (NDA) binodal y no binodal, estos nodos son los que tienen la interconexión con la red IPTV, por la cual fluirá el tráfico Unicast para la alimentación de video de los servidores de Video on Demand Regionales y Locales, así como el tránsito de los flujos Unicast necesarios para la aplicación. *Figura 3.8.*

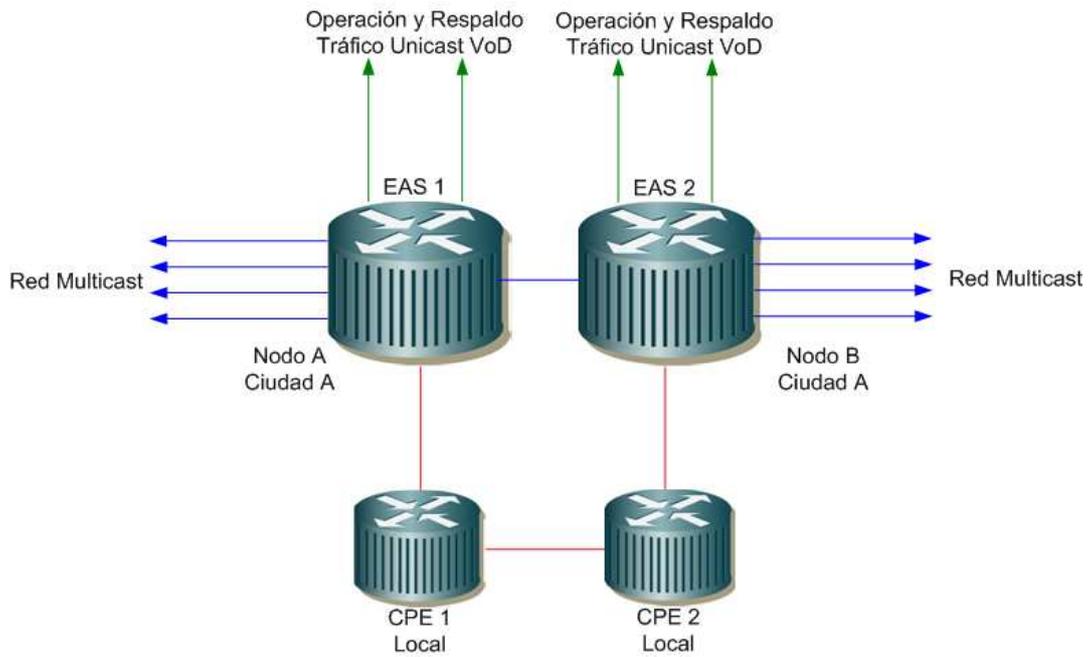


Figura 3.8. Nodo de Distribución y Acceso Binodo (NDAB).

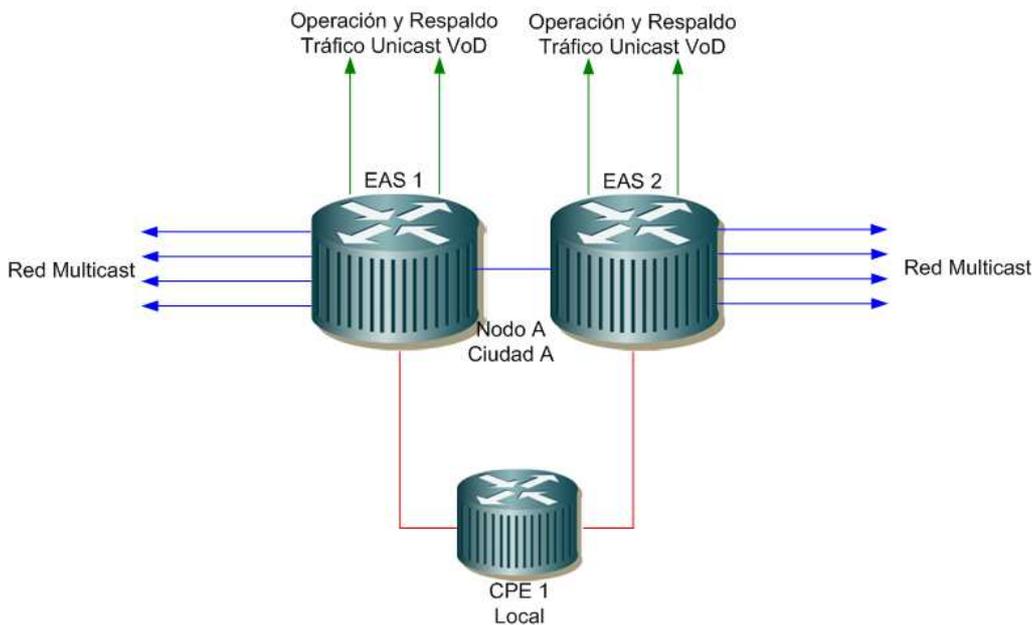
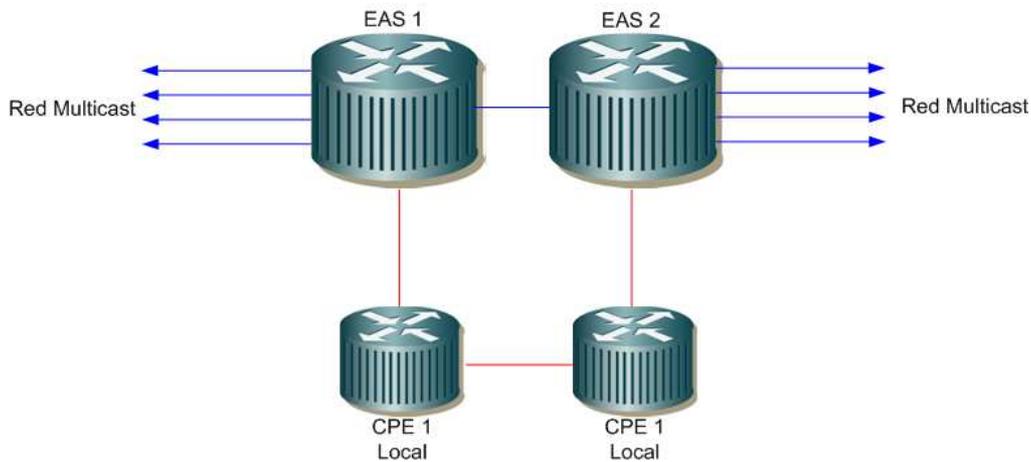


Figura 3.9. Nodo de Distribución y Acceso Mono-Nodal (NDAM).

Nodo de Video y Acceso (NVA) *Figura 3.10*, en estos nodos se cuenta con servidores locales de VoD y flujo de Multicast, en la parte de acceso están constituidos por:

- CPE para el acceso al nodo.

- Fuente Local de VoD.
- Servidores de administración “Backend Middleware”.
- Fuente local de servidor para la corrección de Frames (D-Server)
- Equipos de agregación de tráfico.



*Figura 3.10. Nodo de Video y Acceso (NVA).*

Nodo de acceso (NA), este tipo de nodos cuentan con el acceso a la red Multicast y Unicast, siendo los necesarios para dar tránsito a los nodos de agregación de usuarios. *Figura 3.11.*



*Figura 3.11. Nodo de Acceso (NA).*

En la parte de acceso estos nodos están compuestos por:

- Switch de agregación y separación de tráfico.
- Equipo de Capa 3 de agregación (CPE) de usuarios del servicio de video.

Descripción de los elementos:

- CPE- Router CPE.
  - En nodos de video es el Gateway a la red IP para tráfico de video.
  - En nodos de acceso es el IP e IGMP router para todos los subscriptores para tráfico video.
- SA-Switch de Acceso al servicio.
  - Se encarga de separar los flujos de Video/Datos/Voz provenientes de las VLANs asignadas para cada cliente, a una sola VLAN por servicio.
- EAS – Equipo de Acceso al Servicio.
  - Equipo de acceso, parte de la infraestructura que enruta el tráfico Unicast/Multicast proveniente del RCPE hacia la red IP.
- IP DSLAM – Equipo IP DSLAM ADSL 2+.
- RG – Residential Gateway.
- SB - Setup Box de Video.

### ***3.2.7 Conexiones físicas y lógicas válidas***

Todas las conexiones en esta red serán por medio de GigabitEthernet, ya sea por medio de enlaces punto a punto a través de anillos ópticos metropolitanos, de larga distancia o conexiones Back to Back.

### ***3.2.8 Conexiones entre nodos funcionales***

Estas conexiones son a través de enlaces GigabitEthernet por medio de los EAS, mediante conexiones hacia sus dos nodos adyacentes de acuerdo a la topología de la red Multicast; y a través de conexiones dobles (operación y respaldo) para la interconexión con la red IP.

Las fibras a utilizar para las conexiones de los enlaces gigabitethernet entre EAS son fibras monomodo FC-PC (DFO) –LC (SFP- LX) GSR la longitud de estas dependerá del nodo.

La distribución de los enlaces se debe de realizar distribuyendo los enlaces de tránsito en diferentes LC (LineCards), asegurando que una falla de una LC no deje al nodo aislado en el tránsito.

### ***3.2.9 Dentro de los nodos funcionales***

Las conexiones válidas dentro de los nodos funcionales serán a través de conexiones gigabitethernet de los CPE a los EAS siempre manteniendo un esquema redundante para dicho acceso.

Las fibras a utilizar dentro de los nodos funcionales son:

- Para conexiones Back to Back se trataría de fibras multimodo LC-LC.
- Para conexiones con los catalyst 6500 se trataría de fibras LC-SC ya que los catalyst manejan GBIC y no SFPs.

La distribución de las conexiones locales se deben distribuir en distintas LC, mientras que las conexiones a un mismo CPE deben de realizarse utilizando un enlace a una LC y el otro a la otra LC, las conexiones que únicamente tienen un enlace a un CPE deberán de distribuirse de manera uniforme.

Las conexiones a la red Unicast en un mismo EAS deben de distribuirse en más de una LC.

### **Interfaces**

En esta parte se especifican el tipo de interfases a utilizar para la conexión de los diferentes elementos a la red.

#### **3.2.10 Conexiones entre POPs (WAN)**

Las interfaces definidas son GigabitEthernet esto por medio de enlaces transportados a través de los anillos ópticos de la red de transporte Telmex teniendo interconexión entre EAS de una misma ciudad en el caso de nodos binodales, el tipo de interfaces son: SFP-GE-L (1000BASE-LX/LH SFP) puertos GigabitEthernet GSR 12406 (monomodo) EAS.

#### **3.2.11 Conexiones de redes locales (LAN)**

También se definen interfaces GigabitEthernet Back to Back y hacia los switches dorsales en los nodos de distribución y acceso con la red IP respetando la operación y respaldo de la red considerando a éstos como un acceso mas a la red.

- El tipo de interfaces son: SFP-GE-S (1000BASE-SE/SX SFP) puertos GigabitEthernet GSR 12406 EAS.
- PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE – LC Alcatel 7750 CPE.

A continuación se menciona los tipos de Equipos así como su equipamiento ([Tabla 3.2](#)):

<b>EAS 12406</b>	
<b>Número de Parte</b>	<b>Descripción</b>
<b>12406-EMSE2-BUN</b>	12406 MSE Bundle with BN or SS
<b>12000-SIP-601-BUN</b>	12K Sashimi Bundle Config PID
<b>12000/6-DC</b>	Cisco 12000 6-slot Chassis; 2Alarm, 1Blower, 2DC
<b>S12KZ-12.0.32SY</b>	Cisco 12K Series PRP IOS SERVICE PROVIDER
<b>12000-SIP-601</b>	Multirate 10G IP Services Engines (Modular)
<b>GSR6-CSC</b>	Cisco 12406 Clock Scheduler Card
<b>GSR6-SFC</b>	Cisco 12406 Switch Fabric Card
<b>MEM-12KRP-FD1G</b>	Cisco 12000 Series, 1GB PC ATA Flash Disk
<b>MEM-PRP2-2G</b>	2GB Memory - (1x2GB DIMM) Configuration
<b>PRP-2</b>	Cisco 12000 Performance Router Processor 2 (PRP-2)
<b>SPA-10X1GE-V2</b>	Cisco 10-Port Gigabit Ethernet Shared Port Adapter

<b>SPA-1X10GE-L-V2</b>	Cisco 1-Port 10GE LAN-PHY Shared Port Adapter
<b>12000/6-BEZEL</b>	Cisco 12000 6-slot Enhanced Bezel
<b>XR-2PK-MEM-PRP2=</b>	Cisco XR 12000 RP Memory Upgrade Kit
<b>MEM-12KRP-FD1G</b>	Cisco 12000 Series, 1GB PC ATA Flash Disk
<b>MEM-PRP2-2G</b>	2GB Memory - (1x2GB DIMM) Configuration
<b>XR-C12K-LCONV</b>	Cisco IOS XR Software License conversion for C12000
<b>SFP-GE-S</b>	1000BASE-SX SFP
<b>SFP-GE-L</b>	1000BASE-LX SFP

*Tabla 3.2. Equipos y su equipamiento.*

La modificación por tipo de nodo es el número de puertos y tipo de puertos por lo que también se reflejaría en la cantidad de SFP a utilizar.

<b>CPE Alcatel 7750</b>	
<b>Código Alcatel</b>	<b>Descripción</b>
3HE00185BC	7750 SR 7 SLOT DC 200G FABRIC
3HE01171AA	PBA 7750 SR 200G SF/CPM 2
3HE00107DA	7750 SR OS V4.0 SR-12/7
3HE01473AA	7750 SR IOM 2 LINE CARD 20G
3HE01616AA	PBA 10-PORT GIGE MDA REV B
3HE00027AA	PBA GIGE SX SFP OPTICS MODULE - LC

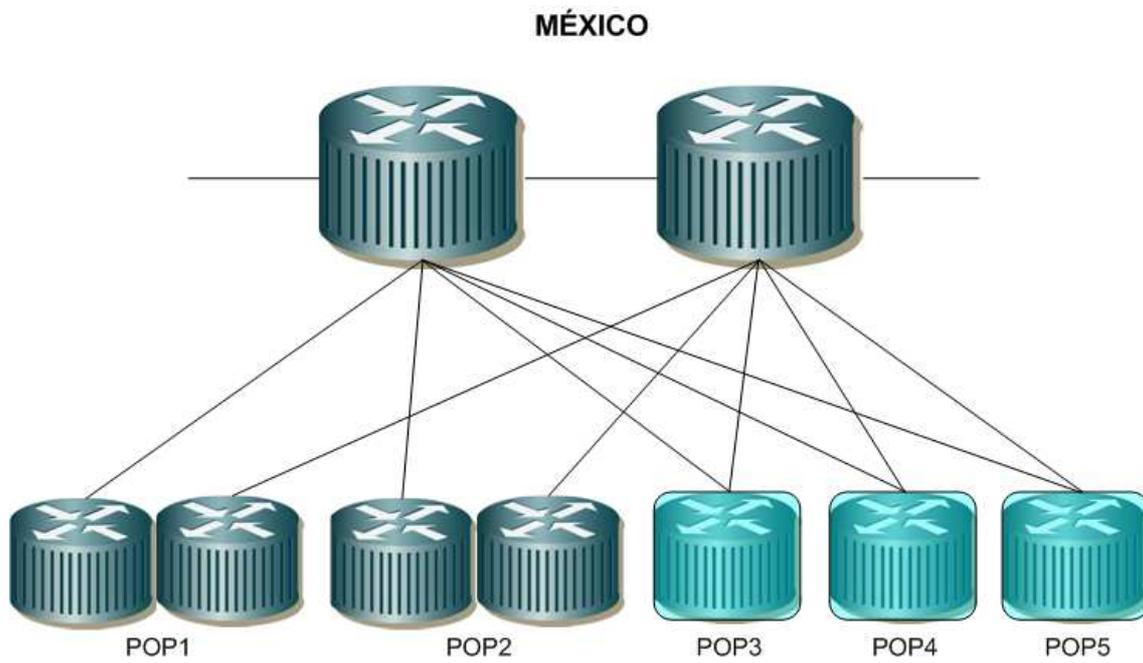
*Tabla 3.3. Puertos.*

### **3.2.12 Topología de la red para brindar el servicio**

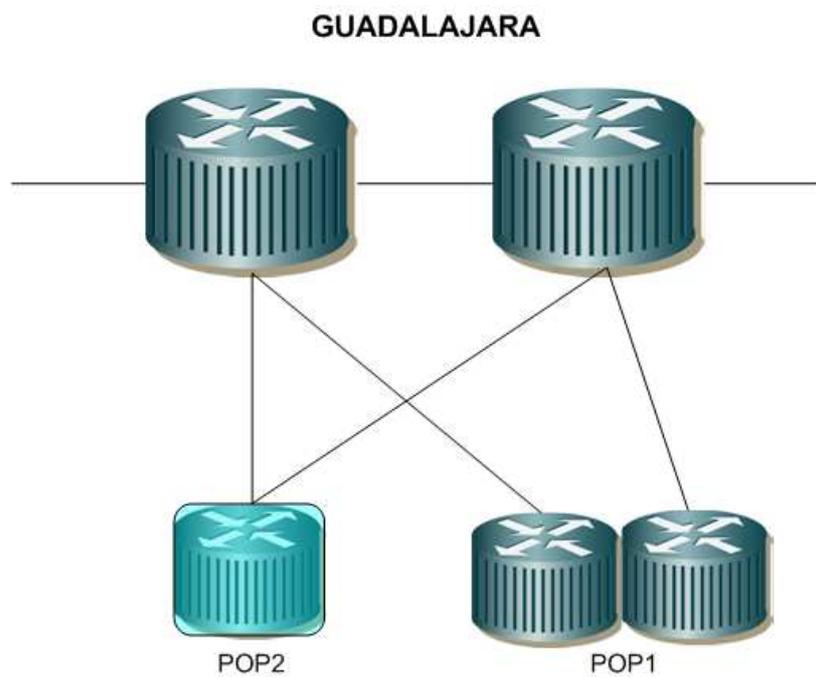
Para poder proporcionar el servicio requerido a nivel metropolitano se ha definido la topología en las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey que contemplan las siguientes reglas:

- Si existe un nodo de concentración con un solo CPE, este deberá conectarse a los dos Nodos NDA de la ciudad por enlaces GE Metropolitanos.
- Si un nodo de concentración se encuentra en un Nodo NDA Mono-nodal, el equipo CPE debe de conectarse por dos conexiones Back to Back al equipo EAS local.
- Si un nodo metropolitano es un NVA, este debe de contar con dos CPE y por dos equipos EAS conectados en Back to Back uno a uno.

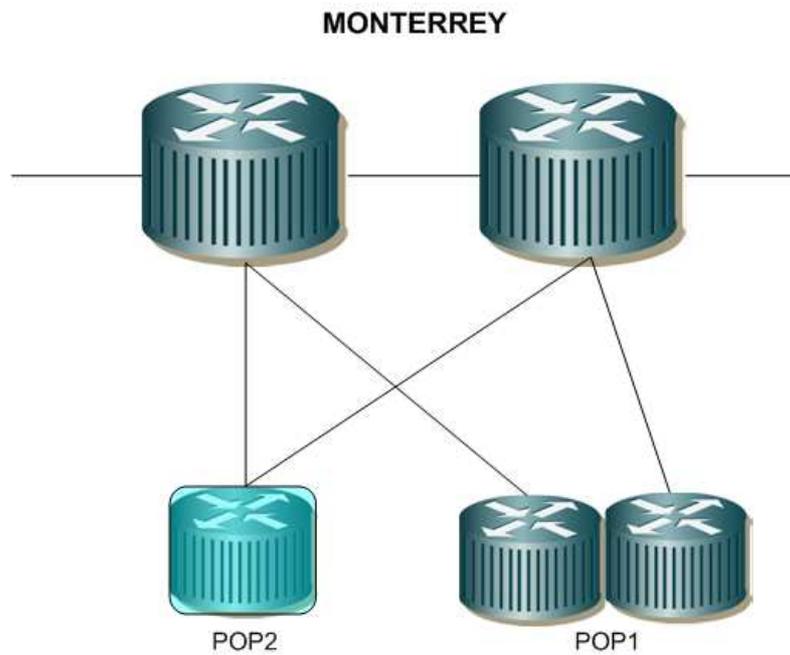
La topología de la red nivel metro se ilustra a continuación (Los equipos azules son equipos CPE Alcatel), *Figura 3.12:*



*Figura 3.12. Topología México.*



*Figura 3.12. Topología Guadalajara.*



*Figura 3.12. Topología Monterrey.*

NOTA: Todos los nodos que no indican que son CPE en las imágenes, contienen un CPE para su propio nodo de acceso o 2 CPE para los nodos de video.

### ***3.2.13 Estrategia de crecimiento para la red de IPTV por medio de la cual se ofrece el servicio.***

#### ***Dentro de los módulos funcionales***

Cuando un Nodo de Acceso (NA) requiera convertirse en un Nodo de Video y Acceso:

- Motivo del crecimiento: Esto se requerirá cuando un nodo integre funcionalidades adicionales a la de acceso, contando con servidores de aplicación y con 2 equipos CPE.
- Crecimiento: Será necesario contar con un equipo adicional de tránsito, conectado back to back al ya existente y conectando la transmisión de una de las troncales al nuevo equipo para llegar a la topología de un nodo de video y acceso.

#### ***Incorporación de nuevos módulos funcionales en la red.***

Cuando se requiera adicionar un nodo de acceso a la red se realizará de acuerdo a lo siguiente:

- Si es en zona metro: Deberá de integrarse en una trayectoria de transmisión a un nodo de acceso o de video y acceso ya existente si es que es posible. De lo contrario se conectará de manera directa a los nodos de distribución y acceso de la ciudad. Deberá de tratarse de seguir trayectorias de transmisión en la medida de lo posible.

- Si es un nodo nacional: Deberá de integrarse en una trayectoria de transmisión a un nodo de acceso o de video y acceso ya existente si es que es posible. De lo contrario se conectará de manera directa a los nodos de distribución y acceso más cercanos. Deberá de tratarse de seguir trayectorias de transmisión en la medida de lo posible.

### **Modelo de operación**

El modelo de operación describe de manera general las estrategias, políticas y características de operación de la red, el modelo operativo de la red se define en la siguiente estrategia:

- Hay un protocolo de capa 3 (OSPF) enrutando por todos los enlaces GE dedicados a la red de Multicast.
- Hay un protocolo de capa 3 (OSPF) en todos los NA, en un proceso diferente, intercambiando rutas con los CPE, este proceso es de significancia local.
- Hay un protocolo de capa 3 (OSPF), en todos los NDA, que es el mismo de la red Unicast, este proceso enruta únicamente por los enlaces GE, que se interconectan con la LAN de servicio Unicast del POP.
- Hay un protocolo Multicast dependiente del OSPF, en este caso PIM v2, que se encarga de realizar las adyacencias de Multicast, por los mismos enlaces GE de Multicast, para formar los árboles hacia las fuentes de video.
- Hay un protocolo de capa 3 BGP (iBGP), que se encarga de anunciar los prefijos de los NA y NVR/L hacia los NDA y estos a su vez al NVC, reflejando este último los prefijos a todos los NDA.
- Dentro de los enlaces de Multicast los reciben los prefijos BGP de los NDA, siendo los NDA los Next-Hop.
- Dentro de la vecindad de BGP entre los NDA y los NVC, intercambiando etiquetas MPLS dentro de la red, los NDA y NVC serán los Next-Hop de los prefijos que propaguen.
- La red esta optimizada para fast-reroute, en Multicast y en Unicast.
- La red tiene funcionalidades de HA en cuanto la plataforma lo permite.
- La red cuenta con QoS end-to-end.
- La red es gestionada desde el NOC.

### **El HA de los equipos**

Todos los equipos contarán con doble procesadora y con funcionalidades de HA (High Availability) que permitan la recuperación del servicio de manera rápida en caso de fallas.

Igualmente y para garantizar el servicio, los equipos CPE se deberán de conectar a dos tarjetas GE en diferentes slots (Cuando se trate de una conexión a un solo equipo), vía dos enlaces distintos. Igualmente los enlaces de transporte del equipo de GSR deberán de estar distribuidos en distintos slots. Esto permitirá que un crash en una tarjeta GE no cause una pérdida total de servicio, ya que el equipo de tránsito deberá de tener salida a la red y el equipo CPE un enlace alternativo para acceder al servicio.

Se modifican los parámetros necesarios en los protocolos y funciones de los EAS para lograr una alta disponibilidad del servicio, también el diseño general de la red se enfoca al mismo fin.

### **Optimización de Timers de Protocolos de capa 3**

Con el fin de acelerar la velocidad de convergencia del protocolo IGP, Multicast y BGP (En este caso OSPF, PIM e IBGP), se modificarán los parámetros que por default utiliza cada protocolo, en este caso se modificarán los siguientes parámetros de OSPF:

- Throttling de SPF y LSA.
- Pacing Floyd.
- Lsa arrival.
- Mpls-ldp sync.

Para PIM:

- PIM-query intervalo.

Para BGP:

- Next-hop trigger delay.

### **BFD (Optimización)**

Para acelerar el proceso de detección de fallas de enlaces se utiliza un mecanismo que permita detectar caídas de los mismos en tiempos menores al medio segundo. Se utiliza el mecanismo BFD (Bi-directional Forward detection), el cual es un mecanismo que mediante intercambio continuo de paquetes, permite detectar rápidamente caídas en el servicio de transmisión, interactuando con los protocolos de capa superior (OSPF, PIM) para inicializar de manera instantánea el proceso de convergencia de los mismos.

Para el caso de la red de Multicast se determina utilizar un tiempo de detección de 300ms. Los cuales se conforman de un límite de 3 paquetes perdidos con un intervalo de 100ms entre cada uno de ellos.

### **SSO (switchover)**

Para este caso (GSR) y con el IOS de Cisco es posible contar con la funcionalidad de SSO (Statefull switch over), lo que permite que la procesadora redundante este inicializada, configurada y con el estado actual de las interfaces. Esto permite que al tener un “crash” de la procesadora principal, la redundante únicamente inicialice las tablas de enrutamiento OSPF, BGP y PIM. La red debe de tener esta funcionalidad configurada en todos los equipos.

### ***Uso del sub-comando max-metric router***

Para asegurar la estabilidad de los equipos y el servicio cuando se requiera reinicializar un enrutador se utilizará el comando max-metric router como una funcionalidad de OSPF. Este comando permite que al inicializar el enrutador los LSA que se generen localmente se anuncien con la métrica más alta. Por lo que en caso de ser un equipo de tránsito no se utilizará como tal, permitiendo inicializar todos los procesos de la misma de manera más “suave” al no tener conmutación de paquetes.

Después de un tiempo determinado, el enrutador anunciará sus LSA con la métrica correcta, por lo que el servicio únicamente se afectará con una convergencia de OSPF y PIM.

### ***Tráfico Unicast***

El tráfico Unicast es un tráfico que se agrega (a diferencia el Multicast que se replica) por lo que se define que este tráfico (Unicast) no se agregue a la red de video de manera generalizada. Por lo que en aquellos nodos de distribución y acceso (NDA) el tráfico Unicast se entregará a la red Unicast, lo que permitirá contar con las bondades de escalabilidad del diseño de la red.

Para poder lograr diferenciar el tráfico Unicast, las rutas asociadas a este tráfico deberán de estar anunciadas por el protocolo BGP en la familia IPv4. Utilizando MPLS dentro de los enlaces de la red Multicast y las trayectorias.

Las subredes de servidores (Dentro de los nodos de Video) y las IP asignadas a clientes deben de estar anunciadas desde los equipos CPE dentro de un protocolo local con los equipos de la red de Multicast. Al contar los equipos de los nodos de la red de Multicast con los prefijos sumarizados de servidores o clientes en su caso, estos podrán ser anunciados por BGP.

### ***Tráfico Multicast***

El tráfico Multicast deberá de transportarse por los enlaces de la red de Video desde la(s) fuente(s) hasta los CPE de los nodos de video y acceso. Los CPE utilizan IGMP para distribuir el tráfico Multicast hasta los usuarios.

Para esto, las direcciones IP de las fuentes de Multicast estarán anunciadas dentro del IGP de la red (OSPF). Esto permitirá construir las adyacencias de PIM dentro de los enlaces de la red de Multicast.

## ***3.2.14 Plan de direccionamiento***

### ***Para Unicast***

El Unicast se utilizará para el establecimiento de sesiones entre equipos de clientes y servidores de aplicación, por lo que deberán de ser enrutados y conocidos entre ambos.

Para esto se utilizará el bloque privado de la 10.0.0.0 /8 subdividido en bloques de máscaras definidas en su granularidad para asignar pooles de ip a los clientes y a los nodos de video. Estos prefijos deben de anunciarse por BGP.

### ***Para Multicast***

El direccionamiento para el servicio Multicast deberá ser anunciado por el IGP de la red de Multicast. Igualmente para lograr las adyacencias requeridas es necesario que la infraestructura de la red se anuncie por este protocolo a través de la regla siguiente:

- La infraestructura utilizará bloques de IP reservadas del bloque de infraestructura.
- Las fuentes de Multicast deberán de ser direcciones IP del bloque privado de IP para el servicio 10.0.0.0/8.
- Los grupos de Multicast utilizarán el bloque de IPs Multicast 239.0.0.0/13.

### ***3.2.15 Protocolos***

#### ***IGP (OSPF)***

La red de enlaces de Multicast debe de estar enrutada por un protocolo de enrutamiento interno IGP. El protocolo a utilizar es OSPF y se utilizará un área única para todos los equipos que integren la red de Multicast, y por motivos de futuras cambios o migraciones el área a utilizar no será el área 0, el área a utilizar para la red es el área: XX

Los equipos que integran los nodos NDA, contarán con un proceso adicional de enrutamiento OSPF que es el mismo a utilizar por Unicast, por lo que se configurarán de manera análoga a los equipos de acceso al servicio de la red.

Los equipos que cuenten con funcionalidades de acceso e interconexión con los equipos CPE, deberán de contar con un proceso local contra los equipos CPE, con el fin de acelerar la convergencia en caso de fallas.

Estas son las características del protocolo IGP en los 3 casos:

Para la red Multicast.

- Proceso de OSPF distinto al de UNINET Unicast.
- Una sola área para toda la red.
- Optimización para Fast Convergence.

Para la interconexión a Unicast.

- Las reglas definidas para los equipos de acceso.
- Pertenece al área definida para el nodo.
- Utilizará las funcionalidades de convergencia vigentes para la red.

Para la interconexión con el CPE.

- Un proceso local distinto de OSPF.
- Siempre se pertenecerá al Área 0
- Se debe de optimizar, en conjunto con las funcionalidades del CPE para acelerar convergencias.

### **MULTICAST (PIM)**

El enrutamiento del tráfico Multicast se basa en el protocolo de enrutamiento de Multicast PIMv2, para poder lograr la construcción de árboles de distribución de tráfico hacia las fuentes, y se toman los siguientes criterios:

- Utiliza SSM (Source Specific Multicast) con lo que se mapean las fuentes de video de manera definida, con lo que no es necesario el uso de RP (Rendevouz Points) para la construcción de los árboles de Multicast.
- Existe una sesión de PIM entre los CPE y los EAS, en este caso utiliza el proceso local de OSPF entre CPE y EAS para construir las adyacencias de PIM.
- Dentro de la red de transporte PIM utiliza las rutas generadas por el proceso OSPF de los enlaces de Multicast para la creación de adyacencias RPF, por lo que es requerido que las direcciones IP de las fuentes se enruten por este protocolo (OSPF).
- El encargado de terminar las sesiones IGMP de los usuarios es el CPE de cada NA.
- Se optimizan los timers de PIM para lograr una convergencia acelerada.

### **BGP (IBGP)**

EL enrutamiento del tráfico Unicast se realizará utilizando el protocolo BGP para aprovechar las funcionalidades de interacción con MPLS y poder contar con LSP (Label Switch Paths) para este fin, para esto los equipos de acceso deberán contar con lo siguiente:

- Vecindad IBGP con dos equipos de Acceso y Distribución (NDA), si es que no son ellos mismos.
- Anunciar con el comando "network" los prefijos que se aprendan por el OSPF local contra el CPE.
- Funcionalidades y Timers para una reconvergencia optimizada.

En los equipos NDA deben de cumplir lo siguiente:

- Vecindad con 2 equipos de Acceso y de Video a los que le den tránsito directo a la red Unicast.
- Anunciar con el comando "network" los prefijos que se aprendan por el OSPF local contra el CPE.

- Deben de ser next-hop en todos los prefijos que propaguen.
- Son reflectores de rutas hacia los equipos de nivel inferior más bajo (NDA, NA).
- Son reflectores de rutas hacia los enrutadores del nodo central NVC.
- Funcionalidades y Timers para una reconvergencia optimizada.

Los equipos del nodo de Video deben de cumplir lo siguiente:

- Deben de tener sesión iBGP contra todos los nodos NDA.
- Son reflectores de rutas hacia los nodos NDA.
- Deben de anunciar con el comando Network los prefijos a ser alcanzados vía Unicast del nodo de video.
- Funcionalidades y Timers para una reconvergencia optimizada.

### ***MPLS***

La red debe de tener la funcionalidad MPLS funcionando en todos los enlaces de infraestructura, esto es con el fin de formar LSPs entre los nodos de Acceso y Video contra los nodos de distribución y acceso.

Los equipos que tengan funcionalidades de distribución NDA deberán de tener la funcionalidad de MPLS encendida en las interfaces GE que se conecten a la LAN de servicios.

### ***Políticas de enrutamiento***

Se especifican los resultados de la modificación de características y políticas de los protocolos de enrutamiento, así como su interacción con el diseño de la red.

### ***Convergencias***

Por características del servicio las configuraciones se desarrollaron con las siguientes características:

- Convergencia de Multicast menor a 500ms en caso de falla de enlace o equipo de tránsito.
- Convergencia optimal de BGP.

#### ***3.2.16 Filtros***

## **BGP**

Dada la naturaleza de la configuración de iBGP con reflectores se debe de filtrar los prefijos necesarios para:

- Evitar anuncios innecesarios.
- Evitar loops de enrutamiento.

## **OSPF**

Dado que existe un proceso de enrutamiento OSPF local con los CPE, es necesario filtrar los prefijos que puedan:

- Causar una duplicidad de prefijos en la red.
- Causar un problema severo de enrutamiento de la red.
- Recibir la ruta 0.0.0.0 que se anuncie por dos equipos EAS a dos equipos CPE.
- Anunciar la ruta 0.0.0.0 hacia el proceso interno de la red.

## **Respaldos**

Los respaldos aplican a las siguientes situaciones:

### **Caída de enlace entre dos Nodos**

- Se respaldará el tráfico por el enlace de trayectoria alterna hacia un distinto NDA.

### **Caída de un equipo EAS**

- En los nodos de tránsito adyacentes, se respalda el tráfico por una trayectoria alterna que siempre debe de existir.
- En el nodo local el equipo CPE respalda por un segundo EAS si este existe.
- En el nodo local el servicio quedara fuera si ni existe un segundo EAS.

### **Crash de una procesadora**

- La procesadora redundante debe de tomar el servicio de control del equipo.

### **Crash en una Line Card**

- La distribución de enlaces de troncal y acceso deben de garantizar que el acceso de los CPE continúe vía una convergencia local y el tránsito tenga conectividad al resto de la red.

## **Balanceo**

En caso de ser necesario el utilizar un enlace doble para soportar el tráfico agregado en el transporte, es posible utilizar enlaces paralelos de un enrutador a otro enrutador.

En el caso del tráfico Unicast deberá de implementarse el balanceo basado en CEF por paquetes.

En el caso del tráfico Multicast se debe de habilitar la funcionalidad de Multicastmultipath, en la cual los RPF de PIM se forman de manera intercalada entre uno y otro(s) enlace. Para esto es necesario que las direcciones IP de las fuentes de Multicast, estén secuencialmente distribuidas en las subredes a las que pertenecen, ya que el balanceo de Multicast se realiza basado en la dirección IP de la fuente de Multicast.

### ***Interconexión con Unicast***

La red de Multicast debe de interconectarse con la red Unicast, con el objeto de que el tránsito del tráfico Unicast se propague por la red Unicast de hasta los equipos de distribución y acceso (NDA) más cercanos al destino del paquete que esté en tránsito.

Por tanto los nodos NDA deben de conectar a la LAN de servicios de la red de la central en la que se encuentren. Esta conectividad implica que el protocolo IGP este activado como un proceso adicional de OSPF en estos equipos de la red de Multicast.

Al estar conectados los NDA a la red Unicast, integrados al proceso de enrutamiento IGP y con el MPLS activado en las interfaces conectadas a la Lan de Servicios, es posible formar LSP (Label Switch Paths) entre diferentes NDA así como con el NVC.

Para formar los LSP para que el tráfico Unicast se encamine por la red, los NDA deberán de activar sesiones de BGP IPv4 hacia los dos equipos del NVC, reflejando estos últimos los prefijos, logrando el establecimiento una tabla de enrutamiento de BGP IPv4 en los NDA de tal manera que todos los prefijos que se utilizarán para el transporte Unicast tengan un “next-hop” perteneciente a la loopback enrutada por la red Unicast.

### **Características**

- Los NDA deben de integrarse al IGP de Unicast.
- Los NDA deben integrarse al MPLS de Unicast.
- Los NDA deben de establecer sesiones de iBGP con los equipos del NVC siendo estos últimos reflectores de rutas.
- Los next-hop de las rutas anunciadas deben de ser loopbacks enrutadas por el proceso IGP de Unicast.
- Los NDA deben de reflejar las rutas aprendidas desde los NDA y NA hacia el NVC.

### ***3.2.17 Políticas de calidad de servicio***

#### ***En la red Multicast***

Los enlaces de la red Multicast deberán de contar con mecanismos de calidad de servicio que garanticen la entrega del tráfico según el tipo en el que se definan. Se debe de utilizar el mecanismo MDRR para el despacho de paquetes y el WRED para el control de congestión, con base a esto se requieren las siguientes características de la calidad de servicio:

- Video Broadband y tráfico Real Time (En tiempo real). Debe de tener prioridad de despacho de manera priorizada y estricta antes de todas las demás clases.
- Datos. Debe de cubrir las necesidades aplicativas del servicio, diferenciando el trato que se le de a cada clase, según su prioridad y su naturaleza.
  - Notificaciones.
  - Aplicativo.
  - R-UDP (Tráfico UDP para recuperación de fallas, cambio de canal)
- Video por Demanda.No deben de interferir con la aplicación IPTV ni con ningún stream en tiempo real.
- Gestión. Debe de asegurar los requerimientos de gestión y enrutamiento para asegurar la continuidad de la operación de la red.

### ***3.2.18 Políticas de seguridad y gestión***

#### **Seguridad**

- Deben de asegurarse (autenticar) las adyacencias de los protocolos a utilizar.
- Debe de resguardarse de vulnerabilidades conocidas en la versión de IOS a utilizar.
- No debe de ser una red alcanzable desde el Internet.

#### **Gestión**

- Debe de asegurarse la gestión de la red desde el centro de monitoreo.
- Los enrutadores deben de ser alcanzables desde el nodo de los sistemas de Gestión y monitoreo y en el centro de control.
- Deberán de generarse los reportes necesarios para la correcta explotación y planeación de la red.
- Deben de seleccionarse los MIBs y Traps requeridos para el monitoreo general del transporte de la red.
- Debe de evitarse enfáticamente el uso del comando “clear ip mroute”.

### ***Limitaciones de desempeño con base en las características del servicio.***

El diseño de la red es muy escalable bajo las premisas originales en que se basa el mismo, sin embargo existen limitaciones que pueden generar la necesidad de modificar el diseño como son:

- Alta agregación de Tráfico Unicast cursando por los anillos de distribución.
- Sobre demanda de ancho de banda de tráfico Multicast, sin contar con un direccionamiento adecuado para poder contar con un balanceo en los mismos.
- Nodos de Acceso externos, fuera del AS.
- Se deben de respetar las reglas de ingeniería, en cuanto a grupos Multicast de la aplicación, para conservar los tiempos de convergencia del protocolo.

### ***3.2.19 Puntos de control***

#### ***Puntos de control del servicio.***

Los Nodos de concentración del servicio son los responsables de autenticar a los clientes que se integren a la red para recibir el servicio de triple play, y en particular los servicios de video.

#### ***Puntos de control de la red***

En los protocolos de enrutamiento deben de existir los mecanismos adecuados para asegurar la fiabilidad de las adyacencias que se formen.

#### ***Reglas de ingeniería en los equipos de Acceso***

Otro punto importante a cuidar son los equipos de acceso, en este caso es el equipo 7450 ESS, el cual es parte importante en la agregación y separación de servicios de acuerdo al requerimiento del cliente, es decir este equipo es el encargado de separar el tráfico de Voz, Dato y Video, y enviarlo a su PE correspondiente.

Esto se refleja en que se deben seguir lineamientos de agregación para un óptimo rendimiento de dicho equipo, a continuación se enlista las reglas de ingeniería a seguir para el óptimo desempeño de este.

#### **Conexiones entre red óptica de transporte y equipo de acceso 7450**

- Las Interconexiones con interfases gigabit ethernet ópticas son line rate.
- El límite máximo de tráfico es de 900 Mbps.
- Se requiere una interconexión por anillo lógico
- El número máximo de usuarios soportados por anillo lógico se calcula de la división del ancho de banda máximo soportado en las interfases, entre el ancho de banda utilizado por usuario para fines de dimensionamiento de los enlaces de la red, al alcanzar el 80% de los usuarios soportados por anillo, se debe iniciar el proceso de crecimiento para una nueva interconexión.
- Las interconexiones por anillo lógico son troncales con encapsulamiento 802.1Q
- Los dslams entregan una vlan de servicio más la vlan de gestión a la troncal.
- Se define un servicio de VPLS por anillo lógico.

- Se define un servicio de VPLS para los dslams que se conectan directamente a las interfases de los equipos de acceso.
- Se define un servicio de VPLS para la gestión de los dslams conectados directamente al equipo 7450.
- La vlan de gestión del primer anillo se agrega al servicio de VPLS de gestión de los dslams conectados directamente al equipo 7450
- Se define un servicio de IES para la gestión del equipo 7450
- Se requiere una interconexión por anillo lógico para el tráfico de Unicast.
- Se requiere una interconexión por anillo para el tráfico de BTV.
- El número máximo de usuarios soportados por anillo lógico para tráfico de Unicast se calcula en base al número de colas soportadas por MDA.

### **Conexiones lógicas en el equipo de acceso 7450**

- Para el tráfico de Unicast las interconexiones por anillo lógico son con encapsulamiento 802.1Q
- Para las vlans de Unicast se reciben en troncales con doble etiqueta (Q in Q).
- Se define una vlan única para el transporte del tráfico de Broadcast Televisión.
- Se define una vlan por usuario para el transporte del tráfico de Unicast.
- Se define un servicio de VPLS por anillo lógico para las vlans de Unicast.
- Se define un servicio de VPLS para la vlan de broadcast televisión.
- Para el tráfico de Unicast se define un sap por usuario asociado al servicio de vpls del anillo lógico correspondiente.
- Se aplica una cola por usuario para el servicio de BTV.
- Se aplican dos colas por usuario para el servicio VoD, ICC y BTV.
- Se hace una preconfiguración de los SAPs de usuario basados en la etiqueta de Q in Q de cada dslam.
- Los SAPs que se configuran por vlan de Q in Q inician con un rango de 100, con crecimientos del mismo valor hasta un total de 220.

### **Parámetros Operativos**

<b>Consideración</b>	<b>Parámetro operativo max.</b>
Número máximo de VPLS x caja	4,000
Número máximo de SDPs x VPLS	50
Número máximo de IES x caja	4,863
Número máximo de SAPs x caja	64,000
Número máximo de SAPs por MDA	7,000
Número máximo de direcciones MAC x caja	128,000
Número máximo de direcciones MAC x MDA	128,000
Número máximo de usuarios con vlan VoD	40,000

*Tabla 3.4. Parámetros Operativos.*

# CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

---

De acuerdo a lo expuesto en este caso práctico se tiene que la implementación de la red IPTV debe considerar los elementos de interconexión de todos los entornos de convivencia, es decir esta red para que pueda ser operativa debe interactuar con una red IP existente por lo que se debe de adaptar a los parámetros operativos de ésta, así como la interacción hacia una red ajena que es por la que viajarán las peticiones del clientes, esta red a la que me refiero es la red de transporte DSL, en la cual se debe contemplar los factores principales para el correcto funcionamiento de ésta, desde el cobre que llega al usuario, hasta la transmisión de la red NG que se interconectará a los equipos de acceso a través de los equipos ESS de agregación, para posteriormente seguir el proceso de separación de tráfico y dirigirse a su PE correspondiente, esta interacción es posible gracias a la gama de protocolos de enrutamiento utilizados pasando principalmente por OSPF, BGP, IBGP, y protocolos que nos apoyan a tener calidad de servicio como MPLS, PIM, BDF. Gracias a esto es posible la coexistencia de las tres redes.

Uno de los puntos principales es que esta red partió del hecho que ya existen las redes de IP de acceso y la red de transporte, por lo que el reto fue crear la nueva red IPTV para proporcionar el servicio de Triple Play, es importante considerar que el nodo de video también existe, por lo que este trabajo se fundamentó en la creación de la red IPTV.

La nueva red IPTV permitirá darle un valor agregado al ISP ya que no sólo tiene la capacidad de proporcionar el servicio de voz y datos sino también la de TV Broadcast y VoD, los cuales cada día son mas requeridos por la sociedad que busca un servicio All Inclusive, lo que permite tener el control en una sola cuenta.

El crecimiento de esta red como se comentó, se basa en un modelo escalable facilitando el desarrollo de ésta de acuerdo a la demanda del servicio y al número de usuarios agregados en esta.

Otro punto importante para que este tipo de tecnologías crezcan y se conviertan verdaderas fuentes de negocio, radica en la competencia y eficiencia de la misma red, pero no sólo basta que se tenga un buena red con una calidad en el servicio inmejorable, sino también depende de las estrategias comerciales que implemente el ISP, ya que depende del sector al que se enfoca este tipo de tecnologías, por lo que se necesita un plan en el cual se pondere costo beneficio.

Finalmente la implementación de una red de este tipo, es de gran impacto económico para el ISP que desee brindar este tipo de servicios, por lo cual se debe contemplar un plan estratégico donde se debe revisar cuales son los lugares potencialmente adecuados para realizar una inversión de este tipo, en este caso la inversión se hace en las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, las cuales desde el punto de vista económico son las ciudades donde se percibe un nivel más elevado que el resto de las ciudades.

Esto garantiza que el usuario tendrá el recurso de poder contratar este tipo de servicios, por lo que se verá reflejado en las ganancias comerciales del ISP.

Desde el punto de vista tecnológico, fue un poco complejo sobre todo en la parte de convergencia con las redes existentes, ya que se debe cuidar las primeras redes y sobre esta crecer la nueva red IPTV.

De cualquier manera este tipo de redes son cada día más comunes en nuestro país, lo cual es benéfico para los usuarios ya que promoverá la competencia entre ISP y esto finalmente se verá reflejado en un mejor servicio para el usuario final.

# BIBLIOGRAFÍA



# BIBLIOGRAFÍA

---

**Fundamentos de enrutamiento IP.** Mark A. Sportack. Cisco Press.

**CCNA ICND.** Wendell Odom. Cisco Press 2005.

[www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)

[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

[www.itu.int/rec/T-REC/en](http://www.itu.int/rec/T-REC/en)