



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

PROYECTO IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN  
TELFÓNICA EN UNA RED DE DATOS PARA UNA  
COMPAÑÍA DE TELEFONIA CELULAR

## DESARROLLO DE UN CASO PRACTICO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO ELECTRICO ELECTRONICO

P R E S E N T A N:

Horacio Miguel Bocanegra Gutiérrez  
Ruth Clara Vázquez Ballesteros

DIRECTOR DE TESIS:  
M.C. EDGAR BALDEMAR AGUADO CRUZ



EDO DE MÉXICO. OCTUBRE DE 2006



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.

Aclaración:

El presente trabajo se realizó en conjunto con Antonio Reséndiz Limas, Jorge Alberto Mendoza Cruz y Eliud Israel Zavala Gallardo alumnos de la Facultad de Ingeniería.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1. CONCEPTOS GENERALES .....	3
1.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TELEFONÍA CELULAR. ....	3
1.1.1. MTS (Mobile Telephone System). ....	3
1.1.2. IMTS (Improved Mobile Telephone System) .....	3
1.1.3. AMPS (Advanced Mobile Phone Service) .....	3
1.1.4. GSM (Groupe Spéciale Mobile). ....	3
1.1.5. Radiomensajería Unidireccional .....	4
1.1.6. Protocolos.....	4
1.1.7. Unidad de Control.....	4
1.1.8. Trasmisores y Antenas.....	5
1. 2 RECEPTORES.....	5
1.2.1. Canales .....	5
1.2.2. Nodos.....	6
1.2.3. Celdas.....	6
1.2.4. Telefonía Móvil.....	7
1.2.5. Banda base .....	8
1.2.6. Técnicas de Modulación .....	8
1.2.7. Espectro Radioeléctrico.. .....	8
1.2.8 Señalización.....	8
1.3. EVOLUCION DE LOS SEVICIOS: DATOS, SEÑALIZACIÓN .....	8
1.3.1. Servicios Suplementarios.....	9
1.3.2. Banda de Base. ....	9
1.3.3. Propagación Radioeléctrica .....	9
1.3.4. Señalización:.....	9
1.3.5. Soluciones Integradas: Sistemas Celulares.....	11
1.3.6. Protocolo Para La Transmisión de Datos.....	11
1 .4. TECNOLOGIAS:.....	12
1.4.1 Primera Generación: .....	12
1.4.2. Segunda Generación .....	13
1.4.3. Estructura de Canales.....	13
1.4.4. Tercera Generación .....	14
1.5. PROCEDIMIENTO DE LLAMADA Y IIHANDOVER" .....	14
1.5.1. Arquitectura del Sistema GSM.....	15
1.5.2. Descripción de Los Nodos de La Red GSM.....	16
1.5.3.Control y Procesos de las Llamadas.....	16
1.5.4. ISO (Organización Internacional de Estándares).....	18

2. Arquitecturas Actuales. ....	20
2.1. Medios Físicos.....	20
2.1.1. Cable Coaxial.....	20
2.1.2. Cable par trenzado.....	21
2.1.3. Fibra Óptica. ....	21
2.1.4. Cableado Estructurado. ....	24
2.1.5. Radio.....	24
2.1.6. Microondas. ....	25
2.2. Topologías de las redes. ....	26
2.2.1. Redes de comunicación.....	27
2.2.2. Red LAN. ....	27
2.2.3. Red MAN. ....	27
2.2.4. Red WAN. ....	28
2.2.5. Topologías Físicas.....	28
2.2.6. Topologías Lógicas.....	30
2.3. Tecnologías de transporte.....	38
2.3.1. PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). ....	38
2.3.2. SONET (Synchronous Optical Network). ....	41
2.3.3. SDH (Synchronous Digital Hierarchy).....	42
2.4. Descripción actual de una red telefónica celular. ....	46
2.4.1. Red de señalización.....	46
2.4.2. Red de datos.....	51
3. Sistema de Señalización No. 7.....	56
3.1. RDSI / ISDN (Integrated Services Digital Network).....	56
3.2. Introducción al Sistema de Señalización No. 7. ....	59
3.3. Sistema de señalización No. 7 y C7.....	67
4. Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet.....	75
4.1. Introducción al protocolo de control de transmisión / IP4.....	75
4.2. Funcionalidad por capa y descripción de protocolo TCP/IP.....	76
5. Calidad de Servicio.....	93
5.1. MPLS (Nivel de conmutación en Multi-Protocolos). ....	93
5.2. Calidad de Servicio. ....	99
6. Implementación.....	105
6.1. SIGTRAN. ....	105
6.2. Propuesta de Implementación.....	116
6.3. Aproximación de costos para una implementación y crecimiento.....	123
Conclusiones.....	127
Glosario.....	128
Bibliografía.....	130

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura de las telecomunicaciones públicas conmutadas en la actualidad está formada por una gran variedad de redes, gran parte de estas se basa en la conmutación de circuitos. Las tecnologías evolucionan hacia redes basadas en paquetes, es así la necesidad de interconectar redes sin perder la fiabilidad y operatividad de las redes telefónicas públicas conmutadas.

En base a esta necesidad la compañía de telefonía celular requiere la actualización de su red para solucionar los problemas de saturación de tráfico de llamadas, ya que esta red crece a pasos agigantados y requiere por ende una red robusta y lista para un crecimiento a futuro tanto tecnológico como en dimensión, utilizando la infraestructura existente en la red de señalización y en la red de datos.

Para que esto se realice es necesario conocer las bases en la que está implementada la red de señalización y hacia donde podría crecer o evolucionar.

En el capítulo uno comenzaremos a hablar del antecedente histórico de las telecomunicaciones, que nos relatará a grandes rasgos como se fueron cubriendo las necesidades de comunicación humana utilizando las redes de telecomunicaciones, complementándose con los conceptos generales que se utilizan en estas redes. En el capítulo dos hablaremos de las arquitecturas de las redes de telecomunicaciones que describe tanto las referencias físicas como las topologías utilizadas a lo largo de la historia y actuales, incluyendo las tecnologías de transporte; por lo que también es necesario revisar la manera en que se tiene la red de la compañía de telefonía celular. Todo lo anterior nos da una base para adentrarnos un poco más sobre los protocolos utilizados en la red de esta compañía de telefonía celular, ya que hablaremos de como se gestiona las llamadas telefónicas a través de SS7. Por otro lado revisaremos como opera las redes de datos TCP/IP en ésta compañía.

Un punto importante que da pie a nuestra propuesta es la manera que se mejora tecnológicamente el trato a los paquetes transportados por las redes de datos permitiendo un trato especial a un tráfico de servicios previamente identificado, el cual trataremos en el capítulo cinco.

En el capítulo seis, es la parte medular de este trabajo, ya que proponemos el uso de la tecnología SIGTRAN describiendo sus características y la manera en como podemos utilizarla para la implementación y modificaciones de las redes de señalización y datos para utilizar a ésta última como transporte de la primera, en la compañía de telefonía celular.

El estudio y desarrollo de la investigación tiene como objetivo, el proponer un método de implementación de la señalización telefónica en una empresa de

telefonía celular, el cual es importante para la gestión de llamadas telefónicas sobre una red de datos ya existente. Este trabajo no pretende diseñar una nueva red telefónica, sino proporcionar una optimización de los recursos tecnológicos de la empresa utilizando los protocolos SS7 y TCP/IP.

# 1. CONCEPTOS GENERALES

## 1.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TELEFONÍA CELULAR.

El uso de las telecomunicaciones a lo largo de la historia ha tenido una gran presencia convirtiéndose en tema importante de la actualidad; a continuación se relata la historia de la telefonía celular.

### 1.1.1. MTS (Mobile Telephone System).

Antes de la aparición de los modernos sistemas de telecomunicaciones, la telefonía existente ofrecía muy limitadas prestaciones. En 1946 entró el primer sistema denominado MTS (Mobile Telephone System). Los equipos eran grandes y pesados que debían ser montados en vehículos a motor.

El establecimiento de conexión de llamada debía ser solicitada a una operadora, la cual vigilaba la conversación con el fin de poder liberar los circuitos utilizados. Es decir que no se contaba con sistemas seguros de comunicación.

Los canales eran reducidos y se saturaban rápidamente ya que solo se disponía de una antena con una comunicación bidireccional. Se debía presionar un botón para hablar.

### 1.1.2. IMTS (Improved Mobile Telephone System).

En 1965 apareció una versión mejorada y aunque continuaban compartiendo una misma antena, gozaban de ventajas como el establecimiento de llamada automático, con la bondad de poder hablar y escuchar al mismo tiempo.

El aprovechamiento del canal fue mejorado gracias a una técnica llamada Trunking, que consiste de una asignación dinámica de los canales. Con esto se logró aumentar el número de suscritos, aunque las esperas para conseguir canal continuaron siendo largas.

### 1.1.3. AMPS (Advanced Mobile Phone Service).

En los Laboratorios Bell, integraron varias ideas para dividir el territorio en zonas, llamadas Celdas, con lo que se reutilizaba las frecuencias incrementando el número de usuarios.

### 1.1.4. GSM (Groupe Spéciale Mobile).

Durante los 80's se montaron muchas redes para telefonía móvil, pero desafortunadamente todas eran incompatibles, la emisión y recepción era analógico, además de poseer precios muy altos. Para resolver este problema, la

Conférence Européenne des Poste et Télécommunications decide crear un grupo de trabajo dedicado para desarrollar un sistema único llamado GSM (Groupe Spéciale Mobile), tal respuesta tubo que se ha implantado en más de 200 países, llamándose ahora GSM (Global System for Mobile Communications).

### **1.1.5. Radiomensajería Unidireccional**

La radiomensajería unidireccional, también conocida con el nombre de radio búsqueda, probablemente es el servicio más simple de los servicios móviles vía radio, ya que conmuta a la unidad de control, que codifica los mensajes y avisos de acuerdo con un protocolo determinado.

En los orígenes de la radiomensajería, el receptor simplemente avisaba al usuario mediante una señal acústica. Con la aparición de receptores con varias direcciones el usuario podía repartirlos entre los posibles llamantes.

Posteriormente aparecen los receptores de tono y voz que hablaban repitiendo el mensaje al usuario. Su eficiencia era baja debido al tiempo de transmisión que se limita a segundos, este sistema no era confidencial, además que en la recepción del mensaje presentaba problemas de ruido.

### **1.1.6. Protocolos**

Los primeros sistemas de radiomensajería aparecieron hacia la mitad de la década de los cincuenta. Esta tecnología era muy simple ya que se producían interferencias con otros equipos y los sistemas evolucionaron usando portadora modulada por tonos de audio. Estos protocolos se conocen por códigos de audio o códigos de tono que utilizando codificaciones de 5 tonos se transmitían secuencialmente y cada uno de ellos representaba un dígito decimal.

Cada sistema utilizaba además tecnología distinta para los receptores y protocolos propios, lo que hacia los receptores no fuera aptos más que para un solo sistema.

En Japón aparece en 1978 un código de aviso digital, con capacidad de 65 000 direcciones, que mas tarde se amplía para permitir la transmisión de mensajes numéricos.

En 1987, CEPT concibe la idea de diseñar un sistema paneuropeo de radiomensajería. El grupo de estudio RES4 produce las especificaciones. El sistema se conoce por ERMES (European Radio Message System).

### **1.1.7. Unidad de Control**

La unidad de control en un sistema de radiomensajería constituye la interfaz inteligente entre las redes de acceso y del propio sistema de radiomensajería. Su misión fundamental es la recepción, codificación y distribución de los mensajes

recibidos hacia los transmisores, así como el control y supervisión de al red radioeléctrica.

Los sistemas públicos de radiomensajería pueden estar conectado con la red de telefónica básica, RTB.

En algunos países la red publica tienen muy extendida la marcación por tonos multifrecuencia DTMF, que permite el acceso directo y automático a la red publica para envió avisos y mensajes numéricos a los sistemas de radiomensajería.

### **1.1.8. Trasmisores y Antenas**

Los transmisores reciben la señal de la unidad de control, extraen la orden de disparo y modulan a la portadora de radiofrecuencia. La banda de frecuencia mas utilizada para los servicios de radiomensajería va de 80 a 950 MHz.

## **1. 2 RECEPTORES**

Existe una amplia gama de fabricantes y modelos de receptores, aptos para los distintos protocolos y para las diferentes modalidades. Una de las mayores limitaciones de los receptores es el ruido eléctrico generado dentro de ellos mismos. Cuando la potencia de al señal recibida es comparable con el ruido del receptor, la repetición es imposible. Este nivel de ruido límite es la sensibilidad del receptor.

Alrededor de 1980 había cerca de 2000 operadores, con un promedio de usuarios muy bajo para cada uno de ellos. Prácticamente todos los sistemas son de acceso público y proporcionan solo cobertura local. Son especialmente populares las modalidades de aviso, numérica, de voz y tono, permitiendo el envió automático de mensajes de cualquier teléfono. Se utiliza fundamentalmente la banda de frecuencias UHF.

### **1.2.1. Canales.**

El canal es el medio físico por el cual viaja la información de un punto a otro. Las características del medio determinan la calidad de las señales recibidas. El medio más utilizado para la transmisión de información ya sea digital o analógica, es el cable de cobre.

Los canales de radio es otro medio actualmente muy utilizado. Este incluye microondas y enlaces satelitales. Las microondas utilizan antenas de transmisión y recepción de tipo parabólico para tener una mayor concentración de energía radiada.

### **1.2.2. Nodos.**

Los nodos son la parte fundamental en la red de telecomunicaciones; se encarga de realizar las funciones de procesamiento que quiere cada señal o mensaje que transita por los enlaces de la red.

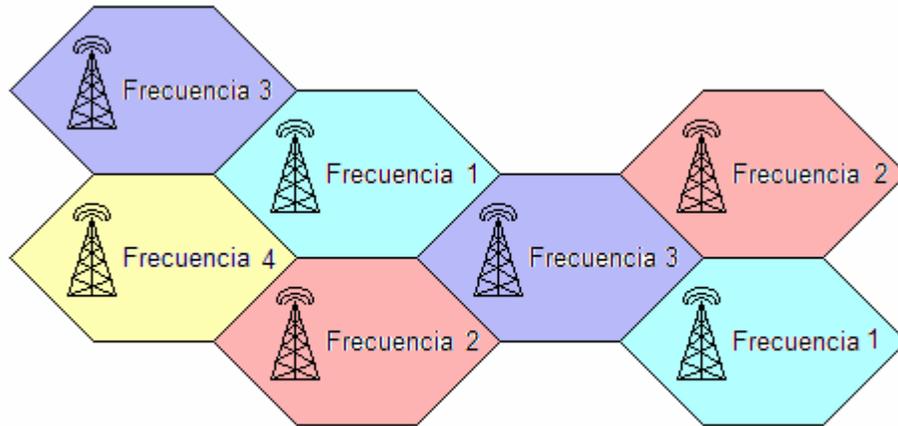
Los equipos digitales cuentan con una etapa de procesamiento analógico que realiza funciones de: Establecimiento y verificación del protocolo para el reconociendo las reglas de negocio. Transmisión de información al nodo destino. Interfase para que el nodo se encargue de dar el formato debido a las señales a transmitir considerando la existencia de muchos protocolos. Si la transmisión es interrumpida, el nodo debe ser capaz de recuperarse y reanudar la transmisión. El enrutamiento debe poseer información de origen y destino para saber por quien fue enviado.

Un nodo debe identificar las direcciones para hacer llegar un mensaje al destino deseado, considerando que el canal puede estar saturado lo cual implicaría esperar a que todos los mensajes hayan sido entregados.

### **1.2.3. Celdas.**

El colocar una antena potente en un centro no es suficiente para dar cobertura a un sistema de telefonía móvil, pues entre un equipo móvil más se aleje de la señal de origen, su señal no podrá llegar a la antena centro. Para evitar esta pérdida de cobertura, el espacio se divide en espacios llamados Celdas, en la cual cada una de ellas tiene su propia antena. Si cada Celda tiene una influencia de 30 kilómetros suficiente para el alcance de un móvil, entonces se puede cubrir más áreas de antena.

El utilizar la misma frecuencia en celdas adyacentes produciría interferencia en los límites de la celda. Pero asignar diferentes frecuencias, es la opción que podría tomarse para implementar diferentes celdas unidas. Supongamos que disponemos de 2000 celdas para cubrir el país y las agrupamos en apartados de 7, se puede reutilizar las frecuencias unas 320 (2000:7) veces. Si habláramos de un máximo de 1000 clientes en el espectro asignado, el reutilizar las frecuencias no daría un salto de 320000 suscritos.



Uso de diferentes frecuencias en celdas.

El método Trunking facilita la reutilización de recursos entre distintos usuarios. Para el caso de GSM y mediante la división en tiempo denominada TDMA (Time Division Multiple Access), se pueden adquirir hasta 8 telecomunicaciones simultáneas en el mismo canal. Si multiplicamos 8 por 32000 estaríamos hablando de millones de conversaciones simultáneas.

#### 1.2.4. Telefonía Móvil

El hombre estaba en busca de comunicarse con sus semejantes directamente en tiempo real cada vez que fuera necesario. La primera necesidad fue la de poder establecer una comunicación vocal directa entre dos usuarios en donde al menos uno de ellos se desplazaba. Estos formaban parte de un grupo de usuarios, en donde su mayor interés era la comunicación entre uno de ellos y todos los demás en donde no tengan interconexión con la red pública fija, la cual fue llamada Conferencia.

Tal comunicación solo se lograría si la frecuencia de radio empleada es la misma para todos los usuarios que coincidan en los sentidos de transmisión y recepción. Esta característica técnica dio lugar al denominado método Simplex comunicación bidireccional alterna a una sola frecuencia.

El predominio de comunicaciones entre móviles y una estación fija permitió el incremento de cobertura geográfica: bastaba colocar el equipo de la estación fija en un lugar adecuado, a lo alto de una colina como ejemplo.

El dotar de cobertura a comunicaciones entre dos equipos móviles se logro utilizando repetidores fijos, pero la necesidad de transmisión simultanea obligo el uso de dos frecuencias diferentes por sistema, una en sentido ascendente y otra descendente. De está manera nació el método semidúplex en donde la comunicación es bidireccional y no simultanea a dos frecuencias, con la ayuda de un repetidor.

### **1.2.5. Banda base**

Solo se contempla la señal fónica con un espectro limitado entre 300 y 3400 Hz y una carga máxima limitada, con esto se diferencio la calidad de los sistemas a comparación con las comunicaciones fijas a través de redes telefónicas conmutadas.

### **1.2.6. Técnicas de Modulación**

La modulación de amplitud fue excluida por su difícil compatibilidad con el desvanecimiento radioeléctrico provocado por la propagación multicamino, optando así por la modulación de frecuencia, la cual mejora la calidad de recepción en términos de señal / ruido.

La modulación de fase también se considero. Aprovechando a la forma del espectro de voz humana, decreciente con el aumento de frecuencia, la modulación de fase permite una mejora de calidad conteniendo el espectro emitido.

### **1.2.7. Espectro Radioeléctrico**

Corresponden a las bandas de VHF (30-300 MHz) y UHF (300-300 MHz), definido el límite inferior por el predominio de la propagación por espacio libre y el superior por el alcance (la movilidad impide el uso de antenas con alta ganancia como la total visibilidad radioeléctrica)

Otra limitación tecnológica fue la inestabilidad en la generación de frecuencia de canal. Unido a esto la utilización del espectro radioeléctrico en canales 100, 50, 25 y 12.5 KHz.

### **1.2.8 Señalización**

La sencillez de estos primeros sistemas fue tal que no refirieron de señalización específica. El establecimiento de una comunicación se lleva a cabo mediante el uso de la propia señal portadora como señalización, utilizándola para abrirla al receptor para escuchar y cerrándola en caso contrario.

## **1.3. EVOLUCION DE LOS SEVICIOS: DATOS, SEÑALIZACIÓN SERVICIOS BASICOS**

La utilización mas extendida de los sistemas cerrados móviles consiste en el establecimiento de comunicaciones entre usuarios móviles y una base de operaciones. Dichas comunicaciones se caracterizan por su corta duración. Con el fin de optimizar el uso de los sistemas, nació la necesidad de codificar estos mensajes, utilizando teclas para su rápido envío. Desde un punto de vista técnico apareció la transmisión de datos en mensajes de corta duración

La apariencia de los equipos terminales se complicó con la incorporación de este servicio: teclados para el envío de mensajes precodificados y visualizadores, tanto numéricos como alfanuméricos, para la presentación de los mensajes recibidos. La infraestructura sufrió modificaciones más importantes para soportar la transmisión de datos.

Tiempo después aparecerá la necesidad de transmitir cantidades importantes de información, formateada digitalmente.

### **1.3.1. Servicios Suplementarios**

La comunicación vocal pronto requirió una serie de datos diferenciados nacidos bajo la demanda de los propios usuarios.

Llamada selectiva; Apareció la necesidad de transmitir un mensaje desde un punto a un único usuario no importando el sitio en que se encuentre.

Llamada en grupo: Consiste en una difusión intermedia entre la llamada selectiva y la llamada abierta a todo usuario del sistema.

La incorporación de estos servicios requiere cierta inteligencia de la red. Se incorporó así el uso de la señalización entre terminal e infraestructura, junto con la aparición de un centro de control.

### **1.3.2. Banda de Base**

La incorporación de señalización en mensajes precodificados y datos sin límite, cambió el formato de la señal a transmitir. Este proceso fue evolutivo, dando una señal analógica a los datos para permitir su paso por redes ya instaladas, ya que el espectro de la voz es muy diferente, requiriendo para esto el uso de una predemodulación en la banda FSK.

### **1.3.3. Propagación Radioeléctrica**

La transmisión de datos exigió un análisis más detallado sobre el comportamiento del medio de propagación, el nivel por debajo del cual la decodificación de los datos recibidos será errónea pueden corregirse por medio de los siguientes parámetros:

Longitud de ráfaga de errores: duración del desvanecimiento que produce la señal recibida por debajo de la banda L.

### **1.3.4. Señalización:**

Se empezó utilizando un canal asociado y consiente con el canal de servicio principal, quedando excluida la señalización de corriente continua, quedando la corriente alterna en banda para ser utilizada por tono y multitono, aplicándose un

proceso de transmisión analógica de datos. Posteriormente fue requerida a la señalización durante la conversación, por incorporarse los multi tonos con el objeto de incrementar el espectro radioeléctrico utilizado.

La adopción de técnicas de aparición de recursos en infraestructura y espectro radioeléctrico incremento drásticamente la ocupación de canal para el establecimiento de comunicaciones, conduciendo a la utilización de canales, aparecería así la comunicación por canal común, incluyendo la aplicación de las técnicas para la transmisión de datos, mejorando la eficiencia en el intercambio de señalización.

A medida que los sistemas han evolucionado se fueron incorporando peculiaridades técnicas utilizando Canal Asociado, excluyendo al señalización por Corriente Continua aplicando de está manera la señalización por Corriente Alterna en banda de un solo tono y multitono, el cual es un proceso similar al de transmisión Analógica de Datos. Posteriormente fue introducida la señalización durante la conversación con el objeto de no incrementar el espectro radioeléctrico utilizado.

Inicialmente se utilizo una señalización por estímulos, ante cada cambio físico en su canal de transmisión se produce en recepción una reacción rápida pero de lenguaje pobre.

Posteriormente se incorporo la señalización, logrando mejora la capacidad de dialogo.

La utilización, cada vez más extensa de los sistemas de comunicación móviles cerrados, pronto planteo problemas de saturación en el espectro radioeléctrico; tiempo después nacerían los denominados sistemas troncales.

Cuando sobre una misma área de cobertura incrementa el tráfico determinado, es preciso aumentar el número de canales disponibles, dado que el problema se busco la forma de compartir los canales en tiempo y frecuencia, originándose así técnicas de acceso múltiple.

- FDMA ( Frequency Division Multiple Access ): Comparte parte del frecuencia durante toda la comunicación, subdividiendo la frecuencia en varios canales de comunicación.
- TDMA (Time Division Multiple Access): Comparte toda la frecuencia asignada y asigna un orden a breves intervalos de tiempo utilizando un intervalo de tiempo como un canal de comunicación, dentro del periodo de comunicación.
- CDMA ( Code Division de Multiple Access): Comparte toda la frecuencia y todo el tiempo durante toda la comunicación utilizando una codificación distinta para diferenciar cada canal de comunicación.

### **1.3.5. Soluciones Integradas: Sistemas Celulares**

El incremento de la capacidad tecnológica y la reducción de su costo, apporto una solución integral tanto a la comparación de recursos como la extensión en la cobertura del servicio de los sistemas celulares, pronto se incorporaron a los sistemas de grupo cerrado. Esta solución se dio para la cobertura de señal a un mayor número de zonas, cuya cobertura quede garantizada por un solo repetidor, es a lo que se conoce como Células.

Cada célula dispone de un número de canales, con la finalidad que las frecuencias alcancen la transmisión de la siguiente célula cercana compatible, para poder hacer uso de uno de sus canales disponibles por el sistema, dado cobertura a toda está región.

Cada célula tiene asignada una estación radiobase encargada de proporcionar la frecuencia y adecuar el número de canales según las necesidades de tráfico en cada zona. Cada célula comprende los siguientes elementos:

Centro de Control: Encargado de la gestión (trafico originado por los distintos usuarios).

Central de Comunicación: Establece la comunicación entre células y operadores fijos.

Unidad de Gestión: Para impedir el trafico de canal es necesario tomar en cuenta:  
La Configuración de la Red  
Mantenimiento del sistema

### **1.3.6. Protocolo Para La Transmisión de Datos**

Nuevas de mandas se realizan día a día para los sistemas de telefonía celular, tanto para aplicaciones de negocio como de uso individual de Internet en el terminal móvil cambiando el modo de trabajo para muchos corporativos, proporcionando acceso a bases de datos desde cualquier parte, es tan solo un ejemplo.

Estos nuevos servicios, han evolucionado pues desde solo ver texto como un inicio ahora se requiere voz y datos por lo que podemos ver diversas aplicaciones multimedia, como video conferencias, y hasta canales de televisión.

Para que esto se fuera posible, se basó en diversos protocolos de transmisión de datos:

HSCSD ( High-Speed Circuit Switched Data ) Tradicionalmente un canal de TDMA proporciona una velocidad de 9.6 kbps, sin embargo con modificaciones en la interface de aire se puede aumentar esta velocidad hasta 14.4 kbps, esto se logra utilizando varios canales de comunicación, sin embargo esto aumenta el costo para el usuario y el uso de recursos para la compañía que provee el servicio.

GPRS (General Packet Radio Service ) Este protocolo es parte de los servicios de datos ofrecido por las redes GSM, es decir que es un canal de comunicaciones dedicado a al transmisión de datos, proporcionando velocidades más rápidas para los usuarios, proporcionando costo beneficio tanto al usuario como a la compañía de telefonía celular, y obteniendo una mayor eficiencia en la red.

EDGE ( Enhanced Data rates over GSM Evolution ): Se pretende que este protocolo se utilice hasta la 3ª generación, pues utiliza técnicas de modulación que permitiría alcanzar velocidades de hasta 384 kbps mientras se continúe utilizando canales GSM de 200khz.

WAP (Wireless Application Protocol) El propósito del protocolo es proporcionar contenido de Internet a celulares digitales y otras terminales inalámbricas; Este protocolo utilizaría los antes mencionados(HSCSD, GPRS, EDGE) como canales de transporte, pero sería una solo protocolo de aplicación.

## **1.4. TECNOLOGIAS:**

Las diversas tecnologías se denominan con las siglas CT (Cordless Telephone):

### **1.4.1 Primera Generación:**

La primera generación la constituyen los teléfonos inalámbrico analógicos, que fueron diseñados como teléfonos móviles para uso exclusivamente domestico. Son sistemas de tipo monousuario en donde se le da servicio por medio de una sola estación base, con uno o mas canales que se conectan a al red eléctrica a través de un conector telefónico normal que permite hacer llamadas en el interior del área de cobertura.

#### **CT0 (Cordless Telephone 0):**

A comienzo de los años ochenta en Estados Unidos aparece la primera norma publicada para los teléfonos inalámbricos elaborada por FCC (Federal Communications Commission) conocida como CT0, la cual corresponde a un teléfono analógico que utiliza dos frecuencias diferentes, tanto para la transmisión como para la recepción, en la banda VHF (46-48 MHz). Estos equipos contaban con numerosas limitaciones por su baja frecuencia provocaba interferencias entre diferentes usuarios no proporcionaban la privacidad necesaria ya que bastaba con un receptor de radio para escuchar la conversación, con esto se podría decir que su servicio no era bueno, pero si de bajo costo.

#### **CT1 (Cordless Telephone 1)**

Con el objeto de resolver las limitaciones propias del CT0, la CEPT (Conferencia Europea de las Administraciones de Correos y Telecomunicaciones) publico la

recomendación que especifica las características los teléfonos analógicos con frecuencias de banda UHF, con 40 canales con acceso multiple por división de frecuencia FDMA con una separación de 1 MHz, proporcionando una comunicación de mejor calidad pero con un mayor costo al de CT0.

### 1.4.2. Segunda Generación

La segunda generación incorpora la digitalización en el trayecto radioeléctrico, es decir entre la estación base y el usuario, con sistemas monousuario en donde mas de un usuario podía utilizar la estación base.

CT2 (Cordless Telephone 2)

Fue desarrollado en el Reino Unido en 1987 por DTI (Departamento de Industria y Comercio), en donde aseguraron la no interferencia en los equipos, pero no permitía la intercomunicación entre equipos de diferentes fabricantes, por lo cual se vio muy afectado dado que una característica principal era el servicio público.

### 1.4.3. Estructura de Canales

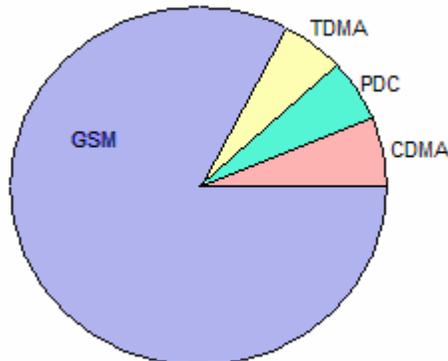
La velocidad de datos es de 9.6 kbps. Cada trama, con una duración de tiempo de 2 ms. En cada intervalo de tiempo hay 64 bits dedicados a la información del usuario y 4 bits para la información de control del sistema (la infraestructura admite también otra estructura de multiplexado con solo 2 bits de información de control por cada intervalo de tiempo). Esto hace un total de 136 bits por trama a los que se añaden dos espacios de guarda con una duración total de 8 bits, con lo que la suma total es de 144 bits en 2 ms de trama.

La información va multiplexado en tres tipos de canales diferentes que se denominan al igual que ISDN, como:

Canal B: Para voz y datos.

Canal D: Para control.

Canal de sincronía (SYN): Para sincronismo de bit.



Número de usuarios suscritos

#### 1.4.4. Tercera Generación

Los sistemas de tercera generación son del tipo multi célula / multiusuario, permitiendo el uso simultaneo de una misma estación de base por varios usuario e incorporando la transferencia de llamada en curso, y la selección dinámica de canales. Esta nueva generación surge con la pretensión de establecer un estándar europeo de teléfonos sin hilos pero digitales, culminando en el sistema DECT (Digital European Cordless Telecommunications), que cubra todas las necesidades del mercado: residenciales, oficinas, uso publico y finalmente como base de los sistemas de comunicación personales.

Cada uno de los sistemas interconectados tiene capacidad de consultar a los registros de posición base (RPB) y visitando (RPV), que constituyen bases de datos de los los usuarios registrados inicialmente en cada uno de estos sistemas y de los usuarios que se han desplazado temporalmente a cada uno de ellos.

Los objetivos que se propusieron para definir un sistema de tercera generación son:

- Proporcionara una alta capacidad usando eficientemente el espacio disponible.
- La actividad de transmisión de voz será equivalente a la del servicio telefónico fijo.
- La especificación técnica será lo suficientemente simple para permitir su implementación en portátiles de reducidas dimensiones y peso con la suficiente autonomía mediante un eficaz uso de las baterías.
- Favorece la innovación y experimentación de las nuevas tecnologías disponibles y permite un alto grado de flexibilidad en servicios y productos.

#### 1.5. PROCEDIMIENTO DE LLAMADA Y “HANDOVER”

Al ser un sistema multicelular, son capaces de localizar automáticamente a los portátiles dentro del área de servicio de tal forma que les puedan ser dirigidas las llamadas a través de la estación base en la que se encuentren en ese momento. Son los primeros sistemas de telefonía sin hilos que incorporan “handover”, manteniendo la llamada activa si el usuario se mueve entre varias células, mientras se mantiene una conversación o entre diferentes llamadas dentro de la misma célula. El “handover” es imprescindible para el usuario y se realiza de manera totalmente autónoma por el portátil sin intervención de la estación base, la cual solo es informada.

Cada estación base esta siempre activa en al menos un intervalo de tiempo o canal de comunicación. Este puede ser un canal de comunicaciones con trafico (usado por una llamada entre estación base y portátil) o bien un canal de

comunicaciones “vacío”; ambos contienen la identidad de la estación base correspondiente. Cuando el portátil esta desocupado (sin una llamada), explora periódicamente los intervalos de tiempo disponibles y se engancha en la estación base de la que recibe la máxima potencia de la señal de radio.

Cuando recibe una llamada un teléfono inalámbrico, se envía un mensaje de búsqueda, que contiene la identidad de ese portátil, en el canal de señalización de todos los intervalos de tiempo o canales de comunicación activos (de tráfico o vacío de llamadas de usuario) que en ese momento tenga el sistema. Este mensaje es leído por el portátil que, si estaba enganchado en un canal “vacío”, enviara una petición de llamada en el intervalo de tiempo o canal correspondiente en la segunda mitad de la trama TDMA, y si estaba enganchado en un canal de tráfico(en una llamada), tomara el intervalo de tiempo con mejor calidad de la primera mitad de la trama TDMA y enviara la petición de llamada en el intervalo de tiempo correspondiente en su segunda mitad. En ambos casos se indica la identidad de la estación base a la que está enganchado. Una vez que la estación base y el portátil han acordado el intervalo de tiempo a utilizar, la unidad central del sistema recibe esta información y conmutara la llamada entrante a la estación base y el intervalo de tiempo o canal de comunicaciones disponible.

En el caso de una llamada sea iniciada desde el teléfono inalámbrico, se envía una petición de llamada en el mismo modo que se acaba de describir, después que la estación base y el portátil ha acordado el intervalo de tiempo que van a utilizar, la unidad central asignara un canal de voz a la llamada y enviara los dígitos marcados a la interfaz con la red telefónica conmutada y la enrutará a un teléfono inalámbrico o fijo según sea el destino.

### **1.5.1. Arquitectura del Sistema GSM**

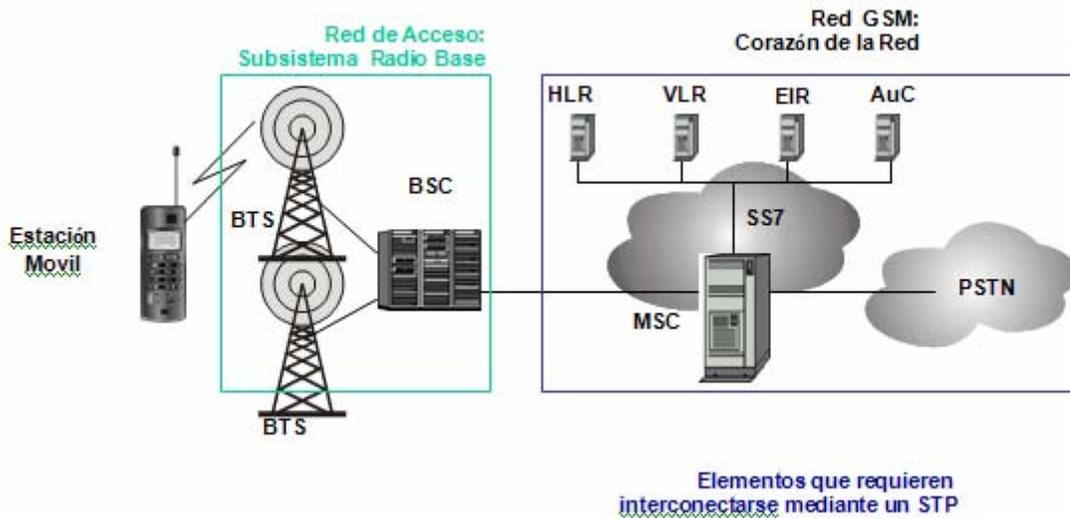
La arquitectura de la red GSM esta básicamente dividida en tres partes: el sistema de conmutación, el sistema de estaciones base y el sistema de operación y mantenimiento.

Cada uno de estos sistemas contiene una serie de unidades funcionales en las cuales se realizan todas las funciones que el sistema GSM es capaz de proporcionar. Las funciones relacionadas con el proceso de llamadas y abonados están implementadas en el sistema de conmutación, mientras que las funciones relacionadas con la radio se relacionan con el sistema de estaciones base; todo ello esta supervisado por el sistema de operación y mantenimiento.

Al sistema de estaciones base ira conectada la estación móvil vía interfaz aérea y, a través de esta estación el abonado de la red móvil será capaz de efectuar y recibir llamadas.

Para la gestión de llamadas hacia/desde otros abonados móviles es necesario que el sistema de conmutación tenga implementada la interfaz hacia otras entidades de la red GSM.

## 1.5.2. Descripción de Los Nodos de La Red GSM



- MSC.- Central de conmutación de servicios móviles.
- HLR.- Registro de Posición Base.
- VLR.- Registro de Posición Visitado.
- AUC.- Centro de Autenticación.
- EIR.- Registro de Identificación de Estaciones Móviles.
- BSC.- Controlador de estaciones Base.
- BTS.- Estaciones Base.

## 1.5.3. Control y Procesos de las Llamadas

HandOff.

La transición del enlace de comunicación de una estación base a otra aledaña, se conoce como "handoff".

Soft handoff – handoff de software.

Durante un handoff un móvil mantiene simultáneamente conexión con dos o tres estaciones base. Cuando el móvil se mueve de su célula actual a una siguiente, siempre se mantiene una conexión de canal de tráfico con ambas células. En el enlace de bajada, el móvil usa el receptor múltiple o "rake receive" para remodular dos señales separadas de dos estaciones base diferentes. Las dos señales se

combinan para obtener una señal compuesta de mejor calidad. En el enlace de subida, la señal que transmite el móvil se recibe por ambas estaciones base. Las dos células remodulan la señal por separado y envían las tramas remoduladas al centro de conmutación móvil (MSC – Mobile Switching Center). El MSC contiene un selector que obtiene la mejor trama de las dos.

Softer handoff.

Este ocurre cuando un móvil hace una transición entre 2 sectores de la misma célula. En el enlace de bajada, el móvil mejora la misma clase de combinación de proceso que el soft handoff. En este caso el móvil usa su receptor múltiple para combinar las señales recibidas de los dos sectores. En el enlace de subida, sin embargo dos sectores de la misma célula reciben simultáneamente las dos señales del móvil. Estas señales son demoduladas y combinadas dentro de la célula, de tal forma que únicamente se envía una trama al MSC.

Hard Handoff – Handoff de hardware.

El sistema CDMA hace 2 tipos de Hard Handoffs. Un handoff CDMA a CDMA ocurre cuando el móvil hace una transición entre 2 portadoras CDMA (por ejemplo dos canales de espectro esparcido que están centrados en diferentes frecuencias). Este Hard Handoff ocurre también cuando el móvil hace una transición entre 2 sistemas diferentes de operadores. Al Handoff CDMA a CDMA también se le llama D a D handoff y el handoff CDMA a Analógico cuando una llamada CDMA se guía a una red analógica. Esto puede ocurrir cuando el móvil viaja en un área donde hay servicio analógico pero no hay servicio CDMA. El handoff CDMA a Analógico se le llama Handoff D a A.

Antes de describir el proceso de “soft handoff” en detalle, es importante notar que cada sector en un sistema CDMA se distingue de cualquier otro por su canal piloto. El canal piloto es uno de los cuatro canales -piloto, ‘paging’, ‘sync’ y canales de tráfico- en el enlace de bajada. El canal piloto sirve como un “faro” para el sector y ayuda al móvil a adquirir otros canales lógicos del sector. El piloto no contiene información más que en el código corto PN (“Pseudo Noise” o de pseudo ruido).

Se usa un término especial para describir la SNR del canal de piloto: energía por chip por densidad de interferencia, o  $E_c/I_0$ . La energía por chip  $E_c/I_0$  es diferente de la energía por bit  $E_b$  en que “chips” se refiere a los bits en las secuencias esparcidas PN. Dado que no hay información en banda base contenida en el canal de piloto, el piloto no pasa por el proceso opuesto al esparcimiento y estos bits no se recobran.

El móvil constantemente notifica a la estación base las condiciones de la propagación local; la estación base hace uso de esta información para tomar decisiones sobre el “handoff”. Este “handoff” asistido del móvil (MAHO, “mobile-assisted handoff”) actúa cuando el móvil toma una medida del  $E_c/I_0$  del enlace de bajada y reporta el resultado de la medida a la estación base. Dado que cada

estación base transmite su propio piloto en un diferente “offset” PN, el  $E_c/I_0$  de un piloto da una buena indicación de si un sector en particular puede o no ser el sector más apropiado para servir al móvil.

El conjunto activo contiene los pilotos de aquellos sectores que se están comunicando con el móvil en los canales de tráfico. Si el conjunto activo contiene únicamente un piloto, entonces el móvil no está en “soft handoff”. Si el conjunto activo contiene más de un piloto, entonces el móvil mantiene la conexión con todos esos sectores en canales de tráfico separados. La estación base controla esencialmente el proceso de “handoff” porque se puede agregar únicamente un piloto al conjunto activo si la estación base envía un “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”) al móvil y el mensaje contiene el piloto en particular que se va a agregar al conjunto activo. El conjunto activo puede contener a lo más seis pilotos.

El conjunto candidato contiene aquellos pilotos cuyos  $E_c/I_0$  son suficientes para hacerlos candidatos de handoff. Esto significa que si el  $E_c/I_0$  de un piloto en particular es más grande que el umbral de detección de piloto (“pilot detection threshold”) “T\_ADD”, entonces ese piloto se agrega al conjunto candidato. El conjunto candidato solo puede contener seis pilotos. El conjunto vecino contiene aquellos pilotos que están en la lista vecino del actual sector servidor del móvil. El conjunto vecino contiene a lo más 20 pilotos. El conjunto residuo contiene todos los posibles pilotos en el sistema para esta frecuencia portadora, excluyendo a los pilotos que están en los conjuntos activo, candidato y vecino.

#### **1.5.4. ISO (Organización Internacional de Estándares).**

En 1981 IEEE y ECMA establecieron una relación para desarrollar los estándares de comunicación. El resultado fue la creación de la ISO (Organización Internacional de estándares). Esta organización es la responsable de muchos estándares de telecomunicaciones de datos, incluyendo el modelo OSI (Open System Interconnection).

El modelo OSI fue desarrollado después del Sistema de Señalización 7, pero no fue adoptado como estándar, hasta 1984. Sin embargo la referencia para utilizar capas fue entendida y practicada durante todos los años 70s y es en este tiempo cuando se hicieron los trabajos sobre el protocolo SS7.

El modelo OSI continua siendo utilizado hasta nuestros días para definir funciones entre varias capas sin que se tenga un conjunto de protocolos por capa definidos (Protocol Stack).

ISO ha retomado estándares de telecomunicaciones de datos, que han sido creados en diversos países, principalmente por agencias gubernamentales. ISO no sólo ha desarrollado estándares de telecomunicaciones, sino también ha propuesto estándares de calidad como ISO-9000, entre otros.

Los objetivos del modelo OSI es llegar a una estandarización de la comunicación entre los sistemas, eliminar los impedimentos técnicos para la comunicación entre sistemas, aumentar la capacidad de comunicación sin necesidad de realizar conversiones y transformaciones entre productos y finalmente dar un punto de partida en caso de que los estándares no cubran todas las necesidades.

Los niveles de capa que cubre el modelo OSI son:

**Nivel Físico.** Responsable por activar o desactivar el circuito entre el ETD (Equipo Terminal de Datos) y ETCD (Equipo Terminal de Circuito de Datos), además de enviar los datos por la interfaz mediante los cambios de niveles de tensión.

**Enlace:** Es el responsable de la transferencia de datos por el canal y proporciona las funciones de sincronización para delimitar el flujo de bits del nivel físico, garantizando la integridad de los bits en el receptor ETD.

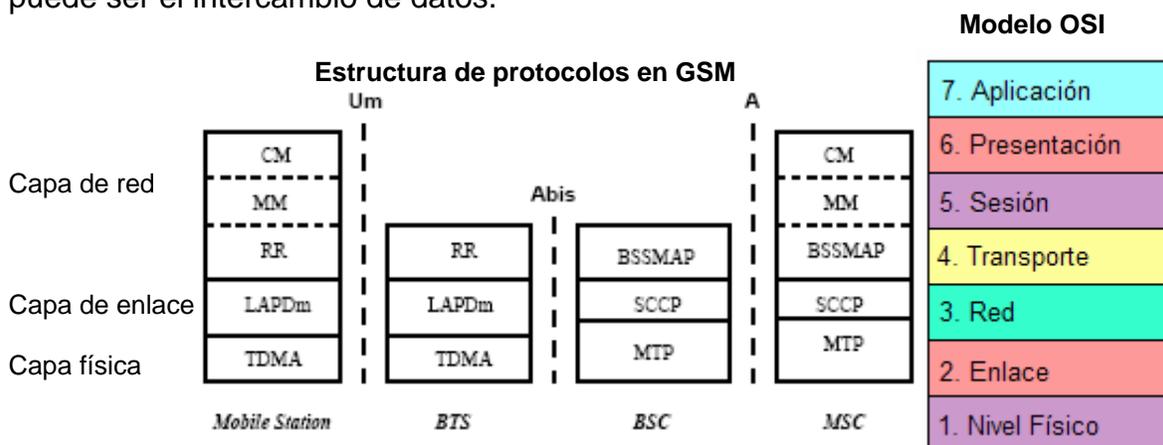
**Red:** Especifica la interfaz ETD del usuario con las redes de conmutación de paquetes y la interfaz ETD entre las redes de paquetes. Además del encaminamiento por la red y la comunicación entre otras redes.

**Transporte:** Se ocupa de la interfaz entre la red de comunicación de datos y los tres niveles superiores, permitiendo al usuario diversas opciones de calidad a partir de la red y proporciona comunicación confiable del flujo controlado entre 2 puntos finales de la red.

**Sesión:** Sirve como interfaz de usuario con el nivel de servicio de transporte. Proporciona los medios organizados para el intercambio de datos entre usuarios. Los usuarios pueden escoger el tipo de sincronización y control de la red.

**Presentación:** Proporciona la sintaxis de los datos del medio y la representación de los datos para aceptar distintos tipos de datos procedentes del nivel de aplicación. En este nivel existen procesos cuya forma de intercambio o representación sea cuidada aunque la información sea diferente.

**Aplicación:** Toma en cuenta el significado de los datos. Este nivel contiene diversos elementos de servicio que soportan los procesos de aplicación, como puede ser el intercambio de datos.



## **2. Arquitecturas Actuales.**

Los avances tecnológicos en los medios físicos es fundamental para la interconexión de los equipos, ya que proporcionan grandes ventajas en el desempeño de la red; a continuación se tratan los medios físicos más utilizados en las redes de telecomunicaciones.

### **2.1. Medios Físicos.**

El medio físicos son los materiales por los cual se realizará la conexión entre los dispositivos. La principal función y básica de los medios físicos es transportar flujos de información (bits) a través de una red LAN.

Los medios Networking limitan a las señales a un cable o fibra óptica (actualmente se están utilizando redes inalámbricas pero en este apartado especialmente nos enfocaremos a los medios de transporte como el cable) que son considerados como componentes de la capa 1 en las redes locales.

Sin excepción alguna, ya sea par de cables, coaxial e incluso aire, todos los medios de transmisión sufrirán atenuaciones, ruido, interferencias y desvanecimiento que impiden que la señal viaje libremente. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas, así es necesario saber seleccionar el que cubra las necesidades de uso en operación.

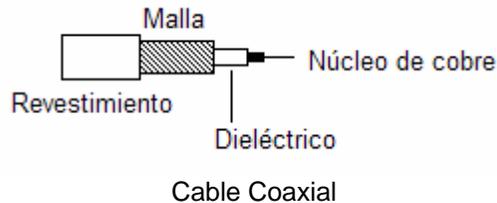
#### **2.1.1. Cable Coaxial.**

Normalmente el cable de cobre ya no es utilizado directamente, sino que es mezclado con aleaciones de metal que permite que sea mejor conductor.

Este tipo de cable consta de un conductor céntrico y fijo sobre un forro de material aislante que después lleva una cubierta metálica en forma de malla como segundo conductor. La capa exterior ayuda a proteger de la radiación electromagnética o de señales que otros cables pudiesen proporcionar.

Este cable coaxial puede transmitir en la frecuencia intermedia (IF) o en la banda base. Es decir que puede ser utilizado para transmitir video o señales de televisión. En la banda base fue utilizado para las redes LAN, así como redes Token Ring y Ethernet.

Los cables más utilizados para las aplicaciones LAN son: 10 base 5 coaxial grueso y 10 base 2 coaxial delgado.



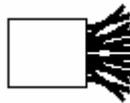
### 2.1.2. Cable par trenzado.

El cable par trenzado está compuesto por pares trenzados y aislado por plástico flexible abarcando 3 trenzas por pulgada, ayudando a disminuir la diafonía, el ruido e interferencia, aunque para mejores resultados los pares deben ser variados entre los pares.

Este tipo de cable tiene la desventaja de presentar atenuación en la señal cuando se rebasa más de 100 metros, por lo que es recomendable no sobre pasar esa distancia; por otra parte resulta ser muy económico, fácil manejo y conexión.

Los cables de par trenzado más comúnmente utilizados en la parte de la capa física son:

- 10 Base T (Ethernet).
- 100 Base TX (Fast Ethernet).
- 1000 Base T (Gigabit Ethernet).



Cable de par trenzado.

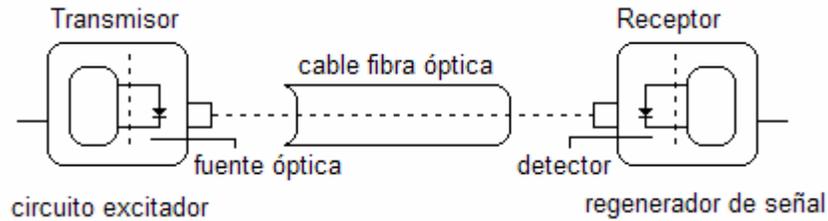
Los cables de par trenzado se pueden agrupar como multipares en grupos de 2, 4, 6, 8, 14, 25, 28, 56, 112, 224 y hasta 300 pares.

### 2.1.3. Fibra Óptica.

El término de fibra de vidrio se refiere al tipo de material que se utiliza para propagar ráfagas de luz que son confinadas en una fibra para transmitir grandes cantidades de información en el orden de los giga bits por segundo.

El diámetro de una fibra puede llegar a ser una décima del diámetro de un cabello humano, pero gracias a que el rayo láser trabaja a frecuencias muy altas en el intervalo de la luz visible y la infrarroja, la fibra óptica es casi inmune a la interferencia y el ruido.

En la parte transmisor se utiliza una fuente de luz que pudiese ser un Diodo Láser y en la parte receptora se utiliza un fotodiodo o foto transistor que detecta esa luz emitida unido a un convertor de luz a señales eléctricas en el extremo final.



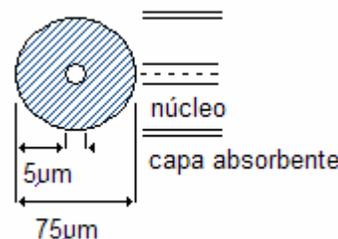
Esquema básico para fibra óptica.

Esta transmisión como es de esperarse involucra la modulación de la señal transmitida. Usualmente apagado, encendido y por variación de la intensidad de luz sobre el núcleo de la fibra. La parte central de la fibra es llamada núcleo, mientras que la parte que envuelve al núcleo se llama revestimiento. Cuando un haz de luz es introducido en el núcleo, este es reflejado por el revestimiento lo cual ocasiona que lleve una trayectoria en zig-zag a lo largo de todo el núcleo.

Existen 3 dos formas de transmitir sobre la fibra que son conocidas como:

Simple o monomodo.

Esta forma, ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso de los 100GHz por kilómetro, aunque es la más difícil de implementar. Los rayos siguen una trayectoria en el eje de la fibra, por lo que se conoce como monomodo. Su diámetro del núcleo se encuentra en el mismo orden que la longitud de onda, es decir de unos 5 a 8 $\mu$ m. Pero si el núcleo está hecho de un material en el que el índice de refracción es diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo escalonado.



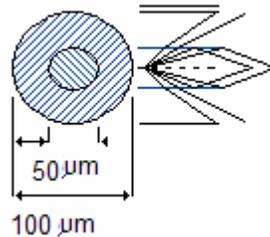
Fibra monomodo.

Multimodo de índice escalonado.

Están fabricadas a base de fibra de vidrio con una atenuación de 30dB por kilómetro, o en plástico con atenuación de 100dB por km. Tiene una banda de paso de 40MHz por kilómetro.

El índice de refracción es superior al de la cubierta que lo rodea, lo que provoca una variación brutal del índice y de ahí el nombre de índice escalonado.

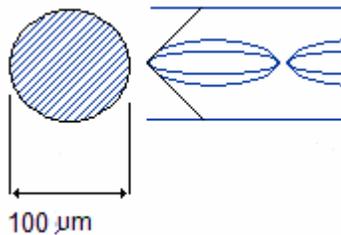
Esta dispersión es la principal limitación de las fibras multimodo de índice escalonado, pues su eso limita la transmisión de información a cortas distancias, aunque su principal ventana reside en el precio económico.



Fibra Multimodo escalonado.

Multimodo de índice gradual.

Estas poseen una banda de paso de 500MHz por kilómetro. Su principio se base en el índice de refracción en el interior del núcleo, ya que no es único, sino que decrece cuando el núcleo avanza a la cubierta.



Fibra Multimodo de índice gradual.

La fibra multimodo de índice gradiente gradual de tamaño 62.5/25um está normalizado, pero se puede encontrar adicionales como:

Multimodo índice escalonado 100/140um.

Multimodo índice de gradiente gradual 50/125um.

Multimodo índice de gradiente gradual 85/125um.

Con la integración de esta nueva tecnología se ha hecho posible que los sistemas con fibra óptica puedan operar en el rango de los 10Gbps. Además de introducir la multicanalización por división de longitud de onda.

Este proceso de dividir el espectro en un número de longitudes de onda sin traslaparse una con otra. Cada longitud de onda es capaz de soportar un canal de telecomunicaciones de alta velocidad.

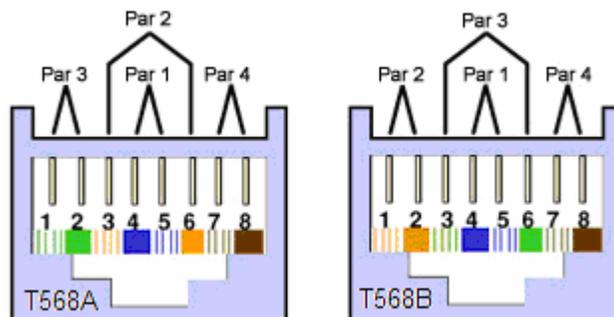
Actualmente la tecnología DWDM (WDM Denso) soporta más de 16 longitudes de onda o los sistemas OC-48 que soportan desde 60, 160 y 320 longitudes de onda por canal que sería el equivalente a 320 canales de alta velocidad por fibra.

No obstante se está trabajando con la tecnología Chirped-pulse WDM la cual permitirá transmitir a las de 15000 longitudes de onda en capacidades de velocidad inimaginables.

#### 2.1.4. Cableado Estructurado.

Existían antes dos tipos de cableados: los cables de voz y los de datos. Con la integración del cableado estructurado ahora se proporcionan diferentes tipos de servicios que pueden ir desde voz, datos, video, monitoreo hasta control de dispositivos entre otros proporcionados por el mismo cable.

El estándar de cableado estructurado más utilizado y conocido en el mundo está definido por la Electronics Industries Association – Telecommunications Industries Association de Estados Unidos. Especificando el cableado estructurado sobre cable de par trenzado UTP de categoría 5, aunque antes de que existiera este estándar ya se encontraba una definición por ATT y conocido bajo el nombre de EIA-TIA 568A y 568B.



Cableado Estructurado.

#### 2.1.5. Radio.

Comúnmente conocidos como medios no confinados es llamado a todos aquellos medios que utilizan el aire como medio de transmisión.

A todo este rango de frecuencias se le conoce como espectro electromagnético, el cual es apreciado por ser regulado y limitado. Los administradores del espectro a nivel mundial es la Word Radio Communication Conference (WRC) de la Internacional Telecommunications Union Radio Communications Sector (ITU-R).

Esta entidad realiza reuniones a nivel mundial para coordinar con los entes reguladores de cada país la asignación de nuevas bandas de frecuencia y administrar el espectro. En el caso de México, la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones) y la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) son las encargadas de administrar el espectro electromagnético.

La asignación de las bandas de espectro magnético en México se puede consultar en el Área de Ingeniería Tecnológica de la COFETEL.

Cada proporción de la frecuencia dentro del espectro magnético tiene propiedades únicas que son el resultado de cambios en la longitud de onda. Por ejemplo para las estaciones de radio que van desde los 300kHz a los 3MHz (Frecuencias Medias), pueden ser radiadas a lo largo de la superficie de la tierra (Amplitud Modulada).

Existen estaciones de radio internacionales que usan la banda de onda corta que se encuentran en el rango de los 3MHz a los 30MHz (High Frequency). Con su principal característica de ser radiadas a miles de kilómetros y ser revotadas a la ionosfera como si fuera un espejo.

La televisión y las estaciones de Frecuencia Modulada utilizan el rango de frecuencia de 300MHz a 900MHz y de 30MHz a los 300MHz conocidos también como UHF y VHF. Debido a que estas frecuencias no son reflejadas por la ionosfera, este tipo de señales cubre distancias más cortas como una ciudad.

Una gran ventaja que presenta este tipo de banda es que permite crear estaciones locales de radio FM y Televisoras sin causar alguna interferencia entre ellas.

### **2.1.6. Microondas.**

El término de microondas (milimétricas o micrométricas) se deriva de lo pequeña que es la longitud de onda de la banda resultado de dividir la velocidad de la luz entre la frecuencia. Su frecuencia se encuentra en el rango de 1Ghz en adelante.

Este medio de comunicación ya tiene algunas décadas y en el pasado las compañías telefónicas aprovechaban la bondad de la gran capacidad para transmisión de voz, aunque con el arribo de la fibra óptica, este medio se ha quedado como un respaldo, sucediendo lo mismo para el video sustituido por los satélites.

Actualmente el medio de microondas esta siendo utilizado por redes metropolitanas en conexión con bancos, mercados, tiendas departamentales y radio bases celulares. Sus estaciones consisten de un par de antenas con vista lineal conectadas a un transmisor y radiando a una radiofrecuencia de un 1GHz a 50GHz.

Como consecuencia de haber sido subastadas las bandas de frecuencia de las microondas terrestres, es necesario obtener un permiso por las autoridades de telecomunicaciones COFETEL para hacer uso. Las principales bandas de frecuencia utilizada en microondas se encuentran alrededor de los 15, 18, 23 y 26GHz.

## **2.2. Topologías de las redes.**

En un principio las computadoras eran elementos aislados que ocupaban sus propios recursos, pero la gran necesidad de compartir información y/o recursos entre las mismas orientó a la creación de dispositivos capaces de enlazarlas, para transferir información y compartir recursos, tales como impresoras, unidades de lectura, etc.

El concepto de red lo definimos como un conjunto de equipos interconectados entre si, con el propósito de compartir recursos e información de un punto a otro punto por medio de un enlace común.

La implementación de las redes, al inicio se destinaba a distintas empresas, cada una de ellas proponía su propio modelo de red usando protocolos y arquitecturas distintas y propias de cada empresa, así es como surge la situación de crear algo en común.

Para solucionar el problema de la comunicación entre redes ISO (Internacional Organization for Standardization - Organización Internacional para la normalización), elaboró un modelo de referencia OSI en 1984, denominado Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos OSIRM y proporcionó un estándar de mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología.

Esta estructura abarca los modelos: capa física, capa de enlace, capa de red, capa de transporte, capa de sesión, capa de presentación y capa de aplicación.

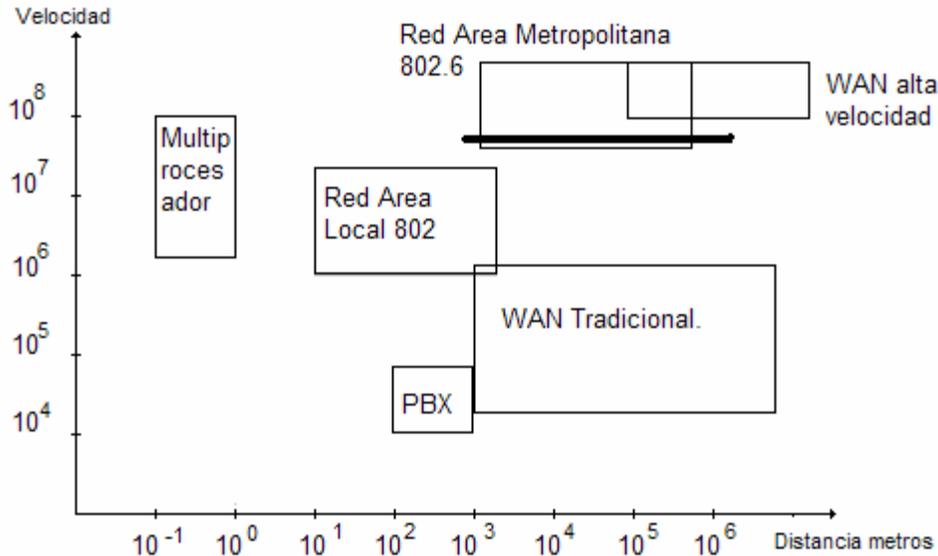
Las reglas básicas que se siguen para realizar una transferencia confiable es:

- La información no sufra mutaciones.
- La información debe ser consistente, es decir que la información no sea alterada.
- Los dispositivos que conforman la red sean capaces de identificarse a lo largo de la red.

Exista una forma de nombre para identificar las partes de la red.

### 2.2.1. Redes de comunicación.

Al crecer esta red de comunicación, surgen 3 categorías determinadas por el área geográfica que cubren.



Esquema comparativo entre REDES.

### 2.2.2. Red LAN.

Conocida como red de área local, es un sistema de interconexión de equipos basado en líneas de alta velocidad (hasta cientos de mega bits por segundo), comúnmente se dice que del tamaño de un edificio.

La velocidad comúnmente manejada en la transmisión de datos es de 1 a 100 megabits por segundo, utilizando el sistema Ethernet que fue desarrollado por Xeros Corporation. Adicional a esto la configuración permite conectar a otras redes del tipo LAN, MAN, WAN por medio de un Router.

### 2.2.3. Red MAN.

La Red de área metropolitana es una distribución de equipos que abarca varios edificios pertenecientes al mismo conjunto. Es decir esta distribución se utiliza para interconectar a las redes de área local.

Esta podría considerarse más grande que la LAN y que además se basa en una tecnología similar a ésta.

### 2.2.4. Red WAN.

Esta red de área extensa, interconecta a los equipos que se encuentren geográficamente dispersos y por lo cual marca su extensibilidad incluyendo a distintos continentes. El ejemplo más básico de una red extensa es la red de la UNAM, Telmex (RCDT, UniNet), Telcel entre otros.

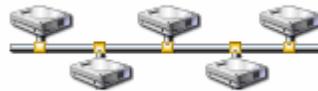
### 2.2.5. Topologías Físicas.

La construcción de una red de comunicación se basa en distintas modalidades de conexión, a esta unión de nodos se le llama Topología de la red. La topología define la estructura de la red y esta distribución se divide en 2 apartados. La topología física que indica la disposición real de los cables o medios y la topología lógica que define la forma en que los nodos acceden al medio.

Topología en BUS.

Utiliza un único segmento lineal – BUS (longitud de cable) al que todos los dispositivos se conectan en forma directa. Es así que el BUS es pasivo ya que no se produce regeneración de las señales en cada nodo.

La red de bus lineal es fácil de instalar y son relativamente baratas. Pero por otro lado tiene muchos puntos de falla, si uno de los enlaces entre cualquiera de los dispositivos se rompe, la red deja de funcionar.



Topología BUS.

Topología en anillo.

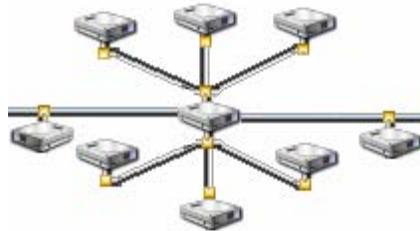
Esta metodología conecta un nodo con el siguiente y al último nodo con el primero creando un anillo físico de cable. Es así como cada una de las estaciones se encuentran unidas una con otra formando un círculo por medio de un cable común. Las señales circulan en un solo sentido alrededor del círculo regenerándose en cada nodo.



Topología Anillo.

Topología en estrella.

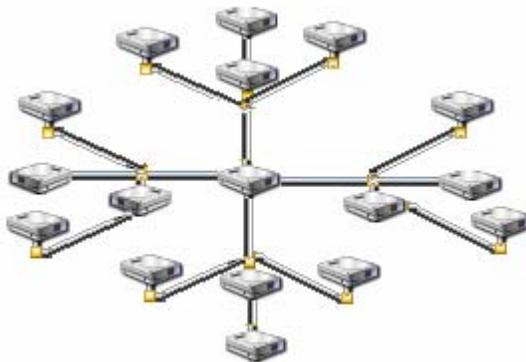
Esta es una de las topologías más comunes ya que conecta a todos los dispositivos en un punto central de concentración. Por lo general este punto suele ser un concentrador o un SWITCH.



Topología Estrella

Topología de estrella extendida.

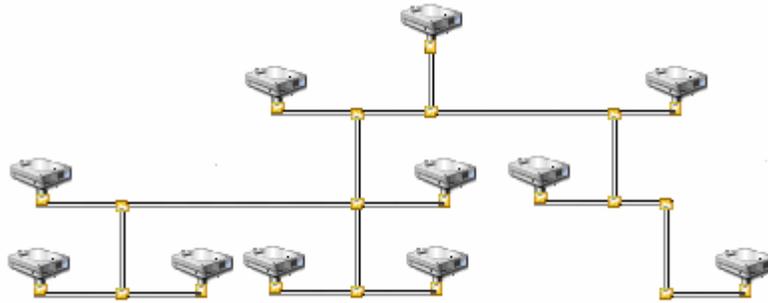
Como el nombre lo indica, sólo es una extensión de la red en estrella, pero la cual conecta a otras estrellas por medio de concentrador o Switch, permitiendo con esto extender la longitud de la red.



Estrella extendida.

Topología jerárquica.

Esta distribución de red topológica se basa en la topología de estrella extendida, pero además de interconectar concentradores y Switchs entre si, el sistema se conecta con un equipo que podrá tomar decisiones sobre el tráfico y en como se enruta el destino de los paquetes tomando en cuenta la jerarquía del tráfico a transportar.

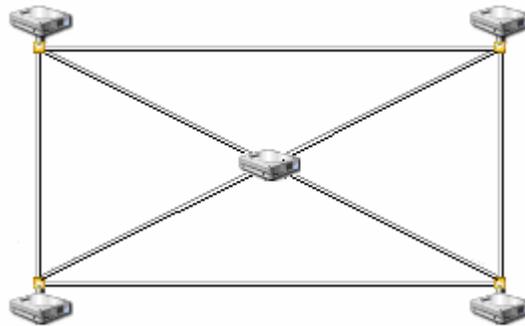


Topología Jerárquica.

### Topología en malla.

Cuando se desea que no exista una interrupción en las telecomunicaciones, este tipo de red es implementada, de esta forma cada uno de los nodos tiene sus propias conexiones con los demás nodos.

Un ejemplo de una topología en malla es la red de Internet la cual tiene varios caminos para llegar a un destino.



Topología en malla.

### 2.2.6. Topologías Lógicas.

En una red la Topología Lógica es la forma en que se comunican los Hosts a través del medio. Los tipos mas comunes son: Broadcast y transmisión por Tokens.

#### **Ethernet.**

Es el estándar más comúnmente empleado para las redes LAN. Ethernet también conocido como IEEE 802.3, emplea una topología lógica de bus y una topología física de bus, aunque la más comúnmente encontrar la topología física en estrella.

Ethernet permite el movimiento de datos a una velocidad de 10Mbps, utilizando el método de transmisión CSMA/CD (Acceso múltiple con detección de portadora y

detección de colisiones). Es decir antes de que un nodo envíe algún dato a través de la red, primero deberá escuchar y se verificará si otro nodo está transmitiendo información, en caso contrario se transmitirá la información.

Mientras este evento sucede, todos los demás nodos escucharán hasta que el nodo seleccionado reciba la información. En el caso de que 2 nodos traten de transmitir datos por la red, cada nodo notará una colisión y esperará un cierto tiempo antes de volver a rehacer el envío.

Es decir que la topología lógica de Ethernet bus hace que cada nodo tome su turno en la transmisión y si una transmisión de un nodo falla no provoca daños en la red.

Podría decirse que este estándar es eficiente y rápido aunque también puede llegar a un punto de saturación.

### **Token Ring.**

Ideado por IBM y otros fabricantes, conocido también como IEEE 802.5 opera a una velocidad de 4Mbps o 16Mbps y emplea una topología lógica física de anillo.

En este protocolo se requiere que todas las estaciones se encuentren conectadas en anillo físicamente. Es decir que cada estación se comporta como un repetidor de información y en forma unidireccional. Cuando una estación desea enviar información, reconoce si el token está libre y entonces cambia el bit del token a ocupado, pasándolo por toda la red. De aquí en adelante la estación agrega la información a los campos del token.

Cuando una estación percibe que los datos recibidos son para ella, entonces duplica la información para procesarla y continúa con la retransmisión y agrega una señal indicando que la recepción de información fue satisfactoria.

En caso de que otras estaciones deseen realizar un envío, estas tendrán que esperar a que se libere, ya que en el momento en que se realiza la transmisión de una trama de datos, el token deja de existir.

La estación que genera la trama de información, es la encargada de eliminar la trama al recibirla y posteriormente liberar una nueva trama de información o bien crear un nuevo mensaje indicando que el token está libre; de lo contrario el mensaje estaría circulando indefinidamente por la red.

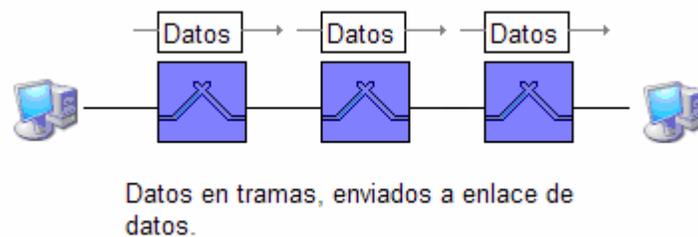
### **Frame Relay (Retransmisión de Tramas).**

Es una tecnología basada en circuitos virtuales que ofrece servicios de bajo nivel (trabaja a nivel físico y en el nivel de enlace de datos). Normalmente utilizado con WAN para conectar LANs y MainFrame.

Aunque Frame Relay fue diseñado para proporcionar velocidades de 1544Mbps equivalente a un T1, actualmente la mayoría de las implementaciones pueden ofrecer hasta 44376Mbps, equivalente a una línea T3.

Los medios de comunicación se han mejorado enormemente para esta época, los cuales son más confiables y propensos a menos errores. La fibra óptica es bastante menos susceptible a ruido que los cables metálicos, por lo que verificar errores es innecesario y contraproducente.

Frame Relay, no ofrece comprobación de errores y tampoco requiere confirmaciones al nivel de enlace de datos. Los encargados de esta comprobación son los protocolos de niveles de red y transporte que utilizan Frame Relay.



Tráfico en Frame Relay.

Frame Relay ofrece conexiones virtuales permanentes y conmutadas. Los dispositivos que se pueden conectar entre los usuarios y la red, son DTE (Dispositivo de encaminamiento o puente). Los conmutadores que se encargan de encaminar las tramas son DCE (Conectar la LAN a un conmutador).

### **Circuitos Virtuales.**

Frame Relay trabaja con direcciones virtuales. Un DTE conectado a la red, no utiliza una dirección física. Emplea un identificador de circuito virtual, que opera en el nivel de enlace de datos.

El número que identifica al circuito virtual se le conoce como DLCI (Data Link Connection Identifier - Identificador de conexión de enlace de datos). Cuando la red establece un circuito virtual DLCI asigna un número al DTE que puede utilizar para acceder en forma remota.

DLCI no solo define el circuito virtual entre un DTE y un DCE, sino también entre 2 DCE dentro de la red. Esto significa que 2 conexiones distintas y que pertenecen a interfaces distintas, pueden tener el mismo DLCI.

Frame Relay tiene 2 tipos de conexión y DLCI asigna según el tipo:

PVC (Circuito Virtual Permanente).

Este se establece entre dos DTE a través de un proveedor de red. Estos se conectan en forma virtual y permanente.

Tipo de circuito era posible únicamente posible en los inicios de Frame Relay, pero actualmente los circuitos virtuales pueden utilizar la modalidad de circuitos conmutados.

**SVC.**

En un circuito conmutado, cuando un DTE desea realizar una conexión a otro DTE, se debe establecer un nuevo circuito virtual. Frame Relay no puede hacer esta labor directamente, por lo que necesita de un protocolo adicional que tenga nivel de red y direcciones de nivel de red (RSI o IP).

**Nivel Enlace de datos.**

Las tramas utilizadas en Frame Relay utilizan una versión simplificada de HDLC, llamada LAPF Central; esta derivación no posee campos de control de errores, ya que Frame Relay no los utiliza.



Trama en Frame Relay.

La trama del Frame Relay es similar a la utilizada por HDLC. Los campos de delimitador, FEC e información son los mismos, pero el campo de Control no existe. El campo de dirección define el DLCI, así como bits para control de tráfico.

**DLCI:** Los 6 primeros bits forman el inicio. Los siguientes 4 bits de DLCI indican la segunda parte. Estos son parte de los identificadores de conexión de enlace de datos, de los 10 definidos por el estándar.

**C/R (Command / Response – Orden / Respuesta):** Permite a los niveles superiores identificar si la trama es una orden o una respuesta, aunque no es utilizada por Frame Relay.

**EA (Extended Address – Dirección extendida):** Indica si el bit actual es final de la dirección o no. Es decir si EA = 0, indica que la dirección no termina pues continúa otro bit de dirección, de lo contrario es el final.

**FECN (Forward Explicit Congestion Notification – Notificación de congestión explícita hacia adelante):** Este bit informa al destino que hay congestión. Es activado por cualquier conmutador indicando que el tráfico está congestionado.

Un conmutador puede utilizar las tramas de respuesta (full duplex) o utilizar una conexión predefinida (DLCI = 1023) para envío de tramas especiales. El emisor puede responder reduciendo la velocidad de transmisión.

BECN (Backward Explicit Congestion Notification – Notificación de congestión explícita hacia atrás): Este bit indica que hay congestionamiento en la dirección contraria de la que viaja la trama, informando al emisor.

DE (Discard Eligibility – Elegibilidad de descarte): Indica el nivel de prioridad de la trama. En situaciones de cuello de botella, este bit indica que tramas pueden descartarse.

Cuando los usuarios no hacen caso a los avisos de congestión. Frame Relay tiene que descartar tramas.

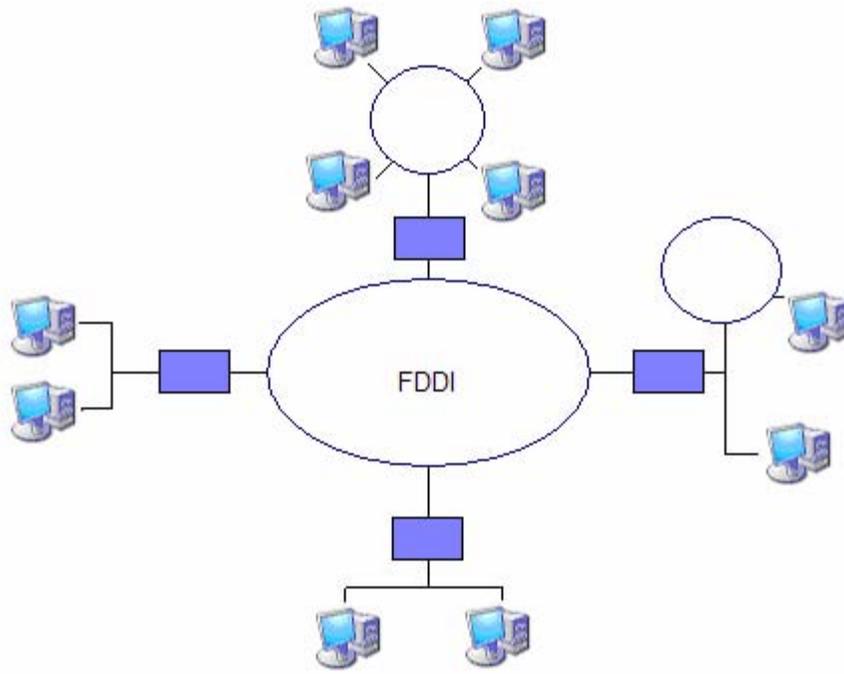
### **FDDI (Fiber Distributed Data Interface – Interfaz de Datos Distribuida por Fibra).**

Desarrollado por un grupo de trabajo ANSI X3T9.5 se describió una red que proporcionara interconexión de propósito general, alto ancho de banda entre ordenadores de alta velocidad y periféricos de toda clase.

FDDI utiliza el esquema MAC de paso de testigo basado en el estándar IEEE 802.2, capacidad para utilizar Fibra Óptica o Par Trenzado, con una tecnología de doble anillo para soportar fallos. La velocidad de transmisión es de 100Mbps y una conexión física de 500 estaciones; en cableado de fibra óptica hasta 100Km por anillo (200km considerando 2 anillos).

Con la capacidad de asignar ancho de banda dinámicamente, hace que se puedan proporcionar servicios de manera asíncrona y síncrona.

FDDI es una arquitectura LAN, aunque por su cobertura puede también cubrir redes de áreas metropolitanas (MAN). Su mayor campo de aplicación es como red dorsal de varias redes locales.

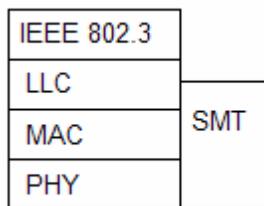


FDDI como red dorsal.

El funcionamiento de FDDI se basa en un doble anillo que proporciona una interconexión de alta velocidad (100Mbps), además de ser tolerante a fallos. Durante su funcionamiento sólo uno de los anillos transmite información, pero cuando se produce un fallo, se transforma a un solo anillo aislando el punto malo.

Cada estación funciona a 100Mbps y consiste de un conjunto de estaciones activas, conectadas en serie. Los datos son transmitidos como tramas secuenciales entre estaciones activas. El medio es controlado por un paso de testigo, sin centralizar adaptado para transmisiones de alta velocidad y aplicaciones críticas.

El protocolo de la red FDDI en su nivel más bajo, está compuesto por 4 partes:



Protocolo FDDI.

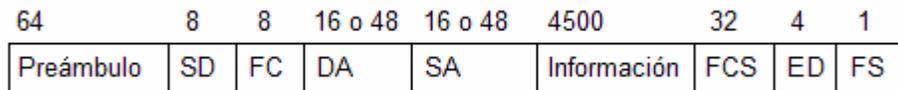
MAC: es la parte de la capa de enlace que regula el acceso al medio LAN.

PHY: esta parte es independiente de la capa física y se encarga de realizar la codificación, decodificación y sincronización de las señales digitales.

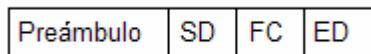
PMD: Este depende de la capa física y especifica la forma de onda de la fibra óptica.

SMT: proporciona el control de las principales funciones en las distintas capas de la FDDI.

Debido a que la capa física de datos, codifica y transmite en paquetes de 4 bits, mediante el código 4B5B. El estándar define el contenido de este formato, en términos de símbolos.



Formato general de una trama.



Formato del token.

Preámbulo: Sincroniza la trama con el reloj de cada estación.

SD: Indicador de inicio dentro de la trama.

FC: Es el control de la trama. Su formato está dado por:

C – L – FF – ZZZZ

C: Indica si la trama está fundamentada como síncrona o asíncrona.

L: Indicar el direccionamiento que puede ser de 16 o 48 bits.

FF: Indica si es una trama LLC, MAC, de control o reservada.

ZZZZ: Indica el tipo de control.

DA: Dirección destino de la trama, que puede ser a una estación o estaciones.

SA: Dirección fuente que indica el origen de la trama.

Información: Contiene la información del LLC o información referente al control.

FCS: Trama de chequeo, que es una redundancia cíclica de 32 bits.

ED: Delimitador para fin de trama. Contiene adicional algunos símbolos que no son datos indicando el fin de la trama excepto por el campo FS.

FS: Estado de la trama, contiene un detector de errores.

### ATM (Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrono).

El modo de transferencia asíncrono es una tecnología desarrollada para la transferencia de altas velocidades que pueden ser voz, video o datos. Ésta fue

recomendada por B-ISDN (Integrated Services Digital Network – Red Digital de Servicios Integrados).

ATM es una técnica orientada a la conexión y es utilizada para soportar servicios orientados y no orientados a la conexión. La información es transportada en canales separados y virtuales. Es decir que está diseñado para realizar transferencias de manera flexible.

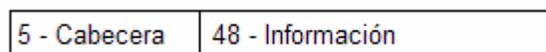
ATM utiliza multiplexación por división en el tiempo asíncrono y ranuras de tamaño fijo. Cuando una celda arriba, estos van rellorando los espacios no importando la procedencia para ser enviados.

Los SWITCH ATM toman las celdas que transitan por las redes, analizan su encabezado y determinan la dirección de conexión a la interfaz de salida y llegar a su destino.



Multiplexación en ATM.

La tecnología ATM utiliza el multiplexaje y conmutación; fragmenta la información en unidades llamadas celdas. Cada celda posee un encabezado de 5 octetos y 48 octetos de información; de esta forma la celda es transportada transparentemente por la red ATM. La celda es una pequeña unidad de datos con tamaño fijo.



Celda en octetos.

Un flujo de celdas inicia con señales de usuario individuales, que pueden ser provenientes de redes de velocidad constante E1 o servicios de velocidad de bit variable. ATM fragmenta todas las señales para crear celdas y posteriormente darles un direccionamiento por medio de un SWITCH ATM que las multiplexa.

La capa física de ATM tiene 4 funciones principales que son:

- Convertir las celdas en un bitstream.
- Control de la transmisión de bits en el medio físico.
- Limitación de celdas de acuerdo con el medio.
- Empacamiento de las celdas conforme al medio físico.

La capa física está compuesta de 2 partes:

- PMD (Physical Medium Dependet - Subcapa del medio físico).

Esta tiene 2 tareas fundamentales que son: sincronizar la transmisión - recepción y especificar el medio físico.

TC (Transmisión Convergente - Subcapa de convergencia de transmisión). Tiene a su cargo 4 funciones principales: Delineación de celdas, Control de errores en el header, Desacoplamiento de celdas y Adaptación al frame de transmisión.

No todas las funciones pueden ser soportadas por las especificaciones de la capa física para ATM y solo algunos de los estándares pueden soportar celdas, como son: PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona), SONET (Red Optica Síncrona) y SDH (Jerarquía Digital Síncrona).

### **2.3. Tecnologías de transporte.**

Cuando los datos viajan por el canal sin una velocidad fija, es decir que el tiempo que transcurre desde la transmisión de un dato, hasta la transmisión del próximo dato es variable.

Cualquier tecnología de transmisión europea como el E1 de 32 ranuras debe admitir una muestra del canal cada 125 microsegundos. Una de estas tecnologías es la llamada de Jerarquía Digital Plesiócrona PDH que se describe a continuación.

#### **2.3.1. PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).**

PDH es una técnica de TDM (Time division multiplexation – Múltiplexación por división de tiempo) síncrona, por lo tanto la estructura de trama PDH debe durar necesariamente 125 microsegundos, independientemente del número de canales de voz transportados.

Dos aproximaciones han sido adoptadas, que difieren principalmente en el número de canales de voz que la trama contiene y en la forma en la que la señalización es transportada. La primera aproximación es la adoptada en Japón y USA, en la que 24 canales de voz son transportados en la trama. Además de esos 24 canales de voz, que son los que forman básicamente la trama T1, un único bit es añadido a esta trama para proporcionar alineamiento de trama y el servicio mínimo de señalización. De esta forma la capacidad total requerida es:

$$(24 \text{ canales} \times 8 \text{ bit / canal} + 1 \text{ bit}) / 125 \text{ microsegundos} = 1.544 \text{ Mbps}$$

Una aproximación diferente fue la adoptada en Europa donde se tuvo un cuidado especial en proporcionar servicios de señalización y sincronización en la trama E1. En este caso 30 canales son transportados por la trama además de 2 canales de la misma capacidad, uno de estos canales permiten la transmisión de información de alineamiento de trama, comunicación de alarmas y bits de CRC (Cyclic Redundancy Check – Control de redundancia ciclica). Además, cada canal de voz

es señalizado mediante un canal especialmente dedicado a ello, lo que permite disponer de 2 Kbps de información de control para cada canal. De esta forma la capacidad total de transmisión en un enlace E1 es:

$$(32 \text{ canales} \times 8 \text{ bits / canal}) / 125 \text{ microsegundos} = 2.048 \text{ Mbps}$$

### **Características de PDH.**

PDH no está exenta de problemas. Estos problemas surgen principalmente cuando se tienen que desmultiplexar los canales transportados hasta cierto nivel, especialmente si es necesario extraer un canal de voz básico. Al tener todos los canales en cada jerarquía su propio reloj no tiene una base de tiempos común para todos los sistemas (excepto en los que transmiten a la misma velocidad). Por lo tanto es posible extraer un circuito sin tener que desmultiplexar completamente la señal hasta el nivel requerido.

Otro problema es la necesidad de identificar el inicio de una nueva trama. Una vez que este inicio ha sido localizado y dado que ya se conoce como es la estructura de trama, es un procedimiento sencillo desmapear y extraer toda la información transportada en ese nivel. Para realizar estas tareas se han desarrollado otras tecnologías como ADM (Add/Drop Multiplexer) equipos que permiten añadir o sustraer cualquier señal hasta el nivel de detalle requerido.

PDH, a cualquier nivel, es una tecnología de transmisión estructurada, y por lo tanto cada bit tiene un significado y una función. Para una correcta comprensión de cada bit es necesario tener una indicación del inicio de la trama. Para que el receptor de la trama básica E1 pueda reconocer el inicio de la trama una estructura de bit especial el cual se inserta en el inicio de algunas tramas. De esta forma se realiza la sincronización. Una señal de alineamiento de trama FAS (Frame Aligment Signal) se introduce en el principio de las tramas pares, esto es, una FAS se introduce cada 2 tramas E1. El byte restante en las tramas impares es denominado NFAS (No FAS) y es utilizado para el transporte de información de alarmas, bit sobrantes reservados para uso restringido y algunos mas son bits de alineamiento de multitrama.

### **Tratamiento de errores.**

Los errores de transmisión son monitoreados y comunicados cuando la red proporciona un rendimiento demasiado bajo, se toman las medidas necesarias para corregirla. La corrección y recuperación de errores se deja para la capa de enlace en el modelo OSI. PDH únicamente se ocupa de una parte de la capa física, ocupando el método CRC-4, NFAS como el BER (Bit Error Rate).

El slot número 16 de cada trama básica de 2.048Mbps se reserva para el transporte de protocolos de señalización para los 30 canales de 64Kbps que llegan directamente a los usuarios de la red telefónica. Por esta razón los multiplexores de la red no deben modificar la información de señalización de los canales.

Cada canal tiene asignado un espacio de señalización de 2Kbps en la multitrama E1, a través de 4 bits (conocidos genéricamente como a, b, c, d) en el canal 16, que constituye un canal de señalización de 64Kbps. Para realmente conocer donde está el inicio de este canal de señalización, los primeros 4 bits son marcados como cero (0000), y los siguientes 4 bits de este byte no transportan información de señalización, sino información de justificación y alarmas. Estos 4 primeros bits son los denominados MFAS (Multitrama FAS) mientras que los siguiente 4 bits se denominan NMFAS (No señal de alineamiento de Multitrama).

### **Alarmas en PDH.**

Para la transmisión de alarmas, PDH hace uso de los campos MFAS y NMFAS. Cuando un multiplexor de inserción y extracción ADM detecta una disminución a la calidad de transmisión, o porque el nivel de error es demasiado alto o por que un desalineamiento de trama ha sido detectado, debe comunicar este hecho al otro extremo de la conexión, esto es, al transmisor. Esta alarma es comunicada en el bit 3 de la MFAS y normalmente se denomina indicador de alarma remota.

Entonces el multiplexor remoto considera si la situación es peligrosa, y procede a realizar un realineamiento de trama. Este realineamiento se realiza poniendo toda la tributaria a uno ("1"), esto es, todos los contenidos de los canales a 1, para facilitar la resincronización, pero manteniendo la palabra FAS en su correcto valor.

Un procedimiento similar es efectuado por la señal de NMFAS. Cuando el receptor pierde el sincronismo de multitrama, envía hacia atrás una alarma en el sexto bit del primer byte del canal 16 (el dedicado a la información de señalización). Esta alarma es denominada A1S64 o señal de indicación de alarma.

### **Justificación de tramas.**

En PDH es necesario implementar un mecanismo para adaptar las diferentes velocidades de bit y de esta forma garantizar la correcta transmisión de las tributarias sin slips (deslizamientos) ni fallas. Con este fin algunos bits en los niveles altos pueden dejarse desocupados y ser llenados selectivamente con información o simplemente con bits de relleno.

Para conocer cuando estos bits están transportando información o no, existen también algunos bits de control distribuido en la trama que sirven de indicación. En la jerarquía de transmisión PDH la justificación significa dejar cierto bit que normalmente está lleno desocupado. Esto se denomina justificación positiva.

### 2.3.2. SONET (Synnchronouse Optical Network).

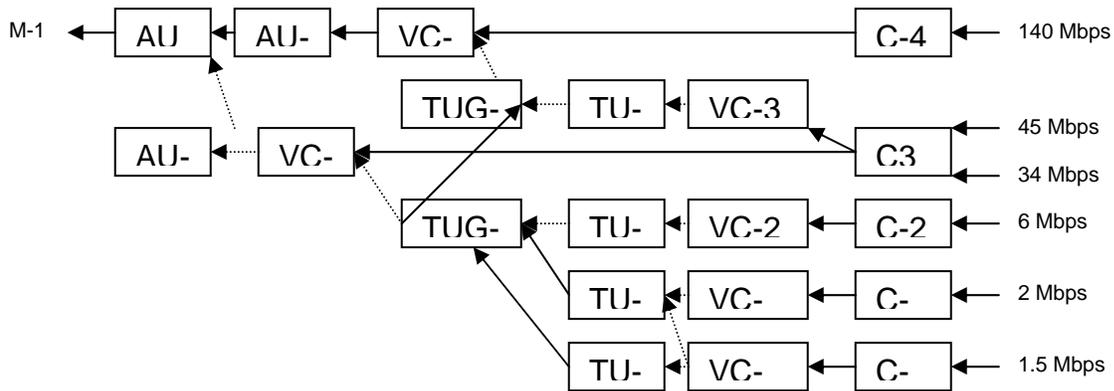
Debido a las grandes carencias y necesidades de los usuarios con respecto a poder contar con redes rápidas y seguras aunado con el objetivo de poder proveer diversos servicios con las ventajas de ser más económico y flexible fue creado en Bellcore ECSA (Exchange Carriers Standars Institute) en Estados Unidos un estándar para la transmisión de las señales de voz, datos y video utilizando como medio de transmisión la fibra óptica, este estándar es llamado SONET (Synchronous Optical Network – Red Óptica Síncrona).

Fue creado con la tendencia de tecnología para poder ser utilizado en la siguiente generación y con el protocolo ISDN. Este estándar es aplicable en equipo de multiplexaje eléctrico – óptico con una tasa de transmisión que va de 51.84 Mbps hasta 2.488 Gbps, por lo tanto esta diseñado para obtener tasas de transmisión en troncales telefónicas (Voz). SONET fué incorporado en el estándar de la CCITT para el estándar SDH dando así la base para el surgimiento de este nuevo estándar desarrollado por ECSA ANSI (American National Standars Institute) incluyendo las recomendaciones de la ITU – T.

La primera tasa de transmisión en la jerarquía es nombrada como Synchronous Transport Signal nivel 1 (STS-1) y Optocal Carrier (OC - 1), donde un STS – n y un OC – n es que el OC – n indica que cantidad de bits STS – n han sido convertidos en señal optica.

Optical No.	Electrical No.	Data Rate (Mbps)	Multiples de DS3	CCITT STM
OC1	STS – 1	51.84	1	-
OC3	STS – 3	155.52	3	1
OC12	STS – 12	622.08	12	4
OC24	STS – 24	1244.16	24	8
OC48	STS – 48	2488.32	48	16
OC92	STS – 92	9600	192	-

Tabla de Jerarquía de Multiplexaje SONET



La gráfica anterior muestra la jerarquía de multiplexación de SONET / SDH y su terminología donde:

- .....> Especifico para SONET
- Universal
- C = Contenedor
- TU = Unidad Tributaria
- AU = Unidad Administrativa
- VC = Contenedor Virtual
- TUG = Grupo de Unidades Tributarias
- AUG = Grupo de unidades Administrativas

### 2.3.3. SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

La Jerarquía Digital Sincronía (Synchronous Digital Hierarchy) es un estándar para redes de telecomunicaciones de alta velocidad y alta capacidad, específicamente es un sistema de transporte digital síncrono.

En todo sistema de transmisión digital, la sincronización debe garantizarse en tres niveles diferentes. Para transmisión PCM (Pulse Code Modulation – Modulación pulso - Código) los niveles son: bit, intervalo de tiempo y trama.

#### Transmisión Síncrona.

En este caso los datos son transmitidos a una velocidad fija de bits, por una línea que se mantiene activa aun cuando no se este enviando información. En los sistemas PCM la transmisión es siempre síncrona pues el receptor deriva su propia temporización de la señal entrante, mientras los alineamientos de intervalo y de trama se obtienen utilizando un formato predeterminado. SDH es un sistema de transporte digital síncrono diseñado para proveer una infraestructura de redes de telecomunicaciones mas simple, económica y flexible que PDH.

Como las velocidades de transmisión PDH no son las mismas para EEUU y Japón que para Europa y otros países, la operación entre redes de ambos tipos es

compleja y costosa. Además si se tiene en cuenta que para poder llegar a un canal de 64Kbps (canal de voz), hay que desmultiplexar toda la señal PDH, hasta llegar al canal mismo, se usa una cadena de multiplexores y desmultiplexores, lo que representa un incremento de costo. En un principio el objetivo de la jerarquía SDH era superar las desventajas inherentes a los sistemas PDH, así como también normalizar las velocidades superiores a 140Mbps que hasta el momento eran propietarias de cada compañía.

### **Aspectos generales de SDH.**

Características que ofrece:

- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que desmultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre con PDH.
- Facilidad de multiplexación y desmultiplexación.
- Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- Adopción de canales auxiliares estandarizados.
- Estandarización de interfaces.
- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- Implementación de sistemas con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes incluyendo (LAN, WAN, ISDN).

La tecnología SDH, ofrece las siguientes ventajas:

- Altas velocidades de transmisión: Los sistemas SDH logran velocidades de varios Gbps. SDH es una tecnología adecuada para la parte dorsal de la red (backbones).
- Función simplificada de inserción / extracción: Comparado con los sistemas PDH tradicionales, con SDH es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad. No es necesario desmultiplexar y volver a multiplexar la estructura Plesiócrona, procedimiento complejo y costoso. Esto se debe a que, en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de etiquetas que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.
- Alta disponibilidad y grandes posibilidades de ampliación: La tecnología SDH permite reaccionar rápida y fácilmente frente a las demandas de los usuarios. Empleando un sistema de gestión de redes de telecomunicaciones, el administrador de la red puede usar elementos de redes controlados y monitoreados desde un lugar centralizado.
- Fiabilidad: Las redes SDH incluyen varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallas del sistema. Un problema en un enlace o en un elemento de la red no provoca el colapso de toda la red. Estos circuitos de protección se controlan mediante un sistema de gestión.
- Interconexión: Las interfaces SDH están normalizadas o estandarizadas, lo que simplifica las combinaciones de elementos de redes de diferentes fabricantes. La consecuencia inmediata es que los gastos en equipamiento son menores en los sistemas SDH que en los sistemas PDH.

### **Ajuste de sincronía.**

Para ajustar la sincronía en SDH se realiza mediante los encabezados. Estos indican la posición en que comienza una carga útil. Como cada objeto de una trama STM (Synchronous Transport Module – Modulo de transporte síncrono), tiene un número que lo identifica, el encabezado indica uno de tales números, y es donde se encontrara el primer octeto de la carga útil asociada a dicho cabecera. De esta forma la carga útil puede flotar en una trama STM, pues siempre su posición estará indicada por el encabezado.

En las señales SDH es una condición fundamental que antes de proceder a la multiplexación se efectuó la alineación de los encabezados. Esto no significa que la señal sea retrasada ya que esto no es posible, la información contenida de carga útil (payload) es información que debe ser transmitida en tiempo real, lo que se hace entonces, es cambiar el contenido del encabezado reacomodando la posición a la cual debe apuntar (posición donde empieza el Payload). Es decir que el payload tiene cierta libertad para deslizarse dentro del VC, siempre siendo apuntado por el encabezado correspondiente.

### **Trama STM-1.**

La jerarquía STM-1 es la de menor velocidad prevista para la transmisión a través de un enlace de SDH, es decir es la jerarquía básica.

La STM-1 tiene una estructura de trama que se conforma de 2430 bytes en serie, que por lo general se ilustran en forma de matriz para hacer más cómoda su representación, quedando entonces una estructura bidimensional de 9 renglones, con 270 bytes por renglón. Esta matriz es recorrida de izquierda a derecha, y en sentido descendente, para así ir siguiendo la secuencia en serie.

La duración de transmisión de cada trama es de 125 microsegundos, la cual corresponde a una frecuencia de repetición de trama de 8kHz. La capacidad de transmisión de un byte individual es de 64Kbps.

La STM-1 esta conformada por tres bloques: La SOH (Section Over Head), el encabezado (PTR), y la carga útil (payload).

### **Contenedores en STM-1.**

Toda información útil, ya sea plesiócrona o sincronía, se coloca en contenedores antes de ser transmitida en una STM-1. El tamaño de los contenedores se indica en bytes, esta cantidad de bytes se pone a disposición como capacidad de transmisión en contenedores cada 125 microsegundos. Los tamaños de los contenedores establecidos corresponden a las señales plesiócronicas.

La información útil debe caber en estos contenedores, esto se logra mediante un relleno de bits y bytes, para el cual se emplea tanto el procedimiento de relleno positivo como el de relleno negativo-cero-positivo.

El contenedor contiene:

- Información útil (por ejemplo una señal PDH)
- Bytes y bits de relleno fijos para la adaptación del reloj

A cada contenedor C se le agrega un encabezado de camino (POH), luego el contenedor junto con el POH correspondiente forman el denominado contenedor virtual (VC), y se transporta como una unidad a través de una ruta en la red.

El POH consiste en información que sirve para transportar de manera confiable el contenedor desde el origen hasta el destino. El POH se agrega al formar el VC al principio de la ruta y se evalúa solo al final de esta en el momento que se descompone el contenedor, entonces el POH contiene información para la supervisión y mantenimiento de una ruta en la red.

Un VC puede (según el tamaño) transmitirse en una trama STM-1 o bien, depositarse en un VC mayor, el cual se transporta luego directamente en la STM-1. Se hace una distinción entre VC de orden superior HO (Higher Order), y VC de orden inferior LO (Lower Order).

Una red basada en SDH proporciona los medios para transportar los contenedores entre diversos puntos, para cargar y descargar contenedores de los STM-1 y para transferir contenedores de un medio de transporte a otro (STM-N). Estas acciones determinan las funciones básicas que se deben realizar en una red SDH. En los puntos de acceso a la red se ensamblan los VC adecuado a la señal a transmitir, una vez conformado el VC debe ser transportado a través de la red, durante el viaje del VC por la red SDH puede presentarse el caso en que un VC o varios deben ser descargados del STM-1, o también casos en que deban ser cargados en los STM-1. En su recorrido por la red, el VC pasara por diferentes rutas y con diferentes velocidades.

### **Sincronización en SDH.**

SDH es una jerarquía digital síncrona, si no se garantiza la sincronización puede producirse una degradación considerable en las funciones de la red e incluso el fallo total de la red. Para evitarlo todos los elementos de la red deben estar sincronizados respecto a un reloj central, generado mediante un reloj de referencia primario (PRC) de alta precisión conforme a la recomendación G.811 de la UIT. Esta señal de reloj debe distribuirse por toda la red. Para ello se recurre a una estructura jerárquica, siendo las unidades de sincronización (SSU) y los relojes de equipos síncronos (SEC) quienes transfieren la señal. Las señales de sincronización circulan por los mismos circuitos que las telecomunicaciones SDH.

La señal de reloj se genera en las SSU y en los SEC. Si falla la fuente de reloj, el elemento afectado conmuta a otra fuente de reloj de igual o menor calidad o, si esto no fuera posible, pasa al modo de holdover (se mantiene con la señal de reloj regenerada). En esta situación, la señal de reloj se mantiene relativamente precisa controlando el oscilador aplicando valores de corrección de frecuencia

almacenados durante las últimas horas y teniendo en cuenta la temperatura del oscilador.

Los holdovers se evitan comunicando a los elementos de la red con la ayuda de mensajes de estado de sincronización (SSM). El SSM informa al elemento vecino sobre el estado de la fuente de reloj utilizada para generar la señal por este recibido y es parte de la cabecera de sección de multiplexación. Los gateways o puentes entre redes con fuentes de reloj independientes plantean algunos problemas especiales. Los elementos de redes SDH pueden compensar desplazamientos de reloj hasta ciertos límites mediante operaciones con encabezados.

## **2.4. Descripción actual de una red telefónica celular.**

Los elementos que componen una red telefónica son:

MS – Mobile Station (estación móvil)

BTS – Base Transceiver Station (Estación Radio Base)

BSC – Base Station Controller (Estación Base Controladora).

BSS – Base Station System (Estación Base del Sistema).

MSC – Mobile Switching Controller (Controlador de Switch móvil).

VLR – Visitor Location Register (Registro de Localización de Visitantes).

HLR – Home Location Register (Registro de Localización de usuarios locales).

EIR – Equipment Identity Register (Registro de Identidad de Equipos).

AUC – Authentication Centre (Centro de Autenticación).

### **2.4.1. Red de señalización.**

Debido a las dimensiones de la red de una compañía telefónica, no se posee un solo elemento de los antes citados, sino por el contrario se tienen más de uno. La información que intercambian todos estos elementos para poder gestionar las llamadas de los usuarios es a través del protocolo Sistema de Señalización Número 7 (SS7), como se observa en el siguiente diagrama.

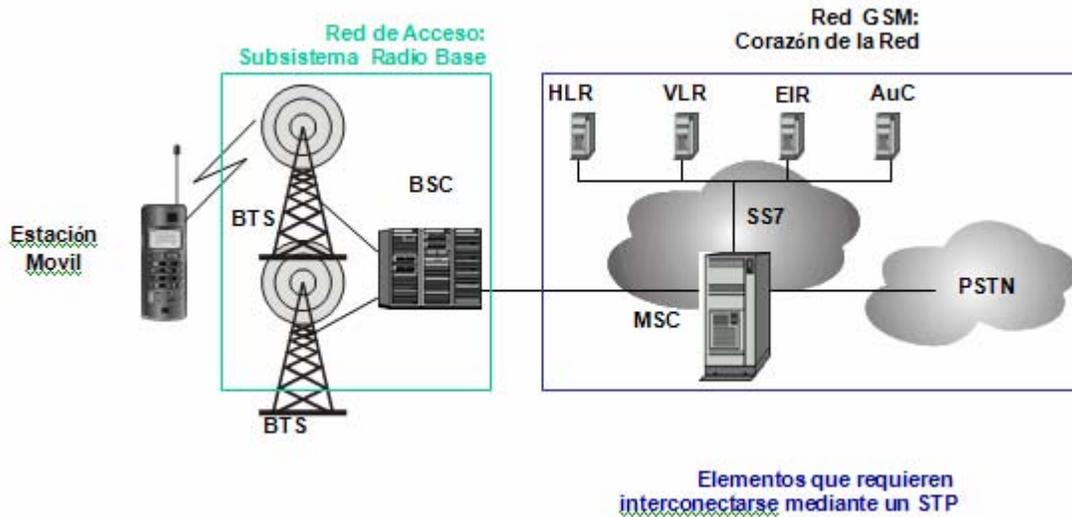
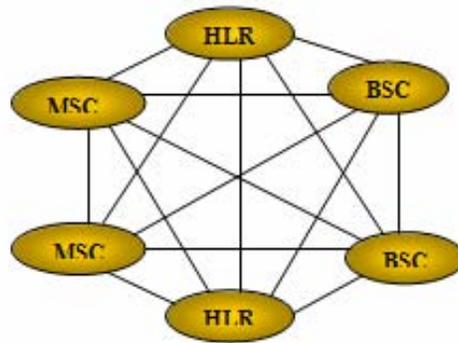


Diagrama de una red de telefonía celular.

Todos estos nodos o elementos que forman una red de telefonía celular utilizan un elemento adicional de la red, el cual es el un STP (Signal Transfer Point – Punto de Transferencia de Señalización), éste sirve para transportar información que permite gestionar llamadas de los usuarios.

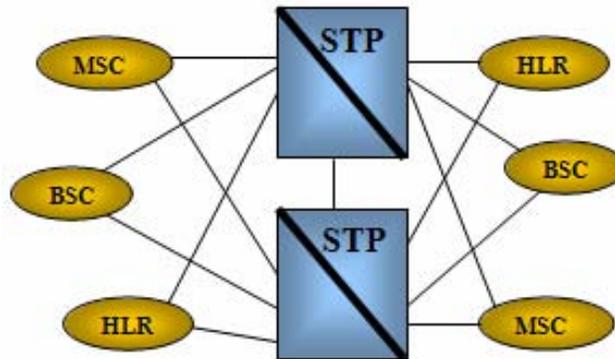
Es decir, cuando un usuario se comunica con otro, la estación móvil se comunica con la radio base, la cual envía la información a su nodo controlador. A partir de este momento toda la información para gestionar la llamada viaja por una red de señalización conformada por los STPs de manera independiente a la trayectoria del tráfico de voz, el cual se comunica con la central telefónica quien a su vez verifica en el VLR si se encuentra registrado el usuario para validar la identidad, servicios permitidos, número de roaming, localización de área en la cual se encontraba la última vez, etc. En caso contrario consulta al HLR la misma información y la copia en el VLR para la próxima consulta. Después de obtener los datos de origen destino, la central conmuta los circuitos para interconectar a los usuarios, pero este último paso con tráfico de voz ya no se transporta por la red de señalización, sino que se utilizan otros enlaces dedicados a éste tipo de tráfico.

Al no contar con estos elementos (STP) se requeriría que todos los BSC's, MSC's, HLR's; y demás nodos se interconectarán todos contra todos en forma de malla.



Red sin STPs.

Para ser más descriptiva la manera en que se interconectan los elementos de la red hacia los STPs lo representaremos por medio de este diagrama.



Red basada en STP.

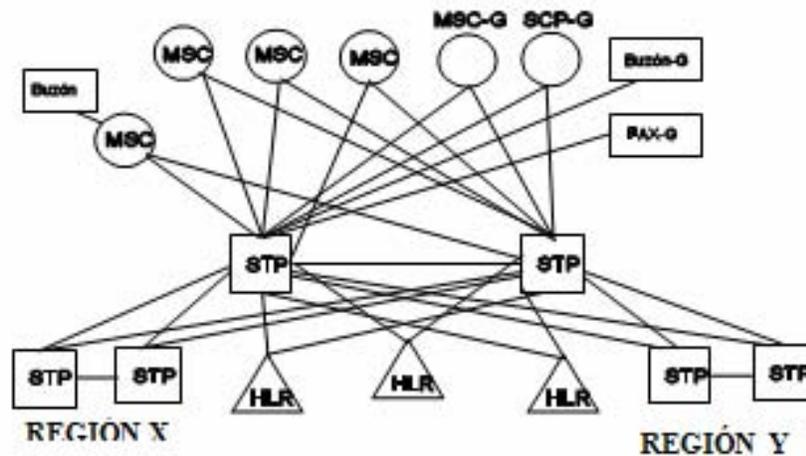
Esta forma de conectar los nodos de la red a través de los STPs tienen una gran ventaja, facilitar el crecimiento de la misma, pues los nodos nuevos solo se conectarían a los STPs y no se tendría que conectar a cada elemento de la red para dar de alta como un nuevo dispositivo; en cambio de esta forma solo se conectan a los STPs y se hacen pruebas solo con estos equipos, evitando pruebas con todos los nodos de la red.

Es importante mencionar que la red de esta empresa de telefonía celular, debido a la cobertura, la gran cantidad de usuarios y demás consideraciones, es necesario repetir el esquema o topología en cada zona geográfica para proporcionar un servicio distribuido y así prevenir, al segmentar, una saturación de desempeño en los nodos que conforman la red al no soportar el tráfico disminuyendo los problemas que se pudieran presentar en la operación.

Esta segmentación geográfica en la red nos lleva a dividir en áreas de cobertura el servicio. Para localizarlas es necesario identificarlas por algún distintivo (número); en nuestro caso se ha dividido en 9 regiones.

La región del noroeste es la primera región, posteriormente un poco más abajo geográficamente se tiene la segunda región; en la parte norte centro se ubica la tercera región y en la norte está la cuarta región. En la zona centro oeste está la quinta región. La parte central es la sexta región y en la parte donde nos encontramos la novena que abarca algunos estados más. En la parte sur este del país se encuentra la octava, entre la región sur este y la novena región, se encuentra la séptima. Sin embargo es necesario recordar que estos esquemas se pueden repetir por zonas de cobertura las cuales requieren comunicarse entre sí, tanto para manejar tráfico de voz (llamadas telefónicas), como tráfico de gestión de llamadas, para lo cual es necesario interconectar los STP's.

Para dar un ejemplo de esta segmentación y como el número de elementos varía dependiendo de la zona de cobertura geográfica, y depende de manera muy estrecha con el número de usuarios a quienes dan servicio.



Este es un diagrama sin muchos nodos.

Como vemos en el diagrama, se respeta el esquema de conexión “todos los elementos conectados al par de STPs” pero el aumento del número de nodos y la interconexión del mismo esquema con otras zonas de cobertura requieren la repetición del mismo esquema en cada región para que las llamadas se puedan completar entre distintas regiones, por lo que puede complicarse en algunas zonas.

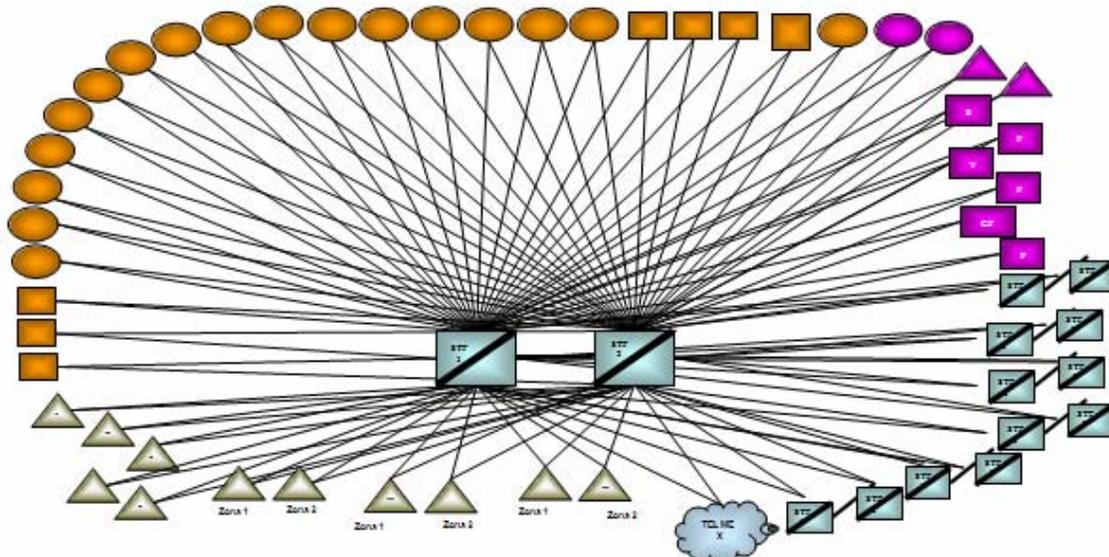
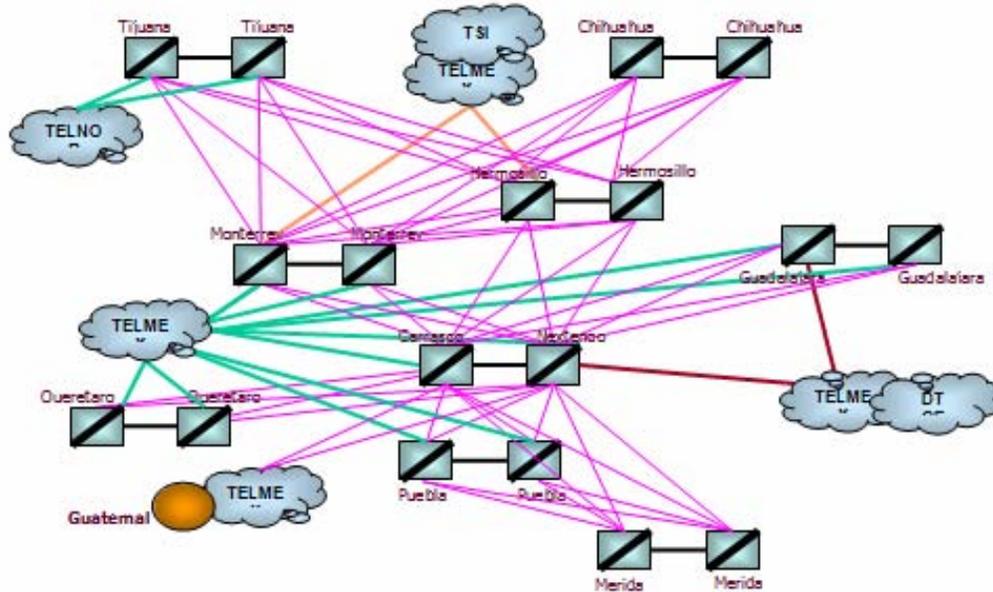


Diagrama de la complejidad actual de la red que da servicio al área metropolitana y su interconexión con otras regiones a través de otros STP's.

Pero la complejidad se limitará cuando podamos ver la red de los STPs interconectados entre si como lo muestra el siguiente diagrama:



Todos los enlaces entre los STPs se realizan utilizando E1s que proporcionan un ancho de banda de 2 MB por cada enlace; es decir que un canal de señalización puede supervisar y gestionar hasta 4096 canales de voz.

Este es el esquema que al final de la red señalización transporta la toda la información de gestión de llamadas de la red de la compañía telefónica celular y

requiere interconectarse con otras compañías telefónicas nacionales e internacionales.

La interconexión de los STPs con los demás elementos de la red se realiza por canales de 64Kbytes y E1s, dependiendo el nodo ya que no todos los elementos de la red soportan interfaces con un ancho de banda más grande como pudiera ser ethernet.

#### **2.4.2. Red de datos.**

Por otro lado la red de datos corporativa está compuesta de enrutadores distribuidos geográficamente de la misma manera que la red de señalización; es decir también se tienen binodos en cada región pero estos equipos tienen una separación de tráfico para optimizar el transporte de los datos.

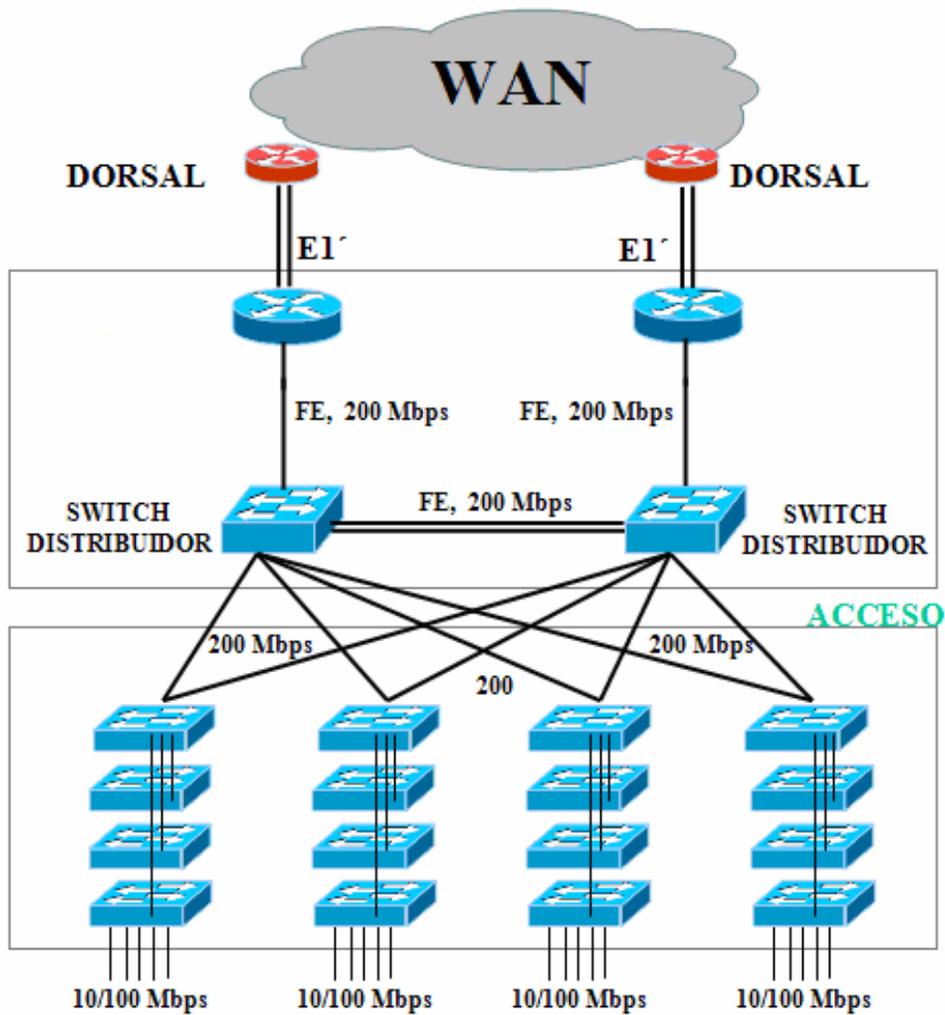
Esta distinción de tráfico se realiza para optimizar el uso de los enlaces WAN de los enrutadores de la siguiente manera:

Red Acceso la conforma los enrutadores que se encuentran más cercanos a los usuarios corporativos; es decir todas las redes donde se conectan los administradores locales de los nodos, como centrales telefónicas (MSC) bases de datos de los usuarios telefónicos (HLR), equipos de facturación y algunas personas que requieren conectarse a la red.

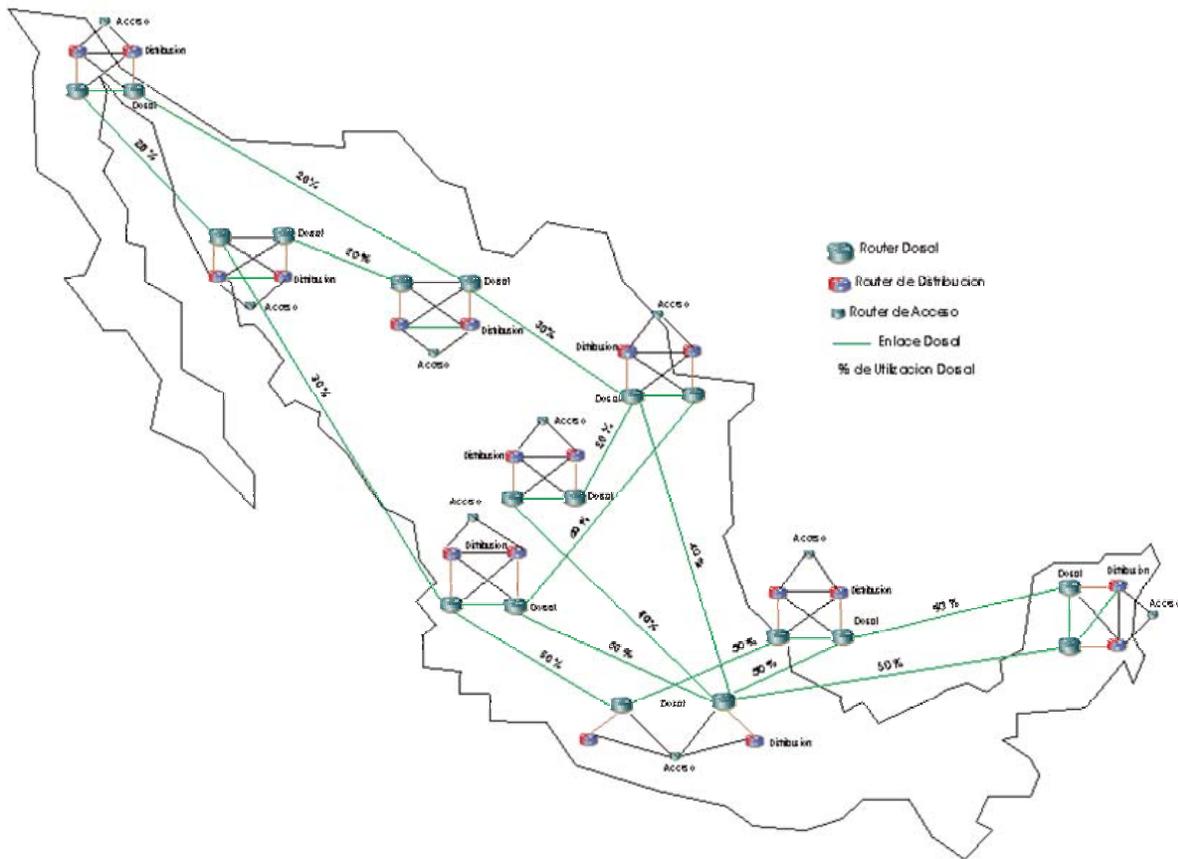
Red de Distribución, la conforman equipos que interconectan a enrutadores de acceso que están distribuidos geográficamente y por aplicaciones, para hacer una cierta distinción del tráfico y solo utilizar los enlaces necesarios optimizando el uso de los enlaces y solo suben el tráfico a la red dorsal solo el que requiere llegar a otra región.

Red Dorsal, los enrutadores que interconectan distintas regiones se les llama también de Backbone, pues solo pasa tráfico de la región X que requiere llegar a o una región Y.

Este es un esquema que representa los distintos niveles de jerárquicos por cada área o región.



Para tener una idea de cuantas veces se repite el diagrama por la distribución geográfica en este diagrama:



Este esquema de los equipos, es solo representativo, ya que está formado por varios equipos; es decir, al menos 2 equipos por regional formando binodos en cada sitio.

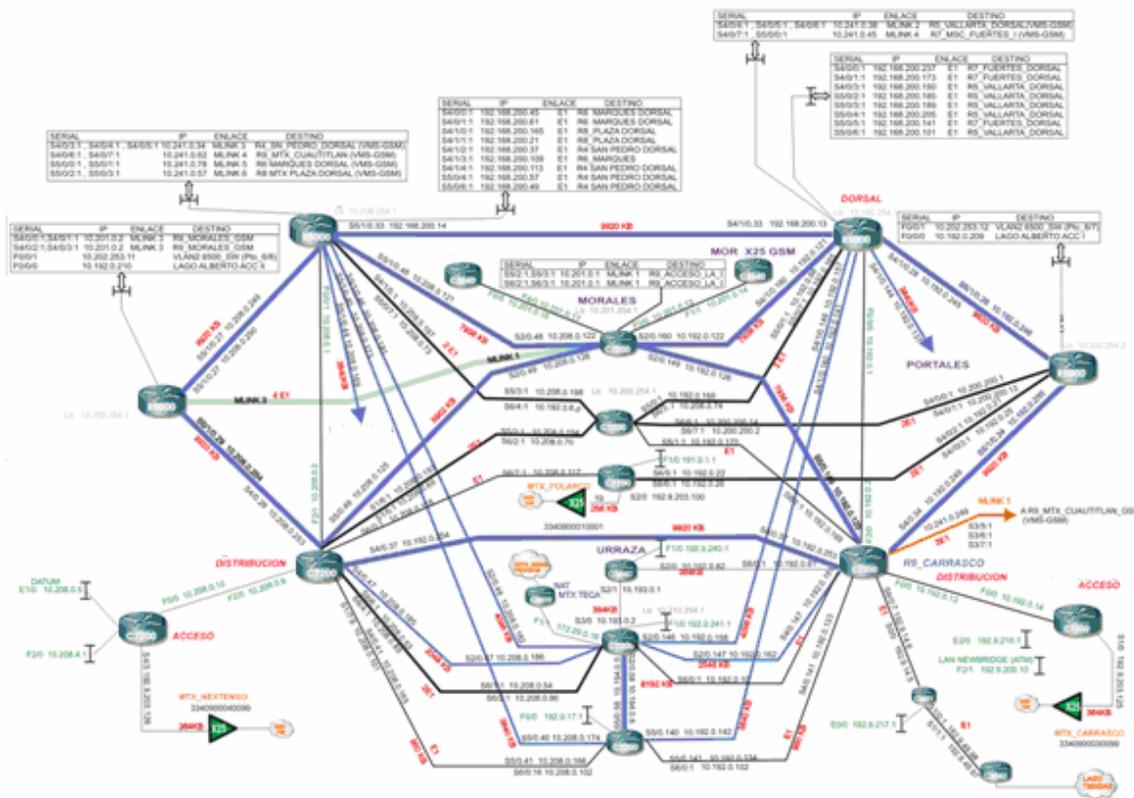
Esta distribución también es lógica pues se tienen configurado distintas áreas en los enrutadores por estar utilizando un enrutamiento dinámico con un protocolo de ruteo llamado OSPF (Open Shortest Path First), el cual fue elegido por utilizar varias funcionalidades no propietarias, ya que utiliza una tecnología basada en la verificación del estado de los enlaces y algoritmos para calcular la ruta más corta, ofreciendo ventajas como el uso de máscaras variables para identificar subredes (VLSM), sumarización de redes, autenticación de los mensajes de cambios en la red, etc.

La distribución de tráfico es por sectores; cada sector se le llama Área 1 y hasta el Área 9. Para unir las áreas se usa una sola llamada Área 0 y adicionalmente se tiene una área paralela a esta para la administración de todos los equipos.

Esta red de datos no solo se utiliza para transportar tráfico de administración de la red, sino que también transporta algunas aplicaciones que dan servicio de valor agregado a la red que los usuarios telefónicos y de Internet móvil requieran.

Algunos de los servicios de valor agregado son: buzones de correo de voz o fax, tarificación y/o facturación de usuarios de pospago, consulta de saldo de usuarios de prepago, aprovisionamiento de los usuarios en la red, servicios de mensajería como envío de mensajes cortos, mensajes multimedia, consultas a Internet para ser visualizadas en los teléfonos celulares y acceso a servidores de correo electrónico.

El siguiente diagrama muestra los servicios descritos.



Este diagrama muestra la red de una región que permite transportar los servicios mencionados y o acceder a estos.

Ahora es necesario aclarar que estas dos redes descritas anteriormente no están interconectadas entre sí y por lo cual los servicios provistos por cada una no se relacionan entre las mismas.

Las necesidades de crecimiento del ancho de banda de la red de señalización y optimización de los enlace utilizados, nos lleva pensar que la red de datos corporativa nos servirá como transporte.

### **3. Sistema de Señalización No. 7.**

Los sistemas de telecomunicaciones actuales se encuentran implementados sobre el Sistema de Señalización No. 7. La descripción del protocolo se explica a continuación.

#### **3.1. RDSI / ISDN (Integrated Services Digital Network).**

RDSI es una red de área extensa que surge por las necesidades de un mejor servicio y optimización de redes digitales. Las redes anteriores a RDSI sirvieron como base para generarla de la siguiente manera.

Partiendo de una red analógica se comenzó a digitalizar todos los elementos de conmutación que la conformaban así como los medios de transmisión formando finalmente lo que se denomina RDI (Red Digital Integrada).

Posteriormente se digitalizó el elemento de unión entre la central telefónica y el punto de usuario, con el fin de conseguir una vía de conexión digital entre el usuario y la red así como el resto de los usuarios que intervienen en la comunicación, proporcionando así la posibilidad de incrementar sus servicios en esta red precisa con un importante intercambio de información de control y señalización.

RDSI esta definida por UIT-T como una red evolucionada de la red de telefonía integrada digital (RDI) que proporciona una conectividad digital en todos sus puntos para dar soporte a una amplia gama de servicios, a los cuales los usuarios tienen acceso a través de un conjunto limitado de interfaces estándar multipropósito.

RDSI ha ido evolucionando por generaciones, donde la primera es llamada RDSI de Banda Estrecha (RDSI-BE, Narrowband ISDN) esta basada en conexiones por conmutación de circuitos a 64Kbps y ofrece conexiones digitales en todos sus puntos proporcionando múltiples servicios en voz, datos y video. Su arquitectura sigue las reglas de UIT-T y de ISO; cuenta con canales duplex de información, el llamado canal B o canal portador (bearer channel) y el canal común de señalización o canal D (canal Delta).

La segunda generación es la llamada RDSI de Banda Ancha (RDSI-BA, BISDN – Broadband ISDN), esta generación soporta velocidades de transmisión de hasta las centenas de Mbps y esta basada en la tecnología de ATM (Modo de transferencia Asíncrono).

#### **Servicios de RDSI.**

Esta basada en las capacidades de servicio dadas en las serie de recomendaciones de la UIT-T I.200 la cual está definiendo tres tipos de servicios: Servicios Portadores, Teleservicios y Servicios Suplementarios.

Los servicios portadores proporcionan los medios para transmitir información ya sea voz, datos o video; entre usuarios en tiempo real y sin alteración del contenido del mensaje, Proporcionan la capacidad de la transmisión de señales entre los puntos de la red.

Los teleservicios combinan la función de transporte con la de procesamiento de la información, para proporcionar un conjunto de funciones de alto nivel como por ejemplo el correo electrónico.

Los servicios suplementarios proporcionan la capacidad de ampliar a los dos anteriores servicios, es decir funcionan como suplemento a estos servicios, como por ejemplo identificador de llamadas, conferencias entre usuarios, etc.

### **Arquitectura de RDSI.**

La red RDSI soporta un conector físico para los usuarios, un bucle digital de abonados y varios servicios de transmisión.

En su arquitectura contiene los equipos terminales conectados directamente a conmutadores RDSI en los extremos y la información se procesa por varias funciones de nivel inferior como conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, funciones no conmutadas y funciones del canal común de señalización.

### **Canales de RDSI.**

Entre un abonado y una central existe una conexión digital que puede transportar un conjunto de canales definidos en la recomendación I.421 de la UIT-T, como son:

- Canal B: 64kbps.
- Canal D: 16 o 64kbps.
- Canal H0: 384kbps.
- Canal H11: 1.536Mbps.
- Canal H12: 1.92Mbps.

El canal B es el canal de usuario básico, tiene varias aplicaciones como son: Transmitir datos digitales, voz digitalizada, o una mezcla de tráfico a baja velocidad (voz y datos digitales codificados) a una velocidad de 64Kbps. En el canal B se pueden establecer tres tipos de conexiones:

- Conmutación de circuitos: cualquier llamada de algún usuario establece una conexión con otro usuario de la red y arma un circuito el cual permanece dedicado entre estos usuarios.
- Conmutación de paquetes: se establece cuando un usuario se conecta a un nodo de conmutación de circuitos e intercambia datos con otros usuarios vía X.25 o Frame Relay.
- Semipermanente: se establece cuando se hace una conexión con algún usuario fijada mediante un acuerdo anterior ya que no requiere un protocolo de establecimiento de llamada.

El canal D se desglosa en dos propósitos, donde el primero es para transmitir información de señalización para controlar las llamadas de conmutación de circuitos asociados a los canales B en la interfaz de usuario. Cuando un usuario quiere llevar a cabo una llamada en el canal B, por el canal D se envía un mensaje de control a la central RDSI pidiendo la conexión. Por lo tanto el canal D se utiliza para establecer las llamadas de todos los canales B en la interfaz del usuario, a esta técnica se le llama señalización de canal común. El canal D se puede utilizar también para la conmutación de paquetes o teledata a baja velocidad.

Los canales H (Ho, H11, H12) se utilizan para transmitir información a alta velocidad. El usuario puede elegir transportar su información a alta velocidad o reducirla a su propio esquema TDM (Múltiplexación por división de tiempo). Los canales H se agrupan en estructuras de transmisión para el usuario donde las más significativas son la estructura de canal básico (acceso básico) y la de canal primario (acceso primario).

- El acceso básico proporciona dos canales dúplex a 64kbps y un canal D dúplex a 16kbps. Este servicio es para las necesidades de usuarios individuales como abonados residenciales.
- El acceso primario está pensado para usuarios que necesitan más capacidad de transmisión como lo son las centrales de conmutación, PBX digitales o una LAN. Puede ser utilizado tanto en canales H como en canales D y B. Adecuando cada canal en diversas configuraciones es posible incrementar en velocidad de transmisión de este acceso y es ahí precisamente donde radica su ventaja para poder soportar altas cantidades de transmisión.

En RDSI existen grupos funcionales y grupos de referencia que están asociados a su arquitectura, estos se recomiendan para estructurar las posibles funciones a nivel usuario y estructurar la configuración física. Estos se definen a continuación:

Grupos funcionales: Son conjuntos de funciones que se utilizan para el acceso de los usuarios a RDSI. Estas funciones pueden ser realizadas por uno o más equipos. Se dividen en:

- Terminación de red 1 (TR1). Incluyen funciones asociadas con la parte eléctrica y física de la red de datos en el nivel 1 de OSI. Ésta puede ser controlada por el proveedor de RDSI y es la frontera entre la red pública y la privada.
- Terminación de red 2 (TR2). Esta terminación realiza funciones de usuario a nivel 2 y 3 del modelo OSI; es decir tareas de conmutación, enrutamiento o como concentrador.

- Equipo Terminal: Es prácticamente el equipo del abonado que hace uso de la red RDSI y existen 2 tipos:
  - Equipo Terminal 1 (ET1). Son terminales diseñados para conectarse directamente a la RDSI ya que cuentan con la interfaz de la red RDSI.
  - Equipo Terminal 2 (ET2). Este equipo funciona para los dispositivos no compatibles con RDSI, estos equipos necesitan un adaptador de terminal para conectarse.

Puntos de referencia (PR): Son puntos conceptuales que dividen los grupos funcionales. La UIT – T definió cuatro puntos de referencia R, S, T, U.

- Punto de referencia R. Es la interfaz funcional entre un ET2 y el adaptador de transferencia (AT, proporciona la compatibilidad con RDSI), gracias a esto la interfaz R no es un estándar RDSI).
- Punto de referencia S. Define la comunicación entre un equipo de la RDSIET1 y el TR2.
- Punto de referencia T. Sirve para la temporización de Bits y octetos, la alimentación de potencia, la activación y desactivación, la petición y permiso para acceder al canal de señalización para transmitir datos. Los PRT y el PRS son idénticos eléctricamente e incluso son referenciadas como la interfaz S/T.
- Punto de referencia U. Es muy similar a un estándar, entre otras funciones transforma el circuito a dos hilos del bucle local.

### **Aplicaciones de RDSI**

Es una solución viable para los entornos en los que el tiempo de conexión es limitado ya que permite más ancho de banda y la integración del tráfico. Es muy eficiente para la utilización de Fax, circuitos de respaldo dedicados o videoconferencias con niveles de calidad. En general RDSI trata escenarios en los que el limitado número de usuarios no justifica la utilización de circuitos dedicados o incluso X.25 y es más económica una conexión temporal.

### **3.2. Introducción al Sistema de Señalización No. 7.**

Sistema de Señalización #7 es la parte medular de las redes de telecomunicaciones hoy en día. Es usado por compañías telefónicas, proveedores de larga distancia y proveedores de servicio celular.

Señalización no es una nueva tecnología, ésta ha sido usada desde el primer dispositivo telefónico de Alexander Graham Bell's. Con el paso del tiempo se han redefinido métodos y se han encontrado nuevos caminos para comunicar circuitos

sobre una red separada SS7. Actualmente la industria entera depende sobre la red SS7.

### **Ejemplo básico de señalización.**

Los sistemas telefónicos rutean la llamada basados en el marcado digital. Los dígitos representan un área, una oficina proporcionando servicios en un área y el número de suscrito. Cuando se mira cierto código se sabe que área corresponde, pero esta analogía fue invalidada al introducir el código 800 que puede ser utilizado en todo un país e incluso el mundo.

Los códigos 800 no pueden ser direccionados por los switch telefónicos, ya que el número tiene que ser previamente convertido a un número direccionable y entendible por el switch.

Las compañías telefónicas tienen tablas de transformación en sus bases de datos que son centralmente localizadas dentro de sus redes. Cuando un switch telefónico recibe un número comenzando con el código de área 800, este sabe que debe preguntar a la base de datos 800 para extraer el número de ruteador antes de proceder con la conexión.

El switch genera un mensaje SS7, el cual es enviado sobre la red SS7 (que no es el canal de voz) a la base de datos y ésta regresa el número ruteado. El uso de la red SS7 no se detiene aquí, el switch envía una llamada de disposición de mensaje sobre la red SS7 al switch del otro extremo el cual será usado para conectar la llamada. Estos a su vez realizan un intercambio de mensajes antes de conectar la llamada.

Mensajes para liberar la llamada son intercambiados sobre la red SS7 indicando la liberación de los circuitos utilizados por la llamada.

### **Señalización.**

Los métodos utilizados para señalización han cambiado dramáticamente desde corriente eléctrica a señales analógicas hasta mensajes digitales sobre una red de conmutación de paquetes.

Existen varios tipos de señales utilizados para manejar las llamadas telefónicas.

- . Señal de llamada en proceso.
- . Señal supervisora.
- . Señal de control.
- . Señal de dirección.
- . Señal de alerta.

. Señal de llamada en proceso: es utilizada para notificar el llamado en proceso. Esta incluye un tono de sonido de regreso enviado a la parte llamadora después que los dígitos son marcados y procesados. Los tonos de ocupado son considerados como progreso de llamada.

. Señales supervisoras: regularmente son señales eléctricas usadas para indicar el encendido, apagado y descolgado. Cuando un receptor descuelga la bocina, se genera un regreso al conmutador de la oficina central y es así considerado como una señal supervisora indicando la condición de descolgado (el switch considera la petición de servicio de circuito).

. Señal de Control: Esta señal es generada por equipos auxiliares de la red telefónica y son tonos enviados desde un dispositivo a otro sobre el circuito de voz. Actualmente muchas de esas señales son llevadas sobre la red SS7 como mensajes raros en tonos audibles.

. Señal de dirección: Estos son los tonos generados cuando el teléfono fue marcado. Una vez que han sido recibidos por el switch de la oficina central, estas señales son convertidas en mensajes de datos y enviados sobre la red SS7.

. Señal de Alerta: Ésta es utilizada para avisar parte de la llamada entrante (línea sonando) causando el sonido del teléfono. Las señales de alarma también pueden ser enviadas como mensajes de datos.

En método para enviar la voz y tonos de señalización sobre el mismo canal tenían problemas al interferir y provocar errores en tonos de señalización, resultando la desconexión de las llamadas. Por ello se reemplaza con la señalización outBand. En 1960 se comienza un trabajo para un canal común de señalización separado del circuito de voz, con un estándar de mensajes digitales, señales de control telefónicas y bases de datos.

Como la red es digital, toda la señalización y control de información puede ser enviada en forma de mensajes. La representación de estos puede tener muchas y variadas formas. El estándar SS7 por si mismo proporciona un conjunto de protocolos de estándares y tipos de mensajes para soportar todas las formas de señalización y control de información que soporta las necesidades de las compañías telefónicas.

### **Ejemplo de conexión de llamada por la red telefónica.**

Cuando se levanta el receptor del teléfono se permite un flujo por el teléfono que regresa a la tarjeta del switch de la línea de la compañía telefónica. La oficina en turno, le envía una señal de tono de marcado indicando que puede comenzar el marcado del número teléfono. Los números marcados son almacenados en el switch hasta que todos los dígitos han sido marcados. Este número es analizado por el switch telefónico. Cuando el número que se ha marcado es local, el switch telefónico examina este direccionamiento en las tablas para determinar cual circuito conecta a la oficina central apropiada disponible para conectar la llamada. Esto puede tomar varias conexiones de oficinas internas para alcanzar el destino final, especialmente en el caso de llamadas de larga distancia.

El switch telefónico genera un mensaje de datos SS7 y envía éste a la oficina central solicitando que una conexión sea establecida sobre el circuito

seleccionado. Este mensaje proporciona toda la información necesaria para que la oficina remota haga la decisión, incluyendo los dígitos marcados y el número de circuito de la compañía telefónica desea conectar.

La oficina remota envía una respuesta al switch telefónico garantizando permisos para hacer la conexión al circuito de voz o denegado permiso proporcionando una razón. Cuando es aceptado un nuevo es enviado a la red SS7 antes de que comience la conversación.

Cuando la llamada es completada, la oficina envía un mensaje al switch de desconexión de la oficina remota para liberar el circuito. De esta forma el circuito se encuentra disponible para una siguiente llamada.

SS7 proporciona un conjunto completo de procedimientos manejadores de la red, que permiten direccionar llamadas telefónicas automáticamente alrededor de los switch que han fallado o que han comenzado a congestionarse.

Las compañías telefónicas han apostado sobre las oficinas centrales de mantenimiento remoto que pueden monitorear la red entera desde una localidad central y pueden acceder a cualquier switch telefónico dentro de su red. Los problemas pueden ser detectados y corregidos más rápido antes de que afecte a la red entera.

Si un enlace dentro de la red SS7 fallan, el protocolo SS7 automáticamente realiza un procedimiento de redireccionamiento alrededor del tráfico del enlace fallado. Puesto que muchos de los problemas encontrados midiendo el tiempo, el protocolo puede a menudo tener redireccionamiento de tráfico y regresar en enlace a servicio antes de que el servicio personal en la central de mantenimiento remota pueda reactivarlos. SS7 proporciona una excelente herramienta de servicio para determinar donde está el problema y la causa.

El manejador de procedimientos en la red utilizados es robusto, pero esto implica costos altos en la implementación siendo por otro lado una compensación de los servicios que la compañía puede ofrecer cuando se despliegan las redes SS7.

### **Redes Inteligentes.**

El siguiente paso para las redes SS7 es proporcionar un sistema automático sin la necesidad de un representante de compañía telefónica. Es decir si un suscrito deseara contratar un par de líneas 800 de forma temporal, él podría acceder al switch telefónico y agregar líneas a su servicio; cuando haya finalizado el mismo podría desactivarlas y solo pagaría por el tiempo que los número 800 fueron utilizados.

Pero las redes inteligentes no solo se remiten a suscritos; sino que permiten a los switches telefónicos comunicar uno con otro y hacer decisiones sobre el direccionamiento de llamadas y el dirigir es la ventaja real de las redes

inteligentes. La habilidad para trabajar automáticamente sin la intervención humana.

Las bases de datos son muy importantes para las soluciones inteligentes. Información de cómo hacer un ruteo seguro de la llamada o como las llamadas deberían ser dirigidas son almacenadas en las bases de datos. Pero resultaría prohibitivo tener una base de datos por cada switch telefónico. Es por ello el resultado de distribuir las bases de datos, así los cambios hechos a las bases de datos deben ser propagados fuera de la red.

SS7 permite que las compañías telefónicas usen base de datos centrales para todo tipo de servicio. Mantener una base de datos central es fácil, rentable y las compañías telefónicas permiten compartir sus bases de datos.

El protocolo SS7 proporciona los mensajes y procedimientos para acceder a las bases de datos y el significado para interconectar con otras bases de datos en la red telefónica. Actualmente las compañías telefónicas son las únicas que utilizan la red SS7 para éste propósito.

En la red SS7 se han desarrollado características como el Identificador de llamada. La llamada ID es pasada desde un switch a otro por la red SS7 y es eventualmente pasado a un suscrito por la interfase suscrito (POTS o ISDN). Cuando una interfase ISDN es invocada, el ID de la llamada es parte del mensaje de la disposición de llamada. En el caso de POTS es un MODEM utilizado al final de la oficina central para pasar el ID de la llamada sobre las líneas POTS usando métodos modulados.

Por su puesto hay muchas otras características las cuales pueden ser ofrecidas solo cuando existe SS7. Éstas características requieren de una base de datos para acumular instrucciones especiales mirando la dirección de la llamada o la habilidad de switch telefónicos para comunicar con otros durante la llamada.

Regreso de llamadas pueden ser personalizados. Las llamadas pueden ser encaminadas a otra localización durante las horas pico o regresada a equipos de proceso de llamadas. Esta habilidad adicional proporciona oportunidades de atención automática y sistemas de correo de voz los cuales procesan llamadas después de la expedición.

Los proveedores de servicio Celular usan SS7 para dar los servicios adicionales a sus clientes. Las llamadas son dirigidas a sistemas de correo de voz y paginadores son activados cuando celulares personalizados no pueden ser alcanzados. Servicios de acumulación, reenvío y email están basados sobre instrucciones especiales acumuladas en base de datos y son accedidas por SS7.

### **Acceso a base de datos.**

El acceso a base de datos es una de las funciones a la llave de una red inteligente. Instrucciones de ruteo y dirección de llamadas son almacenadas en estas bases de datos que acceden por la red SS7. Anteriormente las bases de datos fueron localizadas con los switch telefónicos. Esto implicaba que los cambios y actualizaciones fueron difíciles de propagar a otras bases de datos.

Utilizando la red SS7, las bases de datos pueden ser más centralizadas y accesibles para muchos más nodos de la red. El protocolo SS7 proporciona los servicios de transporte de datos, diseñado específicamente para acceder a éstas bases de datos y transferir estos datos al switch que ha preguntado. Cuando un nodo que pregunta está fuera del lado de los proveedores de red, los nodos SS7 interceptan la dirección del requerimiento del nodo y generan una factura para otros proveedores de servicio.

La habilidad para cargar por accesos dentro de la red hace que las compañías telefónicas carguen por cada transacción ejecutada sobre sus bases de datos. Estos costos eventualmente son pasados a el cliente, pero el cual SS7 ha ayudado a prevenir cargas telefónicas por comienzo muy caras.

Nuestra red celular entera está basada en una base de datos y en la habilidad de los switchs celulares para acceder a estas bases de datos. Cuando una llamada es realizada a un teléfono celular, el switch de la oficina que recibe debe ser capaz de determinar la localización del celular, bajo la antena la cual esta cerrada y debe ser capaz de dirigir la transmisión de radio a la celda.

La fuerza de la señal del microteléfono celular y especificaciones del cliente celular (serie, información de autenticación) son almacenadas en estas bases de datos. La información contenida debe ser dinámica; como el cliente se mueve alrededor de la red, las bases de datos deben ser capaces de intercambiar información recargando la antena de servicios del teléfono suscrito (MSC Centro de Conmutación Móvil).

MSC es la oficina central utilizada por la red celular. Cada MSC es capaz de servir a muchos sitios y tiene acceso a estas bases de datos y está interconectada usando la red SS7 con las facilidades de transferir llamadas entre redes.

### **Arquitectura SS7.**

La red SS7 es un diseño simple; consiste de 3 funciones principales. Las terminales generan tráfico SS7, el punto de transferencia es el encargado por direccionar el mensaje por la red y el punto de control es el responsable de manejar el tráfico a las bases de datos residentes de la red.

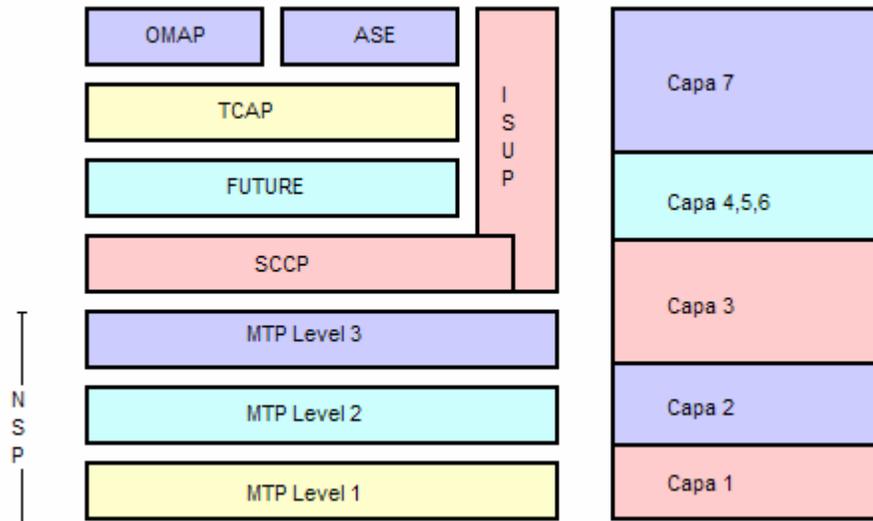
Todos los nodos están interconectados vía link data y se encuentran en redundancia de al menos 2 canales por cada nodo. Otra regla es usar los medios de canales separados. Si un canal T-3 es usado entre 2 nodos SS7, el link

redundante tiene que un T-3 aparte del primero. El cruce conecta amplificadores, bancos de canales y todos deben ser separados en 2 links. El objetivo es garantizar la integridad de los datos en el enlace.

Los acoplamientos de datos SS7 están etiquetados por su localización en la red. No hay diferencia física entre las distintas etiquetas, pero su localización determina como se están usando. Procedimientos manejadores de red diferencian la identificación por link por esta etiqueta, así que los procedimientos manejadores de redes pueden ser invocados.

**Protocolo SS7.**

SS7 es una familia de protocolos que tienen un objetivo específico. SS7 utiliza una jerarquía de capas, justo como OSI (Sistemas Abiertos de Interconexión) pero como SS7 fue desarrollado antes del modelo OSI, no hay una correlación.

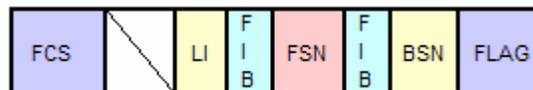


Stack del protocolo SS7.

Los paquetes en SS7 son llamados unidades de señal (Signal Units) y hay 3 tipos utilizados:

- Signal Unit Full (FISU).
- Signal Unit estado de acoplamiento (LSSU).
- Signal Unit mensaje (MSU).

FISU: es usado durante periodos lentos, cuando no hay nada es enviado. La idea de un FISU es proporcionar un Signal Unit suficiente que pueda ser verificado cuando el acoplamiento está lento y no lleva un tráfico real.



Formato del FISU.

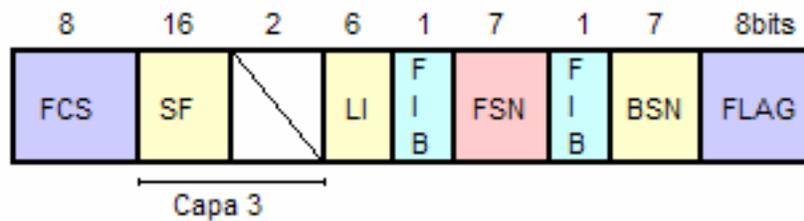
No hay información de señalización en FISU, solo un número de secuencia y el campo FCS. La secuencia de números puede ser utilizado para enviar el reconocimiento del mensaje.

Es importante hacer notar que los FISU no tienen dirección. Esto es debido a que tienen solo un significado local y solo son enviados desde un nodo adyacente. El acoplamiento entre nodos, así como la reinicialización de acoplamientos es la función de un FISU.

Cuando un número excesivo de FISUs han sido recibidos con error, el acoplamiento es reiniciado. Esto es monitoreado por el SUERM (Signaling Unit Error Rate Monitor), que es un contador ascendente y errores recibidos. Cuando se han recibidos más de 64 Signal Units con error, el SUERM inicializa el acoplamiento en alineación con el procedimiento.

Lo que es diferente al decrementador. Cuando se han recibido 256 Signal Units sin error, el contador decremента en 1. Esta técnica se le conoce como Leaky Bucket. Sin esta característica siempre el contador rechazaría a los 64 errores. Este contador se encuentra en todos los nodos de la red SS7.

LSSU es actualmente parte del protocolo MTP. Este es generado por el nivel 2 MTP y es usado para enviar la información de estado del link al final de un link remoto. Este es solo utilizado para manejar la interconexión entre los links.



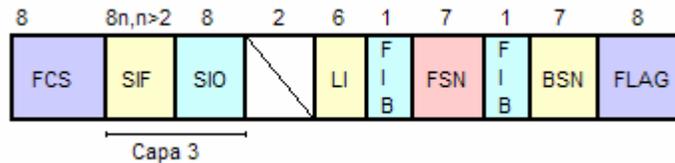
Formato de LSSU.

LSSU es utilizado para identificar las etapas del alineamiento del link y es necesario ya que así el link remoto sabe cuando es capaz de enviar tráfico otra vez.

Muchos problemas ocurren por causa del tiempo y pueden ser corregidos resincronizando el link con el reloj de la fuente; a esto se le llama la alineación del link.

MSU es usado para llevar todo el resto de mensajes SS7. ISUP, TCAP TUP y manejo de redes son ejemplos de los tipos de mensajes encontrados en MSU. El nivel 4 es una parte utilizada por el MSU, aquí se encuentra la información de

aplicación. La etiqueta de la dirección no es parte del nivel 4, pero parte del nivel 3 y es encontrado en los datos del usuario del paquete.



Formato de MSU.

El indicador de longitud no da el total del paquete, sino la longitud del campo seguido del indicador de la longitud. Si el valor es 0, la Signal Unit es un FISU. Un valor de 1 o 2 indica que podría ser un LSSU, cualquier otro valor mayor de 3 y hasta 63 es un MSU.

Aunque los paquetes pueden ser mayores que 63bytes, pero esto no es un intento de indicador de longitud, sino solo una porción de los datos del usuario.

### 3.3. Sistema de señalización No. 7 y C7.

Para poder entender un poco sobre las diferencias entre la Señalización Número 7 (SS7 y C7), como se ha mencionado existen Organizaciones importantes que determinan los estándares a seguir y/o recomendaciones a todos los fabricantes de equipo para que exista compatibilidad entre distintos proveedores de equipo, estamos hablando de:

- Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estandarización de Telecomunicaciones – Internacional Telecommunications Union – Telecommunication Standardization (ITU - TS).
- Instituto Nacional de Estándares Americanos – American National Standards Institute (ANSI).
- Investigaciones en Comunicaciones Bell – Bell Communications Research (Bellcore).

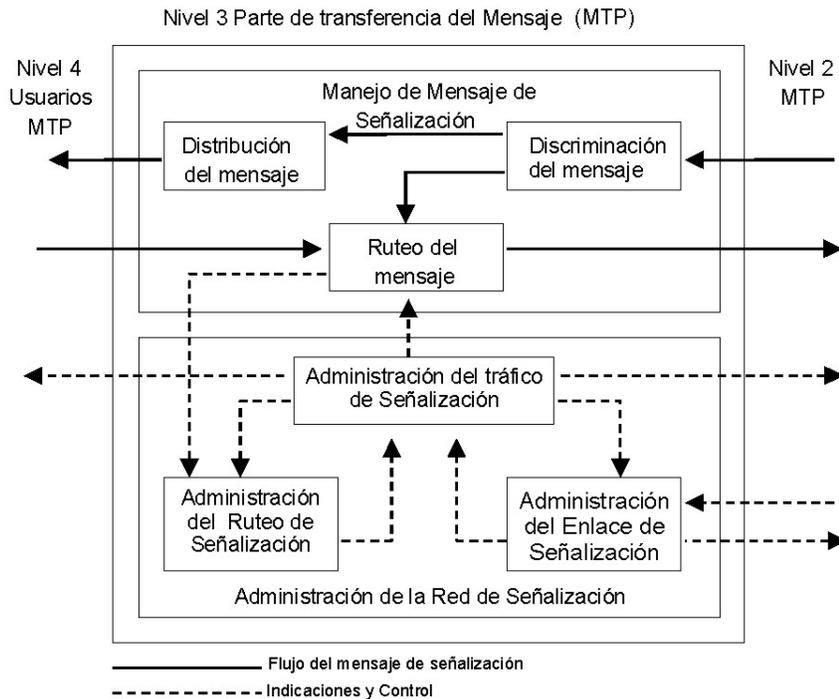
Estas organizaciones han tenido impacto a nivel mundial pero no obstante a sus esfuerzos hay pequeñas diferencias, las cuales la describiremos.

El nivel 3 de red de señalización es decir el MTP nivel 3 provee funciones de transferencia de mensajes SS7 entre puntos de señalización, que involucra manejo de mensajes y administración de la red.

#### La Función Manejo del Mensaje de Señalización.

Es desempeñada por cada nodo o punto de señalización de la red esto incluye a los STP's, para desempeñar esta tarea se basan en la unidad de mensaje de señalización conocida como etiqueta de ruteo, y también como octeto de información del servicio.

En el siguiente diagrama se describe el proceso que se realiza.



Las funciones de manejo de mensaje se describen en tres tipos:

- Discriminación: Determina si el mensaje es para éste destino o si será encaminado hacia otro nodo de la red de señalización. Es decir que la decisión de está basada en un análisis del código destino que viene en el campo de etiqueta de ruteo del mensaje. Si este destino es igual a su propio código del nodo entonces la unidad de señal es entregada a la función de distribución, de no ser así entonces es entregada a la parte de entrega de la función de enrutamiento.
- Enrutamiento: Determina si el enlace de señalización será usado para el encaminamiento del mensaje. El mensaje podrá ser recibido por la función discriminación o por la entidad del nivel 4.
- Distribución: Determina la parte del usuario a la cual un mensaje será entregado. Ésta decisión está basada en el análisis de la porción del indicador del servicio del octeto de información de servicio.

Esta decisión de enrutamiento esta basada en el valor del campo de selección del enlace de señalización (Signaling Link Section - SLS), la cual es asignada por la parte del usuario en el nivel 4. Esto está dado por el para fuente /destino, varias rutas alternas pueden ser elegibles; el valor del campo SLS especifica a cual ruta en particular deberá ser enviado el mensaje. Con un campo de 4 bits, se pueden

definir un total de 16 diferentes rutas a través de la red. Estas rutas distintas son en realidad diferentes circuitos virtuales internos. En general el control de las señales asociadas a un solo canal sigue la misma ruta; esto garantiza que el arribo de las señales sea en secuencia. Sin embargo las necesidades del MTP es distribuir el tráfico uniformemente. Este requisito puede ser satisfecho si la parte del usuario varía la ruta en cada llamada.

### **Función de Administración de la Red de Señalización.**

La función de administración de la Red de Señalización es la parte medular de este nivel, ya que es la que se encarga de detectar degradaciones del enlace ya sea por fallas o congestión. Esto se logra mediante el monitoreo de cada enlace, al cual se le generan varias rutas alternas para superar degradaciones de enlace mediante la comunicación de rutas alternas para evitar los nodos afectados evitando la pérdida de mensajes hacia los enlaces con fallas. Esto se refleja en las metas que se tiene para SS7, pues no debe de exceder 10 minutos la falla por ruta durante un año, Por tal motivo para alcanzar esta meta se tiene redundancia entre los enlaces y un enrutamiento dinámico.

Normalmente no se hace énfasis en esto, ya que la atención prestada a la administración de la red es poca o a poco detalle de desde del punto de vista del proveedor de equipos, la manera en que los proveedores sensibilizan a los clientes es mostrando razones de costo beneficio con la responsabilidad de cambiar las expectativas del cliente mediante avances tecnológicos. Sin embargo en el caso de las redes de SS7 existen razones fuertes para enfatizar administración:

1. Para empezar es una función crítica, ya que el desempeño que tiene una red que controla la señalización afecta directamente a los usuarios o subscriptores de la red.
2. Existen varias redes interconectadas para dar servicio a tráfico internacional, por lo que si se tiene degradaciones en un sistema de señalización nacional repercute mas allá de las fronteras afectando la disponibilidad de la red de señalización de otra compañía telefónica.
3. Recuperar y restaurar la señalización requiere normalmente de muchos trabajos, por lo que se requieren procedimientos para restaurar fallas y congestión, de no ser así se hacen acuerdos de manera bilateral entre distintas compañías de telefonía.

Esto implica que se tome como referencia las funciones que se describen en el diagrama de flujo de información del MTP nivel 3.

Administración de tráfico de señalización.  
 Administración de enlaces de señalización.  
 Administración de rutas de señalización.

Las funciones son desempeñadas por el intercambio de los mensajes del nivel 3 entre los puntos de señalización. Estos mensajes son llevados en el campo de información de señalización ( Signaling Information Field – SFI ) de una unidad de señal de mensaje ( MessageSignal Unit – MSU ). Cada Cada mensaje esta compuesto por un campo de 8 bits, que identifica particular mente al mensaje y los valores que puede tomar es de 0, 8, 16 o 24 bits.

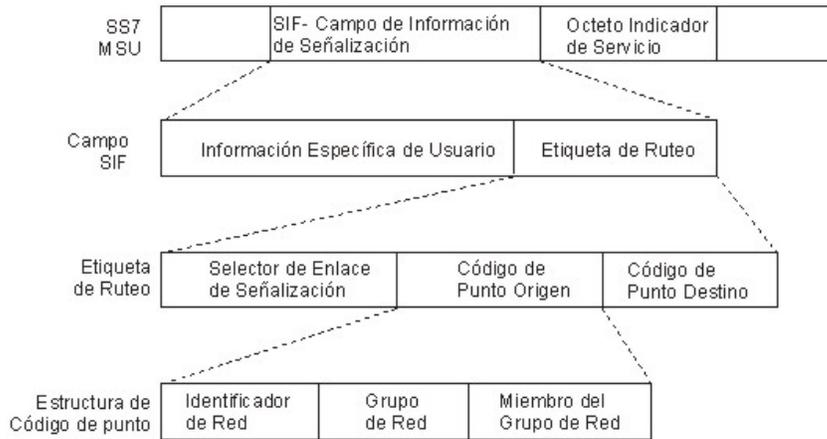


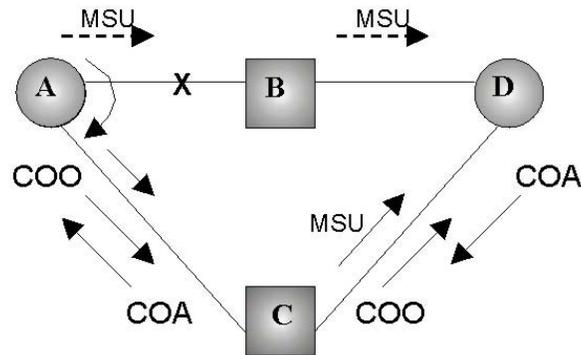
Diagrama de etiqueta de Ruteo

Todo el procedimiento relacionado con la Administración de la red de señalización involucra el monitoreo y control de estado de varias entidades incluyendo enlaces de señalización, rutas de señalización, puntos de señalización y un grupo de rutas alternas de señalización. Esta última entidad se refiere a un conjunto de rutas alternas entre la fuente y el destino.

### Administración del Tráfico de Señalización.

La administración del tráfico de señalización es usada para dividir tráfico de señalización, pero sin causar pérdida mensajes o duplicidad de mensajes por causa de enlaces inalcanzables y/o rutas inalcanzables a uno o más enlaces o rutas de señalización alternas, o para reducir el envío de tráfico por congestión.

Para poder ejemplificar esto veremos el siguiente diagrama:



Aquí podemos ver a modo de ejemplo cuando se lleva a cabo el proceso de cambio de ruta mientras los mensajes se encuentran viajando entre los puntos de señalización A y D. El cambio se inicia cuando una señal de enlace es identificada como inalcanzable. Esto puede ocurrir por ejemplo si el monitoreo de la tasa de error, función del nivel 2, reporta una falla. Las siguientes acciones son realizadas:

1. La transmisión y recepción de los MSUs, en el enlace de señalización que falló son terminados.
2. Los enlaces alternos Son elegibles para construir una ruta alterna.
3. Los mensajes que están en el buffer de retransmisión del enlace con falla ya que no serán recibidos por el extremo receptor son identificados.
4. Una vez identificados son transferidos al buffer de transmisión del enlace alterno.

Los pasos 3 y 4 son completados de la siguiente forma. Un punto de señalización que reconoce un enlace inalcanzable envía una orden de mensaje de cambio (Changeover order – COO) al punto de señalización remoto sobre alguna ruta alterna disponible. El valor del campo del mensaje contiene un número de secuencia siguiente al número de los mensajes aceptados.

Cuando la otra parte recibe el CCO, esta responde con un mensaje de acuse de recibo del cambio (Changeover Acknowledgement – COA) el cual contiene el número de secuencia siguiente al último MSU aceptado.

En el ejemplo, el tráfico entre los puntos de señalización A y B llega a ser inalcanzable, A envía un CCO a D a través de el punto de transferencia de señalización C. Ahora C responde con un COA de igual manera y subsecuentemente todos los MSUs se encaminarán a través de la ruta de C.

### **Administración del Enlace de Señalización.**

Es utilizado para restaurar las fallas en los enlaces de señalización, activando nuevos enlaces de señalización y desactivando los enlaces de señalización alineados.

Este es básicamente el conjunto de funciones mandatarias que desempeña la administración el enlace de señalización para los enlaces de señalización directamente conectados al punto de señalización.

Esto es adicional, pues la función opcional es, permitir para una mayor eficiencia del uso del equipo de señalización, cuando los equipos terminales de la señalización han cambiado el acceso a los enlaces de datos de señalización.

### **Administración de Rutas de Señalización.**

La administración de las rutas de señalización es utilizada para la distribución de la información sobre el estado de la red de señalización con el fin de bloquear o desbloquear rutas.

Un ejemplo de cómo se realiza esta función será con, un grupo de rutas congestionadas, ahora el procedimiento que se lleva en el STP para controlar la congestión entre los puntos de señalización que fácilmente manejan el control de flujo a nivel MTP 2 donde ocurre la congestión, cuando es detectada esta en un enlace proveniente de un STP los puntos de señalización fuentes envían mensajes a través del enlace para que sea controlado.

Cada enlace de salida de cada punto de transferencia de señalización tiene un buffer de transmisión, en donde se identifica la congestión de tres maneras:

- Congestión detectada – Congestion onset (T).
- Congestión disminuida – Congestion abatement (A).
- Descartar – Discard (D).

El umbral para descartar depende de la capacidad del buffer el grupo de rutas de enlace también se congestionan o descongestionan, dependiendo de manera directa del buffer. Cuando al buffer le llegan mensajes, para que éste se considere congestionado se debe llenarse o ponerse en estado T, después se genera un mensaje de estrangulamiento con la finalidad de detener el flujo de mensajes, a esto se le llama mensaje de control de transferencia (TFC), este es enviado al nodo fuente que genera el flujo de información hasta que la ocupación del buffer disminuya o se mantenga entre el rango de estado entre A y T, este intervalo se le llama efecto Histéresis, con el fin de prevenir cambios frecuentes de estado del enlace.

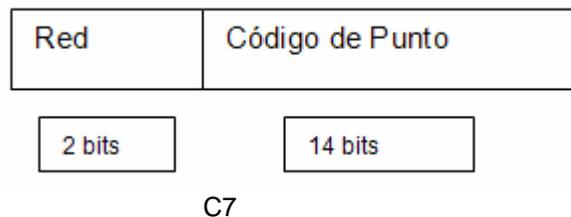
En el punto de señalización cuando se recibe un mensaje de estrangulamiento, este nodo detiene la generación de mensajes que involucran a esta ruta. Dos contadores de tiempo son utilizados para cambiar el enrutamiento a su estado normal. En el momento que se recibe un mensaje de estrangulamiento se inicia un contador y en teste mensaje se tiene el valor que tendrá que contarse en

segundos, cuando este tiempo (Tz) expira el nodo envía un mensaje de prueba de congestión – (RCT) a todas las rutas destino y espera un tiempo (Ty) a que se verifiquen que no tienen mensajes de estrangulamiento en todas las rutas, si en ese momento se recibe un mensaje sin el valor de Tiempo a esperar (Ty), el contador para el tiempo (Tz) se reinicia, entonces se toma como que la congestión a sido abatida, regresando el enrutamiento de forma normal.

En este Nivel MTP3 se tiene una diferencia notable con impacto muy importante a todo el sistema de señalización, ya que hay 2 versiones para poder identificar a los nodos en una red de señalización. Esto se debe a que las organizaciones como la ITU-T tenga una forma de identificar a los nodos en forma única en las redes de señalización llamada C7 y diferente a la que genera las organizaciones que como ANSI llamada solo SS7.

Esta forma de identificar a los nodos en la red de señalización se llama Punto Destino de Señalización – Signaling Point Code (SPC) a pesar de que es uno de los aspectos mas importantes tiene sus diferencias.

En C7 se utilizan Campos , el primer campo esta formado por 2 bits, el cual indica a la red que pertenece el nodo de señalización, y el segundo campo esta formado por 14 bits que identifican al nodo dentro de la red, haciendo de esta manera a los nodos únicos en la red.



- Valores que puede tomar el campo de Red
  - 00 reserved for International network
  - 01 spare (for international use only)
  - 10 National network
  - 11 reserved for national use.

- PC = POIN CODE 14 BITS (Estos pueden variar en base al administrador)

000000|00000000  
 Bits menos significativos    Bits más significativos

En SS7 se utilizan 3 campos, donde el primero sigue identificando a la red pero esta compuesto por 1 octeto –8 bits y puede tomar un valor desde 0 a 255, el segundo campo identifica al cluster que también esta formado por 1 octeto- 8 bits, y el tercer campo también 1 octeto – 8 bits, se le llama miembro.

Red	Cluster	Miembro
-----	---------	---------

SS7

- N = NETWORK 1 OCTET
- ASIGNADO POR BELLCORE
- 1 OCTETO : 0 – 255

Ejemplo :     • 254 - AT&T

- 253 - SPRINT
- 244 - MCI
- 227 - NACN
- 226 - CANTEL
- 220 - SOUTHWESTERN BELL  
MOBIL SYSTEMS

- C = CLUSTER
- ASIGNADO POR LOS ADMINISTRADORES DE LA RED 1 OCTET : 0 - 255
- GENERALMENTE ES ASIGNADO GEOGRAFICAMENTE

Ejemplo :     220 - **200** - XXX

- M = MEMBER
- ES UNA DIRECCION UNICA PARA CADA NODO EN LA RED
- ASIGNADO POR LOS ADMINISTRADORES DE LA RED 1 OCTET : 0 - 255

Ejemplo :     220 - 200 – **125**

## **4. Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet.**

La infraestructura más difundida en la actualidad es el protocolo TCP/IP; por lo tanto es importante describir su estructura y su implementación.

### **4.1. Introducción al protocolo de control de transmisión / IP4.**

TCP/IP comúnmente es nombrado y utilizado indirectamente, e incluso es considerado como un solo protocolo aunque en realidad sean varios. Este protocolo es el más utilizado en el mundo ya sea por Internet y extendido inicialmente por el sistema operativo UNIX.

La DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) desarrolló un programa de investigación de comunicación entre redes en 1973. Este proyecto tenía como objetivo la interconexión de redes para la transmisión de paquetes de información (Este protocolo fue desarrollado durante la guerra fría). Así surgen 2 investigaciones que son: ARPANET (para uso militar) y MILNET.

Para la comunicación de las redes, se ha desarrollado el Protocolo de Internet y el Protocolo de Control para Transmisión, convirtiéndose en el protocolo TCP/IP transformado a estándar en 1983. Aunque fue utilizado por los equipos UNIX desde 1980.

TCP/IP utiliza el modelo CATENET que consiste de las siguientes características:

- . Gran número de redes interconectadas por Ruteadores.
- . Cada red y cada Host deben tener una identificación única.
- . Direccionamiento homogéneo en la red para que el usuario pueda localizar cualquier dispositivo.
- . El ruteo debe ser transparente para el usuario.

Internet no es una nueva red física; es un conjunto de tecnologías que permiten interconectar diferentes tipos de redes. Es decir que no depende del hardware ni del Sistema Operativo. Es posible entonces transmitir información de equipos UNIX a equipos que utilicen el sistema operativo Windows 98. El mismo caso aplica para plataformas que sean totalmente distintas como podría ser Macintosh o Alpha.

Como es visible hasta este momento, no se puede utilizar un protocolo que dependa de una arquitectura particular. Con esto se busca un método de interconexión general que sea válido para cualquier plataforma, sistema operativo o arquitectura de red.

TCP/IP funciona sobre algún tipo de red o medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Es decir que los protocolos utilizados a este nivel pueden ser diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Aunque no debe resultar problemático ya que una de las ventajas principales que

ofrece TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio de información entre distintos medios que pudiesen ser inicialmente incompatibles.

La información que se transmite debe ser dividida en pequeñas unidades que proporcionan mejor manejo en la transferencia de la información; de esta forma a cada unidad de información recibe el nombre de DATAGRAMA.

Cada conjunto de pequeños paquetes tiene ciertas características y son transportados de un lugar a otro por medio de una dirección IP. Los enrutadores son encargados de transportar los datos, mientras que TCP se encarga del flujo y asegura que los datos estén correctos.

Las líneas de comunicación se pueden compartir entre varios usuarios. Cualquier tipo de paquete puede transmitirse por el mismo medio y casi al mismo tiempo, pues se ordenará y combinará cuando llegue al destino. Comparando con la manera en que se transmite una conversación telefónica, una vez que se establece una conexión, algunos circuitos son reservados para la comunicación y no pueden ser empleados en otra llamada aún si este quedara en espera.

Los datos no viajan directamente entre 2 computadoras, es decir cada paquete pasa por distintos equipos (enrutadores, switches) hasta llegar a su destino. Es así como entre 2 computadoras que no se encuentran conectadas directamente pueden compartir información y más sorprendente la velocidad en que se transmiten pese a los múltiples dispositivos por los que pasa.

Un punto importante es que cada paquete no siempre sigue la misma ruta que un paquete anterior, ya que la red toma la conexión más idónea que se encuentra en ese momento para transportar el paquete. La flexibilidad del sistema lo hace confiable ya que si un enlace se pierde, entonces otro es utilizado.

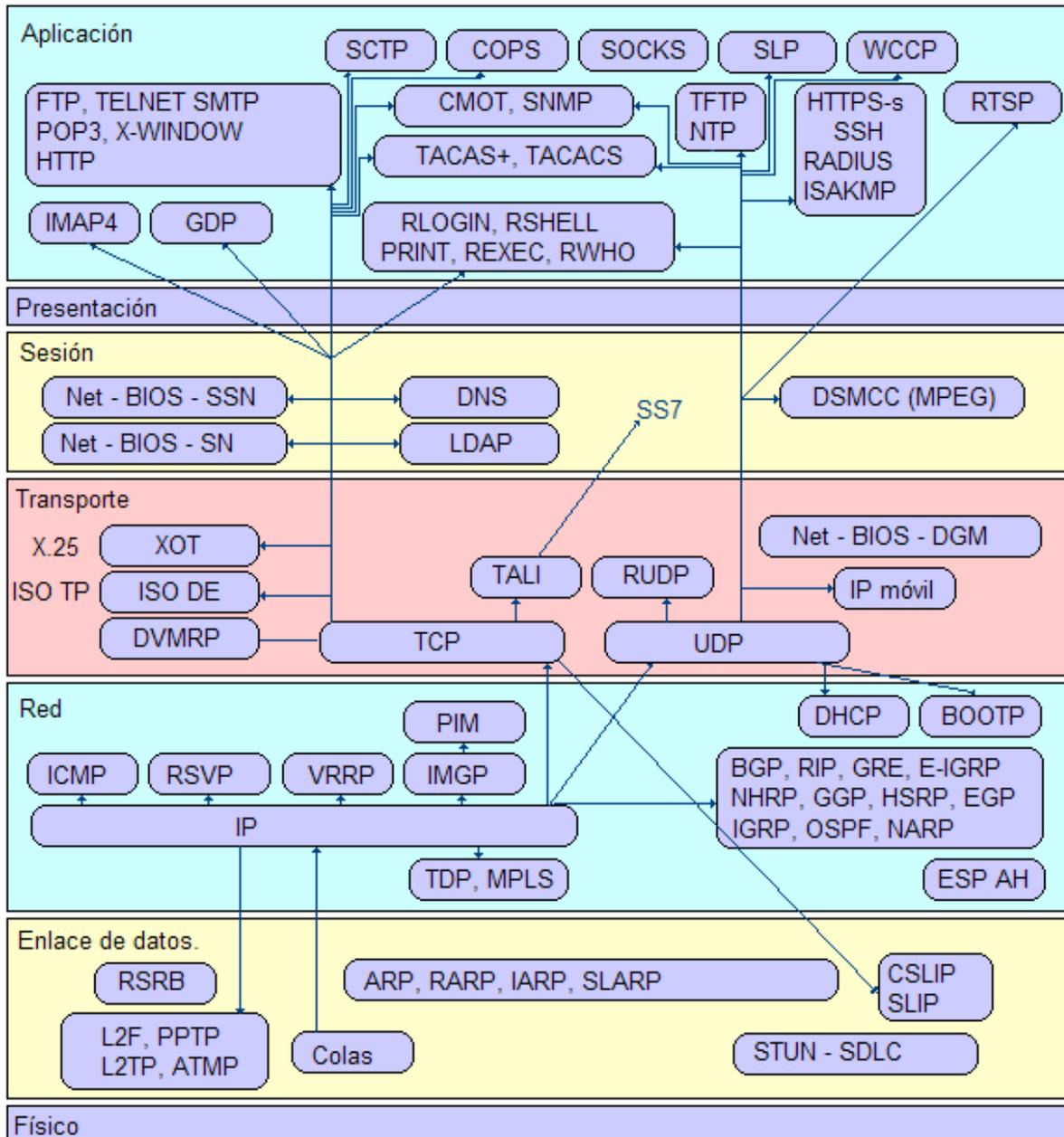
Cuando un mensaje es enviado, TCP lo distribuye en paquetes de información y les agrega un control para errores y finalmente lo distribuye. En el otro extremo TCP recibe el paquete, verifica la existencia de errores y los vuelve a combinar para reconstruir el mensaje original. En caso de existir un paquete con error, la computadora destino envía un mensaje vía TCP solicitando que se vuelva a enviar.

## **4.2. Funcionalidad por capa y descripción de protocolo TCP/IP.**

El protocolo TCP/IP se debe encontrar a un nivel superior y debe ser transparente para cualquier tipo de red. Esto sugiere un modelo de capas por referencia a seguir.

1. Capa de acceso a la red (Ethernet, Token Ring, etc).
2. Capa de red (IP).
3. Capa de transporte (UDP, TCP).
4. Capa de aplicación (HTTP, SMTP, FTP, TELNET, etc).

El esquema mostrado a continuación es una comparación entre el modelo OSI y el modelo TCP/IP, en la forma de compartir sus capas.



TCP/IP en relación con el modelo OSI.

### Capa de acceso a la red.

Esta capa determina la manera en que las estaciones envían y reciben la información a través de la capa física, también al mismo nivel o capa 2 del modelo de referencia OSI se localizan ARP para inicializar el uso del direccionamiento de Internet en una red que utilice su propio control de acceso al medio físico, así la capa de transporte no se ocupa de la ruta que sigue el mensaje, sino que

considera que hay una conexión punto a punto; en este nivel se divide la información para ser transportada en tramas.

A pesar de que el destino sea local también se requiere un direccionamiento físico o de dominio local.

Cuando es las tramas llagan a su destino se verifica la integridad de la trama antes de enviar el acuse de recibo de la trama, después se envía el acuse de recibo hacia el no origen para que continúe la comunicación.

**PROTOCOLO ARP (Address Resolution Protocol).**

Dentro de una misma red, las máquinas se comunican enviándose tramas físicas. Las tramas Ethernet contienen campos para las direcciones físicas de origen y destino. El problema es como podemos saber la dirección física del equipo, ya que sólo los datagramas contienen la dirección destino. Entonces necesitamos obtener la dirección física de un equipo a partir de su dirección IP. Entonces esa es precisamente la labor del protocolo ARP (Protocolo de resolución de direcciones).

8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	64 - 1500 bytes	4 bytes
Preámbulo	Destino	Origen	Tp Trama	Datos de la Trama	CRC

Host	Dirección Física	Dirección IP
A	00-60-52-0b-b7-7d	192.168.0.10
R1	00-e0-4c-ab-9a-ff a3-bb-05-17-29-d0	192.168.0.1 10.10.0.1
B	00-e0-4c-33-79-af	10.10.0.7
R2	b2-42-52-12-37-be 00-e0-89-ab-12-92	10.10.0.2 200.3.107.1
C	a3-bb-08-10-da-db	200.3.107.73
D	b2-ab-31-07-12-93	200.3.107.200

Cada equipo almacena en una tabla de direcciones IP las direcciones físicas. Cada vez que ARP le pregunta, inserta una nueva entrada en la tabla. Es decir la primer ocasión que C envíe un mensaje a D, tendrá que difundir dicha pregunta. Pero las siguientes ocasiones ya no será necesario realizar la pregunta puesto que C, deberá tener almacenado la tabla de direcciones físicas. Aunque cada entrada de la tabla tiene un tiempo de vida dado en segundos.

Este tipo de Tablas reducen el tráfico en la red. Ahora si este mecanismo es aplicado a las demás estaciones, podrían insertar de igual manera reduciendo igualmente el tráfico y aumentado el rendimiento.

**Capa de red (IP).**

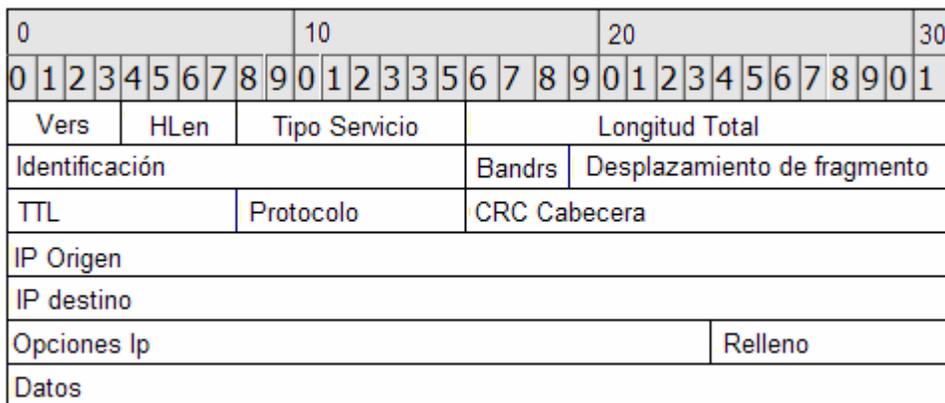
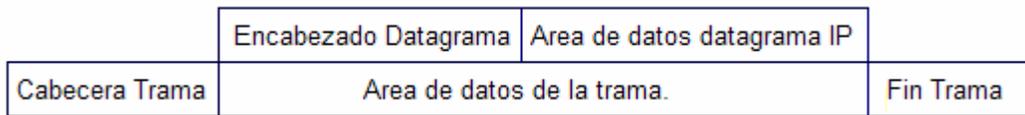
Esta capa es responsable de asignar la ruta óptima por la cual será enviada la información a su destino, esta capa carece nativamente de mecanismos de detección y corrección de errores por tal motivo delega esta tarea a la capa de acceso a la red o a la capa superior de transporte.

Así mismo se tiene una forma de identificar los nodos de la red no importando que sean distintos los protocolos utilizados siempre y cuando sean ruteables, es decir pueden ser protocolos IP, IPX (Internet Packet Exchange), o AppleTalk, para que esto sea posible se requiere de equipo que entienda las direcciones de nodos pertenecientes a distinta redes, estos son los enrutadores que determinan la ruta óptima que deben de seguir los paquetes y reenvían los mismos hasta llegar a su destino. Actualmente IP se considera como un protocolo dominante.

Cada mensaje de la red a transmitir es dividido en paquetes para formar datagramas de un poco más que 64K octetos para cada uno. Este se transmite por la red fragmentada en unidades más pequeñas. Al final todas las piezas llegadas la capa de transporte los reensambla para construir el mensaje original.

El Datagrama IP consta de una cabecera y un texto. La cabecera es fija de 20 octeos y una parte opcional de longitud variable. El campo de versión indica el protocolo al que pertenece cada datagrama. El campo de Opciones se utiliza con fines de seguridad, encaminamiento fuente, informe de errores, depuración, sellado de tiempo y otro tipo de información que ayuda a prever versiones posteriores o para la experimentación de nuevas ideas.

El campo de cabecera (IHL) no es una constante ya que puede poseer hasta de un valor de 32 bits con un mínimo valor de 5 bits. El tamaño total máximo del datagrama junto con la cabecera puede ser hasta 65536 octetos.



Vers: Indica la versión del protocolo IP que se utiliza para crear el datagrama.

HLen: Longitud de la cabecera expresa en múltiplos de 32 bits.

Tipo Servicio: 8 bits que indican la operación que puede ser:

Bit D: Solicitud retardos cortos (envío rápido).

Bit T: Alto rendimiento (enviar en un menor tiempo posible).

Bit R: Solicitud de minimización de pérdida de datagrama.

**Longitud Total:** Indica la longitud del datagrama expresado en bytes. La máxima longitud es 65535 bytes.

**Identificación:** Número de secuencia que junto a la dirección origen, destino y protocolo identifica de manera única un datagrama en la red.

**Banderas:** el bit MF indica que no es el último datagrama. NF prohíbe la fragmentación del datagrama.

**Desplazamiento fragmentación:** Indica el lugar donde se insertará el fragmento actual del datagrama completo, medido en bits.

**Tiempo de vida:** Número máximo de segundos que puede estar un datagrama en la red.

**Protocolo:** Indica el protocolo utilizado en el campo de datos: 1 para ICMP, 2 para IGMP, 6 TCP y 17 UDP.

**CRC Cabecera:** Contiene la suma de comprobaciones de errores solo para la cabecera del datagrama.

**Relleno:** Si las opciones IP no ocupan un múltiplo de 32 bits, se completa con bits adicionales hasta alcanzar el múltiplo de 32.

**Origen:** Contiene la dirección IP Origen.

**Destino:** Contiene la dirección IP Destino.

La dirección IP es un identificador de cada nodo(host) dentro de la red. Cada uno de ellos conectado a la red tiene una dirección asignada y es distinta a todas las demás; es decir que no podrían existir 2 direcciones de redes públicas iguales, pero si podrían existir dos direcciones IP iguales en diferentes redes privadas.

Las direcciones IP según el uso que se requiera hacer se pueden clasificar como:

- . Dirección IP pública.
- . Dirección IP privada o reservada.
- . Dirección IP estática (Fija).
- . Dirección IP dinámica.

### **Dirección IP pública.**

Es el nombre público que se asigna y que son visibles para Internet. Es decir que un equipo con dirección IP pública es accesible desde otros puntos públicos de Internet.

### **Dirección IP reservada.**

Como el nombre lo indica estas direcciones son solo vistas por los nodos de su propia red o de otras redes privada interconectadas por ruteadores. Este tipo de direcciones son utilizadas en los negocios, en donde los equipos de trabajo utilizan estas direcciones y es necesario para el acceso a Internet utilizar un Ruteador o Proxy que contenga la dirección pública. Esto significa que desde Internet no podría accederse a equipos con dirección IP reservada.

### **Dirección IP Estática.**

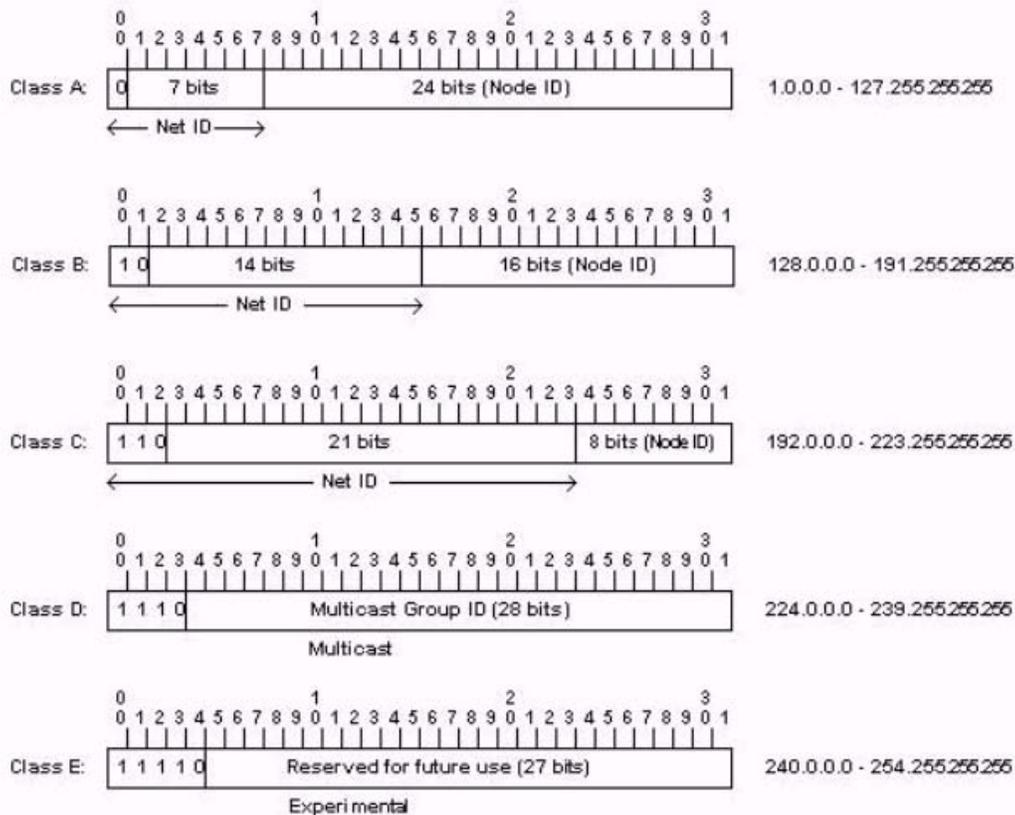
Un nodo que se conecte a la red con una dirección IP estática siempre tendrá la misma dirección IP. Las direcciones IP públicas estáticas se utilizan normalmente en los servidores de servicios que proporciona Internet, como publicación de

contenido, servidores de correo, servidores para descarga de software vía FTP o HTML, entre otros, con el objeto de siempre ser localizables por los usuarios de Internet.

### Direcciones IP Dinámicas.

Cuando un nodo se conecta a una red mediante una dirección IP dinámica, obtendrá una IP distinta cada ocasión que se conecte, un ejemplo de cuando se utilizan o asignan las direcciones dinámicas es cuando se realiza una conexión mediante un MODEM a Internet.

Las direcciones IP están formadas por 4 bytes que son 32 bits. Estas suelen representarse con la forma a.b.c.d donde cada una de estas letras es un número comprendido entre 0 a 255, otra representación es hexadecimal. El número de direcciones válidas para asignar a los nodos es más de 4.294,967,296 distintas. Sin embargo no todas las direcciones son válidas para asignar como direcciones IP para los nodos o sistemas individuales. En base a esta variedad, es necesario clasificar en distintos rangos las direcciones IP, como se muestra en la siguiente tabla.



Para diferenciar los equipos que pertenecen a una red, la dirección IP, se dividen en identificador de red y el identificador de nodo, tomando en cuenta la máscara de red, ya que ésta determina la manera en que se divide la red o se agrupan los nodos. Dependiendo del número de nodo que se necesiten en una red, se utilizará la máscara adecuada, pues nos indicará que nodos pertenecen a la red.

	0	1	2	3	4	8	16	24	31	
Clase A	0	Red				Host				
Clase B	1	0	Red				Host			
Clase C	1	1	0	Red				Host		
Clase D	1	1	1	0	Grupo de multicast (multidifusion)					
Clase E	1	1	1	1	direcciones reservada: no se pueden utilizar					

**Direccionamiento reservado para usos especiales**

Clase	Rango de direcciones reservadas
A	10.0.0.0
B	172.16.0.0 a 172.31.0.0
C	192.168.0.0 a 192.168.255.0

**Máscara para una subred.**

Una máscara de subred es aquella dirección IP que funciona como identificador de la red, mencionada al final del sistema de red. La mascara consta de 32 bits que pueden estar representados en números binarios o decimales. La función principal de la mascara es delimitar o agrupar el número de nodos que pertenecen a la red o subred.

Clase	Máscara de subred
A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

Observando en la tabla anterior, podemos intuir que los valores de 255 corresponden a los bytes que indican la red y el resto es para la indicación del nodo (host).

El tener una dirección IP pública genera un costo no importando que clase de red sea, A, B, C, etc, por tal motivo se ha empleado la subdivisión de las redes, para trabajar con un rango menor al que esta definido por clase de red lo cual implica poder manejar redes con un menor número de nodos.

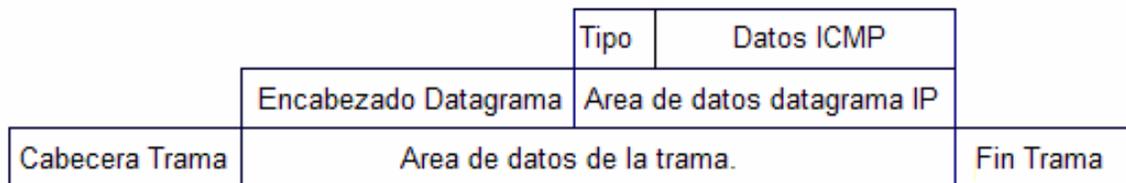
En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de subdivisión de una red clase C, solo mostrando el cambio que se tendría en la mascara de red.

Máscara subred	Binario	No. Subred	Host subred
255.255.255.0	00000000	1	254
255.255.255.128	10000000	2	126
255.255.255.192	11000000	4	62
255.255.255.224	11100000	8	30
255.255.255.240	11110000	16	14
255.255.255.248	11111000	32	6
255.255.255.252	11111100	64	2
255.255.255.254	11111110	128	0
255.255.255.255	11111111	256	0

## PROCOLO ICMP (Internet Control Message Protocol).

Debido a que el protocolo IP no es fiable, los datagramas pueden llegar a perderse o llegar sin integridad al destino. El protocolo de mensajes de control y error se encargará de informar al origen si se ha incurrido en algún error en la entrega del mensaje. Aunque no solo se encarga de notificar los errores, también transporta los distintos mensajes de control.

El protocolo únicamente informa de incidencias en la red, pero no toma decisiones, ya que esta responsabilidad es dejada para las capas superiores. Los mensajes ICMP viajan en el campo de datos de un datagrama IP.



Datagrama para un ICMP.

Debido a que los mensajes ICMP no son fiables entonces estos pueden llegar a perderse o dañarse por lo que en caso de ocurrir no se creará un numero mensaje sino que se descartará sin más.

Los mensajes inician con un campo de 8 bits que contienen el tipo de mensaje de la siguiente tabla:

Campo	Tipo mensaje
0	Respuesta de eco.
3	Destino inaccesible
4	Disminución del tráfico desde el origen
5	Redireccionar.
8	Solicitud de eco
11	Tiempo excedido para un datagrama
12	Problema de parámetros
13	Solicitud de marca de tiempo
14	Respuesta de marca de tiempo
15	Solicitud de información
16	Respuesta de información
17	Solicitud de máscara
18	Respuesta de máscara

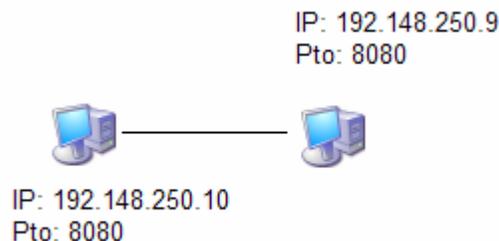
Los mensajes de solicitud y respuesta de eco (tipo 8 y 0) se utilizan para comprobar la comunicación entre 2 nodos a nivel de capa de red. Estos mensajes comprueban a nivel de capa física (cableado), acceso al medio (tarjeta de red) y red (configuración IP) que sean correctas. Sin embargo no dicen nada respecto al transporte y de aplicación.

Los datagramas tiene un tiempo de vida (TTL) que impide que un mensaje este dando vueltas indefinidamente por la red. El número de este campo disminuye en una unidad cada vez que el datagrama atraviesa un ruteador. Cuando el datagrama llega a CERO, este se descarta y se envía un mensaje ICMP de tipo 11 (tiempo excedido para informar al origen).

Este método se utiliza para conocer el camino que sigue los datagramas hasta llegar a su destino. Enviando una secuencia de datagramas con TTL1, TTL2, TTL3.... hasta llegar al nodo o superar el límite de 30 saltos. El primer datagrama caducará al atravesar el primer ruteador y se devolverá un mensaje ICMP de tipo 11 informando al origen del ruteador que descartó el datagrama. Esta mecánica se repetirá sucesivamente y de esta forma se podrá obtener una traza de los mensajes ICMP recibidos.

### Capa de transporte (TCP).

Recordando, la capa de red transfiere datagramas entre 2 equipos a través de la red utilizando identificadores de dirección IP. Ahora la capa de transporte añade la noción del puerto para distinguir entre los muchos destinos dentro de un mismo nodo. Indicar la dirección IP no es suficiente, ya que las aplicaciones encargadas de recibir el mensaje esperan en un número de puerto específico, siendo la misma mecánica aplicada para el envío de mensajes.



### PUERTOS.

Un puerto es un número de 16 bits y puede variar de 0 hasta 65536. Una aplicación posee este rango disponible para enviar o recibir mensajes.

Los números de puerto en aplicaciones cliente son asignados dinámicamente y generalmente son superiores al 1024. Cuando una aplicación cliente quiere

comunicarse con un servidor, busca un número de puerto libre y lo utiliza. Pero en cambio una aplicación servidor utiliza un número de puerto prefijado.

Los puertos tienen una memoria intermedia. Es decir que los programas transmiten la información a los puertos y es allí cuando se almacena hasta que pueda ser enviado por la red. Una vez enviada, la información irá llegando al puerto destino donde se almacenará hasta que la aplicación este lista para recibirla.

La página <http://ietf.org/rfc/rfc1700.txt> hace referencia a los puertos pre-establecidos más usuales.

Palabra	Puerto	Descripción
	0 tcp	Reservado
	0 udp	Reservado
tcpmux	1 tcp	TCP servicio de puerto multiplexado
Rje	5 tcp	Entrada trabajo remoto
Echo	7 tcp udp	Eco
Discard	9 tcp udp	Descartar
systat	11 tcp udp	Usuarios activos
daytime	12 tcp udp	Día y hora
Qotd	17 tcp udp	Cotización del día
Chargen	19 tcp udp	Carácter generador
ftp-data	20 tcp	Transferencia de archivos
ftp	21 tcp	Transferencia archivos (control)
telnet	23 tcp	Sesión remota
smtp	25 tcp	Transferencia de mail simple
time	37 tcp udp	Tiempo
nameserver	42 tcp udp	Nombre servidor Host
Nicname	43 tcp udp	Who is
Domain	53 tcp udp	Nombre dominio del servidor
Bootas	67 udp	Bootstrap protocol Server
Tftp	69 udp	Transferencia archivos trivial
Gopher	70 tcp	Gopher
Finger	79 tcp	Finger
www-http	80 tcp	Word Wide Web http
Dcp	93 tcp	Protocolo de control de dispositivo
Supdup	95 tcp	SUPDUP
hostname	101 tcp	Alias del Host Servidor
Iso-tsap	102 tcp	ISO TSAP
Gppitnp	103 tcp	Genesis Punto a punto TransNet
Rtelnet	107 tcp udp	Servicio de telnet remoto
Pop2	109 tcp	Pos Office Protocol Versión 2
Pop3	110 tcp	Pos Office Protocol Versión 3
Sunrpc	111 tcp udp	SUN Procedimiento de llamada remota
Auth	113 tcp	Autenticación de Servicio
Sftp	115 tcp udp	Simple Protocolo de Transferencia Archivos
nntp	119 tcp	Network News Transfer Protocol
Ntp	123 udp	Network Time Protocol
pwdgen	129 tcp	Protocolo para generar clave secreta

Netbios ns	137 tcp udp	Nombre servicio NETBIOS
Netbios dgm	138 tcp udp	Servicio datagrama NETBIOS
Netbios ssn	139 tcp udp	Sesión Servicio NETBIOS
Snmp	161 udp	SNMP
snmptrap	162 udp	SNMPTRAMP
Irc	194 tcp	Protocolo Chat Internet

Los dos protocolos principales para ésta capa de transporte son TCP y UDP.

### **TCP (Protocolo de Control de Transmisión).**

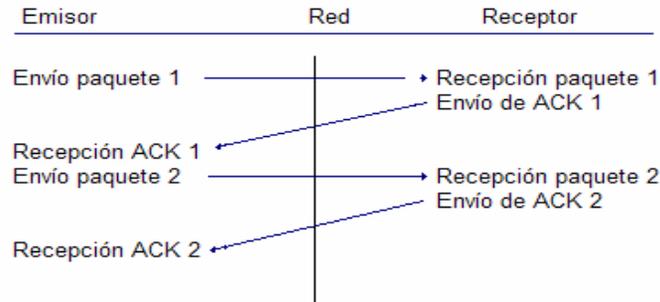
El protocolo de control de transmisión está basado sobre IP, aunque no es confiable por no estar orientado a conexión, TCP proporciona a las aplicaciones una entrega fiable de flujo de datos y un servicio de conexión virtual mediante el uso de una confirmación secuencial con retransmisión de paquetes cuando sea necesario.

Un flujo de datos viaja de un punto a otro a través de una conexión virtual, ya que como hemos mencionado los Datagramas viajan por diferentes rutas dando la impresión de un único circuito por el que viajan todos los bytes. Para que esta comunicación se pueda realizar es necesario primeramente abrir una conexión y con esto garantizar que los datos lleguen correctamente y de forma ordenada.

Cada byte no es enviado inmediatamente, sino que después de haber sido generado cierto número de bytes, serán agrupados en un segmento y enviado por completo. De allí que se hable de memorias intermedias y/o ráfagas de información. Si el segmento es muy grande, entonces es necesario fragmentar el datagrama con una consiguiente pérdida de rendimiento; de igual forma si es muy pequeño entonces contendrá más información de cabeceras que datos, por lo que es conveniente elegir un buen tamaño de segmento para no provocar fragmentación.

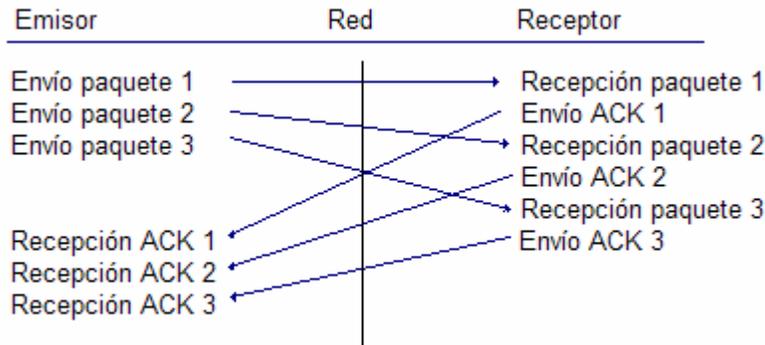
TCP envía un flujo de información no estructurado, ya que solo son bytes que se envían de una aplicación a otra. Ambas aplicaciones se ponen de acuerdo para comprender la información a ser enviada. Esto es, que en cada ocasión que se cree un canal de comunicación, éste será bidireccional para que ambas aplicaciones puedan enviar y recibir información (Duplex).

Cada vez que un mensaje fue recibido, el emisor pone en marcha un contador de tiempo y entonces un mensaje de confirmación o acuse de recibo (Acknowledgement) es esperado por el emisor. Cuando ésta confirmación no es recibida después de cierto tiempo, entonces el emisor reenvía el mensaje.



Este manejo es ineficiente debido al desaprovechamiento del canal por el tiempo de inactividad resultado del uso del canal en una sola dirección. Es entonces cuando surge el protocolo de Ventana Deslizante en el cual los mensajes viajan enumerados y el emisor puede enviar más de uno antes de haber recibido las confirmaciones de los anteriores.

Como hemos mencionado cada uno de los segmentos viaja en el campo de los datos de un datagrama IP. Los bytes son enumerados y así el segmento en su cabecera indica el primer byte que transporta. Los acuses de recibo representan el siguiente byte que se espera recibir.



Secuencia mejorada.

### Formato del mensaje TCP

0					10					20					30																
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Puerto TCP Origen										Puerto TCP Destino																					
Número de secuencia																															
Número de acuse de recibo																															
HLen				Reservado				Bits Código				Ventana																			
Suma de verificación																Puntero de urgencia															
Opciones																				Relleno											
Datos																															

Construcción de paquete.

Puerto Origen: Puerto de máquina origen de 16 bits.

Puerto Destino: Puerto de la máquina destino de 16 bits.

Número de Secuencia: Indica el número de secuencia del primer byte que transporte el segmento (32 bits).

Número de acuse de recibo: Indica el número de secuencia del siguiente byte que se espera recibir. Indicando que los anteriores bytes han sido recibidos correctamente (4 bits).

HLEN: Longitud de la cabecera medida en múltiplos de 32 bits. El valor mínimo de este campo es 5 que correspondo a 20 bits (4 bytes).

Reservado: Bits reservados para un posible uso futuro (6 bits).

Bits de código: Estos códigos determinan el propósito y contenido de un segmento.

URG: Puntero de urgencia que contiene la información válida.

ACK: Número de acuse de recibo de información válida, es decir que el segmento actual lleva un ack.

PSH: La aplicación solicita la operación de envío de datos en la memoria temporal sin esperar completar el segmento.

RST: Interrupción de la conexión actual.

SYN: Sincronización de los números de secuencia. Indicando al otro extremo el primer número de secuencia que se va a comenzar a transmitir.

FIN: Indica al otro extremo de la aplicación que ya no tiene más datos para enviar, cerrando la conexión actual.

Ventana: Número de bytes que el emisor de segmento está dispuesto a aceptar por parte del destino (16 bits).

Suma de Verificación: Suma de comprobación de errores del segmento actual. Para su cálculo se utiliza pseudocabecera que incluye dirección IP origen y destino (24 bits).

Puntero Urgencia: Es utilizado cuando se envían datos urgentes que tienen preferencia sobre todos los demás.

Opciones: si se encuentra presente define el tamaño máximo del segmento que será aceptado.

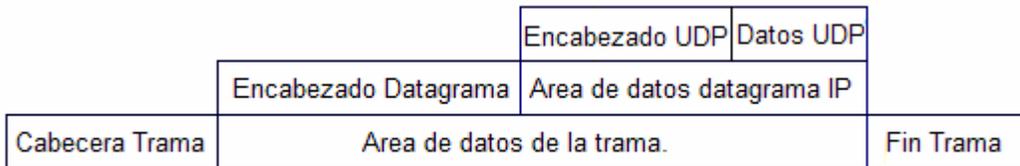
Relleno: Se utiliza para que el tamaño de la cabecera sea múltiplo de 32 bits.  
 Datos: Información que envía la aplicación.

**UDP (User Datagram Protocol).**

El Protocolo de datagrama de usuario proporciona una comunicación muy sencilla entre las aplicaciones de los equipos, semejante al protocolo IP.

UDP utiliza el protocolo IP para transportar sus mensajes y no agrega ninguna mejora a la calidad de las transferencias, aunque si incorpora los puertos Origen y Destino en su formato de mensaje.

En este tipo de formato, deberá tenerse en cuenta, ya que la información puede no llegar de forma correcta.



Formato del mensaje UDP.

0					10					20					30						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Puerto Origen UDP										Puerto Destino UDP											
Longitud mensaje UDP										Suma verificación UDP											
Datos																					

- Puerto UDP Origen: Número de puerto de la máquina origen.
  - Puerto UDP Destino: Número de puertote la máquina destino.
  - Longitud del mensaje UDP: Especifica la longitud medida en bytes del mensaje UDP incluyendo la cabecera. La longitud mínima es de 8 bytes.
  - Suma de verificación: Suma de comprobación de errores del mensaje. Para su cálculo se utiliza una pseudos-cabecera que también incluye las direcciones IP Origen y Destino. Para conocer estos datos el protocolo UDP debe interactuar con el protocolo IP.
  - Datos: Aquí viajan los datos que envía el equipo origen.
- Capa de Aplicación.
- La capa de aplicación es responsable de:
- . Identificar y establecerla disponibilidad de los socios de la comunicación deseada.
  - . Sincronizar las aplicaciones en cooperación.
  - . Establecerlos acuerdos con respecto a los procedimientos para la recuperación de errores.

. Controlar la integridad de los datos.

La capa de aplicación es la más cercana al final y determina si existen los suficientes recursos para establecer la comunicación entre los sistemas. Así que sin ésta no habría soporte de comunicación de la red.

Ejemplos de aplicaciones:

#### TELNET.

Es un protocolo de acceso de Terminal remota que utiliza los servicios de TCP confiables para la transferencia de datos. Permitiendo que una Terminal conectada a un nodo(host) o servidor de Terminal pueda comunicarse con un programa en otro nodo(host). Con la gran ventaja de poder ser utilizado en cualquier otro sistema operativo.

Es importante mencionar que un Telnet es un programa que permite usar la información de otra máquina de manera directa. El puerto de conexión es el 23. La descripción del estándar Telnet se encuentra en el RFC 1739.

#### FTP.

Este protocolo de transferencia de archivos tiene la habilidad de enviar archivos desde un host hasta otro, soportando adicional la transferencia desde terceros cuando la transferencia va a realizarse entre dos host remotos. La descripción del protocolo se encuentra en el RFC 1739.

#### SMTP.

Otro protocolo sencillo de transferencia es el correo. El cual permite intercambiar mensajes de manera local por el mundo. Cada usuario tiene una cuenta de correo y buzón al cual son enviados los mensajes.

Los mensajes enviados a través de del correo electrónico pueden llegar en cuestión de segundos, aunque un aspecto poderoso del correo electrónico es la opción de enviar archivos electrónicos a direcciones de correo electrónicas.

#### DNS.

El protocolo del sistema de dominio de nombres proporciona el servicio de mapeo de nombres a direcciones con el fin de que los usuarios no necesitan conocer la dirección numérica de un host en Internet. DNS especifica la estructura del espacio de nombres y la operación del software de resolución de nombres.

Normalmente DNS necesita los servicios UDP pero en ocasiones se puede encontrar la aplicación implementada con el uso de los servicios TCP. Su descripción se muestra en el apartado RFC 1739.

### **Internet Protocol v6.**

El diseño original de las direcciones IP no resultó ser tan apropiado para el crecimiento de las redes. El espacio de número resulta ser pequeño y los bloques de números que se asignan desperdician gran cantidad de espacio de números. Contrariamente al sistema utilizado por la telefonía que se compone de un código país y área.

La urgente necesidad de resolver problemas de direcciones de Internet, encaminamiento, rendimiento, seguridad y congestión ha llevado al desarrollo de una versión 6 de IP (IPv6), llamada también IP Siguiete Generación.

### **Características principales de IPv6.**

\* Delegación de direcciones y encaminamiento, está dado por direcciones de 128 bits es decir 16 octetos. Representados como números hexadecimales separados por dos puntos, cada hexadecimal representa 16bits.

41BC:0:0:0:5:DDE1:8006:2334

Ejemplo dirección.

Ésta versión no utiliza difusión. Es decir que confía en el multienvío de funciones de control para la resolución de direcciones y arranque. Cada mensaje arriba a todos los dispositivos de un enlace, aunque unos cuantos necesitan examinar el mensaje. Versión 4 y 6 pueden compartir el mismo enlace debido a que los mensajes de control de la versión 6 son direcciones multienvío.

\* Simplificación de cabecera principal y definición de cabeceras de extensión opcionales. La cabecera principal es muy simple, ya que contiene pocos campos:

Versión: 6 para IP Next Generation.

Prioridad: Diferencia el tráfico interactivo del flujo para el descarte durante una congestión. Los posibles valores son:

- 0: Tráfico sin referencia.
- 1: Tráfico de relleno (Las noticias de red).
- 2: Transferencia de datos sin atención (Correo electrónico).
- 3: Reservado.
- 4: Transferencia de datos entendidos (Transferencia archivos).
- 5: Reservado.
- 6: Tráfico interactivo (Telnet).
- 7: Tráfico de control de Internet (Protocolos de encaminamiento).

Tamaño de la carga útil: Indica el tamaño del paquete seguido a la cabecera. Si el tamaño es mayor de 64kbits, se pone el tamaño de carga útil a cero y el tamaño real se indica en la opción carga útil extra de una cabecera posterior.

Límite de saltos: se decrementa en uno para cada encaminador. Si el valor es cero, el paquete se descarta.

Siguiente cabecera: Indica el tipo de cabecera de protocolo que sigue.

Etiqueta de flujo: Indica que el tráfico necesita un tratamiento especial (video en tiempo real).

El uso de extensión de cabeceras es una idea innovadora para añadir funcionalidad. En la versión 4 se utilizaba el campo protocolo para indicar que tipo de cabecera seguía. Para la versión 6, se utiliza el campo Siguiente Cabecera.

Con estas opciones proporcionan gran flexibilidad sin restringir el tamaño y pudiendo definir en cualquier momento.

Opción de Salto a Salto		0
Opción de destino	60	
Encaminamiento	43	
Fragmentación		44
Autenticación		51
Encapsulado de seguridad en carga útil		50
Sin siguiente cabecera		59

- \* Integración de la autenticación e integridad de datos en el nivel de IP.
- \* Introducción de flujos de transmisión que pueden ser utilizados para el envío de video.
- \* Encapsulamiento para otros protocolos y mecanismos de control para congestión en la transportación de protocolos extraños.
- \* Incorporación de métodos de configuración automática de direcciones y comprobación de direcciones únicas. La versión IP6 proporciona un procedimiento efectivo de inicialización automática, importante para que un lugar migre al formato de las nuevas direcciones.

Para las redes LAN independientes, un host de IP6 puede construir automáticamente una dirección IP usando el número de la tarjeta de red único.

### **Nuevos términos para IPv6.**

- \* Paquete o cabecera: En esta versión 6, se ha cambiado el datagrama por paquete y ofrece la ventaja de transportar tráfico de otros protocolos.
- \* Nodo es cualquier sistema con IPv6.
- \* Encaminador es un reenviador de nodos que no son destinados para él.
- \* Enlace, medio por el que se comunican los nodos usando la capa de enlace.
- \* Vecinos son los nodos conectados a un mismo enlace.

## 5. Calidad de Servicio.

El protocolo de conmutación por etiquetas y la calidad en el servicio son parte medular actual en las telecomunicaciones. MPLS y QoS representan la tendencia de paquetes en las telecomunicaciones.

### 5.1. MPLS (Nivel de conmutación en Multi-Protocolos).

El protocolo de conmutación por etiquetas es una evolución de la conmutación multicapas y trata de solucionar muchos de los problemas que se presentan actualmente como son:

- . Velocidad.
- . Estabilidad.
- . Manejo de calidad de servicio (QoS).
- . Ingeniería de tráfico.

MPLS es una solución especificada por la IETF (Internet Engineering Task Force) que administra el ancho de banda sobre redes basadas en Backbone IP. Distinguiéndose por la capacidad de combinación entre la ejecución de la conmutación de la capa 2 (Capa de enlace de datos) y el escalamiento del ruteo de la capa 3 (Capa de red).

MPLS realiza las siguientes funciones:

- Especifica mecanismos para manejar flujos de tráfico (flujos entre hardware, máquinas y diferentes aplicaciones).
- Provee medios para mapear direcciones IP en etiquetas de longitud fija usadas por técnicas de envío o conmutación de paquetes.
- Posee interfaces con protocolos de ruteo como pueden ser: RSVP (Resource Reservation Protocol) y OSPF (Open Shortest Path First).
- Soportar protocolos de la capa 2: IP, ATM y frame relay.

La transmisión de datos en MPLS ocurre en forma unidireccional y definida por una serie de etiquetas llamadas LSPs (Label Switched Paths).

LSPs (Label Switched Paths).

Es una secuencia de etiquetas en cada nodo desde la fuente a lo largo de la toda la trayectoria hasta el destino. Estas pueden ser establecidas previas a la transmisión de datos o en el instante en el que se detecta un flujo de datos.

Cada paquete encapsula y acarrea las etiquetas por su trayectoria y debido a que las etiquetas son de una longitud fija, son insertadas al inicio del paquete, permitiendo ser manejadas por hardware para ser conmutadas rápidamente. Las etiquetas son distribuidas usando el protocolo LDP (Label distribution protocol), o bien pueden ser sobrepuestas en protocolos de ruteo más comunes como el BGP (Border Gateway Protocol).

Los dispositivos que se enrolan para participar en el protocolo MPLS son clasificados como: Ruteadores de etiqueta de borde (LERs Label edge routers) y los Roteadores de conmutación de etiquetas (LSRs Label swithching routers).

LER (Label Edge Routers).

Es un dispositivo que opera en el borde de una red de acceso hacia una MPLS y soporta múltiples puertos conectados a distintas redes (ATM, Ethernet, Frame relay). Se encarga de establecer una LSP para el tráfico y además de enviar este tráfico a la MPLS usando el protocolo de señalización de etiquetas.

LSR (Label Swithching Routers).

Es un dispositivo ruteador de alta velocidad instalado en el núcleo de la red MPLS y establece las etiquetas (LSPs) usando el protocolo de señalización adecuado además de una conmutación de alta velocidad en trayectorias fijas.

LSR tiene 2 tratamientos para un paquete. Si el paquete de entrada se encuentra etiquetado, el protocolo de distribución de etiquetas usa el mapeo Label to NHLFE. Pero cuando el paquete no esta etiquetado, el ruteo convencional usa FEC-to-NHLFE.

FEC (Forwarding equivalente class).

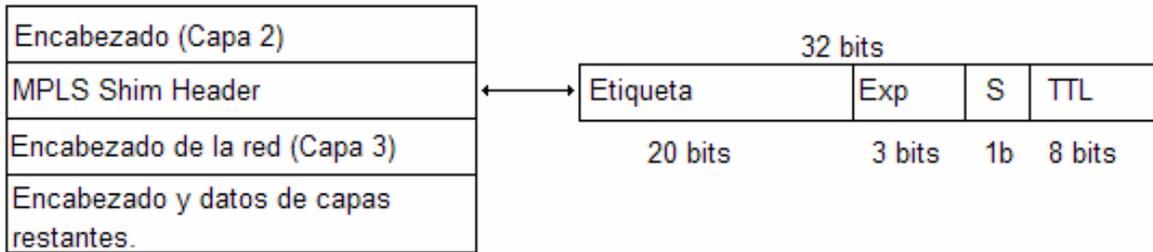
Es la representación de un conjunto de paquetes que comparten el mismo requerimiento en su transporte. Es decir que todos los paquetes de este grupo tienen el mismo trato a la ruta destino, contrariamente a lo que sucede con el tradicional envío de IP. Particularmente en MPLS la asignación de un paquete a una FEC se realiza una sola ocasión una vez que ha entrado a la red.

Etiquetas.

El primer proceso de un paquete una vez ingresado al ruteador del MPLS es ser clasificado como una FEC nueva o una ya existente y es entonces cuando se le asigna una etiqueta al paquete.

Una etiqueta identifica la trayectoria que debe seguir un paquete. Esta es encapsulada en la capa 2 unida al paquete además de ser la capa 2 quien proporciona el nombre de la etiqueta. El ruteador obtiene el paquete y examina el contenido de la etiqueta para determinar la siguiente ruta.

Cuando un paquete ha sido etiquetado, entonces el resto del viaje del paquete a través de la red se basará en conmutación de etiquetas.



Formato general.

**Etiqueta:** Campo de 20 bits que acarrea el valor de la etiqueta MPLS.

**Exp:** Ahora considerado un rango experimental de 3 bits conocido anteriormente como CoS. Este campo se tiene para consideraciones de QoS (Calidad en el servicio).

**S:** Indica si existen más número de etiquetas o solo es una. El caso de ser una, entonces el valor será 1 y para el caso contrario 0.

**TTL (Time to live):** Se utiliza para indicar el número de nodos MPLS por el cual el paquete ha viajado hasta alcanzar su destino.

#### Uniones a etiquetas.

Las etiquetas son enlazadas a una FEC como resultado de alguna política. Estos eventos de unión pueden ser divididos en dos categorías:

##### Uniones Data – Driven.

Ocurre justo cuando hay un flujo y al entrar al LSR es reconocido para agregar las etiquetas. Las uniones de etiquetas son establecidas cuando son necesitadas y son asignadas a flujos individuales de tráfico IP y no a paquetes individuales.

##### Uniones Control – Driven.

Estas son independientes del flujo de datos y se establecen de la actividad de control. Estas uniones resultan de las actualizaciones de ruteo o por la recepción de mensajes RSVP.

#### Label Stack (Pila de etiquetas).

Dentro del modelo MPLS se soporta la modalidad de múltiples etiquetas a un solo paquete. Las etiquetas son organizadas en forma LIFO (Last – in, first - out). El uso de esta modalidad es requerido por la operación de Tunneling.

#### Distribución etiquetas.

Este es un conjunto de procedimientos en la cual un LSR informa a otro LSR de las uniones etiqueta – FEC; a este par de LSRs que usan el protocolo de

distribución de etiquetas se les conoce como par de distribución de etiquetas (Label distribution peer).

La arquitectura MPLS no reconoce solo método para señalización en la distribución de etiquetas. Los protocolos existentes han sido extendidos para cubrir este requerimiento de información de etiquetas. El IETF ha definido un nuevo protocolo paralelo con la arquitectura MPLS conocido como LDP (Protocolo de distribución de Etiquetas) para un específico manejo y señalización del espacio de etiqueta y se han agregado extensiones para soportar ruteo basado en requerimientos Qos que será tratado más adelante.

MPLS define 2 modos de control para la distribución de etiquetas entre LSRs.

Control Independiente.

Un LSR reconoce una FEC en particular y toma la decisión de unir la etiqueta a la FEC independientemente de distribuir la unión a sus LSR pares.

Control Ordenado.

En este caso un LSR une una etiqueta FEC solo si se trata de un LER. Es decir que éste es responsable de la distribución de etiquetas.

Cuando el LSR realiza la unión de etiquetas a la FEC, se le nombra DownStream. Entonces un LSR DownStream informa al LSR UpStream de la unión y este proceso de repite sucesivamente de forma DownStream a UpStream. La unión puede ser presentada en 2 posibles formas:

DOU (Distribución de etiquetas DownStream, no solicitado).

En este caso se deja el mando a LSR para que distribuya las uniones de etiquetas a los demás LSRs que no los han solicitado.

DOD (Distribución de etiquetas DownStream on Demand, solicitado).

Permite a un LSR solicitar al siguiente hop de una FEC en particular la unión de una etiqueta para dicha FEC.

Envío en MPLS y tablas.

Un ruteador MPLS procesa paquetes con etiquetas entrantes y a esta información se le llama tabla de interconexión (NHLFE – Next Hop Label Forwarding Entry). En lugar del tradicional ruteo, esta información puede ser procesada como datos de la capa 2 donde el procesamiento es mucho más rápido que el ruteo.

NHLFE está formada por todas las etiquetas que puedan ser encapsuladas en un paquete. Cada una de estas tiene el siguiente Hop del paquete y operación siguiente a ejecutar. Las operaciones que se pueden realizar son:

- Reemplazar la etiqueta de la pila con una nueva específica etiqueta.
- Ejecutar un Pop en la pila.

- Repite el re-emplazamiento y después ejecuta un Push de una o varias etiquetas.

Después de ejecutar un Pop sobre la pila, la etiqueta nueva es agregada y el paquete es enviado al siguiente Hop por medio de la interfase de salida y como la NHLFE se encuentra en la interfase de transmisión, la tabla no necesita almacenar información de la interfase de salida.

La tabla de datos con la que el LSR interpreta las etiquetas entrantes se llama ILM (Mapa de Etiquetas Entrantes) y se forma con todas las etiquetas entrantes que un LSR o un LER puede reconocer. El contenido de cada entrada ILM es:

- Etiqueta.
- Código de operación.
- FEC
- Campo opcional de estructura de salida (NHLFE).

FTN (FEC to NHLFE).

Cuando un paquete a ser mapeado por LER que no está etiquetado, FTN que es una estructura, ayuda al ruteador a decidir que etiqueta deberá agregar al paquete. FTN está formada por:

- FEC.
- Entrada NHLFE.

Ahora contamos con 2 modalidades que permiten el tratamiento de paquetes cuando son arribados a un LER.



Flujo de paquetes.

LDP.

Este es un protocolo creado particularmente para la distribución de información en uniones FEC-Etiqueta en la red MPLS con lo cual se crean LSPs. Las sesiones LDP son creadas entre mismos pares LDPs y los mensajes que se pueden intercambiar son:

Discovery message: El descubrimiento de mensajes anuncia y mantiene la presencia de un LSR dentro de la red.

Session message: Mensajes de sesión establece, mantiene y termina las sesiones entre los pares del protocolo LDP.

Advertisement message: El mensaje de advertencia crea, cambia o borra los mapeos de las etiquetas a los FECs.

Notification message: Los mensajes de notificación proporcionan información de aviso e información de error de señal.

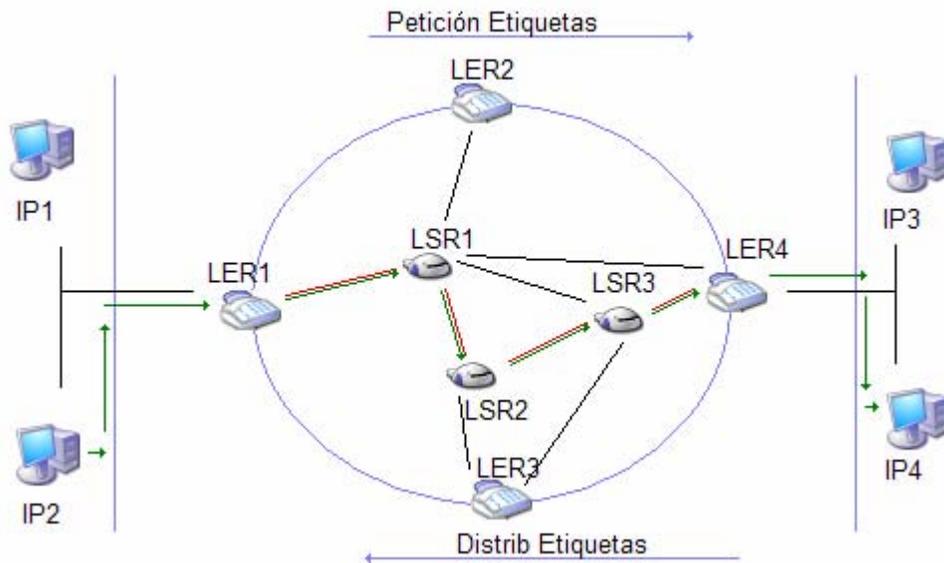
El estándar LDP puede ser localizado en el RFC3036 disponible en la página IETF.

Modo de operación general.

Los paquetes que viajan a través de la red MPLS siguen los siguientes pasos:

1. Creación y distribución de etiquetas.
2. Creación de tablas en cada LSR.
3. Creación del LSP.
4. Inserción de etiquetas – verificación de tablas.
5. Envío de paquetes.

No todo el tráfico en la red MPLS es transportado por la misma trayectoria; es decir depende de las características de tráfico y de los requerimientos QoS.



Enlace MPLS y distribución de etiquetas.

Creación de etiquetas y distribución.

Antes de que el tráfico comience a fluir, los LSRs toman la decisión para unir una etiqueta a una FEC y construir sus tablas.

Con el protocolo LDP los ruteadores DownStream inician la distribución de las etiquetas y de las uniones entre etiqueta – FEC y las negociaciones de las características relacionadas con el tráfico.

Creación de tablas.

LSR recibe las uniones de etiquetas crea entradas para la base de información y mapear la etiqueta a una FEC. Las entradas son actualizadas con cada negociación de las uniones y etiquetas.

Inserción de etiquetas.

El LER usa la información de las etiquetas para encontrar el Hob y hace una petición de una etiqueta para una FEC en particular. Los subsiguientes Hob usan esa etiqueta para encontrar el siguiente Hob.

Cuando el paquete ha llegado a LER destino, la etiqueta es borrada del paquete y es entregado.

Envío de paquetes.

Un paquete debe ser enviado. Este debe pasar por LER1 a LER 4 y la trayectoria creada para el envío es de LSR1 a LSR2 y finalmente LSR3.

LER1 debe localizar el primer nodo usando el algoritmo Logest Address Match y de esta forma localiza el siguiente Hop LSR1. LER1 inicia una petición de etiqueta hacia LSR1 y este se propagará por la trayectoria en dirección a LER4.

LER4 funciona como un manejador de etiquetas que distribuye las etiquetas en dirección DownStream pasando por cada nodo de la trayectoria establecidas por el protocolo LDP.

LER1 insertará la etiqueta y envía hacia LSR1 y cada LSR siguiente realizará el envío del paquete con un intercambio de etiquetas. Finalmente cuando el paquete llega LER4 se retira la etiqueta y sale del dominio MPLS y es entregado al destino.

## **5.2. Calidad de Servicio.**

Debido a la creciente demanda de mayores servicios así como la mejora de los mismos, nace la necesidad de crear herramientas que nos proporcionen resultados eficaces a los usuarios y proveedores de redes, esta es la llamada Calidad de Servicio (QoS) o Clases de Servicio (CoS).

### **Parámetros de calidad**

Los parámetros de calidad definen como la red tratará de alcanzar esos requerimientos. Hay tres maneras de alcanzar o satisfacer estos requerimientos:

### Calidad predecible

Se basa en el sobre-provisionamiento de la red. No hay congestión, no hay preocupación por QoS, manteniendo baja la utilización de la red se minimizan los retardos en las colas. Este modelo es bueno en un ambiente LAN como Gigabit Ethernet. Con tecnologías como DWDM, es posible que también aplique en la WAN. Puede ser una solución costosa y no hay necesidad de administración, contabilidad y facturación

### Calidad basada en el flujo

Un parte de los recursos de la red son asignados a un flujo en particular durante la conexión, requiere de un protocolo de señalización que opera mejor si el flujo es "long lived". No escala en una red como Internet por la gran cantidad de información que el switch tendría que manejar miles de conexiones.

### Calidad basada en clases.

Etiqueta a los paquetes para indicar el tipo de QoS que deberá de recibir, los recursos de la red son asignados en base a una clase, grupo o flujo. Dentro de la clase en particular todos los paquetes serán tratados en una manera "best effort". La dificultad de esta estrategia es en el establecimiento de las políticas:

¿Que paquetes obtienen cual etiqueta de prioridad?

¿Quién hace saber al equipo que hace el etiquetado si los requerimiento asociados a la marca están disponibles en la red?

¿Quién hace saber al equipo que hace el etiquetado si los parámetros de calidad necesarios para alcanzar los requerimientos de calidad están disponibles en la red?

### **CLASES DE SERVICIO (CoS- Class of Service)**

Se refiere a los métodos que proporcionan servicios diferenciados, en los cuales la red entrega un tipo particular de servicio especificado en cada paquete. Provee diferentes categorías específicas de servicio. Los paquetes pertenecientes a una misma clase de servicio tienen en común los mismos requerimientos de tratamiento en cuanto a calidad de servicio.

### **CALIDAD DE SERVICIO (QoS – Quality of Service)**

El sistema universal de telecomunicaciones móviles esta siendo estandarizado con el fin de guiarlo a un sistema de alta velocidad que soporte los servicios de conmutación de circuitos y paquetes, esto es redes que tienen estrictos requerimientos en términos de ancho de banda y otros recursos. Entre algunas de las aplicaciones principales tenemos: videoconferencia en tiempo real, video fluido, educación a distancia, transacciones financieras seguras, aplicaciones de comercio entre otras. Todas estas aplicaciones tienen diferentes requerimientos en cuanto a retraso, variación de retraso (jitter), ancho de banda y la perdida de paquetes. Estos parámetros forman la base de lo que se conoce como Calidad de Servicio.

Cuando se habla de Calidad de Servicio en redes IP, se habla de una determinada inteligencia existente en los dispositivos que manejan de una forma preferente el tráfico. La Calidad de Servicio se define como esos mecanismos o técnicas que permiten al administrador de la red tener control sobre el ancho de banda, el retraso, el jitter, y la pérdida de paquetes en la red. Estas habilidades que posee QoS permiten a los proveedores dividir o clasificar de alguna forma el tráfico que entra en la red IP y darle prioridad a determinadas clases de servicio bajo condiciones de congestión en la red, asignando distintos valores de ancho de banda predefinidos.

El problema central de proveer servicios de QoS consistentes de extremo a extremo es la dificultad de configurar los dispositivos de la red como los ruteadores y los switches para manejar flujos de paquete de manera que satisfagan sus requerimientos de QoS. El problema se agudiza cuando el camino de datos de extremo a extremo de una sesión de QoS de IP cruza múltiples dominios administrativos manejados por diferentes operadores. Aunque los operadores puedan estar de acuerdo con los requerimientos de un conjunto particular de servicios de IP, ellos no pueden configurar sus equipos de red en la misma forma en que se implementan los servicios debido a las diferencias en sus topologías de red, así como otros requerimientos no tan técnicos.

El reto de la Calidad de Servicio no fue introducido solo por las redes inalámbricas, pero fue realizado con la introducción de nuevas aplicaciones de gran ancho de banda en Internet. Los servicios de datos normales de IP, llamados servicios de fondo o de mejor esfuerzo (background o best – effort services), como el correo electrónico, la navegación Web, FTP, y las sesiones de Telnet pueden trabajar bien sin la necesidad de QoS. En las nuevas aplicaciones como voz sobre IP, flujos de multimedia y otras aplicaciones hambrientas de ancho de banda tienen la necesidad de manejar, controlar, diferenciar y garantizar los niveles de servicio deseados para la duración de las telecomunicaciones que se han vuelto un importante problema. De manera que el manejo de QoS y el tráfico asociado que diseñan los mecanismos a la vez proporcionan los niveles de servicio deseados.

Para solucionar la problemática de comunicación extremo a extremo al proporcionar QoS se determino que debe haber entendimiento común de los niveles de servicio de QoS entre el usuario y la red y a través de las fronteras de la red. Un medio para lograr esto es establecer acuerdos a nivel de servicio (service-level agreements, SLA) entre los usuarios y la red en la forma en que los niveles de suscripción y los operadores de la red den fuerza a las garantías de servicio. Actualmente, en Internet, los SLA son establecidos para el tráfico agregado de todos los usuarios a través de varios ISP y proveedores de servicio de backbone para proporcionar un nivel garantizado de servicio usualmente en la forma de sobre tiempo (uptime), garantía de ancho de banda y retrasos. Sin embargo, la diferencia ocurre en una aplicación o servicio base o incluso por usuario base, lo que significa que todos los servicios son tratados igualmente y los usuarios no pueden requerir de una QoS mas alta para una llamada de VoIP para disfrutar de

una mejor experiencia de comunicación. También hay un efecto en la calidad de servicio debido a la movilidad. Los cambios frecuentes de CoA (Careo f Ardes) debido a la movilidad y el retraso hacen difícil de mantener los mismos niveles de calidad desde un punto ligado a otro.

Algunas redes inalámbricas actuales 3G, y futuras redes celulares son capaces de proporcionar altas tasas de transmisión sobre las conexiones de radio. De esta manera, las capacidades de ancho de banda para comunicación son similares a las de los hosts fijos y por consiguiente serán capaces de usar voz sobre IP y flujos de video y audio digital. Las redes celulares de tercera generación ya han definido las clases de QoS como parte del radio-enlace, pero esas definiciones están limitadas desde el nodo móvil sobre el radio del celular hasta algunos elementos de la red troncal en los que terminan esos niveles de QoS. Esas redes ocupan tecnología propia para el manejo de los recursos de QoS y el control de admisión para admitir o rechazar cualquier requerimiento de QoS de los usuarios basados en los perfiles de servicio y en los recursos disponibles. Adicionalmente, la interrelación entre las clases de QoS definidas en términos de niveles de servicio extremo a extremo deben ser cambiadas a clases de QoS sobre el radio. Estas funciones de adaptación de enlace de QoS deben ser realizadas en la frontera de la red de acceso y la red troncal.

La gestión de Redes Basadas en Políticas (PBN) es una nueva aproximación para configurar los dispositivos de una red en un dominio administrativo para implementar un conjunto de servicios de QoS de IP. Básicamente, los operadores de red negocian acuerdos a nivel de servicio que describen un conjunto de servicios de QoS de IP que han pactado proporcionar previamente. Los operadores individuales transforman entonces los requerimientos de QoS, especificados en los SLA, en conjuntos de reglas de política que son aplicados a sus dominios de red para implementar los servicios de calidad convenidos. Esas reglas de políticas describen el conjunto de recursos de red requeridos para realizar los servicios de QoS sin entrar en detalles de cómo configurar los equipos o dispositivos de red. Las reglas de la política son traducidas entonces en acciones de configuración de dispositivos de red por entidades automatizadas en el dominio que conoce íntimamente la topología de la red y los dispositivos desplegados de la misma. Así, la PBN proporciona una amplia visión de abstracción de una red con su operador, y esto ayuda al operador en el despliegue de nuevos servicios de QoS cuando no necesite considerar detalles como el tamaño o la complejidad de su red. El uso de entidades de traducción de políticas automatizada facilita el control dinámico de los recursos de la red.

En la actualidad el grupo de Servicios Integrados del IETF (Inst-Serv) se ha dedicado a entender, definir y desarrollar arquitecturas y protocolos de QoS, y ha desarrollado un modelo de servicio integrado y un marco de QoS para proporcionar calidad en Internet. Involucra mejoras a la infraestructura de la red para crear conciencia de la calidad en las redes y el desarrollo de un nuevo protocolo llamado Protocolo de Señalización de Reserva de Recursos (Resource

Reservation Protocol, RSVP) que las terminales finales intercambian por cada dirección de comunicación. La ruta de los mensajes del RSVP dentro de la red también crea la información de flujo de estado de calidad para la sesión correspondiente. El beneficio de la señalización RSVP es realizado por un acercamiento de acceso independiente al proporcionar manejos de recursos y control de admisión al de los sistemas celulares pero de extremo a extremo.

El modelo del Int-Serv tiene problemas de escalabilidad debido a que establece información de contexto a lo largo del camino y por eso no puede ser apropiado para las redes de gran escala.

Otro método especificado por la IETF para proporcionar QoS es el DiffServ que ofrece una solución escalable al no requerir establecimiento de estados por flujo en la red, pero agrega los flujos en niveles de servicio predefinidos. La clasificación de paquetes y el comportamiento por salto (per hop behavior, PHB) hacen la construcción de bloques de las redes de DiffServ. Dos PHB diferentes son ampliamente definidos: reenvío expedito (expedited forwarding, EF), para los datos de tiempo real de retraso sensitivo y reenvío asegurado (assured forwarding, AF) para datos no críticos. Mas adelante hay 4 divisiones dentro de la clase AF, además DiffServ no requiere señalización de extremo a extremo previa, pero el nodo fuente puede realizar la clasificación de paquetes al hacer los paquetes de IP con los códigos DSCP deseados, lo que corresponde a los niveles de calidad deseados. Los nodos DiffServ realizan el envío de paquetes y determinan dejar la procedencia en caso de congestión basada en esos códigos DSCP.

El clasificador

Componente en el equipo de acceso que examina los campos en el paquete para determinar cuales bits PHB aplicar. Examina cada paquete para ver si se acopla a un criterio de servicio. Si se acopla a un criterio estático y predefinido recibe el servicio Premium. Con uno menos estricto recibe el servicio tiered o best effort. Hoy en día el tráfico es clasificado de manera independiente a al estado actual de la red, no hay conocimiento de fallas o congestión. En el futuro las redes establecidas con directorio-habilitado y servidores de políticas trabajarán en conjunto. Dinámicamente determinarán el estado y disponibilidad de los recursos de la red, esta información será transportada al clasificador. El marcador dentro del equipo configura los bits en el campo DSCP y los paquetes Premium son puestos en la cola, con la expectativa de que el retardo sea mínimo y el servicio bastante rápido.

Los paquetes Tiered reciben una cantidad razonable de recursos. Los paquetes best effort no deben de ser retrazados mas allá del tiempo en que se conviertan en información inútil.

El formador o “shaper” es otro componente del equipo de acceso, se asegura de que la tasa del tráfico, hacia el ISP se mantenga acorde al SLA. No importa la clase, si se excede será penalizado.

### Calidad de servicio en MPLS.

De acuerdo a lo anterior DiffServ se adapta perfectamente a MPLS, ya que las etiquetas tienen el campo EXP para poder propagar la Clase de Servicio en el correspondiente LSP. De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que, el tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits de campo EXP entre cada par de LSR frontera se pueden aprovisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. Por ejemplo, un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, en el cual se garantiza un ancho de banda y establece límites máximos de retardo, otro para una prioridad media, no garantiza el cumplimiento de las limitaciones estrictas que garantizan la cobertura de las necesidades del tiempo real y6 un tercero para tráfico best-effort. Tres niveles de servicio, primera, preferente y turista, que lógicamente tendrán distintos precios. Por lo que podemos decir que diferentes clases de servicio requieren diferentes LSP.

CoS de MPLS soporta los siguientes servicios diferenciados en una red MPLS:

- Clasificación del paquete
- Evitar la congestión
- Gestión de la congestión

En la siguiente tabla se muestran las CoS de MPLS y sus funciones.

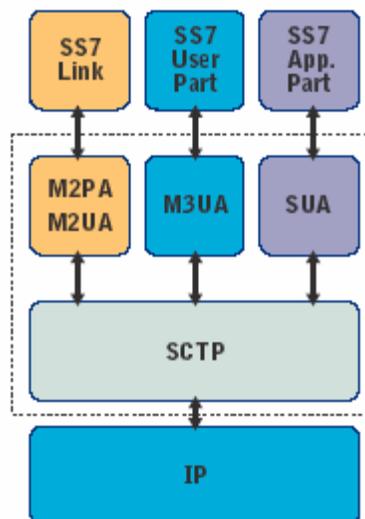
SERVICIO	FUNCION DE CoS	DESCRIPCION
Clasificación del paquete	CAR (Committed Access Rate) Los paquetes son clasificados en el nodo exterior de la red antes de ser etiquetado	CAR usa los bits de ToS (Type of Service) de cabecera IP para clasificar los paquetes de acuerdo a la velocidad de transmisión de entrada y7 salida. CAR es a menudo configurado en las interfaces exteriores para controlar el flujo de tráfico dentro y fuera de la red. Se pueden usar comandos de clasificación para clasificar o reclasificar un paquete.
Evitar la congestión	WRED (Weighted Random Early Detection). Las clases de servicios son diferenciadas.	WRED monitorea el tráfico de la red para anticipar y prever cuellos de botella estableciendo umbrales para el descarte controlado de paquetes cuando la situación así lo requiere; WRED, también puede diferenciar la clase de servicio

## 6. Implementación.

### 6.1. SIGTRAN.

La infraestructura de las telecomunicaciones públicas conmutadas en la actualidad consiste de una variedad de redes diferentes, tanto tecnológicas como de sistemas. La mayoría se basa en estructuras de conmutación de circuitos. La tecnología evoluciona hacia redes basadas en paquetes, donde los proveedores de servicio necesitan la habilidad para interconectar a sus clientes sin perder funcionalidad de las redes telefónicas públicas conmutadas.

SIGTRAN (Transporte de Señalización) es el encargado de producir los estándares necesarios para realizar la integración de dichas redes. Este conjunto de estándares se encarga de describir el transporte de la señalización en Redes Públicas Telefónicas Conmutadas (Public Switched Telephone Network - PSTN) basado en conmutación de paquetes sobre IP y teniendo en cuenta las funciones y necesidades requeridas para el transporte de dicha señalización.



Como los protocolos y arquitecturas basados en estándares de soporte, ésta incluye un sistema de características basadas en confiabilidad, capacidad de manteniendo y eficiencia del aumento de sistema. SIGTRAN define interfaces de entrada a las redes del Sistema de Señalización # 7 (SS7) y de IP, dejando que la información de SS7 sea usada por softswitches y otros elementos de la red. Solo usados para ser distribuidos sobre plataformas múltiples.

El punto de entrada es el protocolo SIGTRAN, asegura la conexión entre equipos de distintos proveedores o fabricantes, este punto es utilizado para establecimiento de una red confiable, así como la utilización del ancho de banda en redes existentes (IP).

Las capas del protocolo SCTP se encargan de la adaptación de transmisión y control en la entrada de SIGTRAN, llevando el tráfico de aplicaciones de transporte en SS7 a través de redes IP a usuarios de larga distancia. SIGTRAN maneja la supervisión y divulgación de disponibilidad de ruta entre los dominios IP y SS7.

SIGTRAN es un servicio de protocolos que define el transporte de mensajes enviados de SS7 a redes IP y permite que las redes IP estén interconectadas a las redes de teléfonos públicos (PSTN) y viceversa.

SIGTRAN consta de 3 componentes básicos:

- Estándar IP para acoplamiento.
- Protocolo de señalización común de transporte SCTP (Stream Control Transmission Protocol – Protocolo de Transmisión con Control de Flujo), ya que STCP proporciona conexiones orientadas a transferencias de mensajes entre distintos nodos de la red y nodos finales, asegurando la conexión entre éstos sin importar el orden en que transporta la red IP los mensajes de señalización .
- Capas de adaptación M2PA, M2UA, M3UA y SUA, con el fin de simular hacia las aplicaciones como ISUP o SCCP que son transportadas por capas nativas de SS7 sin ser así, y transportándolas por IP.

SIGTRAN ofrece un incremental aprovechamiento de la flexibilidad de las redes IP y la convivencia de los servicios existentes de SS7 solo que transportándolos por IP. Con la ínter operación de SS7 y protocolo de paquetes IP, SIGTRAN preserva la arquitectura de la red actual mientras son transportados los servicios.

SIGTRAN es más que un protocolo, es una plataforma integrada que proporciona calidad, escalabilidad, interoperabilidad y mantenimiento. Se ejecuta sobre plataformas abiertas computacionales que incluye: SCTP, M2PA, M3UA y SUA.

### **SCTP.**

Stream Control Transmission Protocol - Protocolo de Transmisión con Control de Flujo, es uno de los nuevos estándares surgidos del trabajo conjunto de múltiples ingenieros del grupo IETF-SIGTRAN para el transporte fiable. El objetivo de este nuevo protocolo es el transporte de los paquetes de señalización de redes SS7 sobre redes IP.

Randall R. Stewart y Qiaobing Xie en el año de 1998 comenzó a diseñar un protocolo al que bautizaron como Protocolo de Transmisión de Datagramas Multi-Red (Multi-Network Datagram Transmission Protocol, MDTP). En su diseño se basaba en el Protocolo de Control de Transporte (Transport Control Protocol, TCP), este protocolo se comenzó a diseñar antes de SIGTRAN y su objetivo era solucionar los problemas encontrados al usar TCP y una vez creado SIGTRAN comenzaron a desplazar protocolos como MDTP ya que se consideró como el protocolo de transporte más completo.

La implementación de SCTP está diseñada específicamente para ejecutar altamente aplicaciones de señalización y debe operar independientemente del sistema operativo. Basado sobre Streams de UNIX, asegura que no habrá pérdidas por tiempos perdidos, soportando múltiples direcciones IP.

TCP sólo puede establecer conexiones de una dirección IP a otra dirección IP. Una conexión TCP se identifica por la dirección IP y puerto tanto del cliente como del servidor. Así la máquina posee diferentes tarjetas de red con sus respectivas direcciones IP asociadas, no puede usar más que una de ellas para establecer una conexión TCP con otra máquina. En SCTP, una asociación es identificada por una serie de direcciones IP, así como el puerto del cliente, las direcciones IP del servidor y su puerto. De esta manera, en caso de que una de las direcciones IP deje de funcionar, siempre se puede seguir utilizando cualquiera de las otras.

SCTP a diferencia de TCP puede enviar el bloqueo al inicio de la línea (head of line bloking) mediante el uso de flujos (streams). Este bloqueo se da cuando en TCP envía varios mensajes independientes en datagramas usando una conexión única. En esta situación, no se podrá pasar mensajes al usuario antes de que todos los mensajes anteriores hayan llegado completos. SCTP permite el uso de flujos, dentro de una asociación SCTP de manera que los datagramas dirigidos a flujos distintos se tratan de manera independiente.

SCTP puede diferenciar distintos mensajes dentro del flujo de bytes, en donde el usuario podrá enviar mensajes de tal forma que, el receptor los pasa al usuario sin guardar el orden en que fueron enviados. SCTP utiliza varias direcciones IP (multihoming) tanto en el cliente como en el servidor, utilizando solo una de ellas para enviar los datos de la dirección primaria (primary address). El resto se reserva y sólo se utilizan en caso de que la dirección primaria falle. SCTP tiene el llamado mecanismo de latidos de corazón (heartbeat mechanism), consiste en enviar mensajes a las direcciones IP que no se usan para enviar datos. Dichos mensajes, o latidos, se deben responder de manera que al recibir la respuesta se sabe que esas direcciones siguen activas.

Uno de los problemas de TCP es que es muy difícil de extender, cuando se quiere añadir una nueva característica a TCP, el espacio reservado para uso futuro es limitado. SCTP es un protocolo muy abierto que ha sido diseñado para que sea extensible por naturaleza.

Una máquina que tiene una asociación SCTP con otra, puede enviarle mensajes de error, de manera que ciertos errores a nivel del protocolo de transporte pueden resolverse sin afectar al usuario. Estos mensajes de error sirven también para negociar el uso de funciones opcionales, de manera que versiones antiguas de SCTP que no soporten dicha función nueva tengan una manera de expresar dicha carencia enviando el mensaje de error apropiado.

TCP ha sido el protocolo de transporte fiable por excelencia de las últimas dos décadas. Es por ello que muchas de las características que tiene SCTP han sido tomadas directamente de TCP. La mayoría de las extensiones que se han escrito para TCP han sido incluidas en SCTP en su versión básica. Entre ellas podemos mencionar el uso de acuses de paquetes recibidos de manera selectiva (selective acknowledgements), la posibilidad de alertar la recepción de datagramas duplicados, o el soporte para la Notificación Explícita de Congestión (Explicit Congestion Notification, ECN).

Para evitar que el paso de TCP a SCTP sea dramático, se ha definido una interfaz de sockets que es lo más parecido posible a la de TCP. De esta manera, los cambios necesarios para hacer que una aplicación utilice SCTP en vez de TCP son mínimos. Aunque SCTP no es un protocolo simple, existen implementaciones que ocupan menos de 100kbytes, lo que hace que se puedan usar incluso en pequeños dispositivos como:

- M2PA MTP2-User Peer-to-Peer Adaptation Layer.
- M2UA MTP2-User Adaptation Layer.
- M3UA MTP3-User Adaptation Layer.
- MAC Message Authentication Code.

La evolución de las redes de telecomunicaciones públicas nos sitúa en las redes de conmutación de circuitos que predominan en la actualidad, como la red pública telefónica conmutada (PSTN). Sin embargo, la próxima generación de redes (NGN) nos transportará a redes basadas en paquetes como la red Internet. La idea es proporcionar una diversidad de servicios de telecomunicaciones basados en IP equivalentes a los servicios de redes tradicionales por su calidad y facilidad de uso.

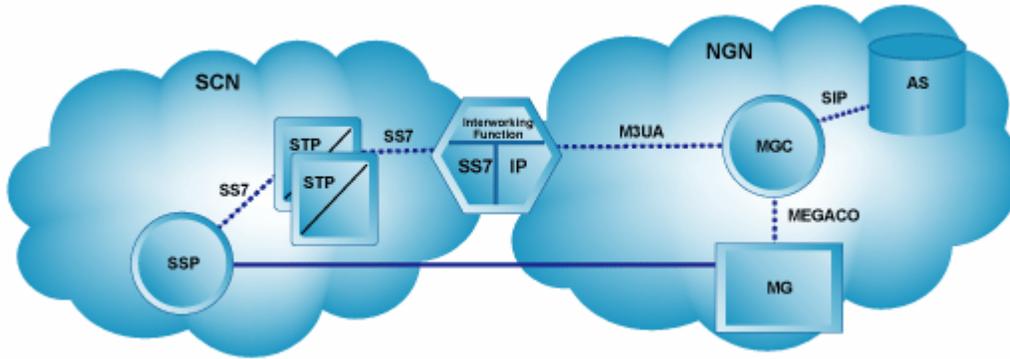
### **M3UA.**

Simplifies Network Engineering – Ingeniería de la simplificación de la red, actúa como un portador para protocolos SCCP, ISUP y TCAP reemplazando al transporte MTP/SS7. Da servicio a los niveles de SS7 con una arquitectura de ip-ruteo.

Las ventajas que proporciona son: reducción en la complejidad del mantenimiento de red. Flexibiliza tamaños y escalas en el ancho de banda.

Desarrollado como una aplicación servidor, M3UA con SCTP proporciona acceso a SS7 a través de la simulación de una red de señalización SS7. Estas oportunidades son menos costosas para desarrollar y mantener la calidad de la red tradicional. Los servicios tradicionales proporcionados pueden tranquilamente integrar sus servicios a la red IP y bajar costos usando M3UA/SCTP como transporte.

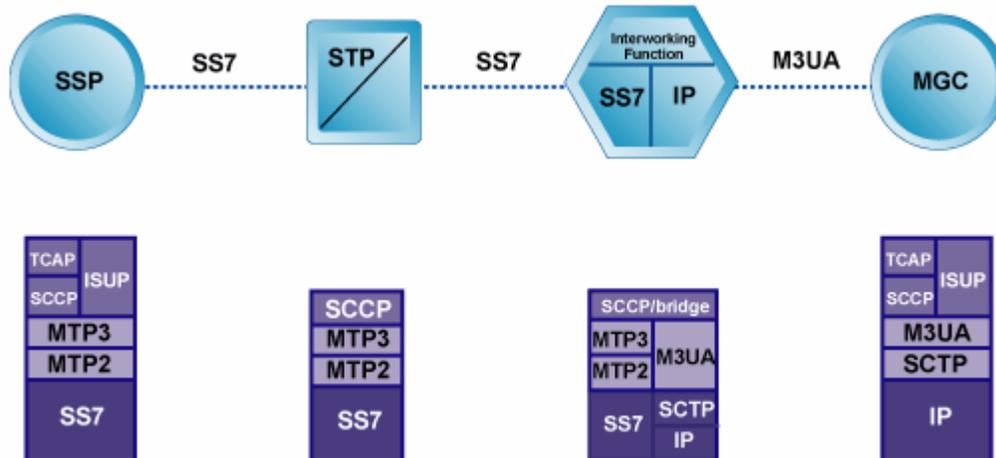
El siguiente diagrama es un ejemplo de cómo M3UA pudiera ser usando en la red.



M3UA permite crear una nueva topología de red, incorporando elementos de redes de nueva generación. M3UA es más agresivo que M2PA en eliminar la herencia de componentes de SS7. Esto no solo eleva las restricciones sobre el ancho de banda de la señalización, sino que también reduce la complejidad envuelta en los elementos de MTP3 combinados con el conjunto de enlaces y enrutadores.

M3UA puede ser desarrollado en una configuración punto a punto.

La pila de señalización está representada abajo:



M3UA y Sctp residen en el entrada del SIGTRAN. El protocolo M3UA reemplaza a MTP3 sobre la pila de SS7 y tienes 2 objetivos. El primer objetivo es proporcionar mecanismos para el transporte de señalización usuario SS7 MTP3 sobre IP usando Sctp. El segundo objetivo es habilitar los medios parecidos de operación entre punto usuario MTP3 en la red SS7 en el espacio IP.

Sctp es una conexión orientada a proporcionar un significado para los puntos finales y proveer el otro con una lista de direcciones de transporte a través el cual un punto final puede ser alcanzado y desde el cual fue originado el mensaje.

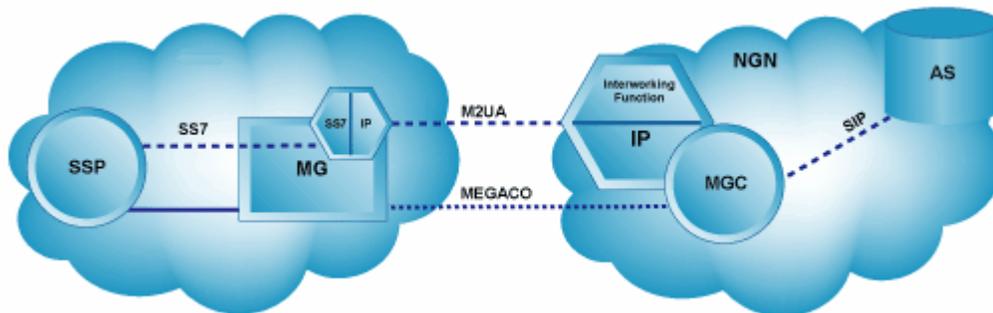
## M2UA.

El grupo de trabajo SIGTRAN de IETF ha especificado el la capa de adaptación MTP2 como un protocolo estándar para habilitar las terminaciones remotas de enlaces SS7 con asociación SCTP.

El protocolo M2UA es la capa entre SCTP y MTP3 que separa la terminación física SS7 del actual punto de señalización dentro de la red. M2UA sirve para varios objetivos. El primer objetivo es proporcionar mecanismos para el transporte de señalización SS7 MTP2 sobre IP usando SCTP. El segundo objetivo es permitir la colocación remota de los enlaces terminadores SS7 y regresar tráfico SS7 a el punto centralizado de la red.

Con M2UA varios puntos pueden ser consolidados dentro de un elemento de una red centralizada. Es decir, uno puede entonces localizar puntos de SS7 cerca a los elementos los cuales ellos necesitan ser conectados. Este resultado salva substanciales costos de 2 entidades, el cliente y el servidor. El servidor proporciona una terminación física de SS7 y comunica con el cliente sobre una asociación SCTP usando IP. El cliente con MTP3 y el punto de código direccionable dentro de la red SS7. M2UA es apropiado donde el punto de señalización no soporta M2PA. Este también es apropiado para consolidar puntos de código usados y simplificando la red SS7.

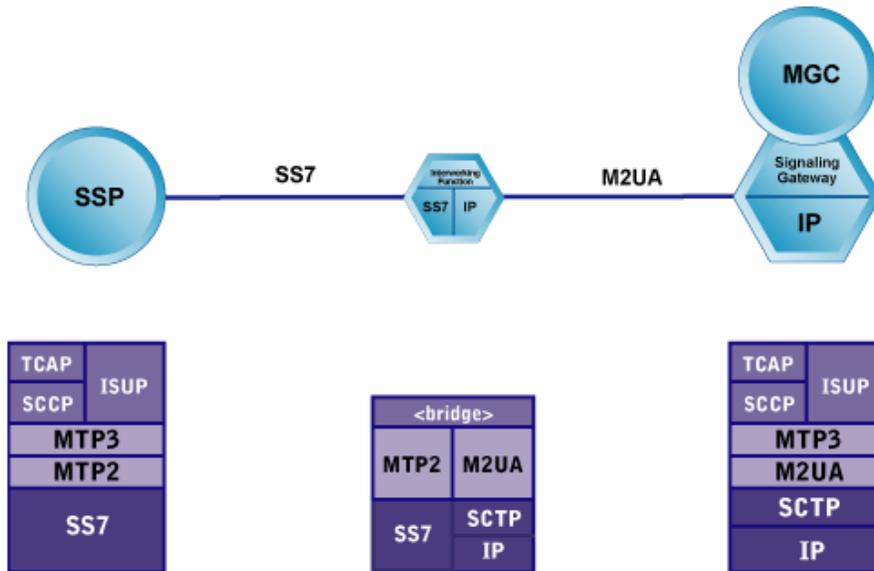
El siguiente diagrama es un ejemplo de cómo M2UA puede ser usado en la red.



La terminación de la capa física esta hecha por el switch del circuito de red y la información de señalización es llevada sobre IP SCTP asociado a punto de control centralizado. Pudieran ser varias instancias de la interconexión mostradas. En cada caso el elemento centralizado tiene una presencia señalizada. Sin embargo hay varios puntos de terminación y hay un solo elemento SS7 representado.

M2UA permite optimizar la topología de la red y usar IP para transportar sus mensajes SS7 en lugar del tradicional enlace de 64K. Esto continúa interconectando con la herencia de equipos SS7 por siempre. Todos los elementos restantes de la red SS7 clásica son los mismos. Desde fuera, la señalización es llevada sobre IP no es detectable. M2UA puede ser usado en el

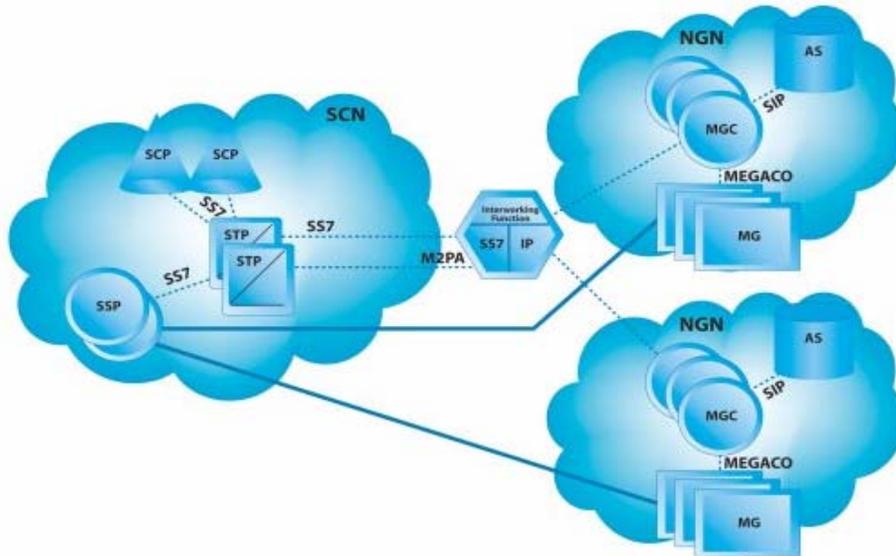
evento donde hay varios puntos en la red donde los elementos necesitan señalización de conectividad y los costos para desarrollar varios pequeños nodos o el costos de la herencia es una limitante.



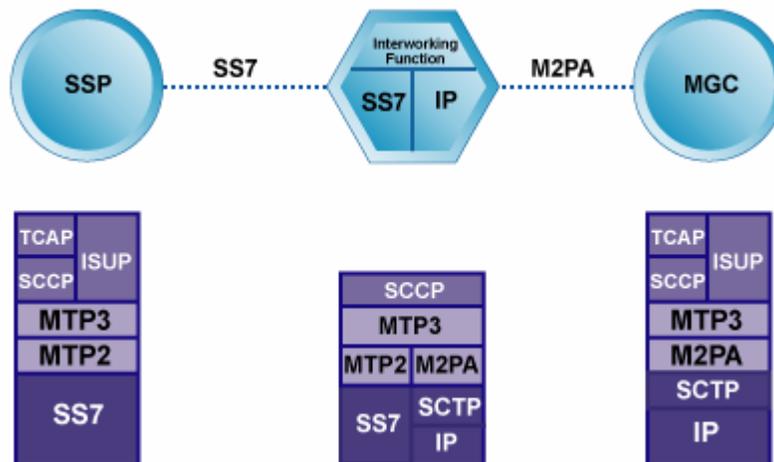
M2PA.

SIGTRAN ha especificado el nivel 2 MTP de las capas punto a punto como un protocolo estándar que habilita los enlaces SS7 que ejecutan sobre IP. El protocolo M2PA es la capa entre SCTP y MTP nivel 3. Los objetivos del nodo M2PA son: El primer objetivo es proporcionar los mecanismos para el transporte de señalización usuario SS7 MTP2 sobre IP usando SCTP. El segundo objetivo es habilitar la operación entre el punto usuario MTP2 en SS7 y espacio IP.

El siguiente diagrama es un ejemplo de cómo M2PA puede ser usado:



M2PA permite la subsistencia de la topología de red existente y usar IP para transportar mensajes SS7 sobre sus canales tradicionales de 64k. Todos los elementos de la red clásica SS7 son reutilizados a excepción de los enlaces de señalización que son virtuales. M2PA simplemente cambia a IP.



M2PA utiliza las facilidades que SCTP le proporciona. Mientras estos son requerimientos para ser transportados por IP realizando las asociaciones de direcciones necesarias a el hardware disponible para M2PA, IP no son parte SIGTRAN; por lo que se asume que IP estará disponible como parte de la plataforma de operación.

SUA.

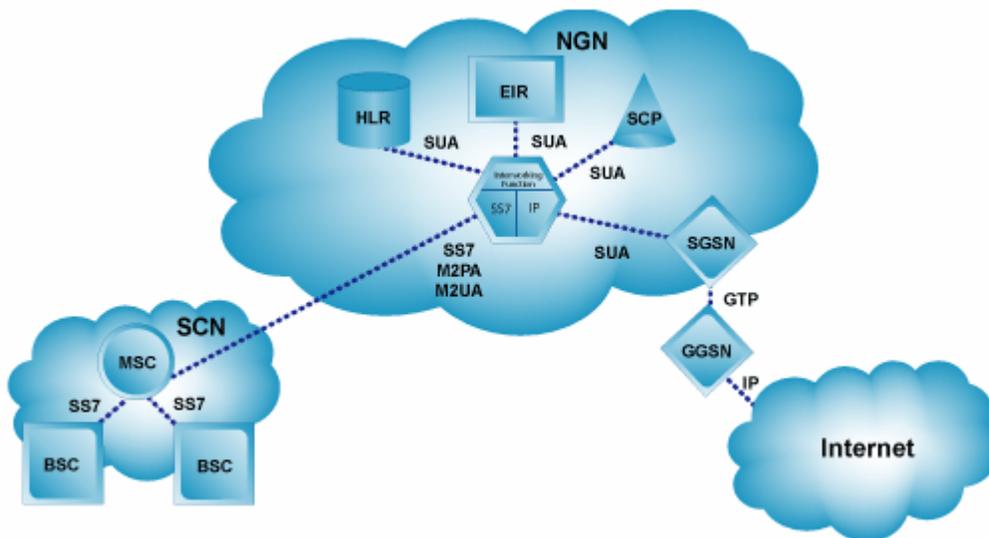
Es una optimización para llevar contenido de señalización transaccional, reemplazando la pila SS7 e incluyendo SCCP.

SUA esta optimizado para llevar contenido de señalización transaccional. Cuando se utiliza SCTP, SUA reemplaza componentes de la pila de SS7 e incluye el SSCP. SUA actúa como un transporte de SCCP y TCAP, mientras mantiene todas las características que hacen a SS7 una red robusta.

Sin embargo M3UA puede también llevar pagos SCCP; SUA elimina más pila de SS7, mientras hace mejor el uso de ruteo basado sobre TCP. SUA requiere menos la tradicional configuración de SS7. SUA distribuye aplicaciones que pueden fácilmente ser reconfiguradas basadas sobre necesidades, reduciendo costos para desarrollo y mantenimiento de red.

Con SUA es posible eliminar completamente las configuraciones complejas y prever desarrollo de elementos de la red SS7. Ahora se pueden agregar nuevas características y optimizar la red con grandes facilidades explotando los beneficios del transporte de paquetes comunes y los beneficios del protocolo SIGTRAN.

El siguiente diagrama es un ejemplo de como SUA puede ser usando en la red.



SUA permite TEMs (Telecommunications Equipment Makers) para desarrollar la herencia, verticalmente integrada como valores de servicio dentro de una distribución de servicios de capa horizontal. El servicio de capa permite mezclar la tecnología heredada tal como roving y la portabilidad de número en bases de datos, servicios de mensajes cortos y la siguiente generación de tecnología como son SIP, ENUM y LDAP para crear un único y complejo servicio.

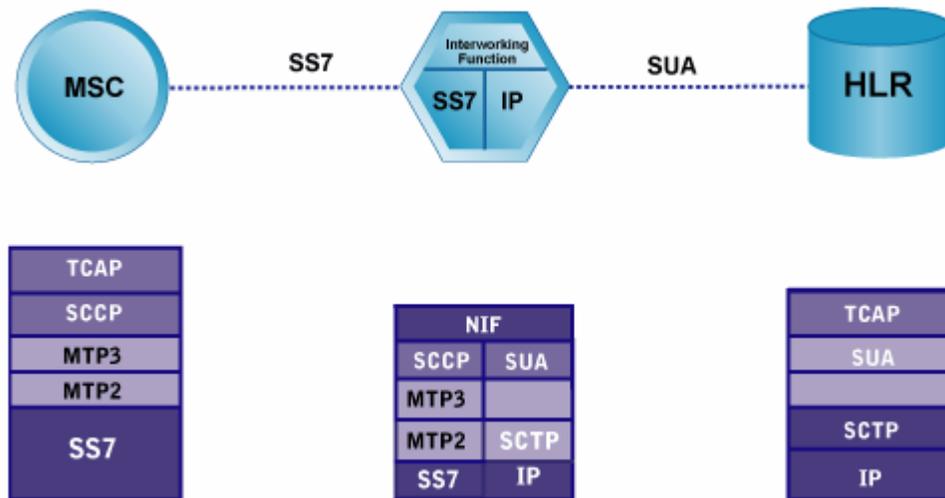
La flexibilidad de ruteo, control de señalización proporcionada por SUA será la llave en las interconexiones de las tecnologías. Con SUA nuevas aplicaciones de

servidores, aplicaciones y elementos de la red pueden ser agregados o removidos de la red sin la necesidad de rediseñar la red de señalización. Aplicaciones que demandan señalización variable pueden tranquilamente ser acomodados proporcionando suficiente existencia IP- ancho de banda.

Con un común paquete de transporte y una vía de señalización SUA, ancho de banda y conectividad pueden ser obtenidos por vía de un simple comando, algo que prepara la red, es como el caso de los canales con la herencia SS7 E1/T1. SUA es más agresivo que M3UA eliminar los componentes heredados de SS7. No solo este eleva las restricciones sobre enlaces de señalización de banda ancha, sino que también elimina la complejidad envuelta por los elementos de los niveles MTP. Esto simplifica enormemente la operación de señalización sobre la red para agregar servicios y permitir cambios de manera más rápida.

Sobre SUA, todos los otros elementos desde la clásica red SS7 permanecen iguales. Esto permite a la red continuar ofreciendo los mismos servicios, pero con más flexibilidad y eficiencia. Aunque SUA es un excelente ajuste para agregar servicios de señalización, actualizar llamadas a aplicaciones basadas sobre ISUP, continúan requiriendo los servicios de M3UA.

La pila de señalización está representada abajo:



Softswitch.

Es un dispositivo que provee control de llamadas y servicios inteligentes para redes de conmutación de paquetes ATM o IP, el cual se basa en una combinación de software y hardware. Este sirve como una plataforma de integración para aplicaciones e intercambio de servicios las cuales desempeñan funciones de control de llamadas tales como conversión de protocolos y administración de operaciones. Son capaces de transportar tráfico de voz, datos y vídeo de manera más eficientes que los equipos existentes, habilita al usuario de servicios para

soporte de nuevas aplicaciones multimedia integrando las existentes con las redes inalámbricas avanzadas para servicios de voz y datos.

#### Características de Softswitch.

Softswitch provee a través de la red IP un sistema telefónico tradicional, confiable y de alta calidad en todo momento. Si la confiabilidad de una red IP llega a ser inferior al nivel de la calidad de la red tradicional, simplemente el tráfico se desvía a esta última.

- Permite controlar los servicios de conexión asociados a multimedia (Media Gateways) y los puntos terminales que utilizan IP como protocolo.
- La selección de procesos se aplica a cada llamada, unido al enrutamiento de las llamadas.
- La capacidad de transferir el control de una llamada a otro elemento de la red e interfase con funciones de gestión como los sistemas de facturación y aprovisionamiento.
- Interoperabilidad entre redes tradicionales conmutadas y proveer los servicios de la tecnología de conmutación de paquetes.
- Los dispositivos finales incluyen teléfonos tradicionales, teléfonos IP, computadoras y terminales de video entre otros.

## 6.2. Propuesta de Implementación.

La propuesta se hace con el fin de optimizar los recursos de la compañía de telefonía celular, para lo cual tomando en cuenta la información teórica anteriormente descrita sobre el funcionamiento del protocolo SIGTRAN, describiremos adecuaciones y modificaciones que se realizaran en la red de datos para obtener un esquema mas robusto y confiable en la compañía telefónica, para permitir que el tráfico IP llegue a su destino y las posibles fallas en la operación de la misma no causen problemas a los servicios o aplicaciones que transporte la red de IP.

Cuando nos referimos a los servicios y/o aplicaciones que serán transportados por la red de IP, pensaremos en primer lugar en la señalización pues el trafico que generará la red de puntos de transferencia de señalización (tráfico SIGTRAN o SS7 sobre IP), tema principal de este trabajo, sin embargo no es el único servicio que podrá ser capaz de transportar dicha red, ya que el esquema que se propone permitirá un crecimiento flexible de la red y soporte robusto para mezclar servicios como pudiera ser tráfico generado por el buzón de mensajes de la red entre regiones, también se podría considerar a la red de Voz sobre IP entre regiones a nivel corporativo, etc.

Pero debemos partir de una referencia sobre el estado de la red de datos actual, al cual tiene una comunicación a nivel dorsal de enlaces entre regiones con un ancho de banda de 1 E3, que equivale a 34MBps, esto permite el paso del tráfico entre las mismas sin problema, esto lo podemos ver representado en la siguiente tabla.

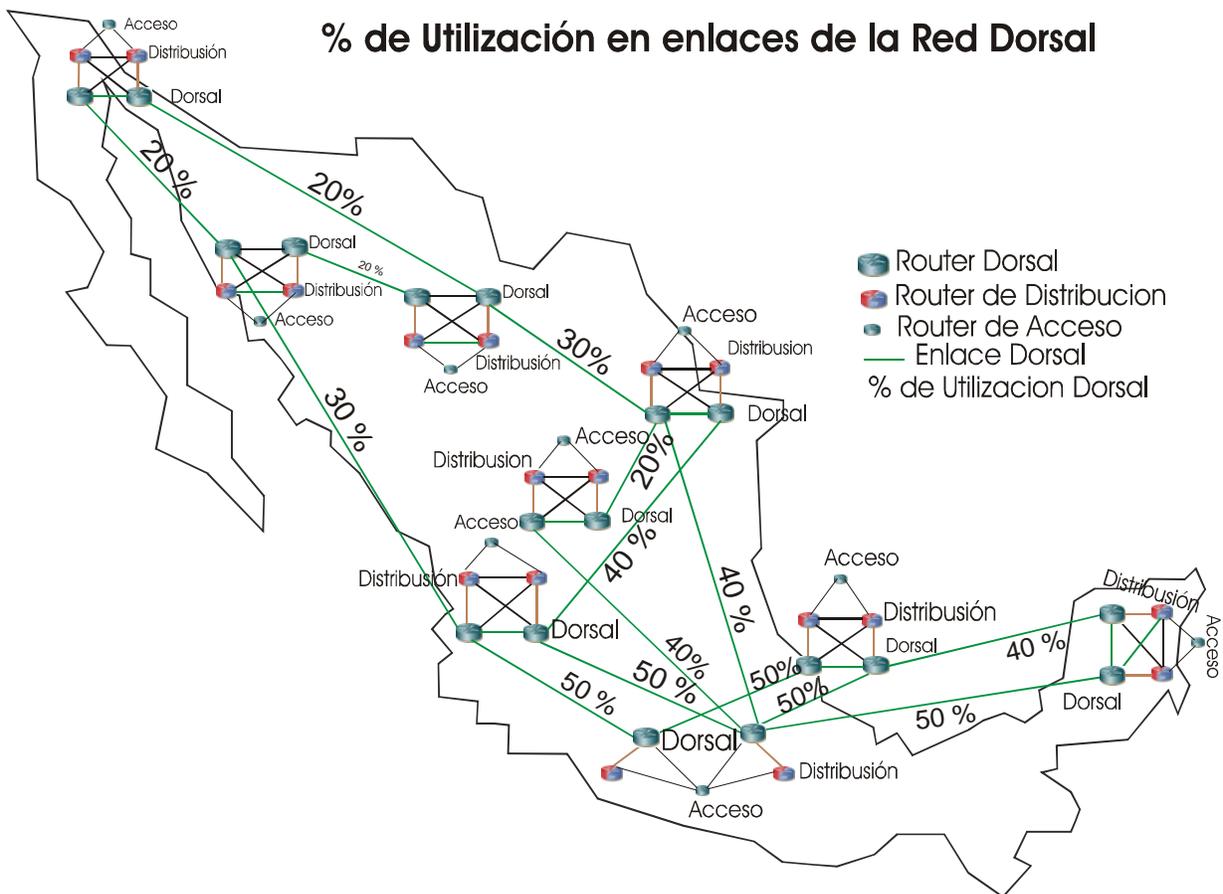
Regiones	Ancho de Banda	Utilización
1 a 2	34 MBps	20 %
1 a 3	34 MBps	20 %
2 a 3	34 MBps	15 %
2 a 5	34 MBps	30 %
3 a 4	34 MBps	30 %
4 a 5	34 MBps	35 %
4 a 6	34 MBps	20 %
4 a 9	34 MBps	40 %
5 a 9	34 MBps	50 %
6 a 9	34 MBps	30 %
7 a 9	34 MBps	50 %
7 a 8	34 MBps	40 %
8 a 9	34 MBps	40 %

Estos porcentajes indican la cantidad de tráfico que cursa entre regiones, pero también es un promedio, aunque los picos de tráfico entre regiones no superan el 10% del valor registrado, también depende de las horas laborables, y/o actividades programadas.

Es necesario tener en cuenta que la cantidad de enlaces que se tiene actualmente entre las regiones no es el óptimo, ya que si llega a fallar uno de ellos el tráfico tiene que cambiar y dar una vuelta considerable, que en determinado momento quizá genere un retraso adicional a las aplicaciones, esto no se presenta en este momento en la red, pues solo transporta aplicaciones no orientadas a ser susceptibles a retransmisiones, es decir solo tráfico que si en algún momento se perdieran paquetes se puede retransmitir la información, como lo puede ser los textos o facturación.

Sin importar que se tenga previsto en la red un enrutamiento dinámico, a través de un protocolo de ruteo de datos llamado OSPF(Open Shortest Path First), el cual permite al enrutador tomar decisiones sobre la ruta mas corta que debe seguir el tráfico, funcionando de manera automática para el operador o administrador de la red.

Para tener una referencia mas clara veamos el siguiente diagrama, el cual muestra la topología de la red datos en la cual nos basaremos para hacer nuestra propuesta.



Es importante destacar que la utilización de los enlaces dorsales no es muy grande actualmente, lo que nos permite incrementar el tráfico, incorporando tráfico de señalización a la red, el cual no se tenía contemplado en su concepción inicial, pues solo se tenían aplicaciones que no requerían de un tratamiento especial o privilegiado para cursar por la red de datos como correo electrónico, transferencias de archivos, etc.

Sin embargo, esta topología utilizada no contempla el esquema de alta disponibilidad que se utiliza por los puntos de transferencia de señalización(STP's) en la red de señalización actualmente, ya que éstos necesitan interconectarse de una forma más eficiente, aumentando la alta disponibilidad y reduciendo la susceptibilidad de fallas en la red de señalización, esto se logra al comunicarse entre STP's por varias rutas que se definen en cada nodo de señalización; es decir, el conjunto de STP's se debe interconectar en forma de malla hacia los otros STP's o al menos a los que se encuentran más cercanos geográficamente, así como la interconexión a las compañías de telefonía fija nacional e internacional.

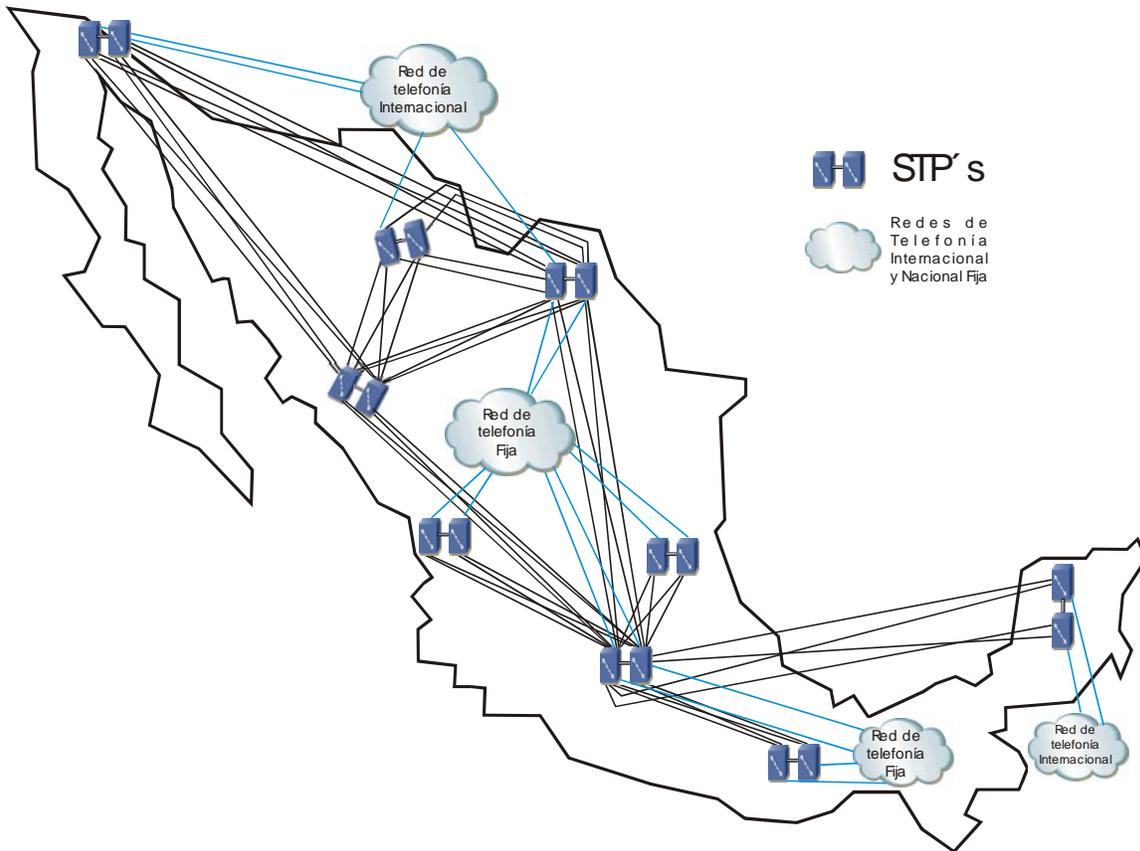
Las consideraciones para éste tipo de topología son: en forma de malla entre cada par de STP's y con una utilización de 30% del ancho de banda de cada enlace, como máximo por cada enlace que interconecta entre cada par de STP's al menos, pues en ocasiones no solo se interconectan dos pares de STP's, en algunas ocasiones más, permitiendo a los STP's balancear tráfico entre ellos, y en las fallas los enlaces reciban tráfico de los enlaces en falla sin que repercuta en su saturación, así se evitan cuellos de botella entre STP's.

La siguiente tabla indica la utilización de los enlaces, tomando en cuenta la utilización del 30% en los enlaces se reflejará en la tabla con el 100% y así considerar crecimientos, Punto por el cual realizamos este trabajo.

Regiones	Ancho de Banda	Utilización
1 a 2	2.048 MBps	98 %
1 a 4	2.048 MBps	99 %
2 a 3	2.048 MBps	98 %
2 a 4	2.048 MBps	99 %
2 a 9	2.048 MBps	100 %
4 a 9	2.048 MBps	100 %
5 a 9	2.048 MBps	100 %
6 a 9	2.048 MBps	100 %
7 a 9	2.048 MBps	100 %
8 a 9	2.048 MBps	100 %

Esta tabla de estadísticas obtenida por las interfaces con las que se interconectan los STP's nos muestra el alto tráfico que maneja la red de señalización para la

gestión de llamadas, éstos enlaces se encuentran en saturación, pues representan a los enlaces que se tienen compartiendo la carga de tráfico entre regiones.



La propuesta es delegar a los STP's el trabajo de manejar SIGTRAN, es decir, los STP's se encargarán de poner todos los mensajes tales como: ISUP, TCAP, TUP, etc. Montándolos sobre los paquetes que maneja la red IP, utilizando la parte M3UA para entregar paquetes SCTP para encapsularlos en IP para la red de datos.

Por otro lado a la red de datos se le debe aumentar el número de interfaces para poder generar una topología de malla entre regiones geográficamente cercanas, para transportar la información antes descrita, de esta manera se modificaría de manera importante la red dorsal, con el fin de obtener una topología similar a la utilizada en la red de los STPs mostrada en el diagrama anterior.

Sugerimos se utilice la red 10.100.0.0 para identificar el servicio de tráfico de los STPs, así nos quedaría el tercer octeto para diferenciar las regiones entre sí, este rango se tomaría del 10 al 19 para región 1, de 20 a 29 para región 2, y así sucesivamente, dejando rangos libres para usos posteriores; y solo dejaríamos el último octeto para las direcciones IP de los STPs e interfaces a las que se

conecten éstos. Para hacer mas clara esta descripción haremos referencia a la siguiente tabla.

10 . 100 . Y . Z  
 Red – servicio – región - Nodo

Regiones	Red	Uso
Región 1	10.100.1.0 – 10.100.19.0	STPs y routers
Región 2	10.100.20.00 – 10.100.29.0	STPs y routers
Región 3	10.100.30.00 – 10.100.39.0	STPs y routers
Región 4	10.100.40.00 – 10.100.49.0	STPs y routers
Región 5	10.100.50.00 – 10.100.59.0	STPs y routers
Región 6	10.100.60.00 – 10.100.69.0	STPs y routers
Región 7	10.100.70.00 – 10.100.79.0	STPs y routers
Región 8	10.100.80.00 – 10.100.89.0	STPs y routers
Región 9	10.100.90.00 – 10.100.99.0	STPs y routers
Reservado	10.100.240.0 – 10.100.254.0	OyM e Ingeniería

Se recomienda que se deje reservado el rango 10.100.240.0 al 10.100.254.0 para uso de las áreas de Operación y Mantenimiento e Ingeniería, con el fin de administrar, gestionar y monitorear los servicios propuestos y servicios adicionales que se puedan integrar en un futuro.

La nomenclatura recomendada en este trabajo estaría basada en le tipo de ruteador ya sea, Dorsal, Distribución o de Acceso, así como la descripción de las interfaces incluyendo posiciones o puertos requeridos, este es un ejemplo:

Nombre de Equipo: Región\_Central\_Jerarquía\_Servicio o Función

*R9\_CARR\_BB\_SIGTRAN*

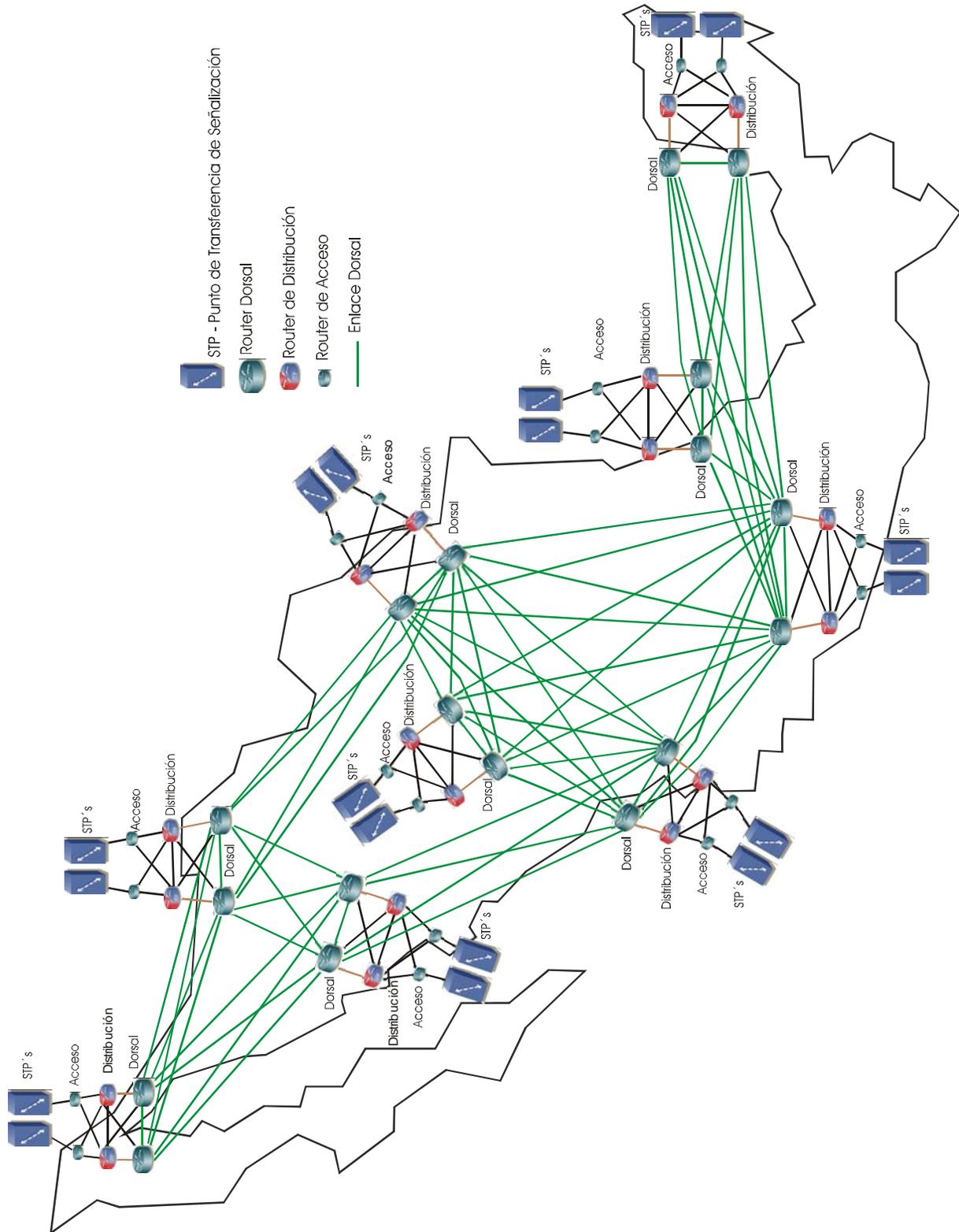
Descripción de Interfaces: A\_Región\_Central\_Interface(medio)

*A R9 NEXT BB SS7/IP S4/0 [Telmex/SISA E3-1413-3254 ]*

Se sugiere que en el enrutamiento dinámico que se utilice sea OSPF y se defina en todos los routers el proceso 100 para este servicio, se asigne el área 0 para la red dorsal, y las áreas 1 a 9 para las regiones y así sea mas fácil detectar una falla.

Ejemplo:       router ospf 100  
                   log-adjacency-changes  
                   network 10.100.93.0 0.0.255.255 area 9

Este direccionamiento debe contemplar routers de dorsal como de distribución y acceso para que funcione el esquema de mallas que se muestra en el diagrama.



Parte de la propuesta de direccionamiento es necesario habilitar comandos en todos los routers y las interfaces que transportarán el tráfico de señalización.

Para las interfaces se configurarán lo siguientes parámetros:

```
Interface serial 2/0/1
Rate-limit access-group 1 input 45000000 22500 22500 conform-action
Sec-prec-transmit 5 exceed-action set-prec-transmit 5
Rate-limit input 45000000 22500 22500 conform-action set-prec-transmit 4
Exceed-action set-prec-transmit 4
```

```
Access-list 1 permit 10.100.0.0 0.0.255.255
```

Estos parámetros variarán dependiendo de la región a la cual pertenezcan, en la misma forma en que se especifique de manera particular el direccionamiento.

### **6.3. Aproximación de costos para una implementación y crecimiento.**

Ahora hablaremos de las características que ofrecen los fabricantes de enrutadores. La serie 7200 está diseñada para soluciones de empresas de alto nivel que funcionan en redes de proveedores de servicios, sus características tecnológicas transportan voz, vídeo, datos multiservicio, VPN y se añade a esta lista un soporte amplio para conmutación WAN que incluye ATM, X.25, Frame Relay y soporta TDM para conmutar canales DS0, E0 entre enlaces físicos DS1, E1 y/o superiores, así como comunicación de capa 3 de alta velocidad CEF( Cisco Express Forwarding – Envío Exprés de Cisco) o PXF (Parallel eXpress Forwarding – Envío Exprés en Paralelo) y es la solución para brindar banda ancha más desplegada en la industria de las telecomunicaciones.

Las series 7600, extienden el suministro de servicios inteligentes, ofreciendo al mismo tiempo una ruta integrada a infraestructuras MultiProtocol Label Switching (MPLS) y a capacidades basadas en IP.

Los routers de esta familia ofrecen capacidad de servicio para la creación de servicios de los operadores de telecomunicaciones; permitiendo el tráfico Frame Relay, ATM y PPP – Protocolo Punto a Punto (High Level Data Link Control - HDLC), a través de Ethernet Metropolitana, mediante una oferta de servicios VPN de Nivel 2, por una red troncal central común basada en MPLS.

La serie incluye un nuevo módulo Gigabit Ethernet de 48 puertos y también se incluye un nuevo parámetro de desempeño para ésta. Estos nuevos parámetros permiten escalabilidad de un millón de rutas para IPv4, 500,000 rutas para IPv6 u 800,000 rutas VPN para MPLS para redes VPN de Capa 2 y 3. Con características avanzadas de Calidad de Servicio (QoS), funciones MPLS y capacidades VLAN-tunneling avanzadas, ofrecen mejoras a la red y escalabilidad.

La traducción VLAN ofrece a los suscriptores VPN de Capa 2 un acceso más eficiente a servicios adicionales como acceso a Internet y a IP VPN, permitiendo a estos usuarios utilizar sus etiquetas VLAN existentes en lugar de etiquetas VLAN coordinadas por proveedores de servicio. La Clase de Servicio (CoS), le da a los proveedores de servicio la capacidad de preservar la QoS del usuario final, de ésta manera se mejora la riqueza de oferta de servicio VPN de Capa 2.

Al combinar esta nueva mejora del software IOS MPLS Virtual Private LAN Service – Servicios de Redes Privadas LAN (VPLS) dentro de ésta serie, se puede escalar los servicios LAN de manera transparente para soportar un mayor número de clientes en áreas geográficas más amplias. Al ofrecer conectividad VPN multipunto basada en Ethernet sobre una red MPLS escalable, VPLS entrega a las empresas proveedores de servicio soporte para aplicaciones de usuario final punto a punto.

Con base en las características antes mencionadas haciendo un glosario de estos equipos y algunos más se creó una tabla comparativa que permite tener mas claro lo anterior.



CISCO 7200 ROUTER



CISCO 7500 ROUTER



CISCO 7600 ROUTER



CISCO 12000 ROUTER

SERIE 7200	SLOT	CAPACIDAD CHASIS	ADAPTADOR WAN	PROCESADOR	BACKPLANE	MEMORIA FLASH PCMCIA	MEMORIA DRAM	MPLS	QoS	SOPORTE VOZ, VIDEO Y DATOS	ENCRIPCION	DISPOSITIVOS OPTICOS
7204VXR	4	3 Rack Unit	DS0 to OC-12	225, 400 o 1 Mpps	1.2 Gbps	48 -256 MB	128 MB - 1GB	SI	SI	SI	SI	SI
7206VXR	6	3 Rack Unit	DS0 to OC-12	225, 400 o 1 Mpps	1.2 Gbps	48 -256 MB	128 MB - 1GB	SI	SI	SI	SI	SI
SERIE 7500	SLOT	CAPACIDAD CHASIS	ADAPTADOR WAN	PROCESADOR	BACKPLANE	MEMORIA FLASH PCMCIA	MEMORIA DRAM	MPLS	QoS	SOPORTE VOZ, VIDEO Y DATOS	ENCRIPCION	DISPOSITIVOS OPTICOS
7505	5 EXP.	6 Rack Unit	DS0 to OC-12	Arriba de 1 Mpps	1 Gbps	16-128 MB	32 MB- 1 GB	SI	SI	SI	SI	SI
7507	7 EXP.	13 Rack Unit	DS0 to OC-12	Arriba de 2.2 Mpps	2 Gbps	16-128 MB	32 MB- 1 GB	SI	SI	SI	SI	SI
7513	13 EXP.	20 Rack Unit	DS0 to OC-12	Arriba de 2.2 Mpps	2 Gbps	16-128 MB	32 MB- 1 GB	SI	SI	SI	SI	SI
SERIE 7600	SLOT	CAPACIDAD CHASIS	ADAPTADOR WAN	PROCESADOR	BACKPLANE	MEMORIA FLASH PCMCIA	MEMORIA DRAM	MPLS	QoS	SOPORTE VOZ, VIDEO Y DATOS	ENCRIPCION	DISPOSITIVOS OPTICOS
7603	3 HOR.	4 Rack Unit	DS0 to OC-48	Arriba de 30 Mpps	240 Gbps	512 MB	512MB-1GB	SI	SI	SI	SI	SI
7606	6 HOR.	7 Rack Unit	DS0 to OC-48	Arriba de 30 Mpps	480 Gbps	512 MB	512MB-1GB	SI	SI	SI	SI	SI
7609	9 VER.	20 Rack Unit	DS0 to OC-48	Arriba de 30 Mpps	720 Gbps	512 MB	512MB-1GB	SI	SI	SI	SI	SI
7613	13 HOR.	18 Rack Unit	DS0 to OC-48	Arriba de 30 Mpps	720 Gbps	512 MB	512MB-1GB	SI	SI	SI	SI	SI
SERIE 12000	SLOT	CAPACIDAD CHASIS	ADAPTADOR WAN	PROCESADOR	SWITCHEO	MEMORIA FLASH PCMCIA	MEMORIA DRAM	MPLS	QoS	SOPORTE VOZ, VIDEO Y DATOS	ENCRIPCION	DISPOSITIVOS OPTICOS
12008	8	14 Rack Unit	NO	Arriba de 60 Mpps	40 - 80 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
12012	12	32 Rack Unit	NO	Arriba de 75 Mpps	40 - 80 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
12016	16	40 Rack Unit	NO	Arriba de 225 Mpps	40 - 80 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
12404	4	5 Rack Unit	NO	Arriba de 75 Mpps	80-320 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
12406	6	10 Rack Unit	NO	Arriba de 125 Mpps	80-320 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
12410	10	20 Rack Unit	NO	Arriba de 375 Mpps	80-320 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
12416	16	40 Rack Unit	NO	Arriba de 750 Mpps	80-320 Gbps	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI

En base a las capacidades y desempeño ofrecido por los fabricantes se seleccionaron los modelos 7200 y 7600, el uso de estos equipos dependerá de densidad de los puertos de cada región en relación a los enlaces existentes y con el numero de regiones con los cuales se tienen que interconectar. Por todo lo anterior se consulto a una comercializadora de estos equipos para hacer un estimado del costo de los mismos y debido a que las serie 7200 Y 7600 una de sus características es la capacidad de crecimiento modular, la cual permite adaptación a las necesidades de esta propuesta y su implementación a la red existente.

SERIE 7200	CARATERISTICAS	PRECIOS
7206VXR/NPE-G1	7206VXR with NPE-G1 includes 3GigE/FE/E Ports and IP SW	\$22,000.00
CISCO7206VXR	Cisco 7206VXR, 6-slot chassis, 1 AC Supply w/IP Software	\$7,000.00
MEM-NPE-G1-1GB=	Two 512MB mem modules (1GB total) for NPE-G1 in 7200	\$8,100.00
PA-2E3=	2 Port E3 Serial Port Adapter with E3 DSUs	\$12,500.00
PA-2FE-TX=	2-Port Fast Ethernet 100Base TX Port Adapter	\$3,800.00
PA-2FE-TX=	2-Port Fast Ethernet 100Base TX Port Adapter	\$3,800.00
LL71AHK2=	Cisco 7100 Series IOS ENTERPRISE/FW/IDS PLUS IPSEC 3DES	\$11,500.00
<b>TOTAL=</b>		<b>\$68,700.00</b>

SERIE 7600	CARACTERISTICAS	PRECIO
7609-2SUP720XL-2PS	Cisco 7609 9-slot, Redundant System, 2 SUP720-3BXL and 2 PS	\$96,500.00
PA-2E3=	2 Port E3 Serial Port Adapter with E3 DSUs	\$12,500.00
WS-X6548-RJ-45=	Catalyst 6500 48-port 10/100, RJ-45, x-bar	\$17,995.00
S763AK9H-12218SXD	Cisco 7600-SUP720 IOS ENT FW W/MPLS/IPV6/SSH/3DES	\$15,000.00
<b>TOTAL=</b>		<b>\$141,995.00</b>

TIPO DE ENLACE	CARACTERISTICAS	PRECIO
E3	Ancho Banda 34Mbps, los gastos de instalación están incluidos en un contrato por 5 años.	\$ 11700,00 al mes más iva.

\* Todos los precios arriba descritos se encuentran en dólares americanos.

Como podemos observar, las características en las tablas tanto técnica como económicas se recomiendan que estos equipos sean los utilizados; sin embargo no se puede generar un costo estimado preciso sobre la inversión que tendría la implementación de esta propuesta, debido a que la empresa de telefonía celular ya cuenta con algunos de los equipos y algunos de los enlaces.

La posibilidad de crecimiento sobre la red de señalización en cuanto al tráfico que se espera recibir en la red de datos por este servicio, basándose en las estadísticas revisadas podría crecer sin problema hasta un 100% de tráfico adicional.

En cuanto a la funcionalidad de señalización que maneja SS7 y SIGTRAN puede evolucionar para interconectar diferentes equipos como MSCs, HLRs, PPAs, etc.

Esto dependerá de que los fabricantes y los equipos manejen SIGTRAN, pues varios de ellos ya manejan estas soluciones.

Los estudios y propuestas sobre SIGTRAN entre los fabricantes de equipo dirigen todo su esfuerzo a la tecnología softswitch permite un crecimiento modular es decir que se crece según la necesidad de manejo de tráfico en la red, permitiendo cambiar módulos de mayor capacidad como se requiera, que van desde medigateway y signaling gateway, etc.

Esta propuesta es un punto de partida para evolucionar a una nueva tecnología Softswitch.

## Conclusiones.

El fin de este trabajo es proponer una alternativa a la manera en que la compañía de telefonía celular transporta la señalización telefónica (gestión de llamadas).

Para llevar a cabo esta propuesta, se ha tomado en cuenta la evolución tecnológica de las telecomunicaciones, permitiendo que las compañías ofrezcan mayor cantidad de servicios para cubrir las necesidades de los usuarios finales.

La evolución tecnológica de las telecomunicaciones nos ha llevado desde la comunicación punto a punto hasta la segmentación de la información para ser enviada a cualquier parte del mundo a través de las redes de telecomunicaciones y en el extremo final la reconstrucción de la información deseada.

Esta evolución tecnológica ha permitido que la voz viaje por un canal, mientras que la gestión de las llamadas viaje por otro, proporcionando grandes beneficios al mejorar e incrementar los servicios, optimizando los recursos existentes hasta el momento.

Históricamente se habían manipulado de manera separada los canales (voz y datos), pero la tendencia tecnológica actual indica la unificación de los canales para el transporte de los servicios (video conferencia, voz, datos, etc), asignando prioridad por servicio. La masificación y complejidad de los servicios ha llevado al incremento del ancho de banda de los canales disponibles por la gran cantidad de información que generan esos servicios.

Las redes IP proporcionan una estabilidad, flexibilidad y confiabilidad para transportar servicios. Aprovechando esta ventaja utilizamos esta red para transportar la señalización, siendo SIGTRAN la opción tecnológica más viable para esta compañía de telefonía celular.

Esta propuesta topológica de la red beneficiará a la compañía telefónica celular proporcionando una gran estabilidad, confiabilidad y escalabilidad para soportar el servicio de señalización y algún otro que requiera. El uso de SIGTRAN en los STPs optimiza los recursos de enlaces de esta compañía, transportando la señalización en un ancho de banda más grande.

SIGTRAN es una base tecnológica para crecimiento de la compañía convirtiéndose en una plataforma hacia Softswitch, ya que SIGTRAN utiliza las bondades de los paquetes para transportar toda la información de gestión de llamadas en un medio confiable.

## Glosario.

**Alámbrica:** una comunicación alámbrica cuando utiliza canales de comunicación basados en cables metálicos.

**Aleatorio:** un fenómeno físico es aleatorio cuando tiene asociados aspectos probabilísticos, es decir, que no pueden ser descritos con certeza.

**Ancho de banda:** la diferencia entre la frecuencia máxima y la mínima contenidas en una señal.

**Atenuación:** disminución en la magnitud de una señal.

**Bidireccional:** una comunicación bidireccional es aquella en la cual puede ser enviada información tanto desde un transmisor hacia un receptor como desde este último hacia el primero.

**Bits:** palabra que significa símbolos o dígitos binarios; proviene de *binary digits*; es también una medida de la cantidad de información contenida en un mensaje, definida por C. E. Shannon.

**Canal:** se usa para identificar una trayectoria a través de la cual serán enviadas señales; también se usa para describir una banda de frecuencias.

**Células:** regiones en las cuales está instalada una estación de radio.

**Cobertura:** es el área geográfica que está incluida en una red o un servicio de telecomunicaciones.

**Codificar:** representar cada uno de los símbolos provenientes de microondas: es un término que se refiere a señales cuyas frecuencias sean mayores de aproximadamente 500 MHz.

**Datagrama:** Conjunto de datos que se envían como mensajes independientes.

**Foto Diodo:** es un dispositivo semiconductor de unión p-n cuya región de operación está limitada a la región de polarización inversa.

**Diafonía:** Efecto de acoplamiento perjudicial entre 2 circuitos o canales. El acoplamiento puede ser inductivo, capacitivo o conductivo.

**Diodo Láser:** convertidor de corriente a fuente de luz.

**Ethernet:** También conocido como IEEE 802.3 es el estándar más popular para las redes LAN. Este permite datos a través de la red a una velocidad de 10 Mbps, utilizando el método de transmisión de datos en acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones.

**Hub:** su propósito es regenerar y retemporizar las señales de red. Esto se realiza a nivel bits para un gran número de host, utilizando un proceso llamado concentración; este es muy similar a la de un repetidor, también suele llamarse repetidor multipuerto.

**Muestreo:** proceso mediante el cual se representa una señal continua por medio de valores discretos de la misma, llamados muestras.

**Nodos:** puntos en los cuales se ubican equipos de procesamiento en una red, y a los cuales están conectados los enlaces de la misma.

**PCN / PCS:** personal communication network / personal communication system: servicios personales de comunicación.

**Privacía:** característica que señala el hecho de que solo los usuarios autorizados de la información pueden tener acceso a ella.

**Protocolo:** conjunto de reglas para que pueda ser realizado un proceso de telecomunicaciones.

**Punto a multipunto:** comunicación que se origina en un punto geográfico y que puede estar destinada a muchos receptores en puntos geográficamente distante.

**Radiotelefonía celular:** telefonía basada en transmisiones de radio, que usan una red cuya área de cobertura está dividida en células.

**Redes locales:** redes de telecomunicaciones con pequeñas arcas de cobertura (por ejemplo, edificios).

**Redes conmutadas:** redes de telecomunicaciones que usan el principio de conmutación: compartir canales entre diferentes conversaciones.

**Redundancia:** dígitos que se agregan a un mensaje, tales que, a pesar de no contener información, ayudan a detectar o corregir errores.

**Router:** es un dispositivo con toma de decisiones basadas en grupos de direcciones de red en contraposición con las direcciones MAC. Este pertenece a la capa 3. Esos dispositivos también pueden conectar distintas tecnologías de la capa 2, como puede ser Ethernet, Token – Ring y FDDI.

**Router, encaminador:** Es un equipo con varias direcciones IP, una para cada red, que permite el tráfico de paquetes entre sus redes.

**Orientado a conexión:** Es referido a establecer una conexión previa entre 2 máquinas antes de poder transmitir, posteriormente transmitir la información ordenada y sin duplicados para finalmente cerrar la conexión.

**Ruido:** perturbaciones indeseadas que tienden a oscurecer el contenido de información en una señal.

**Rutas:** sucesión de enlaces que conducen la información a través de una red, desde su origen hasta su destino.

**Satélite de telecomunicaciones:** satélite estacionado en una órbita ecuatorial, siempre en la misma posición respecto a la Tierra ("geoestacionario"), cuya función es reflejar señales que recibe desde un punto de la Tierra, hacia una región de ésta; los satélites están a una distancia de 35 784 km del ecuador.

**Satélites de órbita baja:** satélites no estacionarios cuyas distancias desde la Tierra son de entre 200 y 2000 km.

**Señalizar:** proceso mediante el cual se notifica algo (es decir, se envía una señal de control de un equipo de la red a otro).

**Switch:** similar a un puente este dispositivo toma las decisiones en base a las direcciones MAC, haciendo que la red LAN sea más eficiente, éste es un dispositivo de la capa 2. Comúnmente se le llama Puente Multipuesto.

**Tasas de transmisión:** número de símbolos digitales que se transmiten por un canal en cada segundo.

**Telebanco:** realización de operaciones bancarias mediante el uso de las telecomunicaciones.

**Telecompras:** realización de transacciones de compra-venta mediante el uso de las telecomunicaciones.

**Teleconferencias:** realización de conferencias y juntas entre personas utilizando redes de telecomunicaciones.

## Bibliografía.

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.  
Diplomado en Redes TCP/IP.

Manual InteRed 1996.  
InteRed S.A. de C.V.

Computer Networks.  
Andrew S. Tanenbaum, Vrije University.

Electrónica Teoría de Circuitos.  
Boylestad Nashelsky.  
2000 Cisco System.

Luís Alfonso Rodríguez V. "Curso Práctico de electrónica digital" Tomo 3  
Tecnología aplicada. 1ra edición. Buenos Aires, Argentina 1999

IEEE Comunicaciones. "Servicios de Comunicaciones Personales", Vol.  
34 No. 3,9,12. 1996  
Sistemas de Comunicación Personal y Tecnologías Digitales Inalámbricas -  
CINTEL. Santa Fe de Bogotá, septiembre de 1996.

Manual Técnico de Sistema de Señalización No 7  
**ERICSSON** EN/LZU 3327/1 Pag. 1- 8.

Redes para proceso distribuido.  
Segunda Edición.  
Jesús García, Santiago Fernando, Mario Riottini.  
R.A. M.A.

Signaling System #7.  
Third Edition.  
Travis Russell.

Telecommunications Protocols.  
Second Edition.  
Travis Russell.

IP Quality of Service.  
The complete resource for understanding and deploying IP quality of service for  
Cisco networks.  
Ciscopress.com  
Srinivas Vegesna CCIE No. 1399

Manual Referencia.

CISCO.

Tratamiento completo y actualizado: MPLS, Seguridad, LAN remotas, métodos, enrutamiento, listas de acceso, detección de problemas, comando más habituales, etc.

Mc Gram Hill.

Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digit Systems.

William C.Y. Lee

Second Edition

Mcgraw Hill Inc.

Mobile Communications.

A. Jagoda

M. De Villepin.

Wiley Edi.

Tecnología Móvil

Aplicaciones GSM, GPRS, UMTS, WIFI

Prologado por Fernando Fernández Méndez de Andrés

Rector de la Universidad Europea de Madrid

Anaya Multimedia

Series on computer communications

ISDN.

Gray C. Kessler

McGraw Hill Inc

Serving the need for knowledge.

Digital Telephony

Third Edition

John C. Bellamy

Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing

John G. Proakis Series Editor.

Signaling System # 7

Third Edition

Travis Russell

McGraw Hill

A division of the McGraw Hill companies

Tesis Profesional.

Estudio de las Nuevas Tecnologías Aplicables al crecimiento de la red UNAM.

Aut. Domínguez Rojas Javier.

Pérez Ramírez Alfredo

Dir Tesis. Ing David Bernardo Estopier Bermudez

ENEP ARAGON.

Tesis Profesional.

Administración de Redes ATM.

Aut. Hugo D. Valeriano Robles.

Carlos Zugasti Cruz

Dir Tesis. Ing David Bernardo Estopier Bermudez

ENEP ARAGON.

Redes ATM.

Principios de Interconexión y su Aplicación.

Aut. Luís Guijarro Coloma.

Universidad Politécnica de Valencia.

Edit Rama.

Comunicación de datos redes y computadoras.

4. Edición.

Aut Fred Halsall

University of Wales, Swansea.

Addison - Wesley / Iberoamericana.

Broadband Packet Switching Technologies.

Aut H. Jonathan Chao.

Cheuk H. Lam

Eiji Oki.

Edit Wiley - Interscience.

Manual

System Training for GSM

Aut John C. Clark

NOKIA

PAGINAS CONSULTADAS EN RED:

<http://ietf.org/rfc/rfc1700.txt>

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

[www.teléfonos-moviles.com](http://www.teléfonos-moviles.com)

[www.cofetel.gob.mx](http://www.cofetel.gob.mx)

[www.cisco.com/go/7200](http://www.cisco.com/go/7200)

[www.cisco.com/go/7500](http://www.cisco.com/go/7500)

[www.cisco.com/go/7600](http://www.cisco.com/go/7600)

[www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps167/products\\_customer\\_success\\_story0900aecd8027ceda.html](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps167/products_customer_success_story0900aecd8027ceda.html)

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

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

[www.ciscoredaccionvirtual.com/redaccion/articulodestacado/ver\\_comunicados.asp?Id=419](http://www.ciscoredaccionvirtual.com/redaccion/articulodestacado/ver_comunicados.asp?Id=419)

[www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns223/ns227/networking\\_solutions\\_package.html](http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns223/ns227/networking_solutions_package.html)