

17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE INGENIERÍA

*"METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN DE DATOS USADA EN LA GESTIÓN DE ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN SDH Y WDM"*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

P R E S E N T A:

RITA MÉNDEZ SERRANO

DIRECTOR M. EN C LAURA A HERNÁNDEZ MONROY  
CO-DIRECTOR DR. FRANCISCO J GARCIA UGALDE



1841030



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

---

## Agradecimientos

El presente trabajo está dedicado a todas aquellas personas que colaboraron para el feliz termino de mis estudios como Ingeniero en Telecomunicaciones : familiares, amigos, profesores y compañeros de la generación 91-95.

De todas ellas, existen algunas muy importantes y que merecen un reconocimiento especial.

Carmen Serrano Moreno y Mario Gilberto Méndez Martínez, mis padres, ellos son mi ejemplo y fuerza.

José Gilberto Méndez Serrano, mi hermano, guía cariñoso y objetivo.

Francisco José Tarasuk Correa, mi esposo, compañero de los días presentes y futuros, mis alas y equilibrio.

A ellos agradezco su profundo amor, el tiempo que me concedieron y su gran paciencia.

---

# Índice

Introducción .....	1
1. Fundamentos teóricos.....	4
1.1 Red de gestión de telecomunicaciones ( RGT ).....	4
1.2 Red de Telecomunicaciones.....	19
1.3 Sistemas de operación.....	20
1.4 Red de Comunicación de Datos (RCD).....	21
2. Descripción de la red de transmisión.....	40
2.1 Tecnologías de Transmisión.....	40
2.2 Tendencias en México.....	57
3. Metodología de diseño para una red de comunicación de datos usada en la gestión de elementos de transmisión.....	60
3.1. Consideraciones generales sobre planificación y diseño.....	60
3.2 Caso de estudio 1.....	78
3.3 Caso de estudio 2.....	89
3.4 Caso de estudio 3.....	98

---

---

4. Evaluación económica.....	108
4.1 Caso de estudio 1.....	109
4.2 Caso de estudio 2.....	112
4.3 Caso de estudio 3.....	114
5. Conclusiones.....	116
Bibliografía.....	118
Anexo 1.....	119
Anexo 2.....	121
Anexo 3.....	124
Anexo 4.....	126
Anexo 5.....	127

---

# Introducción

Convergencia es la palabra más usada en el ámbito de las telecomunicaciones en los últimos años. Ofrecer servicios de voz, datos, imágenes y video sobre una misma infraestructura es el ideal al que aspiran los prestadores de servicios de telecomunicaciones. Sin embargo no es sólo la idea de lograr ofrecerlos sobre una misma plataforma la que mueve a los operadores actualmente, lo es, sin duda, ofrecerlos con un menor costo, mayor calidad y menores tiempos de liberación en servicios innovadores.

Las tres características que se mencionaron anteriormente se deben lograr a través de un balance de objetivos que muchas veces son opuestos; algunos autores <sup>1</sup> llaman a este balance *administración del servicio*.

Si la administración del servicio es difícil de lograr bajo condiciones estables, ya que implica una relación estrecha entre áreas operativas y requiere de procesos y procedimientos conocidos y aplicados por todos, la dificultad en nuestros días para lograrla es aún mayor, por el ambiente inestable que experimenta el mercado de las telecomunicaciones.

Este mercado –compuesto por cientos de proveedores de servicios y fabricantes de equipos- requiere de estandarización y una administración eficaz.

Para facilitar esta tarea, la Unión Internacional de Telecomunicaciones o International Telecommunications Union (ITU) generó una serie de recomendaciones que permiten llevar a cabo una administración del servicio, al modelo definido por estas recomendaciones se le llamó Red de Gestión de Telecomunicaciones (RGT) o Telecommunications Management Network (TMN). La serie M.3000 comprende las recomendaciones del modelo RGT y fue publicada en 1986 .

En la serie M.3000 se presentan cuatro aspectos de la administración de un operador de telecomunicaciones : *administración del negocio, administración del servicio, administración de la red y sistemas* y, por último, la *administración de los elementos de red*.

Los cuatro aspectos que se mencionaron anteriormente se interrelacionan a través de un modelo de capas que es semejante a una pirámide, donde la punta la compone la administración del negocio. La administración del servicio toma los objetivos y necesidades de la administración del negocio para establecer sus requerimientos y prioridades.

---

<sup>1</sup> Elizabeth K Adams y Keith J Willets en su libro *The Lean Communications Provider*

El esquema más importante del modelo RGT es que el desempeño del negocio de un proveedor de servicios apoya su excelencia en la administración de los mismos. La excelencia en la administración de servicios sólo se logra cuando la administración de la red y la administración de los elementos se consigue.

Los operadores telefónicos realizaban la administración de la red y de sus elementos relativamente bien hasta hace unos años. Sin embargo la evolución de los sistemas ha permitido que las herramientas para realizar la labor antes mencionada sean cada vez más poderosas y eficientes. En la última década se han desarrollado sistemas por los fabricantes de los equipos, que permiten realizar esta complicada tarea.

Generalmente los elementos de la red se pueden clasificar en dos grandes categorías, según su función, de acuerdo con la norma M.3010 de la ITU : los que tienen funciones involucradas directamente en el proceso de telecomunicación y los que llevan a cabo las funciones de soporte de telecomunicaciones no directamente involucradas en el proceso de telecomunicación. Dentro de la primera categoría se distinguen a su vez dos tipos de elementos: elementos de transmisión y elementos de conmutación. El desarrollo de este trabajo se concentra en los elementos de transmisión.

Actualmente, los principales proveedores de servicios de telecomunicaciones emplean como tecnologías de transmisión la jerarquía digital síncrona también conocida como SDH<sup>2</sup> y la multiplexación por división de longitud de onda llamada WDM<sup>3</sup>. En algunos casos también se usa la jerarquía digital plesiócrona o PDH<sup>4</sup>; sin embargo ésta tiende a sustituirse.

Los sistemas responsables de administrar estos diversos elementos de transmisión son desarrollados por cada proveedor de manera independiente, pero siguiendo los lineamientos de las recomendaciones de la serie M.3000 entre otras. Estos sistemas requieren, para funcionar de una comunicación permanente con los equipos que van a administrar. La forma de lograr esa comunicación es usar una *Red de Comunicación de Datos* también conocida como RCD o DCN, por sus siglas en inglés (Data Communications Network )

Anteriormente la labor de administración de estos equipos se llevaba a cabo a través de personal ubicado en cada uno de los sitios donde se encontraban instalados; esto provocaba costos considerables al proveedor de servicios de telecomunicaciones.

Estos costos se pueden abatir si se considera la implementación de una RCD que permita la administración remota de cada uno de estos elementos.

---

<sup>2</sup> Synchronous Digital Hierarchy

<sup>3</sup> Wavelength Division Multiplexing

<sup>4</sup> Plesiochronous Digital Hierarchy

El objetivo de este trabajo es proporcionar una metodología de diseño para una RCD que permita la administración de los elementos de transmisión de un proveedor de servicios de telecomunicaciones.

La metodología tendrá como una de sus principales características la de contemplar una red abierta que no dependa de las características de un solo modelo de equipo o fabricante. Esta característica permitirá planear una sola RCD con lineamientos generales que permitan su evolución y mantenimiento.

Además de disminuir los costos, el esquema completo permitirá realizar una administración de servicios eficaz y metodológica que llevará a una adecuada administración del negocio.



# 1. Fundamentos teóricos

Para exponer con claridad la metodología propuesta en este trabajo es necesario comprender algunos conceptos básicos. El más importante está relacionado con la red de gestión de la infraestructura de telecomunicaciones ya que el objetivo de la metodología es el diseño de una parte de ésta red.

La mayor parte de la literatura técnica en este campo emplea el término TMN<sup>1</sup> para referirse a la red de gestión de la infraestructura de telecomunicaciones. En este trabajo se emplearán las siglas RGT que corresponden al término en español. Para todos los demás conceptos que requieran el uso de siglas y que se relacionen con el modelo de la RGT se seguirá este mismo criterio

## 1.1 Red de gestión de telecomunicaciones ( RGT )

Una de las principales preocupaciones en el ámbito de las telecomunicaciones es la interoperabilidad de las tareas de gestión para equipos de diferentes fabricantes.

La posibilidad de establecer procedimientos que permitan la ejecución de tareas de gestión de equipos de diferentes proveedores se planteó a través del uso de modelos genéricos. Uno de éstos modelos es la RGT.

El estudio de la RGT en la UIT-T<sup>2</sup> tuvo su origen en la definición de interfaces y la especificación de protocolos entre sistemas de operaciones y terminales de transmisión. Pronto se estableció que el concepto de RGT incluyera la elaboración de Recomendaciones relativas a las redes de información que actúan como soporte de la gestión de todas las redes y servicios de telecomunicaciones.

La norma M.3000 del CCITT<sup>3</sup> define con detalle el concepto RGT y lo hace a través de la exposición del alcance, objetivos básicos, campos de aplicación, funciones y arquitectura. Siguiendo esta estructura podremos comprender el concepto de la RGT y el papel de la metodología propuesta en este trabajo.

### 1.1.1 Alcance y objetivos

La RGT tiene dentro de sus objetivos básicos el proporcionar un marco ó estructura a través de la introducción de modelos genéricos. El uso de éstos modelos y de interfaces normalizadas permitirán ejercer una gestión general de equipos diversos.

---

<sup>1</sup> Telecommunications Management Network

<sup>2</sup> International Telecommunications Unit – Telecommunications division, Unión Internacional de Telecomunicaciones- división Telecomunicaciones. Anteriormente llamada CCITT

<sup>3</sup> Ahora ITU-T

La introducción de la RGT ofrece a las Administraciones<sup>4</sup> :

- La posibilidad de lograr una diversidad de objetivos de gestión, en particular la aptitud para minimizar los tiempos de reacción de gestión ante eventos de la red.
- Minimizar la carga causada por el tráfico de gestión cuando se utiliza la red de telecomunicaciones para encausarlo,
- Posibilitar la distribución geográfica del control sobre aspectos de la operación de red.
- Proporcionar mecanismos de aislamiento para minimizar los riesgos de seguridad así como localizar y contener las fallas de la red.

Los objetivos descritos anteriormente redundarán en una mejor asistencia de servicio e interacción con los clientes.

### 1.1.2 Campos de aplicación

Entre los ejemplos de redes, servicios de telecomunicación y tipos principales de equipo que pueden ser gestionados por la RGT se encuentran los siguientes:

- Redes públicas y privadas, incluidas las Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI) de banda estrecha y de banda ancha, (incluido el ATM<sup>5</sup>) redes móviles, redes telefónica privadas, redes privadas virtuales y redes inteligentes.
- La propia RGT.
- Terminales de transmisión (multiplexores, transconectores, equipos de modulación de canal, jerarquía digital síncrona, etc.).
- Sistemas de transmisión digitales y analógicos (cable, fibra, radio, satélite, etc.).
- Sistemas de restauración.
- Sistemas de operaciones y sus periféricos.
- Ordenadores principales, procesadores frontales, controladores de agrupaciones, servidores de ficheros, etc.

<sup>1</sup> El término Administraciones abarca las empresas de telecomunicaciones, administraciones públicas y privadas (clientes y terceras partes) y/u otras organizaciones que operan o utilizan una RGT

<sup>5</sup> Asynchronous Transfer Mode , Modo de transferencia asíncrona

- Centrales públicas y privadas, digitales y analógicas.
- Redes de área (ampliada, metropolitana o local).
- Redes con conmutación de circuitos y de paquetes.
- Terminales y sistemas de señalización, incluidos los puntos de transferencia de las señales (STP, *signal transfer points*) y bases de datos en tiempo real.
- Terminales de usuario RDSI.
- Soporte lógico proporcionado por o asociado a servicios de telecomunicación; por ejemplo: soporte lógico de conmutación, directorios, bases de datos de mensajes, etc.
- Aplicaciones de soporte lógico que corren en ordenadores principales, etc. (incluidas aplicaciones que soportan RGT).
- Sistemas soporte asociados (módulos de prueba, sistemas de alimentación de energía, unidades de acondicionamiento de aire, sistemas de alarmas de edificios, etc.).

Además, una RGT puede ser utilizada para gestionar entidades distribuidas y servicios ofrecidos, agrupando conjuntamente elementos de la lista precedente.

La RGT ha sido concebida para soportar una gran diversidad de áreas de gestión que abarcan la planificación, instalación, operaciones, administración, mantenimiento y la puesta en servicio de redes de telecomunicaciones y la prestación de servicios. El UIT-T<sup>6</sup> clasifica la gestión en cinco grandes áreas funcionales de gestión :

1. Gestión de la calidad de funcionamiento;
2. Gestión de fallos;
3. Gestión de la configuración;
4. Gestión de la contabilidad;
5. Gestión de la seguridad.

---

<sup>6</sup> International Telecommunications Unit – Telecommunications división, Unión Internacional de Telecomunicaciones- división Telecomunicaciones

### 1.1.3 Funciones

La RGT consta de las siguientes funciones:

- Permitir el intercambio de información de gestión entre el entorno de telecomunicaciones y el entorno RGT, así como a través de las fronteras entre entornos RGT.
- Convertir información de gestión de un formato a otro, con objeto de que la información de gestión que fluya dentro del entorno de la RGT sea coherente.
- Transferir información de gestión entre ubicaciones pertenecientes a la RGT.
- Analizar y reaccionar apropiadamente a la información de gestión.
- Manipular información de gestión de modo que adquiera una forma útil y/o apropiada para el usuario de información de gestión.
- Entregar información de gestión al usuario de dicha información, para presentarla en una forma de representación apropiada.
- Asegurar a los usuarios de información de gestión autorizados un acceso seguro a dicha información.

### 1.1.4 Arquitectura

Parte de la información intercambiada en la RGT puede ser utilizada como soporte de más de una área de gestión. La RGT debe percibir las redes de telecomunicaciones y los servicios como colecciones de sistemas cooperantes. La arquitectura es el concepto que orquesta la gestión de distintos sistemas a fin de obtener un efecto coordinado con respecto a la red y los requerimientos que debe cumplir son :

- Hacer posibles diversas estrategias de implementación y diversos grados de distribución de la funcionalidad de gestión.
- Posibilitar la gestión de redes, equipos y servicios heterogéneos en un entorno de telecomunicaciones.
- Prever una estructura por bloques en la que las funciones de gestión puedan operar autónomamente.
- Prever posibles cambios tecnológicos y funcionales.

- Incluir capacidades de migración que potencien las primeras fases de implementación y que permitan ulteriores mejoras.
- Proporcionar un grado apropiado de fiabilidad en el soporte de funciones de gestión.
- Proporcionar una funcionalidad de seguridad apropiada en el soporte de funciones de gestión.
- Posibilitar a los clientes, proveedores de servicios de valor añadido y otras Administraciones el acceso a funciones de gestión.
- Posibilitar la existencia de diferentes o idénticos servicios de gestión en diferentes ubicaciones, aun cuando un servicio acceda al mismo elemento de red.
- Atender a los requisitos impuestos por un número grande o pequeño de objetos gestionados.
- Posibilitar el funcionamiento entre redes gestionadas por separado, de modo que sea posible prestar servicios compartidos entre Administraciones.
- Hacer posible la gestión de redes híbridas constituidas por equipos de red mixtos.
- Obtener una relación confiabilidad-costo flexible en todos los componentes de gestión de la red.
- Admitir la transparencia de ubicación y la resolución de asociación.
- Proporcionar mecanismos destinados a mantener la información necesaria para la comunicación entre sistemas.

Dentro de la arquitectura RGT general existen tres aspectos básicos de ésta que pueden ser considerados por separado al planificar y diseñar una RGT. Estos tres aspectos son los siguientes:

1. La arquitectura funcional.- describe la distribución apropiada de funcionalidad dentro de la RGT, a fin de posibilitar la creación de bloques de función, a partir de los cuales se pueda realizar una RGT de cualquier grado de complejidad. La definición de bloques de función y puntos de referencia entre bloques de función da origen a los requisitos aplicables a las especificaciones de interfaz recomendadas para la RGT.
2. La arquitectura de información.- basada en un planteamiento orientado al objeto, proporciona el fundamento de aplicación de los principios de gestión

de sistemas de interconexión de sistemas abiertos OSI<sup>7</sup> a los principios de la RGT. Se establece una correspondencia entre los principios de gestión de sistemas OSI y del directorio X.500, por un lado, y los principios RGT por el otro, y posteriormente se expanden los primeros para adecuarlos al entorno RGT cuando sea necesario.

3. La arquitectura física.- describe interfaces realizables y ejemplos de componentes físicos que integran la RGT .

#### 1.1.4.1 Arquitectura Funcional

Esta compuesta por los siguientes bloques funcionales : Función de Sistemas de operaciones (FSO), funciones de mediación (FM), funciones de comunicación de datos (FCD), funciones de elemento de la red (FER) y funciones de estaciones de trabajo (FETR)

El bloque FCD debe ser usado por los demás bloques funcionales de la RGT para intercambiar información. Su principal papel es la de proveer mecanismos para el transporte de la información. Este bloque funcional debe proveer funciones de interconexión, enrutamiento y envío, así como las primeras capas del modelo OSI.

#### 1.1.4.2 Arquitectura de información

En la norma M.3010 se describe un planteamiento orientado al objeto para los intercambios de información orientados a la transacción. El intercambio de información deberá realizarse por lo general utilizando las Recomendaciones X.710 y X.711<sup>8</sup>. La información de gestión es considerada desde dos puntos de vista:

- a) *Modelo de información de gestión.* Representa una abstracción de los aspectos de gestión de los recursos de la red y de las actividades relacionadas con el soporte. Este modelo determina el alcance de la información que es posible intercambiar de manera normalizada. Esta actividad de soporte del modelo de información tiene lugar a nivel de aplicación, e involucra una variedad de funciones de aplicación de gestión, por ejemplo almacenamiento, recuperación (o consulta) y procesamiento de información. Las funciones involucradas a este nivel reciben el nombre de bloques de función de la RGT.
- b) *Intercambio de información de gestión.-* El intercambio de información de gestión involucra a las FCD, por ejemplo en el caso de una red de comunicación, y a las FM, que permiten conectar distintos componentes

<sup>7</sup> Open Systems Interconnection

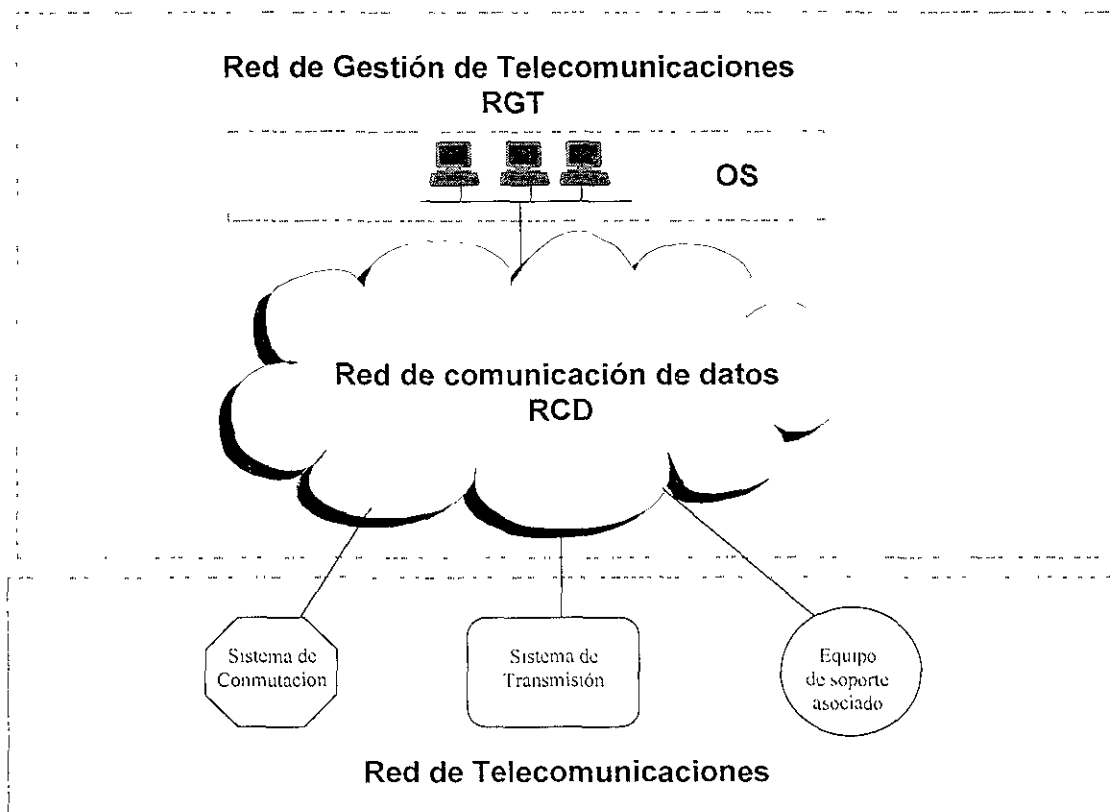
<sup>8</sup> Recomendaciones que definen los servicios comunes de información de gestión (CMIS) y al protocolo común de información de gestión (CMIP), así como los conceptos de gestor y de agente.

físicos a la red de telecomunicaciones en una interfaz dada. Este nivel de actividad involucra solamente mecanismos de comunicación tales como las pilas de protocolo.

### 1.1.4.3 Arquitectura Física

En la Figura 1 se representa la relación general existente entre una RGT y una red de telecomunicaciones gestionada por ella. Desde el punto de vista conceptual, una RGT es una red aparte que asegura la interfaz con una red de telecomunicaciones en diversos puntos para el envío y recepción de información entre las dos redes para el control de sus operaciones.

Una RGT puede utilizar partes de la red de telecomunicaciones para proporcionar sus comunicaciones.



*Figura 1*

*Esquema general de una Red de Gestión de Telecomunicaciones (RGT)*

El concepto básico subyacente a una RGT estriba en proporcionar una arquitectura organizada a fin de conseguir la interconexión entre diversos tipos de sistemas de

operaciones también conocidos como SO<sup>9</sup> y/o equipos de telecomunicaciones para el intercambio de información de gestión utilizando una arquitectura convenida y con interfaces normalizadas, incluidos protocolos y mensajes.

Las RGT son redes de complejidad variable que lo mismo pueden consistir en una conexión muy simple de un sistema de operaciones con un solo equipo de telecomunicaciones, hasta una red compleja que interconecte muy distintos tipos de SO y de equipos de telecomunicaciones. Pueden prestar funciones de gestión y ofrecer comunicaciones tanto entre diferentes SO como entre los SO y las diversas partes de la red de telecomunicaciones.

### 1.1.5 Bloques constitutivos de la RGT

La implementación de funciones de la RGT puede tener lugar en muy diversas configuraciones físicas. La RGT está constituida por bloques constitutivos que están asociados a un bloque de función característico. Los bloques constitutivos también pueden tener asociado adicionalmente otro bloque de función.

Las funciones básicas de cada uno de los elementos las denominaremos como sigue :

- FER .- función de elemento de la red
- FM.- función de mediación
- FAQ .- función de adaptador Q
- FSO .- función de sistema de operaciones
- FETR .- función de estación de trabajo

Cada una de estas funciones corresponde a cada uno de los bloques constitutivos, con excepción del bloque de red de comunicación de datos (RCD). Se identifican seis diferentes bloques constitutivos :

1. **Sistema de operaciones SO** (también conocidos como OS, *operations system*): Ejecuta funciones de monitoreo y control de los elementos de una red de telecomunicaciones. Puede proporcionar opcionalmente las funciones de mediación, de adaptador Q y de estación de trabajo. Generalmente son plataformas de cómputo de gran capacidad con *software* que permite la realización de las funciones antes descritas.
2. **Dispositivo de mediación DM** (MD, *mediation device*): Dispositivo intermediario. Es capaz de proporcionar opcionalmente las funciones de

---

<sup>9</sup> Abreviatura del Sistema de operaciones también se usa el término OS del inglés Operations Systems



sistemas de operaciones, de adaptador Q y de estación de trabajo. Los dispositivos de mediación pueden ser implementados como jerarquías de dispositivos en cascada.

3. **Adaptador Q AQ** (QA, *Q adaptor*): Dispositivo que conecta elementos asimilables a elementos de red o sistemas asimilables a sistemas de operaciones dotados de interfaces no compatibles con la RGT (puntos de referencia m) con interfaces  $Q_x$  o  $Q_3$ .
4. **Red de comunicación de datos RCD** (DCN, *data communication network*): Red de comunicación interna a una RGT que soporta la función de comunicaciones de datos. La red de comunicación de datos representa una implementación de las capas 1 a 3 de la interconexión de sistemas abiertos, que incluye todas las normas del UIT-T (anteriormente CCITT) o de la ISO pertinentes, correspondientes a las capas 1 a 3. La red de comunicación de datos no proporciona funcionalidad alguna en las capas 4 a 7. La red de comunicación de datos podrá constar de cierto número de subredes individuales de tipos distintos, interconectadas entre sí. Así, por ejemplo, la red de comunicación de datos podrá contar con una subred de base que proporcione conectividad a todo lo ancho de la RGT entre diversas subredes que proporcionen acceso local a la red de comunicación de datos. Estos diversos tipos de subredes podrán incluir subredes de tecnología específica, como el canal de comunicación de datos de la jerarquía digital síncrona.
5. **Elemento de red ER** (NE, *network element*): Elemento constituido por equipos de telecomunicación (o grupos/partes de equipos de telecomunicación) y equipos de soporte, así como cualquier parte o grupos de partes que se considere pertenecen al entorno de telecomunicaciones. El elemento de red podrá contener opcionalmente cualquiera de los restantes bloques de función de la RGT, con arreglo a sus requisitos de implementación. El elemento de red cuenta con una o más interfaces de tipo Q normalizadas, y opcionalmente podrá contar con interfaces F y X. Los equipos semejantes al elemento de red que no posean una interfaz normalizada de la RGT accederán a la RGT a través de una función de adaptador Q, que proporcionará la funcionalidad necesaria para la conversión de una interfaz no normalizada de gestión y una normalizada.
6. **Estación de trabajo ETR** (WS, *workstation*): Sistema que ejecuta funciones de traducción de información situada en el punto de referencia f, a un formato gráfico situado en el punto de referencia g, y viceversa.

## 1.1.6 Interfaces normalizadas de la RGT

Los elementos que componen la arquitectura física generalizada de la RGT deben interactuar a través de interfaces.

Las interfaces normalizadas de la RGT posibilitan la interconexión de ER, SO, DM, AQ y ETR vía la RCD. La especificación de interfaz tiene por objeto asegurar la compatibilidad de dispositivos interconectados, a fin de conseguir que una función dada de la RGT sea independiente del tipo de dispositivo o del proveedor. Para ello se requieren protocolos de comunicación compatibles y un método de representación de datos compatible para los mensajes, incluyendo definiciones de mensaje genéricas compatibles para las funciones de gestión de la RGT. En la Recomendación M.3020<sup>10</sup> se definen lineamientos para los protocolos a aplicar en interfaces normalizadas de la RGT.

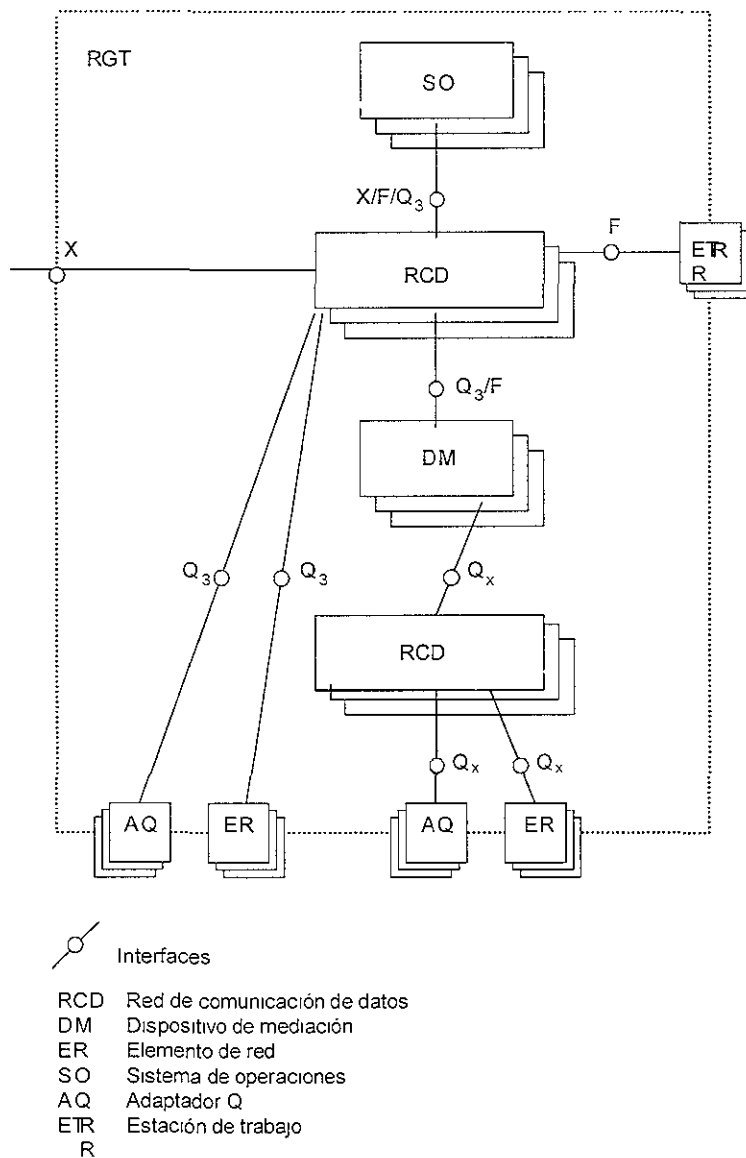
Hay que tomar en consideración la compatibilidad con las facilidades disponibles de transporte de datos más eficaces para conseguir que permitan llegar a elementos de la red, por ejemplo, circuitos arrendados, conexiones con conmutación de circuitos, conexiones con conmutación de paquetes (Recomendación X.25), sistema de señalización por canal común N.º 7, canales de comunicaciones integrados de la SDH y canales D y B de redes de acceso a las RDSI.

En la Figura 2 se muestra la interconexión de los diversos bloques constitutivos de la RGT mediante un conjunto de interfaces inter operables normalizadas. Las interconexiones permisibles de estas interfaces normalizadas dentro de una RGT dada podrán ser controladas mediante las interfaces proporcionadas en la práctica y/o mediante restricciones de seguridad y encaminamiento proporcionadas en el interior de las diversas entidades de los bloques constitutivos (por ejemplo, contraseñas, actividades de conexión, asignaciones de encaminamiento en la red de comunicación de datos, etc.).

Las interfaces normalizadas de la RGT son definidas en correspondencia con los puntos de referencia, y son aplicadas en dichos puntos de referencia cuando se requieren conexiones físicas externas a ellos.

---

<sup>10</sup> Perteneciente a la serie M 3000



## NOTAS

1 Para este ejemplo simplificado, se considerará que los bloques constitutivos contienen sólo sus funciones obligatorias.

2 Las interfaces situadas a ambos lados de la RCD constituyen de hecho una sola interfaz entre sistemas finales para las capas 4 y superiores. Para las capas 1 a 3, representan las interfaces física, de enlace y de red entre un sistema final y la RCD

**Figura 2**

**Bloques constitutivos e interfaces de una RGT**

## Interfaz Q

La interfaz Q existe entre dos bloques funcionales que están en el mismo dominio de la RGT. La interfaz  $Q_x$  porta información que es compartida entre los dispositivos de mediación y los elementos de red que soporta. La interfaz  $Q_x$  existe entre los ER y los DM, QA y DM, DM y DM.

La interfaz Q es aplicada en puntos de referencia  $q$ . La interfaz Q se divide en  $Q_1$  ( que conecta elementos de la red que no contengan funciones de mediación con los dispositivos de mediación o con aquellos que contengan FM a través de una RCD) y  $Q_2$  ( usada para conectar DM entre sí, los ER que contengan FM con los DM o con otros ER que contengan FM a través de una RCD)

Para proporcionar flexibilidad en la realización, la clase de interfaces Q estará constituida de las subclases siguientes:

- Interfaz  $Q_3$  aplicada en el punto de referencia  $q_3$ .
- Interfaz  $Q_x$  aplicada en el punto de referencia  $q_x$ .

Los modelos de información correspondientes a ambos tipos de interfaces pueden ser potencialmente los mismos, pero lo normal sería que cuanto menos funcionalidad soporte el protocolo menos genérico sea el modelo de información. Por consiguiente, la FM es necesaria para proporcionar conversión entre los modelos de información.

### Interfaz $Q_3$

La interfaz  $Q_3$  es la que pertenece al SO. Cualquier componente funcional que se conecta directamente al SO usa la interfaz  $Q_3$ . En otras palabras, la interfaz  $Q_3$  está entre el ER y el SO; AQ y OS; DM y SO y además entre SO y SO.

La interfaz  $Q_3$  es la única que pueden utilizar los AQ, DM o ER para comunicarse con el sistema de operaciones. Si un AQ, DM o ER no usan las interfaces  $Q_3$  no pueden comunicarse directamente con el SO y tienen que utilizar un dispositivo de mediación. La interfaz  $Q_3$  lleva información perteneciente a los OS y los elementos de la RGT que los une.

### Interfaz $Q_x$

La interfaz  $Q_x$  lleva información de los dispositivos de mediación y los elementos de red que soporta. La interfaz  $Q_x$  está caracterizada por la porción del modelo de información compartida entre el DM y los ER y AQ que ella misma soporta. La interfaz  $Q_x$  siempre opera con un dispositivo de mediación. Nunca toma el lugar de una interfaz  $Q_3$ .

## Interfaz F

La interfaz F existe entre la ETR y el SO, y entre la ETR y el DM, es aplicada en puntos de referencia f. Se incluyen las interfaces F que conectan estaciones de trabajo con bloques constitutivos que contienen FSO o FM mediante una red de comunicación de datos.

## Interfaz X

La interfaz X es aplicada en el punto de referencia x. Será utilizada para interconectar dos

RGT, o para interconectar una RGT con otras redes o sistemas que posean una interfaz semejante a una de RGT. Por esa razón, esta interfaz requiere una seguridad superior a la requerida por una interfaz Q.

El modelo de información en la interfaz X fijará los límites del acceso disponible desde fuera de la RGT. Podrían ser necesarios requisitos de protocolo adicionales a fin de introducir el nivel de seguridad, perfiles de usuario, etc...

La especificación de la interfaz X debe tener en cuenta el funcionamiento entre diferentes RGT para el soporte de las aplicaciones compartidas por varias administraciones y los servicios comerciales. Administrativamente, la interfaz X puede variar dependiendo de las fronteras geográficas o jurisdiccionales intra-administraciones, nacionales e internacionales.

Los servicios de autenticación y control de acceso deberían considerarse obligatorios para la interfaz X. Los servicios de seguridad restantes (integridad de datos, confidencialidad, etc..) se consideran opcionales. Sin embargo, dependiendo de la aplicación particular, estos servicios de seguridad opcionales podrían tener que ser obligatorios. La interfaz X debe considerar el soporte de las aplicaciones administrativas y los servicios comerciales compartidos.

### 1.1.7 Relación entre interfaces de la RGT y bloques constitutivos y las funciones de la RGT

Los cuadros que se muestran en este punto nos permitirán observar las relaciones entre los bloques constitutivos, sus funciones e interfaces.

En el Cuadro 1 se definen las funciones que deben de ejercer los bloques constitutivos de una RGT. Existen algunas funciones opcionales y otras obligatorias.

En el cuadro 2 se establecen la relaciones entre las diferentes interfaces y los bloques constitutivos de la RGT.

*Cuadro 1.- Relación entre bloques constitutivos y bloques de función de la RGT*

(Notas 2 y 3)	FER	FM	FAQ	FSO	FETR
ER	M	O	O	O	O (Nota 1)
DM		M	O	O	O
AQ			M		
SO		O	O	M	O
ETR					M

Donde :

M significa obligatorio y O significa optativo

NOTAS :

1.- Los bloques constitutivos de la RGT pueden contener funcionalidad adicional que permita su gestión.

2.- Para que la FETR esté presente, deberán estar presentes también FM o la FSO.

## 1.2 Red de Telecomunicaciones

Una red de telecomunicaciones consta de muy diversos tipos de equipos. Pueden ser analógicos y digitales: equipos soporte asociados, sistemas de transmisión, sistemas de conmutación, multiplexores, terminales de señalización, procesadores frontales, ordenadores principales, servidores de archivos, etc.

Considerados como entes gestionados, estos equipos reciben genéricamente el nombre de elementos de red (ER). Previamente cuando se expusieron los componentes de la arquitectura física de la RGT se definió a un ER, retomando esa definición se profundizará en algunas otras características que serán importantes durante el desarrollo de la metodología. Los ER son entidades controladas por un procesador que pertenecen a una Red de Telecomunicaciones que primariamente proveen funciones de red de conmutación y transporte

Entre las funciones de un elemento de red se consideran las siguientes :

- Funciones de telecomunicación involucradas en el proceso de telecomunicación. Las funciones típicas en este caso son la conmutación y la transmisión.
- Funciones de soporte de telecomunicaciones no directamente involucradas en el proceso de telecomunicación. Constituyen ejemplos de esta clase la localización de fallos, la facturación, la conmutación de protección y el acondicionamiento de aire.

Obsérvese que las diversas partes de un ER no están geográficamente concentradas en una ubicación física. Dichas partes podrán estar, por ejemplo, distribuidas a lo largo de un sistema de transmisión.

La evolución de las redes de telecomunicaciones avanza de forma gradual con cada pequeña ampliación o mejora justificada, con criterios de inversión muy estrictos. La evolución está limitada por la necesidad de preservar la compatibilidad con la infraestructura existente.

Hace tiempo atrás, el cambio analógico a digital representó un importante avance tecnológico; sin embargo, 30 años después de las primeras instalaciones digitales, es sólo ahora cuando se está completando la digitalización de las áreas más avanzadas.

En el campo de las telecomunicaciones la orientación debe permanecer acorde con las características tecnológicas de los patrones técnicos existentes, donde el campo de la transmisión no está ajeno a estos cambios. Es de suma importancia poseer estos nuevos conocimientos y realizar un trabajo que implique una base

temática de lo existente y lo nuevo, para luego proseguir con una fase que conjugue en cierta medida las comparaciones entre las tecnologías

### 1.2.1 Sistemas de transmisión existentes en el mercado

A nivel mundial existen diferentes proveedores de equipos de telecomunicaciones que se dedican a fabricar ER que desempeñen alguna de las funciones que se mencionaron anteriormente.

Las funciones de conmutación han ido evolucionando de las grandes centrales electromecánicas a las centrales privadas o equipos conmutadores de paquetes.

Sin embargo los elementos de red que efectúan las funciones de transmisión son los que mas cambios han presentado dentro de las redes actuales de telecomunicaciones.

Los principales proveedores de equipos de transmisión que existen en el mercado son : Alcatel, Nortel, Lucent, NEC, Ericsson. En el Anexo 2 se encontrará una tabla de los diferentes equipos de transmisión de cada uno de éstos proveedores.

### 1.3 Sistemas de operación

Se entiende por gestión un conjunto de capacidades que permiten el intercambio y procesamiento de información de gestión a fin de ayudar a las Administraciones a realizar sus actividades con eficacia. Entre las funciones del Sistema de operación están :

- La configuración de equipo .- configuración de recursos de transmisión : puertos, estructura de trama, etc..
- El estado de gestión de un elemento
- La gestión de alarmas y fallas .- indicación de alarmas en vista de alto nivel, despliegue gráfico de estado de alarmas en los elementos de red, lista activa de alarmas, almacenamiento de registros en bitácoras
- Gestión de los programas de los elementos de la red.

La principal función de una red de transporte es proveer ancho de banda permanente y confiable entre todos los elementos creando una red global. Hacer esto en una red requiere de una jerarquía plena de aplicaciones de administración capaces de manejar desde un elemento de red hasta la infraestructura nacional.

En el anexo 3 se encontrará una tabla de los diferentes sistemas de operación que corresponden a los elementos de red de transmisión que se incluyen en el anexo 2.



## 1.4 Red de Comunicación de Datos (RCD)

Se define como aquella red que provee comunicación para los datos de administración entre los elementos de red y los sistemas de operación.

Es la red de comunicación interna a una RGT que soporta la función de *comunicaciones de datos*. La RCD representa una implementación de las capas 1 a 3 de la interconexión de sistemas abiertos, que incluye todas las normas del UIT-T o de la ISO pertinentes correspondientes a las capas 1 a 3. La red de comunicación de datos no proporciona funcionalidad alguna en las capas 4 a 7.

La red de comunicación de datos podrá constar de cierto número de subredes individuales de tipos distintos, interconectadas entre sí. Así, por ejemplo, la red de comunicación de datos podrá contar con una subred de base que proporcione conectividad a todo lo ancho de la RGT entre diversas subredes que proporcionen acceso local a la red de comunicación de datos. Éstos diversos tipos de subredes podrán incluir subredes de *tecnología específica*, como el canal de comunicación de datos de la jerarquía digital sincrona (SDH).

### 1.4.1 Servicios y protocolos

Un protocolo es un lenguaje de reglas y signos que rigen el intercambio de información entre computadoras. En este apartado veremos los protocolos TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol) y protocolos de OSI (Recomendación X.700).

#### 1.4.1.1 Modelos de referencia

Pensemos los módulos del *software* de protocolos en una pila vertical constituida por capas. Cada capa tiene la responsabilidad de manejar una parte del problema.

Existen dos modelos dominantes sobre la estratificación por capas del protocolo :

- Modelo OSI
- Modelo TCP/IP

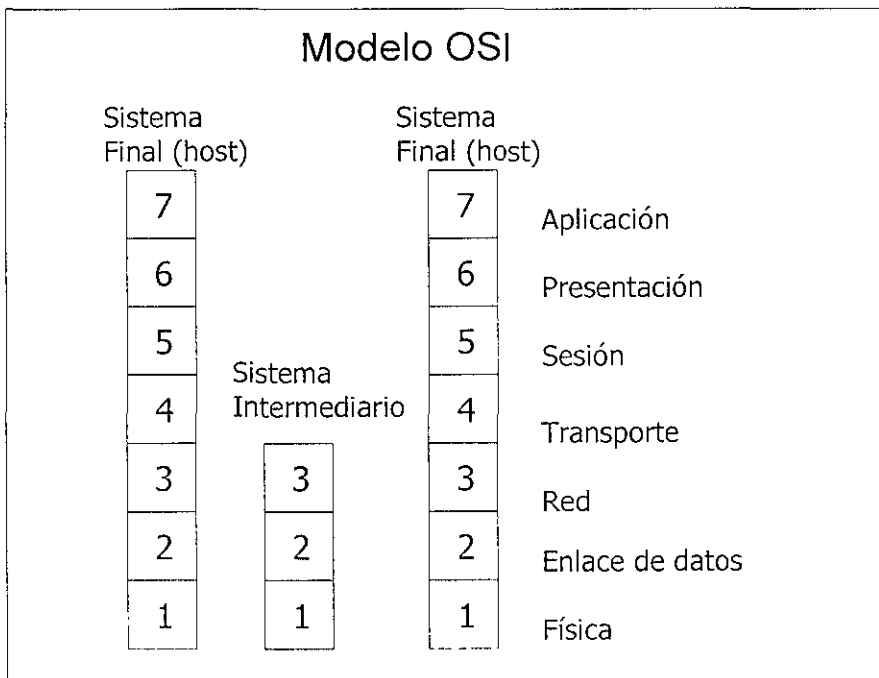
A continuación trataremos cada uno de ellos ya que en la metodología propuesta ambos tienen un papel muy importante.

## Modelo OSI

OSI es un acrónimo de las palabras *Open Systems Interconnection* que significan Interconexión de Sistemas Abiertos. Al comienzo de la década de los 80's mucha gente que conformaba comités de estandarización alrededor del mundo sintió que había llegado el momento de desarrollar un conjunto de protocolos estándar no propietarios. Ellos esperaban que un día esos protocolos reemplazarían la mayoría de las especificaciones dependientes de fabricantes y esto provocaría una comunicación a nivel mundial entre computadores fácil y flexible.

Un buen estándar internacional debe ser flexible y extensible. Para lograr este objetivo, parece ser buena idea separar una estructura compleja en varios módulos. Cada módulo debe ser de un tamaño manejable y si diferentes técnicas están disponibles para cierto aspecto del protocolo, entonces la separación en módulos hace más fácil cambiar una sola parte de todo el sistema, sin tocar el resto de la especificación.

Basado en el trabajo realizado por la Organización para la Estandarización Internacional ó ISO por las siglas del *inglés Organization for Standardization*, el modelo de referencia OSI también conocido como RM (Reference Model) definido en el estándar ISO 7498 divide el proceso de comunicación entre dos programas de aplicación en 7 capas intermediarias. El modelo OSI se muestra en la figura 3.



*Figura 3. Modelo OSI*

Cada capa provee un cierto tipo de servicio para la siguiente capa superior. Algunas de las entidades de capa pueden ser implementadas por dispositivos físicos, otras por sistemas operativos y algunas pueden ser incluidas en programas de aplicación.

La capa FÍSICA provee el servicio de transferir bits de un extremo del medio físico al otro. Esto incluye la especificación del medio. Esto incluye la especificación del medio (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica, espacio libre , .... ) así como los conectores, las técnicas de modulación, los límites ambientales, etc.

La capa de ENLACE DE DATOS usa la habilidad para transferir bits de la capa FÍSICA para proveer un enlace seguro entre dos *host*. Esto incluye funciones como la detección y corrección de errores, separación de bloques de datos, control de acceso al medio, etc..

En una red , no cualquier computadora debe estar conectada directamente a otra. Los *host* deben ser capaces de redireccionar paquetes de datos de acuerdo a un campo de dirección que viene agregado al paquete. La capa de RED provee de este servicio de enrutamiento y entrega de paquetes a cualquier *host* en la red. Un sistema intermediario, donde no hay un programa de aplicación involucrado en la comunicación, los paquetes sólo son procesados por las tres capas inferiores.

Cada capa (especialmente las 2 y 3) pueden operar en dos diferentes modos :

En el modo ORIENTADO A CONEXIÓN (CO) .- la comunicación va a través de diferentes etapas, un buen ejemplo es una llamada telefónica : marca, espera a que la conexión sea establecida, se comunica, se despide y espera que la otra persona también lo haga. El modo orientado a conexión garantiza que no se pierden paquetes y que todos los paquetes llegan en el mismo orden en que fueron enviados.

En contraste el modo NO ORIENTADO A CONEXIÓN (CL) sólo un servicio de datagrama es proveído, un ejemplo es el servicio postal. Nadie garantiza que las cartas lleguen en el mismo orden en el cual fueron enviadas, y cada sistema intermediario está permitido para descartar un paquete si no hay suficientes recursos para manejarlo. En los sistemas CL, las capas superiores tienen que realizar la secuencia de paquetes, retransmisión de paquetes perdidos, etc.. donde un flujo de datos confiable es requerido.

La capa de TRANSPORTE ha sido introducida para "esconder" las diferencias entre varios conceptos de red (orientados a conexión vs. No orientados a conexión y otras cosas como el tamaño máximo de paquete y calidad de servicio) desde el usuario con servicio de transporte orientado a conexión.

La principal ventaja de CLNS es que requiere pocos ciclos de CPU en los sistemas intermediarios (enrutadores) que son necesarios para el procesamiento de algoritmos de control de flujo complejos. Si no se requiere servicio de transporte orientado a conexión entonces el tiempo de respuesta debe ser significativamente más corto sobre CLNS. Por otra parte CONS hace la contabilidad más fácil para los proveedores ya que puede determinar cuantos paquetes han transitado.

Existen varias redes que son orientadas a conexión : las redes X.25, la red telefónica y las RDSI.

La capa de SESIÓN ofrece un mecanismo para incluir puntos de sincronización en el flujo de paquetes intercambiados y para regresar a uno de los puntos previos de sincronía. Esto puede ser útil si archivos grandes son transferidos y es posible recuperarse después de un corte sin retransferir todo el archivo. La capa de sesión sólo provee los medios para negociar una recuperación.

La recuperación tiene que ser hecha por la aplicación y no por el *software* que implementa la capa de sesión. Esta es la razón por la cual muchos expertos consideran a la capa de SESIÓN como una de las partes “oscuras” del modelo OSI por su dificultad para entenderla.

La capa de PRESENTACIÓN provee de negociación de la forma de representación (sintaxis) de los datos que serán transferidos.

Finalmente, la capa de APLICACIÓN provee de un servicio de aplicación específica. Esta no es la aplicación en sí misma, pero la capa de aplicación es directamente usada por un programa de aplicación. Por ejemplo, el programa de interface de usuario para el correo electrónico puede usar la capa de aplicación X.400 para enviar a un mensaje a otro *host*. Aquí la capa de APLICACIÓN tienen que trabajar con funciones como la resolución de direcciones, decisión de enrutamiento, transferir y convertir mensajes, etc.. Otros estándares de la capa de APLICACIÓN ofrecen servicios como acceso a sistemas de archivos remotos, controlar terminales de video y transacciones, etc..

El modelo de la ISO, elaborado para describir protocolos para una sola red, no contiene un nivel específico para el enrutamiento en el enlace de redes, como sucede con el protocolo TCP/IP.

## Modelo TCP/IP

El segundo modelo mayor de estratificación por capas no se origina de un comité de estándares, sino que proviene de las investigaciones que se realizan respecto al conjunto de protocolos de TCP/IP.

Con un poco de esfuerzo, el modelo ISO puede ampliarse y describir el esquema de estratificación por capas del TCP/IP, pero los presupuestos subyacentes son lo suficientemente distintos para distinguirlos como dos diferentes.

En términos generales, el *software* TCP/IP está organizado en cuatro capas conceptuales que se construyen sobre una quinta capa de hardware :

- Capa de aplicación. Es el nivel mas alto, los usuarios llaman a una aplicación que acceda a servicios disponibles a través de la red de redes TCP/IP. Una aplicación interactúa con uno de los protocolos de nivel de transporte para enviar o recibir datos. Cada programa de aplicación selecciona el tipo de transporte necesario, el cual puede ser una secuencia de mensajes individuales o un flujo continuo de octetos. El programa de aplicación pasa los datos en la forma requerida hacia el nivel de transporte para su entrega.
- Capa de transporte. La principal tarea de la capa de transporte es proporcionar la comunicación entre un programa de aplicación y otro. Este tipo de comunicación se conoce frecuentemente como comunicación punto a punto. La capa de transporte regula el flujo de información. Puede también proporcionar un transporte confiable, asegurando que los datos lleguen sin errores y en secuencia. El *software* de protocolo de transporte divide el flujo de datos que se está enviando en pequeños fragmentos (por lo general conocidos como paquetes) y pasa cada paquete, con una dirección de destino, hacia la siguiente capa de transmisión. La capa de transporte debe aceptar datos desde varios programas de usuario y enviarlos a la capa del siguiente nivel. Para hacer esto, se añade información adicional a cada paquete, incluyendo códigos que identifican qué programa de aplicación envía y qué programa debe recibir, así como una suma de verificación para verificar que el paquete ha llegado intacto y utiliza el código de destino para identificar el programa de aplicación en el que se debe entregar.
- Capa Internet. La capa Internet maneja la comunicación de una máquina a otra. Ésta acepta una solicitud para enviar un paquete desde la capa de transporte, junto con una identificación de la máquina, hacia la que se debe enviar el paquete. La capa Internet también maneja la entrada de *datagramas*, verifica su validez y utiliza un algoritmo de enrutamiento para decidir si el *datagrama* debe procesarse de manera local o debe ser transmitido.

- Capa de interfaz de red. El *software* TCP/IP de nivel inferior consta de una capa de interfaz de red responsable de aceptar los datagramas IP y transmitirlos hacia una red específica. Una interfaz de red puede consistir en un dispositivo controlador (por ejemplo, cuando la red es una red de área local a la que las máquinas están conectadas directamente) o un complejo subsistema que utiliza un protocolo de enlace de datos propios.

TCP/IP basa su estratificación por capas de protocolos, en la idea de que la confiabilidad punto a punto es un problema. La filosofía de su arquitectura es sencilla: una red de redes se debe construir de manera que pueda manejar la carga esperada, pero permitiendo que las máquinas o los enlaces individuales pierdan o alteren datos sin tratar repetidamente de recuperarlos.

Hay una pequeña o nula confiabilidad en la mayor parte del *software* de las capas de interfaz de red. En lugar de esto, las capas de transporte manejan la mayor parte de los problemas de detección y recuperación de errores.

El resultado de liberar la capa de interfaz de la verificación hace que el *software* TCP/IP sea mucho más fácil de entender e implementar correctamente.

Tener enlaces no confiables significa que algunos datagramas no llegarán a su destino. La detección y la recuperación de los datagramas perdidos se establecen entre el anfitrión fuente y el destino final y se le llama verificación *end-to-end*.

El *software* extremo a extremo que se ubica en la capa de transporte utiliza sumas de verificación, acuses de recibo e intervalos de tiempo para controlar la transmisión. TCP/IP enfoca la mayor parte del control de la confiabilidad hacia una sola capa.

TCP/IP requiere que los anfitriones participen en casi todos los protocolos de la red. Ya hemos mencionado que los anfitriones implementan activamente la detección y la corrección de errores de extremo a extremo. También participan en el enrutamiento puesto que deben seleccionar una ruta cuando envían datagramas y participan en el control de la red.

Independientemente del esquema de estratificación por capas que se utilice o de las funciones de las capas, la operación de los protocolos estratificados por capas se basa en una idea fundamental. Los protocolos estratificados por capas están diseñados de modo que una capa *n* en el receptor de destino reciba exactamente el mismo objeto enviado por la correspondiente capa *n* de la fuente.

El principio de estratificación permite que el diseñador de protocolos enfoque su atención hacia una capa a la vez, sin preocuparse acerca del desempeño de las capas inferiores.

Por ejemplo, cuando se construye una aplicación para transferencia de archivos, el diseñador piensa solo en dos copias del programa de aplicación que se correrá en dos máquinas y se concentrará en los mensajes que se necesitan intercambiar para la transferencia de archivos. El diseñador asume que la aplicación en el anfitrión receptor, es exactamente la misma que en el anfitrión emisor.

La estratificación por capas es una idea fundamental que proporciona las bases para el diseño de protocolos. Permite al diseñador dividir un problema complicado en varios problemas y resolver cada parte de manera independiente. En contraste, el *software* resultante de una estratificación por capas estrictas puede ser muy ineficaz.

Consideremos el trabajo de la capa de transporte, debe aceptar un flujo de octetos desde un programa de aplicación, dividir el flujo en paquetes y enviar cada paquete a través de la red de redes.

Para optimizar la transferencia, la capa de transporte debe seleccionar el tamaño de paquete más grande posible que le permita a un paquete viajar en una trama de red.

En particular, si la máquina de destino está conectada a una máquina de la misma red de la fuente, solo la red física se verá involucrada en la transferencia, así, el emisor puede optimizar el tamaño del paquete para esta red.

Si el *software* preserva una estricta estratificación por capas, sin embargo, la capa de transporte no podrá saber como enrutará el modulo de Internet el trafico o que redes están conectadas directamente. Mas aun, la capa de transporte no comprenderá el *datagrama* o el formato de trama, ni será capaz de determinar como deben ser añadidos muchos octetos de encabezado a un paquete. Así, una estratificación por capas estricta impedirá que la capa de transporte optimice la transferencia.

### 1.4.1.2 Protocolos ISO/OSI

ISO 10589 o IS-IS (llamado así por la contracción del inglés *intra-domain system intra-domain system*) es un protocolo de enrutamiento jerárquico de estado de enlace, basado en el algoritmo de enrutamiento DECnet Phase V. Como el ES-IS, ISO 10589 puede operar sobre una variedad de subredes incluyendo redes de área local, redes de área ancha, y enlaces punto a punto.

Para simplificar la operación y el diseño del enrutador, ISO 10589 distingue entre enrutadores de nivel 1 y nivel 2 (IS). El nivel 1 IS sabe como comunicarse con el otro nivel 1 en la misma área.

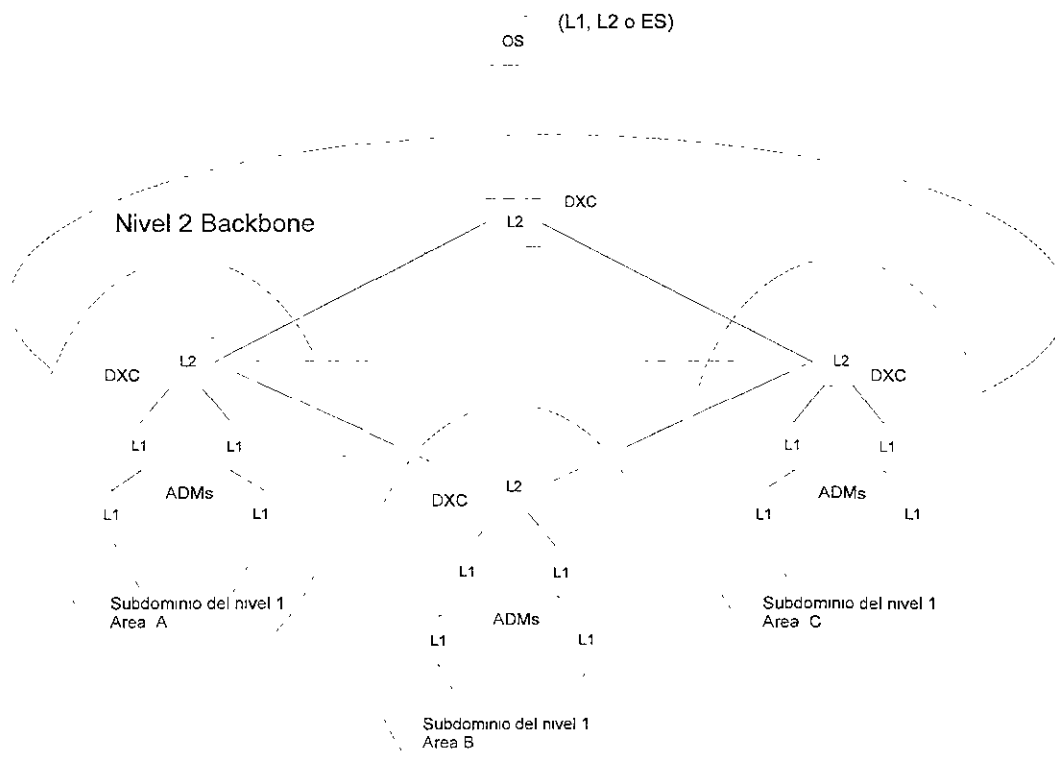


Figura 4. Arquitectura de una red con el protocolo de enrutamiento IS-IS



Un área es una porción lógica de un dominio de enrutamiento definido por un nivel 1 común de IS. Un nivel 2 sabe como comunicarse con un IS en otras áreas. Para sumarizar, el nivel 1 forma áreas de nivel 1, el nivel 2 enruta entre áreas de nivel 1.

El nivel 2 de un IS forma un *backbone* de enrutamiento de intradominio. En otras palabras, el nivel 2 puede alcanzar a otro nivel 2 de un IS a través de otro elemento del nivel 2 pasando solo un IS de nivel 2.

El *backbone* simplifica el diseño debido a que los IS de nivel 1 solo necesitan conocer a su vecino más cercano de nivel 2. Un beneficio adicional es que el *backbone* cambia sin impacto para el protocolo de enrutamiento intra-área. Lo anterior se puede observar en la figura 4.

Como se mencionó antes, ISO 10589 es un protocolo de estado de enlace. Cada IS genera una actualización especificando el sistema terminal y el sistema intermediario al cual está conectado así como la métrica asociada. La actualización es enviada a todos los vecinos sobre los sistemas intermediarios, y es re-enviada a sus vecinos y así sucesivamente.

Las longitudes de ruta son calculadas sumando valores del enlace. Los valores máximos de métrica son colocados a estos para proveer granularidad que soporte varios tipos de enlaces mientras al mismo tiempo aseguran que el algoritmo de ruta más corte usado para calcularlas sea razonablemente eficiente. Hay que hacer notar que los algoritmos de estado de enlace tienden a requerir cálculos substanciales. La métrica es arbitraria y típicamente asignada por un administrador de red.

IS-IS fue inicialmente definido como un protocolo específico de enrutamiento. Como OSI y TCP/IP tienden a coexistir en muchas redes, una versión de IS-IS que pueda correr en ambos mundos fue creada. Esta versión de OSI es llamada "dual IS-IS." y consiste en una versión estándar del protocolo, más opciones para soportar ambientes IP.

El beneficio básico de IS-IS dual es la utilización reducida de CPU. Los algoritmos de estado de enlace usan CPU intensivamente. Con IS-IS dual el algoritmo de enrutamiento solo se corre una vez, y solo un conjunto de actualizaciones (con IP e información OSI) son enviadas. Mientras es difícil racionalizar los diferentes "puntos de vista de la red" sostenidos por IP y OSI (por ejemplo IP considera "redes" y OSI considera "áreas"), IS-IS dual es de utilidad en ambientes mixtos. Es particularmente útil en las redes dorsales donde ambos tipos de tráfico son comunes.

### 1.4.1.2 Formato de dirección.

Para la asignación de los números de acceso a los sistemas que integran la red de elementos finales e intermediarios, se deberá cumplir con el código de Identificación de Red, el cual está basado en el formato de direccionamiento NSAP (Network Service Access Point ), y esta formado por los siguientes campos:

IDP		DSP					
AFI	IDI	VER	AUTH	RESERV	DOMAIN	AREA	SYSTEM ID

**IDP: (Initial Domain Part) Parte Inicial del Dominio.** Corresponde a la parte de la dirección cuyo contenido completo es estandarizado y consta de dos partes: AFI e IDI.

**DSP: (Domain Specific Part) Parte Específica del Dominio.** Indica el contenido y la semántica de DSP, especificado en DIS 8348/DAd2. En muchos casos, esto significa que el contenido del campo puede ser binario o decimal. La sintaxis de éste campo es determinada por el AFI. La semántica del DSP es determinada por la autoridad identificada por el IDI.

**AFI: (authority and format identifier) identificador de formato y autoridad.** Especifica el formato del IDI, es la autoridad responsable de asignar los valores en ese campo y la sintaxis del DSP. Está formado de 2 caracteres.

Valor	Autoridad
00-09	Reservado sin asignar.
10-35	Reservado para una futura asignación por acuerdo entre la ISO y el CCITT
36-51	Formatos IDI definidos en la tabla XXXX
52-59	Reservado para una futura asignación por acuerdo entre la ISO y el CCITT
60-69	ISO
70-79	CCITT
80-99	Reservado para una futura asignación por acuerdo entre la ISO y el CCITT

Los formatos que generalmente se usan corresponden a los valores 39, 47 y 49 y se definen en la tabla de la sintaxis del DSP que se observará en la definición del IDI.

**IDI: (Initial Domain Identifier) Identificador de Dominio Inicial.** Identifica el subdominio en el cual los valores del DSP son distribuidos. Además, es responsabilidad de la autoridad asignar dichos valores y consta de 4 caracteres.

*Cuadro 3. Formatos IDI*

Formato IDI	Sintaxis DSP	
	Decimal	Binario
X.121	36	37
ISO DCC	38	39
F.69	40	41
E.163	42	43
E.164	44	45
ISO 6523-ICD	46	47
Local	48	49

Los formatos 50 y 51 también son locales. El 50 corresponde al carácter de la ISO 646 y el nacional al 51. Generalmente se usan las asignaciones

**VER:** Formato tomado del GOSIP V2. Consta de 2 caracteres.

**AUTH: (Authority) Autoridad.** Corresponde al número del comité ISO-DCC y está formado por 6 caracteres

**RESERVED:** Campo designado para una futura utilización específica, su longitud es de 2 caracteres.

**DOMAIN: Dominio.** Este campo describe el dominio de la red, el cual se define como una porción de toda una red que está bajo autoridad administrativa común. Su longitud es de 4 caracteres hexadecimales.

**AREA: Area.** Define con 4 caracteres hexadecimales el área como una entidad lógica, formada por un conjunto de ruteadores y anillos con Elementos de Red (ER's).

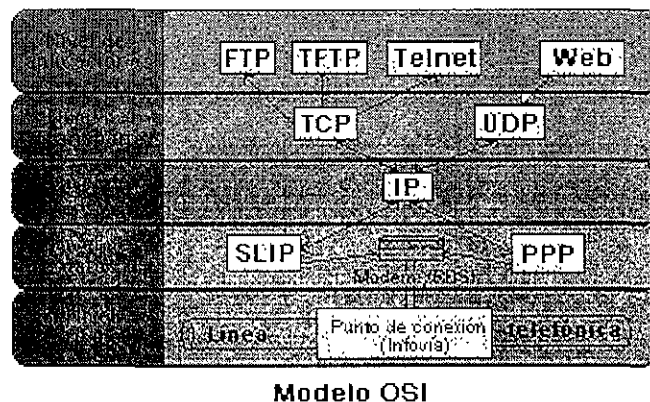
**SYSTEM ID:** Este campo es utilizado para la identificación del sistema, para lo cual son empleados 12 caracteres hexadecimales. El valor que debe tomar este campo corresponde al número de identificación del sistema. Este es el número físico proporcionado por los fabricantes de los equipos, sus valores van desde de 000000000000 a FFFFFFFF (desde 00 ...0 a  $2.81 \times 10^{14}$  direcciones decimales).

### 1.4.1.3 TCP/IP

Se han desarrollado diferentes familias de protocolos para la comunicación por red de datos, el más ampliamente utilizado es el *Internet Protocol Suite*, comúnmente conocido como TCP/IP que es un protocolo que proporciona transmisión fiable de paquetes de datos sobre redes.

El nombre TCP/IP proviene de dos protocolos importantes de la familia, el *Transfer Control Protocol* (TCP) y el *Internet Protocol* (IP). Todos juntos llegan a ser más de 100 protocolos diferentes definidos en este conjunto.

En la figura 5 se explica la relación entre la arquitectura TCP/IP y el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection) de la ISO.



*Figura 5. Modelo TCP/IP con base en el modelo OSI*

El TCP/IP es la base del Internet, fue desarrollado y demostrado por primera vez en 1972 por el departamento de defensa de los Estados Unidos, ejecutándolo en el ARPANET una red de área extensa del departamento de defensa.

### 1.4.1.2.1 TCP (Transfer Control Protocol)

TCP provee, a la comunicación entre dos puntos, de un canal seguro. Con IP y UDP si alguno de los paquetes y los datagramas intentan llegar desde el emisor hasta el receptor su viaje y llegada no están asegurados, el receptor tampoco sabrá si llegan en distinto orden o si llegan corruptos. Con TCP las aplicaciones de Internet se pueden centrar en su tarea sin preocuparse de la seguridad en la comunicación y sin tener que implementar mecanismos para verificar la comunicación. Prácticamente todas las aplicaciones de Internet (FTP, HTTP, E-mail...) están basadas en TCP.

El punto final de una conexión TCP viene representado por una dirección IP y un número de puerto. La dirección IP se encarga de hacer llegar los datos al *host* correcto, y el número de puerto hace que se envíen a la aplicación correcta dentro del *host*. En un *host* se pueden establecer varias conexiones TCP simultáneas entre diferentes aplicaciones de Internet y otras aplicaciones del *host*.

Como TCP está concebido para proveer un canal de comunicación seguro, no puede limitarse a lanzar a la red paquetes IP de datos, sino que tiene que proporcionarle al remitente la posibilidad de comprobar que el destinatario recibe correctamente los datos. Para ello es necesario la colaboración del otro extremo de la línea. En esto se diferencia de UDP, en que el emisor y el receptor se comunican para además de enviar información, verificar posteriormente la llegada a su destino. Esta comunicación se llama "conexión virtual". Se llama virtual porque la conexión realmente no existe. Como TCP está basado en IP, lanza los paquetes a un *router* para que los envíe al siguiente, es decir los deja en la red, pero al establecerse la comunicación bidireccional, el receptor no juega ya el papel pasivo de recibir y callar sino que envía un mensaje al emisor de los paquetes para comunicarle lo que ha recibido. Así, si falta un paquete, o el tamaño es erróneo, o hay algún problema, el receptor se lo comunica al emisor, que vuelve a enviar los paquetes. Así se consigue una comunicación segura. Este envío posterior de paquetes que no han llegado o lo han hecho de una forma defectuosa se realiza de una forma totalmente transparente, y así los datos que se enviaron en un extremo, llegan al otro exactamente en el mismo estado en que se enviaron.

Además TCP tiene otra extraordinaria ventaja que es la flexibilidad en los paquetes. La transmisión de datos vía TCP no tiene límites impuestos de tamaño. Se pueden enviar paquetes desde un byte hasta cientos de Mbytes.

En resumen, TCP se caracteriza por 5 funciones:

- Servicio Orientado a Conexión: La máquina destino recibe exactamente la misma secuencia de bytes que envía la máquina origen.
- Conexión de Circuito Virtual : Durante la transferencia, el *software* de protocolo en las dos máquinas continúa comunicándose para verificar que

los datos se reciban correctamente. Si la comunicación no se logra por cualquier motivo (v.q. falla el hardware de la red), ambas máquinas detectarán el fallo y lo comunicarán a los programas apropiados de aplicación.

- **Transferencia con Memoria Intermedia :** Los programas de aplicación envían un flujo de datos a través del circuito virtual pasando repetidamente bytes de datos al *software* de protocolo. Cuando se transfieren datos, cada aplicación utiliza piezas del tamaño que encuentre adecuado. En el extremo receptor, el *software* de protocolo entrega bytes del flujo de datos en el mismo orden en que se enviaron, poniéndolos a disposición del programa de aplicación receptor tan pronto como se reciben y se verifican. El *software* de protocolo puede dividir el flujo en paquetes, independientemente de las piezas que transfiera el programa de aplicación. Para hacer eficiente la transferencia y minimizar el tráfico de la red, las implantaciones por lo general recolectan datos suficientes de un flujo para llenar un datagrama razonablemente largo antes de enviarlo. Por lo tanto, inclusive si el programa de aplicación genera el flujo un byte a la vez, la transferencia a través de la red puede ser sumamente eficiente. De forma similar, si el programa de aplicación genera bloques de datos muy largos, el *software* de protocolo puede dividir cada bloque en partes más pequeñas para su transmisión. Para aplicaciones en las que los datos de deben entregar aunque no se llene una memoria intermedia, el servicio de flujo proporciona un mecanismo para forzar una transferencia.
- **Flujo no estructurado :** Posibilidad de enviar información de control junto a datos.
- **Conexión Full Duplex :** Se permite la transferencia concurrente en ambas direcciones. Desde el punto de vista de un proceso de aplicación, una conexión full duplex permite la existencia de dos flujos independientes que se mueven en direcciones opuestas, sin ninguna interacción aparente. Esto ofrece una ventaja : el *software* de protocolo puede enviar datagramas de información de control de flujo al origen, llevando datos en la dirección opuesta. Este procedimiento de carga, transporte y descarga, reduce el tráfico en la red.

De estas funciones se puede observar una contradicción y es que a partir de protocolos que no aseguran la transmisión, que no son fiables (IP y UDP), tenemos un protocolo que sí la asegura. El secreto está en el sistema de "acuse de recibo". Cada vez que se envía un paquete, el receptor al recibirlo envía al emisor un "acuse de recibo" (ACK) conforme lo ha recibido. El emisor, a su vez, al emitir un paquete pone en marcha un temporizador para reenviarlo si pasa demasiado tiempo y no recibe el ACK. Por si los paquetes aparecen duplicados (si se envían y reciben dos o más paquetes iguales en el destino), cada accuse de recibo lleva un número de secuencia asociado a cada paquete.

### 1.4.1.2.2 IP (Internet Protocol)

El protocolo IP (Internet Protocol) define la base de todas las comunicaciones en Internet. Independientemente de las aplicaciones que sean en Internet (un navegador para la red, un servidor de noticias o de un acceso FTP...), se comunican entre sí descendiendo a un nivel inferior a través del protocolo IP, que define el intercambio de datagramas entre el ordenador y los enrutadores (*routers*). Todo lo que debe ir desde un origen a un destino se fracciona en porciones, más o menos pequeñas, se empaqueta en paquetes IP y, finalmente se transmite.

La comunicación vía IP entre aplicaciones se realiza de un modo totalmente transparente para el usuario, es decir, el usuario no puede ver las gestiones a nivel IP que desarrollan las aplicaciones. Aún así, algunos elementos llegan al usuario tal y como se han concebido a nivel IP, como por ejemplo el formato de cuatro cifras (204.71.177.35) en el que cada *host* tiene una dirección unívoca de cuatro bytes.

En el nivel IP se definen los siguientes aspectos de intercambio de información:

1. Un mecanismo de direcciones que permite identificar de manera unívoca al emisor y al receptor de un paquete de datos, sin tener en cuenta su ubicación ni la arquitectura en la red a la que pertenece.
2. Un concepto relativo al transporte de los paquetes de datos para que llegue al receptor a través de los nodos de las redes.
3. Un formato para los paquetes. Hace que los paquetes, en su cabecera, lleven información importante como dirección del emisor, del receptor, número de paquete (para el ensamblaje), etc.

En el primer punto es vital que el mecanismo de direcciones trate de alejarse de la dependencia de la arquitectura de la red y del hardware del destino o de los nodos intermedios, es decir, el mecanismo de direcciones tiene que ser totalmente independiente de todo lo que pueda mermar la universalidad de la red. Esto está en relación con el segundo punto, el transporte.

Como Internet es una red de redes conectadas entre sí, dentro de cada red tendrá que haber al menos un ordenador que esté conectado con otra red exterior.

A ese ordenador se le llama *router* (enrutador o direccionador). Los *routers* reconocen un paquete y comprueban que no es para ninguna máquina conectada a su red, así que lo mandan a otra red a donde llega por el *router* siguiente. Así, el paquete va moviéndose de red en red cada vez más cerca del destino hasta que llega al router de la red donde el ordenador de destino está conectado.

El router se lo entrega entonces directamente. Eso nos lleva al tercer punto, que habla sobre el formato que deben tener los paquetes. Para que no se pierdan por la red, en ellos debe estar grabada una información muy importante: el emisor y el

receptor, para que cada router pueda identificar al destinatario de la manera más eficiente posible.

La transmisión se realiza con ayuda del protocolo IP y de los *routers* que participan en el envío, pero se trata de una transmisión sin conexión y sin garantías. Sin conexión porque cuando se envía el paquete desde el emisor, no se avisa al receptor de que se le van a enviar unos datos y que esté preparado; simplemente se le envían, es decir, no existe una conexión directa entre el emisor y el receptor.

#### 1.4.1.2.3 UDP (User Datagram Protocol)

Con este protocolo abandonamos la manera de abordar Internet como una red de hardware y nos centramos más en los datos, en lo que llevan los paquetes IP, es decir, nos centramos en las aplicaciones de Internet que funcionan sobre ese hardware. Desde este punto de vista los protocolos más importantes son UDP y TCP. Estamos en el nivel de transporte.

Para acceder desde el nivel de red al nivel de aplicaciones no nos vale simplemente indicar una dirección IP; necesitamos más especificaciones para que el *host* de destino pueda escoger la aplicación correcta. Esto nos lleva al concepto de puerto. Un puerto se representa con un valor de 16 bits que hace posible la diferencia entre los posibles receptores de un *host*.

Con la indicación del puerto del receptor en un paquete de datos UDP o TCP, el *software* de protocolo IP puede trasladar el paquete que se recibe a la aplicación correcta y además, para que el receptor sepa de quién procede el paquete en cuestión, recibe además de la dirección IP, el número de puerto del remitente.

UDP hace posible que el *software* en el destino entregue el mensaje al receptor correcto y que éste envíe una respuesta. Hay más de 1000 puertos ocupados, de los cuales apenas unos veinte son los más utilizados. En el cuadro 4 se muestran algunos ejemplos :

**Cuadro 4. Ejemplos de puertos y aplicaciones.**

Aplicación	Puerto	Protocolo	Descripción
ftp-data	20	Udp	File Transfer [Default Data]
ftp	21	Tcp	File Transfer [Control]
telnet	23	Tcp	Telnet
www-http	80	Udp	World Wide Web HTTP



UDP, pese a que pueda parecer un protocolo ideal en principio, entrega datagramas de la misma manera que IP, es decir, sin conexión y sin fiabilidad. No emplea acuses de recibo para asegurarse de que llegan los mensajes, no ordena los mensajes entrantes, ni proporciona retroalimentación para controlar la velocidad del flujo de información entre las máquinas. Por tanto, los mensajes UDP se pueden perder, duplicar o llegar sin orden. Además, los paquetes pueden llegar más rápido de lo que el receptor los puede procesar. Se dice que el formato de paquete UDP es un paquete IP con un marco muy fino. Es un tipo de IP pero a nivel de aplicaciones y por eso muchas aplicaciones prefieren TCP donde la entrega de paquetes sí está asegurada.

Sin embargo, el protocolo UDP tiene el mérito de proporcionar la separación de diferentes canales de comunicación dentro de un *host* gracias al concepto de puerto.

#### 1.4.1.2.4 ¿Cómo funciona TCP/IP?

Una red TCP/IP transfiere datos mediante el ensamblaje de bloques de datos en paquetes, cada paquete comienza con una cabecera que contiene información de control; tal como la dirección del destino, seguido de los datos. Cuando se envía un archivo por la red TCP/IP, su contenido se envía utilizando una serie de paquetes diferentes. IP es un protocolo de la capa de red, permite a las aplicaciones ejecutarse transparentemente sobre redes interconectadas.

El TCP asegura que los datos sean entregados, que lo que se recibe sea lo que se pretendía enviar y que los paquetes sean recibidos en el orden en que fueron enviados. TCP terminará una conexión si ocurre un error que haga la transmisión fiable imposible.

En el nivel de red se proporcionan dos grandes tipos de servicios que todos los programas de aplicación utilizan :

- Servicio sin conexión de entrega de paquetes. La entrega sin conexión es una abstracción del servicio que la mayoría de las redes de conmutación de paquetes ofrece. Simplemente significa que una red de redes TCP/IP rutea mensajes pequeños de una máquina a otra, basándose en la información de dirección que contiene cada mensaje. Debido a que el servicio sin conexión rutea cada paquete por separado, no garantiza una entrega confiable y en orden. Como por lo general se introduce directamente en el hardware subyacente, el servicio sin conexión es muy eficiente.
- Servicio de transporte de flujo confiable. La mayor parte de las aplicaciones necesitan mucho más que sólo la entrega de paquetes, debido a que requieren que el *software* de comunicaciones se recupere de manera automática de los errores de transmisión, paquetes perdidos o fallas de conmutadores intermedios a lo largo del camino entre el transmisor y el

receptor. El servicio de transporte confiable resuelve dichos problemas. Permite que una aplicación en una computadora establezca una "conexión" con una aplicación en otra computadora, para después enviar un gran volumen de datos a través de la conexión como si fuera permanente y directa del hardware.

Muchas redes proporcionan servicios básicos similares a los servicios TCP/IP, pero existen unas características principales que los distingue de los otros servicios:

- Independencia de la tecnología de red. Ya que el TCP/IP está basado en una tecnología convencional de conmutación de paquetes, es independiente de cualquier marca de hardware en particular. Los protocolos TCP/IP definen la unidad de transmisión de datos, llamada datagrama, y especifican cómo transmitir los datagramas en una red en particular.
- Interconexión universal. Una red de redes TCP/IP permite que se comunique cualquier par de computadoras conectadas a ella. Cada computadora tiene asignada una dirección reconocida de manera universal dentro de la red de redes. Cada datagrama lleva en su interior las direcciones de destino para tomar decisiones de enrutamiento.
- Acuses de recibo punto-a-punto. Los protocolos TCP/IP de una red de redes proporcionan acuses de recibo entre la fuente y el último destino en vez de proporcionarlos entre máquinas sucesivas a lo largo del camino, aún cuando las dos máquinas no estén conectadas a la misma red física.
- Estándares de protocolo de aplicación. Además de los servicios básicos de nivel de transporte (como las conexiones de flujo confiable), los protocolos TCP/IP incluyen estándares para muchas aplicaciones comunes, incluyendo correo electrónico, transferencia de archivos y acceso remoto.

#### **1.4.2 Modelos de referencia de redes : ISO/OSI vs. TCP/IP**

ISO/OSI define claramente las diferencias entre los servicios, las interfaces, y los protocolos. Servicio: lo que un nivel hace, Interfaz: cómo se puede ingresar a los servicios, Protocolo: la implementación de los servicios. TCP/IP no tiene esta clara separación.

Porque ISO/OSI fue definido antes de implementar los protocolos, los diseñadores no tenían mucha experiencia con donde se debieran ubicar las funcionalidades, y algunas otras faltan. Por ejemplo, OSI originalmente no tiene ningún apoyo para difusión. El modelo de TCP/IP fue definido después de los protocolos y se adecuan perfectamente. Pero no otras pilas de protocolos.

ISO/OSI no tuvo éxito debido a :

- Mal momento de introducción: insuficiente tiempo entre las investigaciones y el desarrollo del mercado a gran escala para lograr la estandarización
- Mala tecnología: ISO/OSI es complejo, es dominado por una mentalidad de equipos de telefonía sin pensar en computadores, carece de servicios sin conexión, etc.
- Malas implementaciones
- Malas políticas: investigadores y programadores contra los ministerios de telecomunicación
- Sin embargo, ISO/OSI es un buen modelo (no los protocolos). TCP/IP es un buen conjunto de protocolos, pero el modelo no es general.

## 2. Descripción de la red de transmisión

Este trabajo incluye un capítulo dedicado a la red de transmisión debido a que el conocimiento de las características de la misma nos llevará a aplicar adecuadamente la metodología desarrollada.

La red de transmisión, uno de los elementos de la red de telecomunicaciones, puede ser gestionado actualmente a través de diversos sistemas.

El objetivo de éste trabajo es determinar los lineamientos generales de diseño para establecer una metodología que nos permita visualizar el diseño no de una forma propietaria, es decir dependiendo de la visión de cada proveedor, sino de una forma abierta y normalizada hasta donde sea posible. El diseñar y construir una red de comunicación de datos para cada equipo de transmisión es ineficiente. Por el contrario no lo es planear contemplando lineamientos generales y puntualizando en función de las particularidades de cada proveedor.

### 2.1 Tecnologías de Transmisión

#### 2.1.1 Jerarquía digital plesiócrona - PDH

En los comienzos de los años 60 los sistemas de comunicación y transmisión eran analógicos. En este periodo, expertos en transmisión estuvieron trabajando en PCM<sup>1</sup> para transformar las señales de voz analógicas en cadenas digitales de bits.

El principal propósito de la transformación de señales fue resolver el problema de la presencia de demasiados hilos de cobre en las calles y la ausencia de espacio para instalar las nuevas líneas, por ejemplo: utilizando cuatro hilos de cobre, una cadena digital podría transmitir muchas señales de voz con mejor calidad que los sistemas analógicos.

Así surgió el estándar norteamericano PDH, en 1965, con 24 señales de voz multiplexadas, adjuntas a un bit de tramado o *framing*<sup>2</sup> para formar una señal de 1.544 Mbps llamada DS-1. Cada señal de voz necesita una capacidad de 64 Kbps.

Por su parte, en 1968 Europa desarrolló su estándar PDH con 30 canales de voz más un canal para *framing* y un canal para señalización, con un total de 32x64 bits, lo que es igual a 2.048 Mbps, y conforma el formato E1. Actualmente en México usamos éste estándar.

El CCITT es el encargado de establecer las recomendaciones necesarias para cualquier tecnología de telecomunicaciones. Actualmente existen en el mundo dos estándares de la tecnología PDH definidos por el CCITT que son: el europeo

<sup>1</sup> Del inglés *Pulse Code Modulation* que quiere decir *modulación por pulsos codificados*

<sup>2</sup> El término en español corresponde a entramado, sin embargo el más conocido es *framing*

basado en la velocidad primaria de 2048 Kbits/s. y el americano ( utilizado en U.S.A y Japón ) basado en la velocidad primaria de 1544 Kbits/s, ambos obtenidos por la multiplexación sincrónica de trenes básicos de 64Kbits/s ( 32 y 24 canales respectivamente ). Cada una de estas jerarquías exige en cuanto a sincronización una correcta temporización en ambos extremos para demultiplexar adecuadamente las señales.

Entre las desventajas de la tecnología PDH se encuentran :

- La estructura de trama de las centrales hecha por entrelazamiento de octetos a 64 Kbits/s. es síncrona, por tanto el empleo de la justificación para adoptar temporización se vuelve innecesario.
- El entrelazamiento de bits hace que canales a 64 Kbits/s. pertenecientes a un tramo de tráfico solo se puedan bifurcar hasta que se demultiplexa en el nivel del multiplex primario.
- Los canales de  $n \times 64\text{Kbps}$  que no se puedan incluir bajo el multiplex primario no se pueden tramitar de ninguna otra forma por la red.
- La información de mantenimiento no esta asociada a vías completas de tráfico, sino a enlaces individuales, por lo cual el procedimiento de mantenimiento para una vía completa es complicado.

### 2.1.1.1 ¿Qué es el *framing*?

Es un modo que indica dónde empezar a contar canales. De esta forma, el demultiplexor puede saber cuál es el canal uno, el dos, etcétera. Una secuencia de bits repetidos en cada trama (ocho mil tramas por segundo) forma una muestra que es difícil de imitar por los datos. Entonces, observando la cadena de bits durante cierto lapso, el mecanismo de *framing* puede conocer dónde se halla el canal 1.

Dado que todas las centrales eran analógicas hasta 1975, los sistemas de transmisión digitales recibían señales analógicas, usaban un reloj interno de cristal para convertirlo en cadenas digitales y luego reconvertirlas a analógicas. Unos años más tarde, la tecnología permitía ya transmisiones digitales más rápidas en cables coaxiales.

Cabe destacar que multiplexar consiste en tomar un cierto número de señales DS1 ó E1 y colocarlas juntas. Se toma un bit de cada cadena tributaria y es puesto dentro de una cadena de orden más alto. En cada paso se debe tener en cuenta el hecho de que los relojes de las tributarias son un poco diferentes. Por ello, el método llamado de jerarquía digital plesiócrona fue desarrollado.

Analizando un poco la palabra plesiócrona, el prefijo *plesio* significa “casi”: a cada reloj se le permite un cierto rango de velocidades. El multiplexor lee cada tributaria a la velocidad de reloj más alta permitida y, cuando no hay bits en el *buffer* de

entrada (debido a que los bits están llegando a una velocidad de reloj menor), éste añade un bit de relleno para completar la señal hasta la velocidad de reloj más alta. Esto conlleva un mecanismo que indica al demultiplexador que se han usado bits de relleno y los cuáles debe descartar. Por lo tanto, el método PDH es considerado como la base de todos los sistemas de transmisión digital instalados actualmente.

### 2.1.1.2 ¿Qué es una red síncrona?

En los últimos 15 años, la conmutación digital ha sustituido a la analógica. Esto implica que los sistemas digitales pueden ser conectados y sincronizados entre sí.

Existen dos problemas con el método PDH desde el punto de vista de una red sincronizada. El primero es que cada vez que es necesario tomar o insertar un *stream* o ráfaga (por ejemplo del tipo E-1), de un *stream* del orden superior (por ejemplo E-4), es necesario realizar las operaciones de los tres multiplexores que crearon E-4.

El segundo problema es que esos multiplexores crean una red en la que medir rendimientos, redireccionar señales después de fallos, y gestionar elementos remotos de red es extremadamente problemático .

Por esa razón, surge el nuevo método de multiplexado llamado jerarquía digital síncrona o SDH en Europa y red óptica síncrona o SONET en Norteamérica.

### 2.1.2 SDH y SONET

Las tecnologías SDH y SONET nacen como una solución a las desventajas que presenta PDH. El objetivo esencial de SDH y SONET es el interconectar redes de área local y redes de área ancha a mayores velocidades, en relación con lo que PDH ofrecía, con mayor confiabilidad en el multiplexaje de protocolos y paquetes, y con mecanismos para operar, mantener y aprovisionar la red.

Anteriormente a SONET, las primeras generaciones de fibra óptica en las redes telefónicas públicas utilizaron diferentes configuraciones como códigos de línea, formatos de multiplexación, procedimientos de mantenimiento, etcétera. La tarea de crear tal estándar fue tomada en 1984 por el ECSA, con el fin de establecer un estándar para conectar un sistema de fibra óptica con otro.

SONET (Synchronous Optical Network; red óptica síncrona) es un estándar para la conexión de sistemas de transmisión de fibra óptica, el cual fue propuesto por Bellcore, la división de Investigación de AT&T, a mediados de los años 80 para el sistema telefónico de los Estados Unidos. SONET ahora es un estándar de la ANSI (American National Standards Institute; Instituto americano de estándares nacionales).

Cuando se concibió inicialmente, no había estándares a nivel físico, o a nivel trama para los equipos de transmisión telefónica. SONET alivió esta deficiencia permitiendo un común acuerdo entre los diferentes proveedores de equipo de transmisión.

SONET define un conjunto de estándares de trama que regulan la manera en que los bytes son transmitidos a través de los enlaces. También provee de tramas definidas como DS-1 y DS-3.

Actualmente los estándares de SONET y SDH definen estructuras de señal de 155.52 Mbps (STM-1) y 51.84 Mbps (STS-1). Por lo tanto, SONET es un estándar comercial definido para empresas telefónicas de larga distancia, y SDH es un estándar definido por la CCITT<sup>3</sup>, hoy en día mejor conocida como ITU<sup>4</sup> y que difiere muy poco de SONET.

La trama básica de SONET es la tercera parte exacta de una trama STM-1 (SDH), o sea, STM-1 es compatible con la segunda jerarquía de una red SONET (STS-3). Posteriormente hablaremos más de la estructura de las tramas básicas.

SDH es una alternativa de evolución de las redes de transporte, que nace debido al acelerado crecimiento de las actuales redes de transmisión, demanda de nuevos servicios y aparición de nuevos operadores de red.

SDH satisface las exigencias de flexibilidad y calidad que requiere un mercado que esta continuamente en cambio. Además de esto, SDH beneficia también a las empresas operadoras en cuanto a la optimización de su rentabilidad, reducción de costos de operación y mantenimiento y facilidad de supervisión.

Entre las características que ofrecen SDH y SONET están :

- Nuevas topologías de red especialmente en la parte de acceso.
- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre con la PDH actual.
- Facilidad de multiplexación y demultiplexación de señales digitales.
- 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.

---

<sup>3</sup> Comité Consultivo Internacional de Teléfonos y Telégrafos

<sup>4</sup> International Communication Union, Unión internacional de telecomunicaciones

- Implementación de sistemas con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes ( incluyendo LAN, MAN, ISDN ).

El concepto de un sistema de transporte síncrono, basado en las normas SDH y SONET, trasciende las necesidades básicas de un sistema punto a punto e incluye los requisitos de las redes de telecomunicaciones: conmutación, transmisión y control de la red. Los objetivos de SDH y SONET son:

- Permitir la conexión de diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones.
- Unificar los sistemas digitales de Estados Unidos, Europa y Japón.
- Proveer una forma de multiplexar diversos canales digitales.
- Facilitar la operación, administración y manutención.

Del mismo modo, las ventajas son:

- La administración integral de los circuitos.
- Integración flexible de grupos de circuitos.
- Integración de la multicanalización, transmisión y transconexión en una entidad de transporte.
- Están fuertemente basada en fibras ópticas.
- Gastos de explotación más bajos debido a interfases realizadas a los sistemas operativos que proporcionan un informe más detallado y las capacidades alejadas del aprovisionamiento.
- Reduce los requisitos de capital debido a la competencia creciente del vendedor.
- Calidad mejorada del servicio debido a la vigilancia en el funcionamiento favorable.
- Confiabilidad mejorada debido a niveles más altos de integración desde su fabricación.

SDH y SONET tienen una ventaja y una desventaja principales. La primera es que brindan confiabilidad y experiencia en su aplicación y funcionamiento; la segunda es que desde su desarrollo fueron pensadas exclusivamente para el tráfico de voz.



### 2.1.2.1 Descripción de la jerarquía digital síncrona SDH

La existencia de diversas jerarquías digitales ( la Europea y la Americana ), hacen que cuando el trafico sobrepasa las fronteras nacionales, haya necesidad de efectuar conversiones generalmente costosas para llevar la señal a otro país. Esto y las desventajas de la PDH actual que nombramos anteriormente, forzaron a crear una jerarquía digital que proporcionara un estándar mundial unificado que a su vez ayude a que la administración de la red sea mas efectiva y económica. Además satisface las demandas de nuevos servicios y mas capacidad de transmisión, por parte de los usuarios. Aparte de ser un estándar mundial y ofrecer un método de multiplexación síncrona, SDH involucra un concepto muy importante : el de red estratificada en capas ( tema que trataremos mas adelante ), por ahora estudiaremos la SDH en su estructura básica.

### 2.1.2.2 Estructura básica de SDH

SDH trabaja con una estructura básica según lo define el CCITT. Esta estructura es llamada trama básica, la cual tiene una duración de 125 microsegundos, y corresponde a una matriz de 9 filas y 270 columnas, cuyos elementos son octetos de 8 bits; por lo tanto la trama tendrá:

$$9*270*8 = 19440 \text{ bits}$$

y como su duración es de 125 microsegundos, se repite 8000 veces por segundo, su velocidad binaria será:

$$19440*8000 = 155520 \text{ Kbits/seg}$$

Esta trama básica recibe el nombre de STM\_1 " Modulo de Transporte Síncrono de Nivel 1" (STM\_1 = Synchronous Transport Module 1).

En la trama se distinguen tres áreas:

1. Tara ( Section OverHeat )
2. Punteros de AU ( AU pointer )
3. Carga Útil ( Pay Load ).

Con la introducción de nuevos métodos de transmisión como el SDH, se aprovechó la oportunidad de poner en práctica los ideales del modelo de referencia OSI de siete capas, para definir un canal administrativo o de gestión. Este proceso se inició con la definición de la sección para datos administrativos (denominada tara) en la trama STM-1, permitiendo la definición de un canal administrativo para las comunicaciones "sección a sección". Luego se prosiguió con la definición de taras para el nivel de las unidades administrativas (UA) y para

las unidades de los tributarios (UT), proporcionando así una capacidad de gestión en todo el núcleo de la red de transmisión, así como un canal para la gestión de trayectos, en relación con un enlace extremo a extremo a través de la extensión total de la red.

Las recomendaciones G.783 y G.784 del CCITT proponen normas relativas a la utilización del canal de gestión, también denominado canal de comunicaciones de datos (DCC : Data Communication Channel) o canal integrado de comunicaciones (ECC), y también proponen los protocolos que habrían de emplearse para las seis capas restantes del modelo OSI.

La norma G.784 define la pila de protocolos del canal de comunicaciones de datos perteneciente a la Jerarquía SDH, a continuación se muestra una tabla con los mismos.

**Cuadro 5. Protocolos usados en la jerarquía SDH**

Nivel OSI	Protocolos
Capa 7 Aplicación	ISO DIS 9595, DIS 9596, X.217, X.227 X.219, X.229
Capa 6 Presentación	X.216 X.226 ASN. 1 Reglas básicas de codificación : X.209
Capa 5 Sesión	X.215 X.225
Capa 4 Transporte	ISO 807 3 /8073-DAD 2
Capa 3 Red	ISO 8473 ES-IS ISO 9542 <b>IS-IS ISO-10589</b>
Capa 2 Enlace de datos	CCITT Q.921
Capa 1 Nivel físico	<b>DCC SDH</b>

Como podemos ver se considera el canal DCC SDH a nivel físico. También observamos el ISO-10589, que definimos en el capítulo 1 de fundamentos teóricos.

### 2.1.2.3 Contenedor Virtual ( VC ).

Para que un tributario pueda entrar a formar parte de la carga útil de un STM\_1, previamente debe ser "empacado" adecuadamente, para ello se procesa con el fin de convertirlo en un contenedor virtual ( VC: Virtual Container ). Este VC es una señal síncrona en frecuencia con el STM\_1 y ocupará un determinado lugar entre la sección de carga útil de la trama.

### 2.1.2.4 Velocidades binarias en SDH

Las velocidades de bit para los niveles más altos de las jerarquías SDH van de acuerdo al nivel N del Módulo de Transporte Síncrono ( STM ). Según la recomendación G.707 del CCITT estas velocidades son:

*Cuadro 6. Velocidades de SDH*

Nivel	Señal	Velocidad	Velocidad Real
1	STM_1	155.520 x 1	= 155.520 Mbits/s
4	STM_4	155.520 x 4	= 622.080 Mbits/s
16	STM_16	155.520 x 16	= 2.488.320 Mbits/s

A diferencia de la jerarquía digital plesiócrona, aquí la velocidad del STM\_N se obtiene multiplicando la velocidad del módulo básico STM\_1, por N, donde N es un entero.

### 2.1.2.5 Técnica de punteros

En la red síncrona todos los nodos y multiplexores SDH están controlados por un reloj muy estable. Sin embargo pueden surgir pérdidas de sincronía en alguna parte de la red, o puede ser necesario efectuar algún ajuste en los puntos donde el tráfico traspasa las fronteras nacionales.

La tarea de ajustar la sincronía, se realiza mediante los punteros. Estos indican la posición en que comienza una carga útil. Como cada octeto de una trama STM, tiene un número que lo identifica, el puntero indica uno de tales números, que es donde se encontrará el primer octeto de la carga útil asociada a dicho puntero. De esta forma la carga útil puede por así decirlo "flotar" en una trama STM, pues siempre su posición estará indicada por el puntero

### 2.1.2.6 SDH: red estructurada en capas

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 adecuados 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 .

### 2.1.2.7 Equipos para SDH

Los equipos necesarios en una red SDH son los siguientes:

- Multiplexor Terminal.
- Multiplexor Inserción-Extracción, también conocido como ADM por sus siglas en inglés *Add-Drop Multiplexer*
- Multiplexor de transconexión o *Cross-Connect*.

La función del multiplexor terminal es combinar las funciones de interfaz, ensamblado y desensamblado de los diversos paquetes.

El *cross-connect* realiza el enrutamiento del tráfico entre nodos de la red y se puede clasificar de acuerdo al tipo de VC que intercambie y al nivel jerárquico de las señales. Se pueden clasificar en tres tipos: los que realizan intercambio a nivel VC-4 o a nivel superior, los que realizan intercambio a nivel del VC de orden inferior y los que son combinaciones de los anteriores.

### 2.1.2.8 Sincronización

En todo sistema de transmisión digital, la sincronización debe garantizarse en tres niveles diferentes; para transmisión de datos estos niveles son bit, carácter y mensaje. Para transmisión PCM los niveles son: bit, intervalo de tiempo y trama.

Para transmisión de datos existen 2 técnicas de enfrentar la sincronización :

- Transmisión asíncrona: 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.
- Transmisión síncrona: En este caso los datos son transmitidos a una velocidad fija de bits, por una línea que mantiene viva aun cuando no se

esté 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.

En general se puede decir que muchas de las ventajas de una red digital de telecomunicaciones, son solo factibles en una arquitectura de red síncrona. Sin embargo es difícil que todos los relojes de la red tengan la misma frecuencia instantánea.

### 2.1.2.9 Red de comunicación de datos para la gestión de elementos SDH

La SDH es la primera tecnología que incluye dentro de las normas que la soportan, algunas de ellas dedicadas a especificar las facilidades de gestión bajo las directrices de la RGT (que se describió en el capítulo de los fundamentos teóricos). La RGT se concibe como una red superpuesta a la red de telecomunicaciones, que interactúa con ella a través de interfaces normalizadas en ciertos puntos y obtiene información que le permite monitorear y controlar su operación. Su objetivo es dar soporte para la gestión a los operadores de la red.

A continuación se muestra una organización de las normas del CCITT sobre SDH:

*Cuadro 7. Estándares de SDH*

Tema	Recomendación
Estándares SDH	G.707-G.708-G.709
Arquitectura de red	G.803 (Arquitectura de Redes ) G.804
Equipos	G.781,G.782,G.783(Multiplexores) G.987 (Interfaces ópticas) G.958 (Sistemas de línea) G.SDX 1,2,3(Cross-connect) Reg.750(Arquitectura de los Sistemas de radio)
Gestión de red	M.3010 G.803 G.773(Int.Q) G.804 G.774(Modelo información)

Los aspectos de gestión de la red SDH, se tratan básicamente en la REC G de la UIT.

En el modelo de organización de gestión se distinguen 2 componentes principales:

- Sistemas de operaciones
- Elementos de red ER.

La diferencia entre estos dos componentes radica en el tipo de función que soportan.

Los SO realizan funciones del sistema de operaciones: procesar la información, controlar las funciones de gestión dentro de las cuales hay funciones básicas, funciones de red y funciones de servicio. Realizan funciones de mediación que garantizan la comunicación entre el SO y el ER como control de las comunicaciones, conversión de protocolos, manejo de datos, transferencia de primitivas.

Los ER realizan funciones que sustentan los servicios de transporte de red basados en SDH, como multicanalización, regeneración y transconexión.

Los ER se comunican con el SO a fin de ser supervisados y controlados.

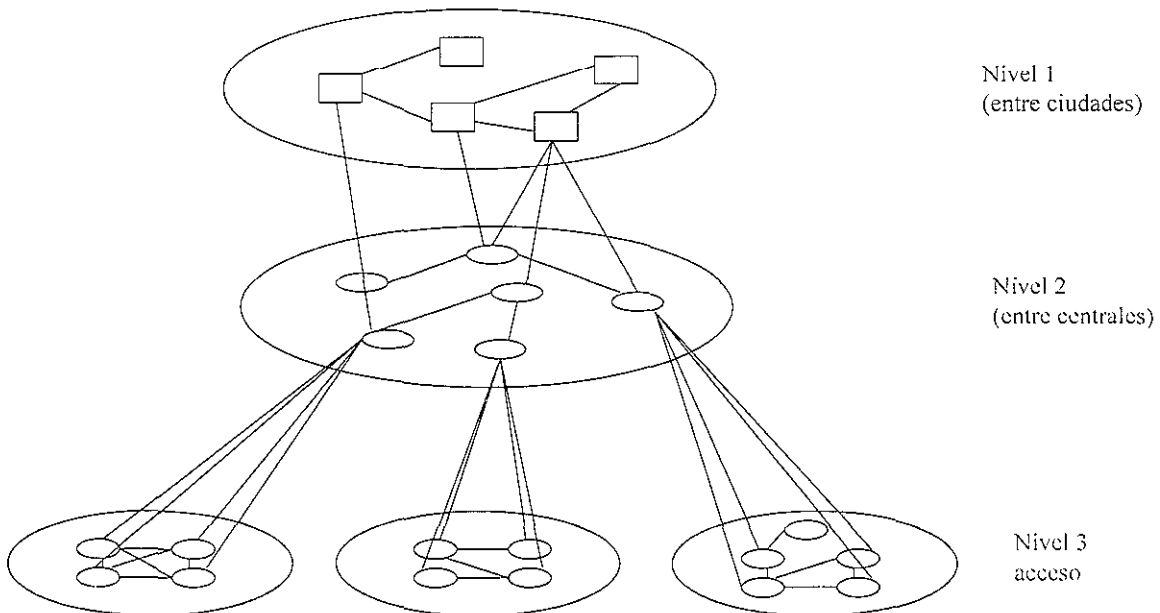
### 2.1.2.10 Topologías

Existen varios métodos posibles para la implementación y el emplazamiento de los equipos SDH en el área de enlaces entre centrales de la red, siendo uno de ellos la utilización de la topología de anillo. La implementación de anillos SDH le proporcionará a la red una flexibilidad y elasticidad considerables.

El área de circuitos de enlace incluye varias aplicaciones específicas con posibilidades de utilizar anillos de multiplexores SDH.

Un ejemplo lo constituye el campo de reestructuración de las centrales locales con el fin de mejorar la utilización de la fibra óptica y reducir los gastos de funcionamiento y los costos del equipamiento.

La mayoría de las redes se caracterizaban por la presencia de centrales locales altamente interconectadas, que a su vez se conectan a centrales principales de área local para obtener acceso a los niveles superiores de la jerarquía de transmisión (ver figura 6). Aunque se mantiene un alto grado de disponibilidad, este método de recolección de tráfico es costoso en cuanto a equipos y algo ineficiente en cuanto a la utilización de la fibra óptica.



**Figura 6**

*Jerarquía de transmisión antes de implantar SDH*

En un esfuerzo por reducir los costos, algunas empresas operadoras han propuesto la utilización de pequeñas unidades remotas para concentrar el tráfico de la red telefónica pública conmutada. Éstas unidades se interconectan con los niveles superiores de la jerarquía de transmisión a través de las centrales locales principales.

El transporte del tráfico desde estas unidades remotas hasta la central local principal ofrece una oportunidad ideal para implementar los sistemas SDH, a fin de reducir los costos de funcionamiento.

En la figura 7 se muestra la manera en que las unidades remotas se conectan con la central local principal, mediante la utilización de equipos de transmisión SDH; los equipos pueden ser emplazados ya sea en un anillo aplanado o en un anillo físico verdadero.

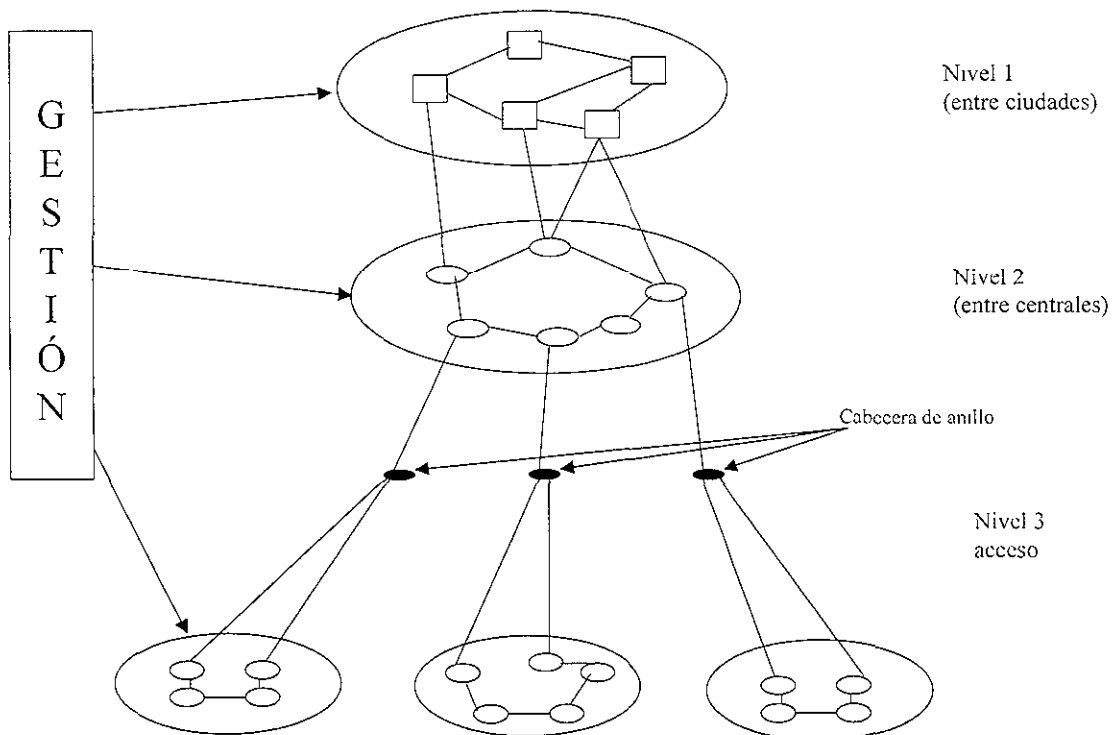


Figura 7

*Utilización de anillos SDH y concentradores remotos.*



Consideremos por ejemplo un anillo STM-1 que puede tener varias unidades remotas conectadas, terminando cada una de ellas una mezcla de tráfico de circuitos privados (PC) y tráfico de la red telefónica pública conmutada (PSTN=RPTC) (figura 8)

La protección se realiza enrutando el tráfico de circuitos privados de alta disponibilidad en ambas direcciones alrededor del anillo; el tráfico de la red pública se podría tratar de manera similar, o bien podría dividirse en proporciones convenientes y ser enrutado de diversas maneras con el fin de mantener el flujo del tráfico en caso de suscitarse un corte en una fibra.

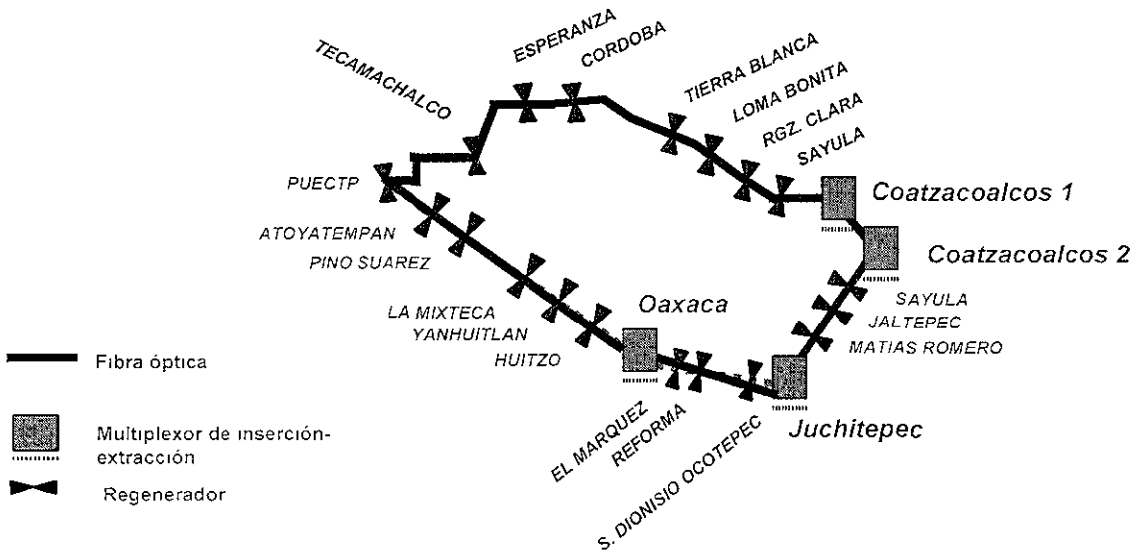


Figura 8 Anillo SDH STM1

### 2.1.3 Multiplexación por división de longitud de onda WDM

Incrementar la capacidad de las redes puede hacerse de varias maneras. Una opción no muy recomendable es instalar más fibra óptica, lo cual representa una operación bastante onerosa, si solo consideramos que el costo promedio de instalar el cable adicional de fibra, excluyendo los costos de los sistemas de soporte asociados y la electrónica, se estima por arriba de los 406 mil pesos por kilómetro, valor que se incrementa en las áreas densamente pobladas.

Ante esta desventaja, algunos proveedores de servicios de telecomunicaciones de varias partes del mundo han decidido analizar una solución distinta: WDM.

WDM ( Wave Division Multiplexing; Multiplexación por división de longitud de onda) intenta superar de manera drástica a SDH/SONET.

WDM ofrece alta capacidad a través del uso de las diferentes longitudes de onda que se pueden transmitir por una fibra óptica. WDM modula cada una de las ráfagas de datos en diferentes partes del espectro de luz. La tecnología WDM es el equivalente óptico de la multiplexación por división de frecuencia y es la que se eligió para plantear un diseño de red de alta capacidad.

A continuación se muestra un diagrama de un sistema WDM de comunicaciones.

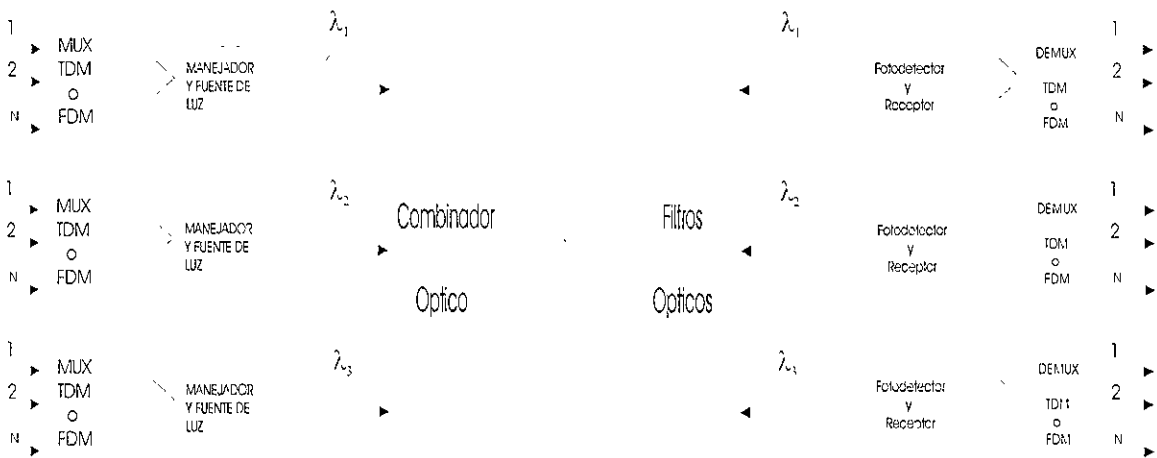


Figura 9

Sistema de comunicaciones WDM

WDM es una tecnología de transporte óptico. El concepto detrás de WDM es directo, ya que se trata de sistemas ópticos altamente avanzados que dividen las señales de luz en diferentes longitudes de onda o colores, y las transmiten simultáneamente a través de una sola fibra para incrementar su capacidad en transporte de tráfico. Con esta tecnología, fácilmente los sistemas más avanzados pueden incrementar la capacidad de red de 16 a 40, 96 o 200 veces más sin instalar una sola fibra nueva.

Los expertos financieros afirman que los sistemas WDM se comparan favorablemente no sólo con el costo de colocar una nueva fibra, sino también con los costos de oportunidad ganados al momento de implementar WDM.

En la actualidad, la mayoría de sistemas de transmisión por fibra óptica operan a velocidades de hasta 2.5 Gbps. Aún estas velocidades impresionantes son insuficientes para las redes de comunicación que cursan una gran cantidad de tráfico de diversa naturaleza: Internet, video, datos, LANs, fax y voz, por su constante demanda y crecimiento. Por ello, los proveedores de servicios de telecomunicaciones necesitan una solución eficiente que les garantice flexibilidad de capacidad sin necesidad de redimensionar en amplio grado y a costos muy altos su infraestructura existente.

Actualmente se utiliza la tecnología WDM para aumentar la cantidad de datos que puede transportar un cable de fibra óptica. Con ella se consiguen hasta 160 canales diferentes en un sólo haz de cable. Además, esta tecnología es capaz de mantener la intensidad de las señales de luz a lo largo de más distancia, con lo que se pueden ahorrar costos de amplificación de señal. Una de las longitudes de onda en la trayectoria WDM se usa para transportar la información de gestión, a esta longitud de onda se le llama  $\lambda_{DCC}$

Algunos de los beneficios de WDM son:

- Fácil crecimiento a bajos costos (escalabilidad).
- Restauración más rápida.
- Aprovisionamiento de circuitos más rápidos.
- Mayor economía para las empresas.

Para Oscar Toulet - Director General de Ciena<sup>5</sup> -, "WDM es la tecnología que abrirá las puertas de mayores velocidades y bajos costos para la transportación de datos y voz".

Uno de los retos importantes a considerar a la hora de instalar tecnología WDM para transporte óptico, es el tener que aprender a manejar la nueva capacidad o

---

<sup>5</sup> Empresa de telecomunicaciones. Ver [www.ciena.com](http://www.ciena.com)

ancho de banda que es creado. Esto se debe al volumen de señales que los equipos en los extremos llegan a manejar.

Por ejemplo, si un operador instala un sistema WDM de 40 canales y los activa, técnicamente también tendría 40 bastidores de equipo (SDH, IP o ATM) en la oficina central alimentando al sistema WDM, de manera que el administrador se vería en la necesidad de también manejar el flujo de información de dichos equipos.

En ese caso la conmutación óptica inteligente en el núcleo de la red y la distribución multiservicio en los extremos ayudan también a los operadores a manejar con facilidad la capacidad y a convertir rápidamente el ancho de banda en servicios generadores de ingresos.

### 2.1.3.2 Topología

WDM ofrece la posibilidad de implantar redes con una topología diferente de la de anillo. Generalmente se emplean topologías en malla y bus.

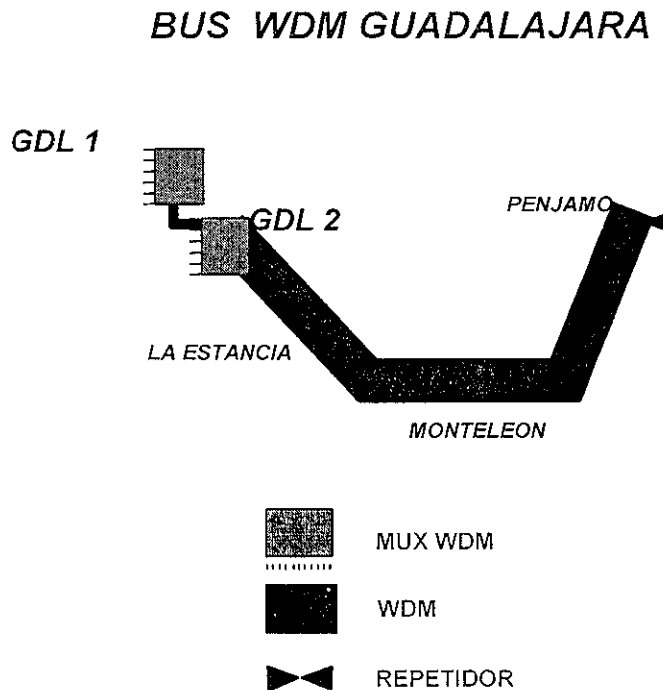


Figura 10. Sistema de comunicaciones WDM

## 2.2 Tendencias en México

En México la gran mayoría de los operadores telefónicos tienen instalado SDH, lo que significa un gran auge para esta tecnología. Por lo tanto podemos decir que SDH es necesario. Sin embargo, no olvidemos que DWDM también se usa en México, pero cabe destacar que estas dos tecnologías compiten sólo en algunos aspectos, como por ejemplo en las redes de área amplia.

Las tendencias del uso de SDH, SONET y DWDM en México son muy variadas, pero la inclinación más fuerte es hacia el uso de DWDM, ya que DWDM nos ofrece muchas ventajas (velocidad, economía, facilidad de actualización y ampliación, etcétera), lo que hace que DWDM se esté expandiendo actualmente, a escala mundial, de manera muy rápida y, por lo tanto, tenga una mayor aceptación en el mercado.

Las tendencias de SDH y SONET son favorables con un uso latente de esta tecnología en los próximos años, con una optimización que irá mejorando su rendimiento. Pero no olvidemos que solamente ofrece servicios para el transporte de voz.

Finalmente, cabe señalar que el desarrollo de las tecnologías aplicadas a las telecomunicaciones en México ya está en puerta para que éstas sean utilizadas y brinden mejores servicios con mayor calidad y economía a los usuarios finales y al país. Solamente resta analizar y saber que estas tecnologías están allí, en la “sala de espera”, para que el usuario y las grandes empresas las apliquen y obtengan grandes beneficios para sus negocios.

La revolución de Internet y la reciente popularidad de aplicaciones de datos que utilizan gran ancho de banda, están llevando a las comunicaciones de banda ancha a sobrepasar el crecimiento del tráfico de voz y a establecer una nueva agenda de prioridades en la infraestructura de las telecomunicaciones.

De acuerdo a “Internet Software Consortium / Network Wizard”, el número de proveedores de Internet en México casi se duplicó de enero a julio de 1999, sugiriendo que el crecimiento de Internet está a punto de acelerarse en México a una tasa increíble.

Adicionalmente, Dataquest advierte que la demanda de servicios de datos está experimentando un crecimiento dramático en México ya que se esperan ingresos anuales por más de 40 mil millones de pesos para los operadores en el año 2003, considerando que se obtuvieron 8.9 mil millones de pesos en 1998. Ante estas cifras, los proveedores de servicios de telecomunicaciones se han visto obligados a introducir soluciones eficientes que les garanticen gran capacidad, sin necesidad de aumentar el costo y la infraestructura existente.

Para tales objetivos, varios líderes de telecomunicaciones como Alcatel, Ciena, Ericsson, Lucent, NEC, Nortel y Pirelli, han impulsado el desarrollo de una tecnología que se ajusta a los requerimientos de una red moderna.

DWDM es una tecnología óptica basada en la multiplexación de diferentes longitudes de onda generadas por diferentes emisores de luz dentro de una misma fibra óptica. De esta forma se logra aumentar la capacidad de transmisión o ancho de banda de la fibra más allá de los límites que impone el propio material que la conforma.

En términos generales la introducción de DWDM en México será muy importante, debido a que actualmente nuestro país tiene un importante nivel de interconectividad con el resto del mundo, lo que da como resultado que el tráfico de datos crezca geométricamente y que los proveedores de servicio estén cada vez más interesados en optimizar la infraestructura de sus redes para poder integrar multiservicios y multitecnologías, a costos de operación y capital más bajos de lo que permite la antigua tecnología SDH.

### 2.2.1 Sistemas de transmisión de redes de telecomunicaciones en México.

En la figura 11 se muestra una topología característica de un operador de telecomunicaciones, en ella se observan equipos WDM y SDH. La convivencia de ambas tecnologías es una consecuencia de la evolución de las tecnologías. La escalabilidad de los equipos en estas décadas es un factor de peso en las decisiones de compra.

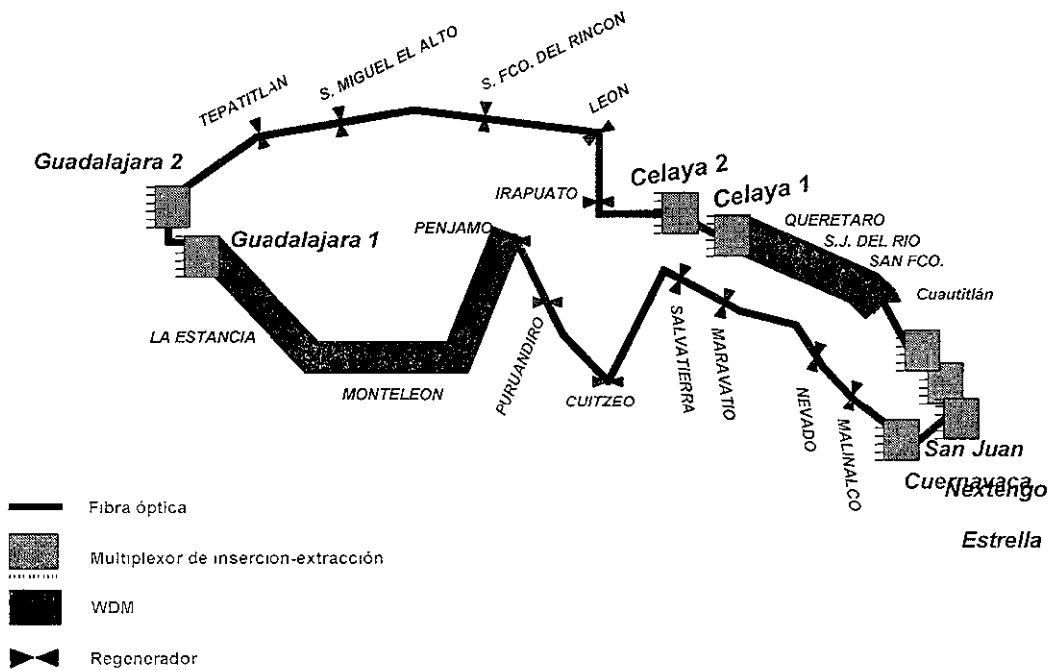


Figura 11

Topología de transmisión híbrida con elementos SDH y WDM

### **3. Metodología de diseño para una red de comunicación de datos usada en la gestión de elementos de transmisión.**

A continuación se presentará la metodología desarrollada para el diseño de la red de gestión de los elementos de transmisión SDH y/o WDM. Esta metodología fue aplicada durante el periodo de 1997-2000 durante mi trabajo en la Red Corporativa de Datos de Telmex. Mi labor durante este periodo comprendió desde la caracterización de los equipos de transmisión de Alcatel, Nortel, Ericsson y NEC hasta el diseño e implementación de la red de comunicación de datos que da servicio a los sistemas de gestión de cada uno de los proveedores.

En este capítulo después de exponer la metodología se mostrarán tres casos de estudio que permitirán aplicarla. Es importante recalcar que las topologías de redes de transmisión usadas para analizar los casos de estudio de este capítulo no corresponden a topologías reales, pero son muy parecidas a las que tuve oportunidad de implementar.

#### **3.1 Consideraciones generales sobre planificación y diseño**

Una RCD deberá estar diseñada de modo que tenga capacidad para asegurar la una comunicación permanente con varios tipos de trayectos de comunicaciones. Podemos distinguir en una RCD cuatro tipos de trayectos:

1. Entre los elementos de la red L1 que pertenecen a la red de transmisión.
2. Entre un ER L1 y un ER L2 que pertenecen a la red de transmisión.
3. Entre el Sistema de operaciones y el ER L2.
4. Entre el SO y la Estación de trabajo.

Cada uno de estos tipos de trayectos están ilustrados en la figura 12. Todos requieren diferentes esquemas de operación. La comunicación entre los ER L1 (identificada en el punto 1) se llevará a cabo a través de los DCC<sup>1</sup> de SDH ó la  $\lambda_{DCC}^2$  de WDM, lo mismo que la comunicación entre los ER L1 y ER L2 (punto 2).

---

<sup>1</sup> DCC de Data communication channel o canal de comunicación de datos Ver capítulo de fundamentos teóricos

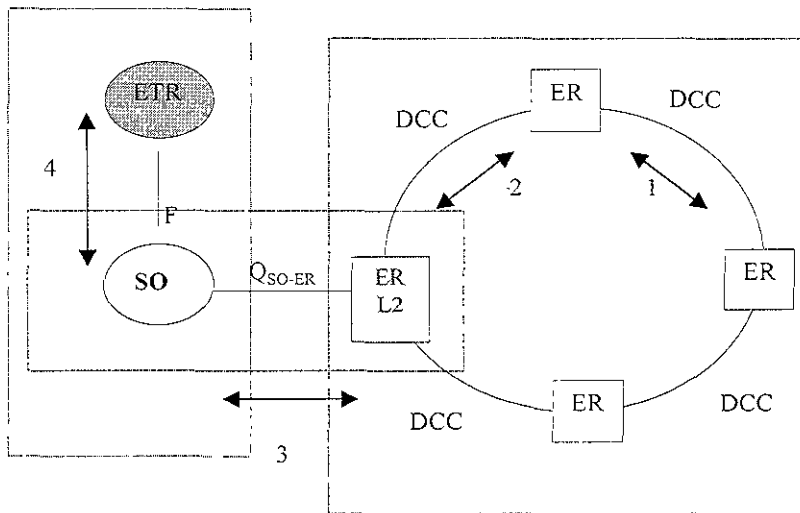
<sup>2</sup> Es la longitud de onda que transporta la información de gestión. Ver capítulos de fundamentos teóricos.



Se dice que las dos primeras trayectorias usan la red misma de transmisión para transportar la información a estos canales de comunicación sobre la red de transmisión, también llamada red interna.

La figura 12 muestra la arquitectura mas simple de la RGT donde la ETR, el SO y el ER L2 se encuentran en el mismo sitio y se comunican a través de conexiones locales (trayectos 3 y 4). El uso de una RCD no se justifica aquí por la coincidencia en ubicación de todos estos elementos.

Es poco común encontrar un ambiente de operación real con una arquitectura como la de la figura 12, ya que generalmente los centros de supervisión dónde se ubican los SO están en edificios administrativos no en centrales y por el contrario los equipos de transmisión están en centrales no en edificios administrativos.



DCC : canal de comunicación de datos

**Figura 12**

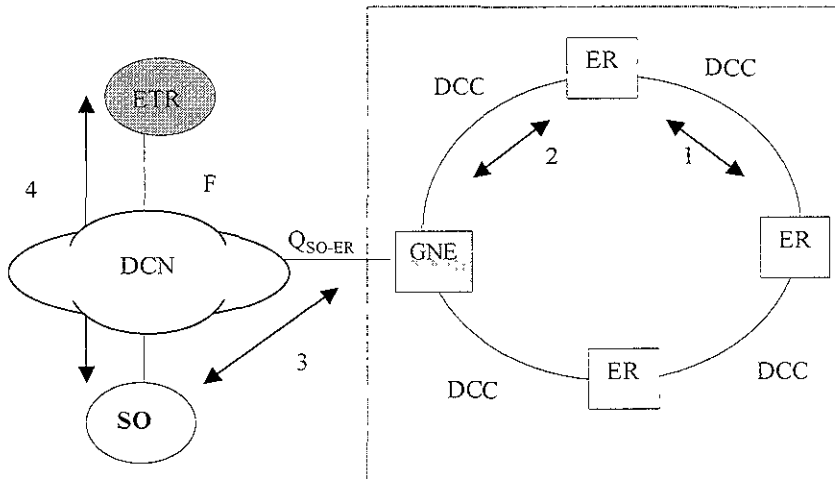
**Arquitectura simple de una RGT con elementos de transmisión**

El trayecto 4 en algunos casos requiere del uso de la RCD, la generalidad es que existan varias ETR's , una en un ambiente local y dos o más remotas (usan una RCD).

El ER L2 tiene funciones de elemento de mediación ya que permite que la información que viaja a través de los DCC y de la  $\lambda_{DCC}$  pueda ser enviada a través de una interfaz de tipo ethernet para enviarla a través de una conexión local o de la RCD.

Al ER L2 también se le conoce comúnmente como GNE ( Gateway Network Element ) ya que es la “compuerta” que permite la comunicación entre ambientes de operación diferentes. Durante la exposición de la metodología y los casos de estudio se usará éste término.

La figura 13 representa una arquitectura donde se requiere del uso de la RCD, esta es la estructura común, ya que el sistema de operaciones SO y el GNE no se encuentran en el mismo lugar.



**Figura 13** Arquitectura de una red de gestión de telecomunicaciones (RGT) con elementos de transmisión

La trayectoria 3 tiene un mayor impacto sobre la operación debido a que el SO es el que realiza la función de gestión. Si perdemos esa trayectoria no podremos gestionar la red de transmisión, es por eso que necesitamos asegurar la permanencia de este trayecto.

Una falla en la trayectoria 4 generaría la pérdida de supervisión en el sitio donde se encuentra la estación de trabajo (ETR), ésta permite el acceso remoto de los usuarios; sin embargo generalmente donde se encuentra el SO hay siempre una ETR local y personal capacitado, por lo que aunque una falla en la red de transmisión se presentara durante la interrupción en la comunicación de la trayectoria 4, hay la posibilidad de atenderla. El impacto es menor que en el caso de la trayectoria 3.

Cada una de las trayectorias utilizan diferentes protocolos de comunicación, básicamente se usan el conjunto de protocolos TCP/IP y el conjunto OSI/ISO,

como se explicó en el capítulo de fundamentos teóricos, cada uno de ellos presenta diferentes características.

En resumen podemos construir la siguiente tabla :

**Tabla 1. Resumen de las características para las trayectorias de comunicación.**

Trayectoria	Depende de :	Impacto	Protocolo	Consecuencias de una falla
1	La red de transmisión y su redundancia	Medio-Alto	IS-IS	Uso de la redundancia en los sistemas de transmisión. En algunos casos pérdida momentánea de tráfico.
2	La red de transmisión y su redundancia	Medio-Alto	IS-IS, ES-IS	Uso de la redundancia en los sistemas de transmisión. En algunos casos pérdida momentánea de tráfico.
3	La RCD y su redundancia	Alto	TCP/IP, IS-IS	Pérdida de gestión sobre los elementos de transmisión.
4	La RCD y su redundancia	Medio	TCP/IP	Pérdida de gestión remota.

Una vez establecidas las características para cada una de las trayectorias involucradas en la gestión de los elementos de transmisión, se podrán realizar una serie de consideraciones más específicas, que permitirán que el diseño de la RCD sea adecuado a las circunstancias que se nos plantean, además de ayudarnos a determinar cuándo será necesaria hacer alguna modificación a la metodología.

### 3.1.1 Consideraciones técnicas

Las consideraciones técnicas se realizarán en función de los aspectos de la tecnología, la infraestructura existente y las características de la comunicación.

En el mercado latinoamericano se cuenta con diversos equipos de transmisión de tecnologías SDH y WDM, sin embargo todos basan sus características en modelos y estándares internacionales como ya se expuso en el capítulo anterior.

Es importante conocer si los fabricantes de equipos de transmisión siguen la normatividad definida por la ITU para la construcción de sus elementos SDH y WDM ya que de esto dependerá en mucho la correcta implantación de una RCD.

Por ejemplo un equipo que no use el espacio dentro del canal de datos DCC (Data Communication Channel) definido para la información de gestión, no podrá usarse para darle continuidad a la información de gestión hacia sus elementos.

### 3.1.1.1 Tecnología de transmisión

La mayor parte de las redes de telecomunicaciones tienen diversas tecnologías en el área de transmisión conviviendo simultáneamente, ya en el capítulo precedente hablamos de la combinación de las tecnologías SDH y WDM. En operadores nuevos esta mezcla de tecnologías es muy común de encontrar, sin embargo en operadores como Telmex, con infraestructura establecida hace tiempo, la combinación es de tecnologías PDH, SDH y WDM.

Esta combinación es consecuencia del tiempo de establecimiento de los operadores y del nacimiento de las nuevas tecnologías. El mercado de las telecomunicaciones en México se abrió en la década de los 90's, en esta década las tecnologías PDH y SDH ya estaban probadas e implementadas en muchas redes mundiales, mientras que WDM aún estaba en proceso de nacimiento.

Debido a que la tecnología PDH no sigue el modelo RGT para gestión, se considerará que esta metodología sólo aplica para redes de transmisión que contengan elementos SDH y/o WDM.

Los equipos de SDH más comunes en la red de transmisión son de las jerarquías STM-1, STM-4 y STM-16, siendo prevaletes los equipos de fibra óptica sobre los radios.

### 3.1.1.2 La conexión de elementos de la red y sistemas de operación con la RCD

Esta conexión se llevará a cabo a través de un equipo de enrutamiento. Este equipo de enrutamiento debe manejar el conjunto de protocolos OSI. Los enrutadores de uso común en México son los equipos del fabricante CISCO<sup>3</sup> por esta razón se tomarán como base en los casos de estudio que se encuentran al final de este capítulo. No obstante es posible usar cualquier otro equipo que maneje las interfaces y protocolos requeridos para la RCD por las normas M.3000 y M.3010.

Cisco tiene equipos que permiten la integración de equipos con diversas interfaces y protocolos permitiendo una gran flexibilidad, sin embargo en el mercado existen algunos otros equipos que pueden cumplir con estas características, por ejemplo los enrutadores de Nortel Networks.

La conexión local entre ER y la RCD también requerirá del uso de equipos concentradores, ya que generalmente no existe un solo ER en cada sitio. Estos

---

<sup>3</sup> Cisco es considerado como el principal proveedor de enrutadores a nivel mundial, se estima que el 80% de los equipos enrutadores de Internet pertenecen a esta marca.

equipos concentradores pueden ser de baja densidad de puertos (8 generalmente) o de alta densidad (16 o más). Generalmente a estos equipos se les llama *hubs* y a los de baja densidad se les conoce también como *mini-hubs*.

Existen equipos concentradores que únicamente permiten la conexión de elementos sin hacer más eficiente la conmutación del tráfico local, pero hay otra categoría de equipos llamados *switches* LAN, que permiten además de concentrar puertos disminuyen el tráfico local.

La elección de uno u otro dependerá de las siguientes variables :

- Número de puertos a concentrar. Si la densidad de puertos es muy grande muy probablemente la cantidad de tráfico generada también lo será, en un ambiente local el uso de los *switches* LAN puede mejorar el comportamiento de la red. A pesar de que existen *hubs* apilables que permiten el crecimiento modular de puertos, los *switches* LAN presentan más ventajas ya que existen modelos que permiten el crecimiento modular con diferentes interfaces.
- Crecimientos futuros. No sabemos que tipo de interfaces puedan tener los ER que se integren a la red de transmisión, por lo que el uso de *switches* LAN y algunos tipos de *hubs* nos permitirá afrontar mejor estos cambios ya que algunos modelos cuentan con tarjetas o módulos intercambiables.
- Protección en la alimentación de corriente alterna. Este es un punto a favor de los *switches* LAN ya que actualmente pueden funcionar con corriente directa de -48 Volts. Los *hubs* están diseñados esencialmente para trabajar con corriente alterna, que no siempre tiene protección en las centrales de los operadores de Telecomunicaciones.
- Facilidad de monitorear y gestionar a estos elementos. Los *switches* y *hubs* permiten esta función dependerá de los modelos a comparar las ventajas o desventajas en cuanto a este punto.

El uso de *switches* LAN es cada vez más generalizado por la ventaja que presentan respecto al tráfico local generado la creación de VLAN's y algunas facilidades en cuanto a la obtención de estadísticas de desempeño.

### 3.1.1.3 Cumplimiento de la norma M.3010

Todos los ER y SO deben cumplir con interfaces compatibles con la RGT, así que elaboraremos una tabla de correspondencia con los conceptos antes estudiados :

*Tabla 2. Elementos de la norma M.3010*

Concepto M.3010	Elemento físico
ER (Elemento de red)	Multiplexores, regeneradores, amplificadores y elementos de transconexión.
SO (Sistema operativo)	Sistemas de gestión propietarios.
RCD ( Red de comunicación de datos)	Se llamará de la misma forma <sup>4</sup>
ETR ( Estaciones de trabajo )	Cada proveedor las llama de diferente forma por eso usaremos el mismo término.

La norma recomienda que la RCD este compuesta de los tres primeros niveles del modelo OSI, los protocolos TCP/IP y OSI/ISO cumplen con este requerimiento.

### 3.1.1.4 Parámetros

Previo al diseño es importante considerar los requerimientos cuantitativos de la comunicación entre los ER y el SO, éstos son :

1. Velocidad de transferencia. Es muy importante determinar esta característica en la interfaz de cada uno de los elementos, ya que así definiremos las características de los equipos enrutadores que les darán servicios. Generalmente los ER usan tarjetas de comunicación 10baseT lo mismo que los SO. En el año 2000 surgieron equipos SO que manejaban tarjetas 100baseT.
2. Retardo. Identifica el tiempo de bloqueo que podría ser tolerable entre elementos. Este concepto repercute también en el diseño de los canales de comunicación. Los estándares internacionales piden un tiempo máximo de 200 ms. Para la detección de una falla y si el equipo está diseñado con elementos de protección, en ese tiempo debe de cambiarse de una

<sup>4</sup> Durante mi labor en Telmex este concepto correspondería a la RCDT (Red de comunicación de datos Telmex)

situación de alarma a una de funcionamiento normal. Estos 200 ms deberán ser considerados en el diseño de la red.

3. Tráfico. Cantidad de datos transferida a través de la interfaz durante una transacción cualquiera. Es muy importante la caracterización del tráfico generado por las principales transacciones entre un ER y el SO ya que nos permitirá definir el ancho de banda necesario para la comunicación entre éstos elementos.
4. Prioridad. Indica la precedencia que se ha de dar a los datos en caso de competición por recursos de la red con otras funciones.
5. Confiabilidad. Es la capacidad de asegurar que son transferidos datos y control de manera íntegra.
6. Disponibilidad. Determina la utilización de redundancia en el diseño de los canales de comunicaciones entre elementos.

A continuación se muestra una tabla de los parámetros antes descritos, para algunos de los principales proveedores de sistemas de transmisión en México.

**Tabla 3. Parámetros del ER**

ER	Velocidad de conexión a la RCD	Retardo	Tráfico pico
TN1X™ Nortel	10 Mbps	72 mseg	24 Kbps
1664 SM™ Alcatel	10Mbps	60 mseg	20 Kbps

**Tabla 4. Parámetros de SO**

SO	Velocidad	Tráfico generado por el ER
TMN™ Nortel	10 Mbos	64 Kbytes
1353 SH™ Alcatel	10 Mbps	15 Kbytes/ 1664 SM

### 3.1.2 Consideraciones operativas

El proceso para atender fallas en la red de transmisión depende del administrador de la red y de la gravedad de la falla.

Anterior a la implantación de una RCD, el proceso de atención depende enteramente de las personas que puedan ubicarse en el sitio dónde se presenta la falla, siendo esto altamente ineficiente.

El simple hecho de mantener personal durante 24 hrs. los 365 días del año en un solo sitio, únicamente para que este pendiente de las fallas que se puedan generar, es carísimo. Agreguemos que el personal ubicado en estos sitios debe contar con cierto grado de capacitación que le permita resolver la falla.

Al implantar tecnologías SDH que permiten la gestión remota y el uso de sistemas de protección, el resolver una falla no dependerá de la existencia y capacitación del personal que está en el sitio, por lo que traerá una gran repercusión en la forma de atender la falla, así como en los costos que genera el resolverla.

Es común que las personas que tienen a su cargo la solución de fallas tengan un proceso de escalación ó atención de fallas, por lo que la ubicación de los SO tendrá mucho que ver con la ubicación del personal capacitado y que tenga como responsabilidad la atención de fallas de primer nivel<sup>5</sup>.

### 3.1.3 Consideraciones económicas

Al determinar la aceptación de cualquier proyecto el factor económico es indudablemente uno de los más fuertes, no sólo por el dinero que se gastará, sino también por el que se gane al implantarlo.

Históricamente, los costos de una RCD se han subestimado en el presupuesto de una red de transmisión. Un estimado inicial de los costos para una RCD dada , dependiendo del diseño final, debe de ser de entre 1% y 10% del costo de los equipos de la red de transmisión. Este costo puede variar en este rango dependiendo de la complejidad y tamaño de la red de transmisión.

Es decir, para un presupuesto de 10 millones de dólares, el costo adicional que debe presupuestar el administrador de esta red para su RCD está entre 100,000 y un millón de dólares.

Al comenzar a evaluar el proyecto, no es posible dar algunas reglas para estimar el costo verdadero, todo lo que se puede hacer es seguir la siguiente lista de factores de riesgo que influirán en el costo total :

---

<sup>5</sup> Una falla de primer nivel se considera la mas común o sencilla de las fallas, después de transcurrir cierto periodo sin resolverse esta falla se convierte en una de segundo nivel y así sucesivamente hasta llegar al nivel más alto, es por eso que el proceso se llama de escalación



- Falta de interoperabilidad entre los elementos de transmisión (ER's)
- Una red de transmisión de mas de 150 ER.
- Una topología donde se presenten :
  - ER's de alta capacidad, es decir que un solo ER físico represente mas de un ER lógico.
  - Segmentos de red físicamente discontinuos.
  - Elementos de red de diferentes proveedores.
- Ubicaciones diferentes para la gestión de la red.
- La separación forzosa de los protocolos IP y OSI
- Alta disponibilidad con limitados puntos únicos de falla, proveída por redundancia en sitios, rutas y equipos.
- Protección en exceso para eliminar los puntos únicos de falla.

Estos factores pueden determinar que el presupuesto para la RCD no se encuentre en el rango de 1% a 10 %.

## 3.1 Metodología de diseño

Una vez realizadas las consideraciones pertinentes se procederá a aplicar la metodología. Los puntos 3.1.1 a 3.1.4 en un ambiente de operación real, generalmente son decididos por el proveedor del equipo y el administrador de la red de transmisión, los puntos posteriores son de la responsabilidad del administrador de la RCD<sup>6</sup>

Al final de esta sección se plantearán tres casos de estudio, cada uno con diferente topología de transmisión, lo cuál nos permitirá aplicar la metodología que se define en este trabajo.

En el primer caso se trabajará con una topología esencialmente SDH, en el segundo tenemos una topología SDH con un número de elementos mayor y una topología mas compleja. Por último una topología combinada que contenga elementos SDH y WDM con una topología con discontinuidades.

### 3.1.1 Análisis de la topología de la red de transmisión

Se debe determinar la cantidad y características de los elementos que se encuentran en una red de transmisión. Es recomendable seguir los siguientes pasos :

1. Identificar en la red de transmisión: cantidad, interfaces y versiones de *software* para cada uno de los ER que la integran.
2. Recopilar la topología actual y la lista de las ubicaciones geográficas de la red.
3. Determinar las condiciones de alimentación eléctrica en cada sitio (AC o DC)
4. Determinar la expansión y cambio de la red de transmisión para que el diseño pueda evolucionar y cumplir con los requerimientos futuros.
5. Identificar si ya se cuenta con equipos de red de comunicación de datos instalados con otros propósitos para evaluar la posibilidad de utilizarlos.
6. Determinar la ubicación de los sistemas de operaciones SO y las estaciones de trabajo ETR desde dónde se llevará a cabo la administración de la red.
7. Establecer el nivel disponibilidad de la RCD requerido :

---

<sup>6</sup> En la mayor parte de los casos el diseño e implementación de la RCD es vendida también por los proveedores de equipo, sin embargo tiene la gran limitante de estar pensada sólo para el proveedor que la vende. Una de las aportaciones de este trabajo es el enfoque multiproveedor

- a. Para la comunicación entre los SO y los ER (una ruta o múltiples rutas)
- b. Para los OS ( a través de la duplicidad de equipos, sitios o plataformas de *stand-by* )

### 3.1.2 Determinar la cantidad de sistemas de operaciones SO necesarios para la red de transmisión

Recordemos que el modelo RGT permite la administración de una red de telecomunicaciones por capas, la comunicación entre ER y OS es sólo la primera capa de la pirámide del modelo RGT. La capa superior la conforma la gestión de la red de transmisión, después de circuitos es decir de enlaces construidos.

Cada SO, en función de cada proveedor, soporta diferente número de elementos para su gestión, éste número nos permitirá determinar cuantos SO serán requeridos. Por lo general el determinar cuántos SO serán necesarios para la red de transmisión depende de la capacidad de cada uno de los sistemas, a continuación se presenta una tabla comparativa al respecto.

**Tabla 5. Capacidad de los SO**

SO	ER soportados
Alcatel	1000
Nortel	750
Ericsson	1500

### 3.1.3 Determinar la cantidad de elementos compuerta de la red (GNE) necesarios para la red de transmisión

Los GNE's (como se explicó en el capítulo de fundamentos teóricos) son dispositivos de mediación (DM), responsables de proveer comunicación entre la red de transmisión y la RCD. La cantidad de GNE's necesarios para proveer una comunicación entre los ER y el SO dependerá de la capacidad de procesamiento de los equipos, es por eso que cada proveedor debe brindar información acerca del número de elementos equivalentes que puede soportar un GNE.

El concepto de elemento equivalente es muy útil ya que no se relaciona con el número físico de equipos sino con el número de sistema intermediario o sistema terminal dentro de un área de nivel L1.

A continuación se muestra una tabla con los elementos equivalentes que soportan algunos GNE's :

*Tabla 6. Capacidad GNE*

GNE	ER equivalente
ALCATEL (Modelo 1651 SM)	40
NEC (Modelo MSH11)	50
NORTEL (Modelo TN1X)	63

Por ejemplo, para una red de transmisión con 80 ER de Alcatel serán necesarios dos GNE's, por redundancia es posible considerar la instalación de un tercero, sin embargo no hay que perder de vista que dos es el mínimo indispensable.

Es posible que en algunos casos el uso de un solo GNE sea suficiente. Por ejemplo asumamos que una red de transmisión tiene 20 ER. Para atender a todos sólo es necesario asignar un GNE, sin embargo es recomendable tener por lo menos dos equipos GNE's, en diferentes ubicaciones para poder dar redundancia a la comunicación.

Bajo este mismo criterio de redundancia, es necesario determinar tantos GNE's como sea necesario para seguir dando servicio a la red a pesar de que uno de ellos falle. Si tenemos una red de transmisión con 126 ER de Nortel, no será suficiente definir dos GNE's, sino que será necesario determinar un tercero, de forma tal que a pesar de que uno de ellos falle no se interrumpa la comunicación.

### **3.1.4 Determinar cuáles de los equipos de la red de transmisión funcionarán como GNE's**

Existen varios factores que determinarán la ubicación de los GNE's dentro de la red de transmisión. Hay que señalar que esa ubicación determinará la capacidad de recuperación de la comunicación entre ER y SO en caso de falla.

Los factores que tomaremos en cuenta para la elección serán :

1. Distancia lógica o métrica entre los ER L1 y el GNE que como ya mencionamos puede funcionar como un elemento L1 y/o L2 .
2. El número de "saltos" entre el ER más alejado del SO y éste último no debe sobrepasar 150.

3. La capacidad de los ER para convertirse en GNE's. La instalación de la red de transmisión tiene necesidades dependientes de la distribución del tráfico, es por eso que los ER que tienen capacidad para convertirse en GNE's no siempre están en los lugares que mas favorecen al diseño de la RGT.

### 3.1.5 Análisis de la topología de red de área local a emplear para la conexión de los GNE's a la RCD

Las características y topología de la LAN dependerán del tipo de interfaces que tenga el GNE y el elemento de la RCD.

Todos los ER considerados para comportarse como una interfaz entre la red de transmisión y la RCD son generalmente los elementos de compuerta GNE, cuentan con interfaces ethernet que pueden ser 10base2 o 10 baseT. El uso de cable coaxial o cable UTP dependerá del fabricante del equipo. A continuación se presenta una tabla con las características de las interfaces .

*Tabla 7. Características LAN*

Característica	10Base5	10Base2	10BaseT
Máxima longitud del segmento	500 m	185 m	100 m
Topología	Bus	Bus	Star
Medio	50 $\Omega$ coaxial grueso	50 $\Omega$ coaxial delgado	100 $\Omega$ UTP
Conector	NIC DB 15	BNC	RJ 45
Número de estaciones /segmento de cable	100	30	2 (NIC y repetidor)
Número máximo de segmentos	5	5	5

El cable 10baseT provee una topología (estrella distribuida) más flexible, para IEEE 802.3, este tipo de topología es más fácil de instalar y manejar desde el punto de vista del cableado.

Mientras que las implementaciones estándar de Ethernet requieren de tarjetas de interfaces y cableado además de otro componente conocido como concentrador

(hub o switch). Los concentradores de cableado son usados en 10baseT para un punto común de distribución de cableado.

La ventaja de usar un concentrador y una topología tipo estrella es que el daño en un cableado puede ser fácilmente aislado y su efecto en la LAN minimizado.

El uso de 10baseT en los ER es cada vez más generalizado, sin embargo es necesario solicitar configuraciones específicas de cada modelo, ya que los fabricantes pueden manejar Ethernet y 10 baseT e instalar la configuración que el cliente prefiera cambiando sólo el tipo de transductor.

### **3.1.6 Análisis de la topología de red de área amplia a emplear en la RCD**

La topología de la red WAN dependerá en gran medida del número de GNE's y de la ubicación de los SO. Existen varias posibilidades para la construcción de la topología WAN, uno de ellos consiste en el uso de enlaces punto a punto.

#### **Topología física**

Una RCD generalmente se debe construir tomando en cuenta tres niveles :

- Acceso
- Distribución
- Dorsal

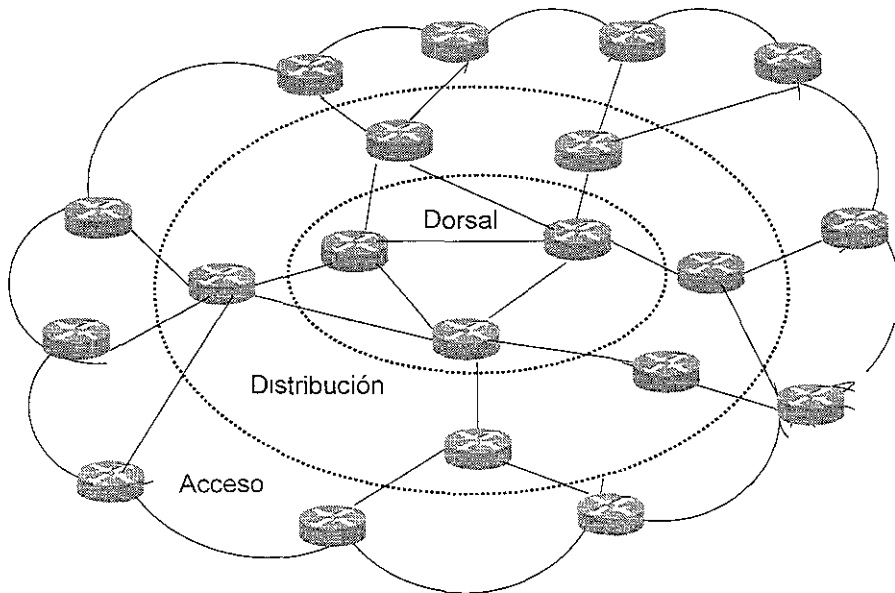
En algunos casos no se requiere de usar los tres. Para determinar esto es necesario revisar los siguientes incisos :

- El número de puntos de acceso justifica el uso de enrutadores de distribución, generalmente mas de 6 puntos de acceso justifica el uso de enrutadores de distribución.
- El número de enrutadores de distribución justifica el uso de enrutadores de dorsal. Mas de 3 enrutadores de distribución justifican el uso de enrutadores de dorsal.
- La distribución geográfica de los equipos que se van a conectar. Este es un punto sumamente importante porque finalmente los enlaces que unirán a los enrutadores de la RCD se proporcionarán, en parte, a través de la misma red de transmisión que se está gestionando, por lo que al saber la distribución geográfica de la misma se podrá dar redundancia a través de la diversidad de rutas.
- El factor costo-beneficio es también un factor que puede determinar el número de jerarquías que tiene una RCD. Posiblemente se tenga una

redundancia completa entre mas jerarquías y consecuentemente un mayor número de equipos, pero esta redundancia no sea costeable porque una falla no justifique el costo de un equipo o enlace adicional.

La figura 14 muestra una topología física jerárquica.

### Topología jerárquica de la RCD



*Figura 14. Topología jerárquica*

Los SO por ser elementos que no pueden depender de una ruta única, es decir sin redundancia, requieren de darles acceso a través de una topología que sea resistente a fallas. Los elementos de red no requieren de una conexión con redundancia hacia la RCD, debido a que tienen protección a través de los equipos que actúan como GNE's

### Topología lógica

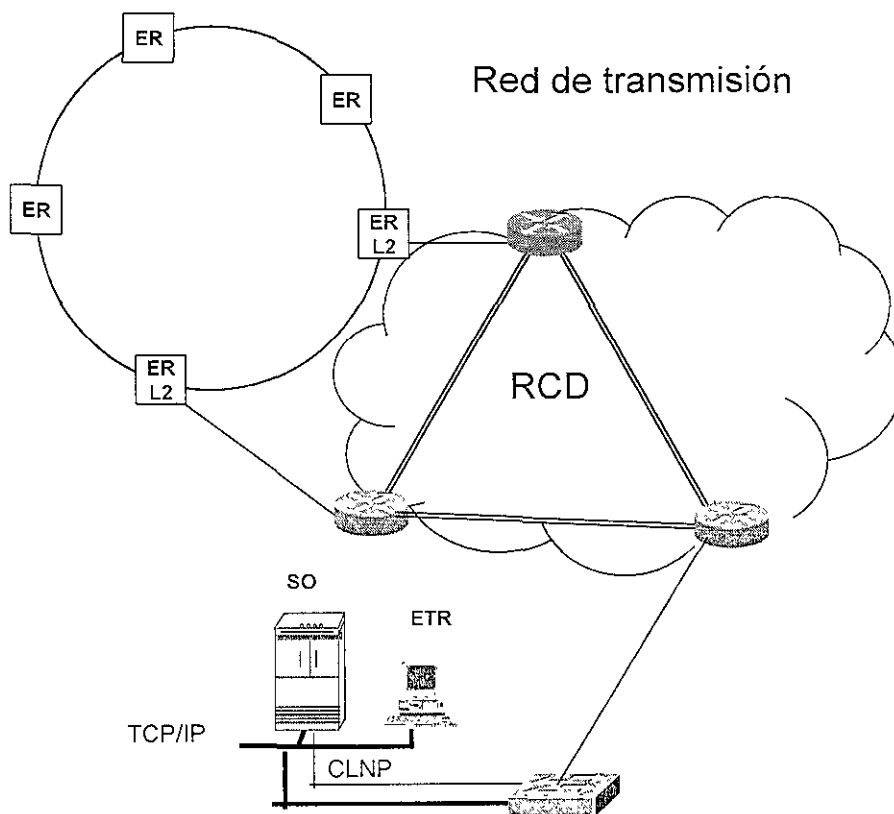
El conjunto de protocolos más comúnmente usado en las redes de comunicación de datos es el TCP/IP. Sin embargo es necesario precisar que los equipos de transmisión de los principales proveedores utilizan el conjunto de protocolos de OSI debido a que fueron creados de acuerdo a los lineamientos del modelo de capas también generado por OSI/ISO.

El activar un protocolo en los diferentes equipos que conforman la RCD habilita una topología lógica, ya que los protocolos se habilitan sobre las interfaces. Los protocolos de enrutamiento más usados pertenecen a TCP/IP por lo que es común que la mayor parte de los equipos los utilicen, además de que muchas aplicaciones están basados en los mismos, es por eso que se requiere usar un

esquema que permita trabajar al conjunto de protocolos OSI/ISO con los de TCP/IP.

La convivencia del conjunto de protocolos TCP/IP y OSI/ISO la podemos alcanzar con dos enfoques : usando un híbrido que nos permita combinar ambos conjuntos de protocolos ó usando encapsulamiento.

El uso de túneles es una práctica común en las redes de datos y se usan para encapsular protocolos que no se desean enrutar sobre los equipos de la red. Su uso simplifica mucho la administración y permite no impactar el desempeño de los enrutadores. La configuración de los túneles se realiza en cada uno de los extremos que se van a unir y únicamente en estos puntos se habilita el protocolo encapsulado. A continuación se muestra un ejemplo de topología lógica con el uso de túneles.



CLNP : protocolos de red no orientados a conexión.

**Figura 15 . Topología lógica con el uso de túneles para la comunicación de los elementos de gestión y de red.**



### **3.1.7 Asignar el direccionamiento a los elementos de la red de transmisión y de la RCD**

La asignación de direccionamiento de cada uno de los elementos que intervienen debe hacerse bajo el direccionamiento descrito en el capítulo uno de principios teóricos.

Para realizarse hay que tomar en cuenta el crecimiento de la red de transmisión, es necesario además que sea acorde a los lineamientos internacionales. Un punto muy importante es que si contamos con un direccionamiento adecuado los procesos de interconexión con otras redes será mucho más sencillo, lo cual en un ambiente global como el que vivimos es de suma importancia.

#### **Determinación de áreas**

Se debe tomar en cuenta el número de ER permitidos por ISO 10589 para definirse en un área lógica. El máximo número recomendado es de 100 ER, sin embargo algunos proveedores manejan hasta 150.

Las áreas lógicas también deberán definirse en función del alcance de las diferentes jurisdicciones que administran la red.

### **3.1.8 Implantar el diseño**

La implantación del diseño debe realizarse una vez que se haya verificado el funcionamiento de la comunicación de por lo menos el primer ER con el SO para asegurarnos que la aplicación de gestión funciona adecuadamente independientemente de si lo hacen local o remotamente.

Una vez comprobado el funcionamiento es necesario integrar al SO a la RCD.

Esta integración deberá realizarse inicialmente sólo en este extremo para, nuevamente verificar el funcionamiento independientemente de la topología de la red WAN.

### **3.1.9 Observar el desempeño de la aplicación de gestión sobre la RCD implantada**

El desempeño de la RCD se puede evaluar considerando los siguientes puntos :

- Resistencia a fallas en alguno de los puntos de conexión entre ER y RCD.
- Resistencia a fallas en alguno de los puntos de conexión entre SO y RCD.
- Resistencia a fallas en alguno de los puntos de la topología de transmisión.

## 3.2 Caso de estudio 1

### 3.2.1 Topología de la red de transmisión

El diagrama 1 de la siguiente página, muestra la topología de transmisión que analizaremos. Este es un caso relativamente simple de una topología SDH, sin embargo se debe tener cuidado con el número de elementos a gestionar (esto se verá con mayor detalle en el punto 3.2.2.1)

Podemos observar que se trata de elementos de diferentes jerarquías, hay elementos STM-1, STM-4 y STM-16.

### 3.2.2 Metodología propuesta

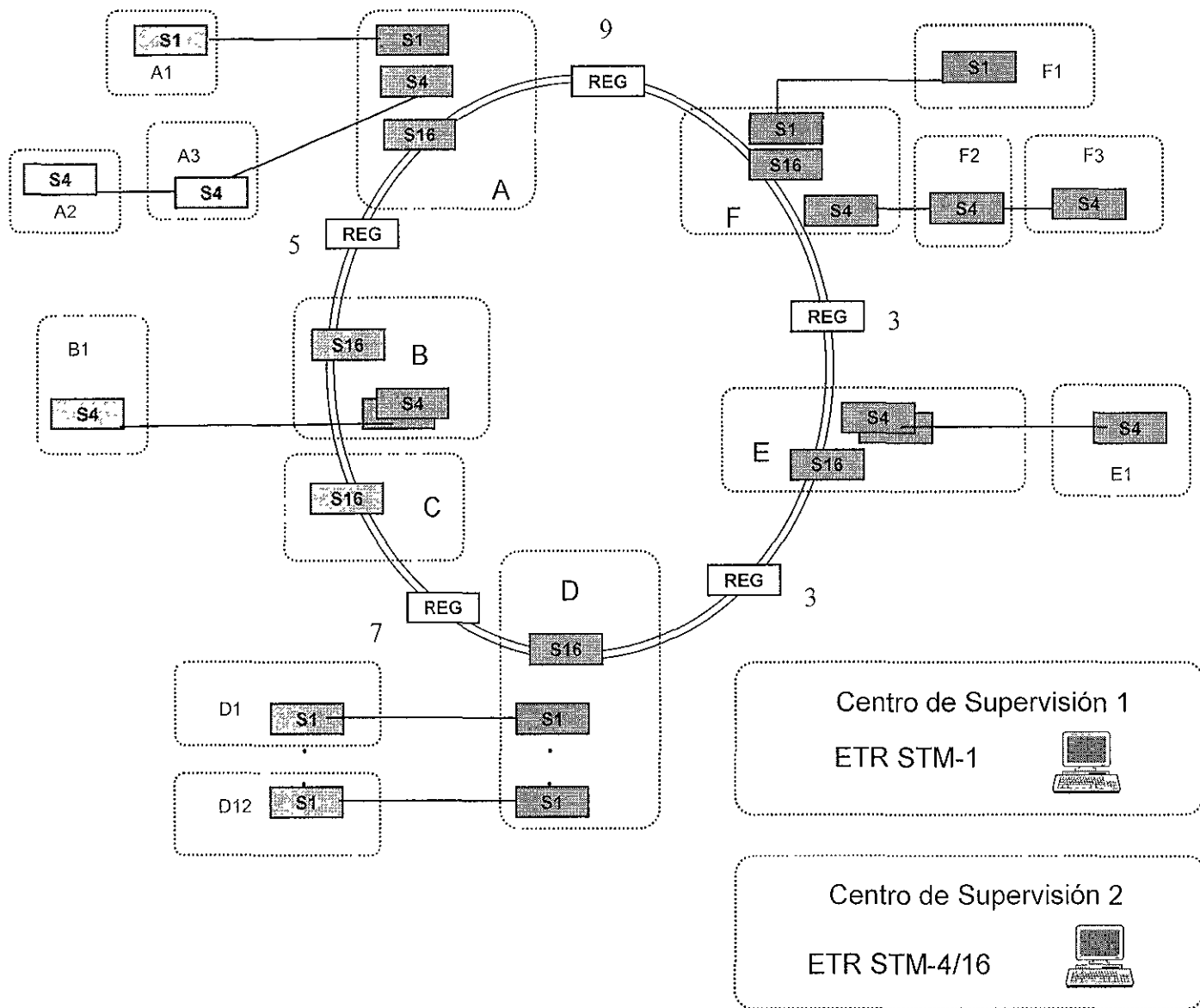
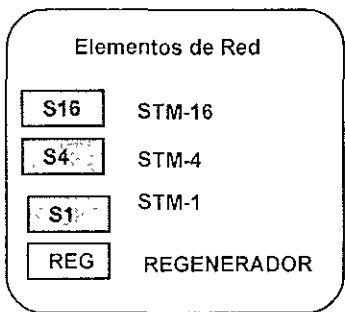
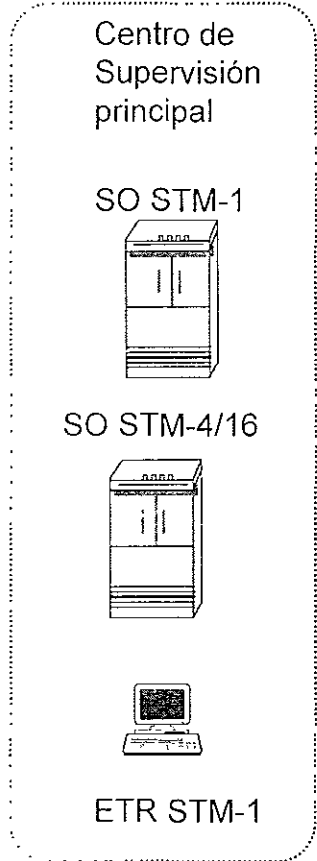
#### 3.2.2.1 Análisis de la topología de la red de transmisión

Como primer paso identifiquemos en la red de transmisión cantidad, interfaces y versiones de software para cada uno de los ER que la integran. Estos datos los obtendremos del anexo 7. Así tenemos la siguiente tabla :

*Tabla 8. Elementos de la topología de transmisión*

Fabricante	ER's	
Alcatel	STM-16	6
	STM-4	12
	Regeneradores	33
Subtotal		51
Nortel	STM-1	28
Total		79

El diagrama 1 presenta un anillo STM-16, además en cada uno de los sitios existen diversos equipos de transmisión STM-4 y STM-1.



Para comenzar se realizarán las siguientes consideraciones :

- Esta topología es discontinua en algunas de sus partes debido a que los equipos STM-16 no están unidos a los STM-1. Este es un punto que debemos considerar ya que nosotros podemos unir estos elementos a través de una red LAN.
- Estamos tratando una topología ficticia por lo que para denominar los sitios se usarán letras y números. Todos los sitios STM-16 usarán las letras de la A a la F. Los sitios que estén conectados a éstos lugares llevarán una numeración consecutiva.
- En cada sitio existen instalaciones eléctricas de C.A. y C.D.
- Asumamos que no sabemos el crecimiento de la red de transmisión por lo que no podemos hacer consideraciones al respecto. No se cuenta con equipos de RDC instalados con otros propósitos para evaluar la posibilidad de utilizarlos.
- Se requiere que la comunicación entre los SO y los ER tenga rutas múltiples por lo que se usará un plataforma de comunicación que proporcione redundancia.

### **3.2.2.2 Determinar la cantidad de SO necesarios para la red de transmisión**

Dependiendo de las capacidades del proveedor se logrará saber cuantos SO se requieren, para esto hagamos uso de la tabla de elementos de Alcatel del Anexo 2. Para este caso un SO será suficiente. Sin embargo se requerirá otro mas para los equipos de Nortel. Los dos SO se ubican en el mismo lugar debido a que generalmente los proveedores de servicios de telecomunicaciones tienen centros de supervisión en dónde concentran todos los sistemas.

Además de los SO se están considerando dos ETR's , una para cada SO. La comunicación entre la ETR y el SO correspondiente se lleva a cabo por TCP/IP.

### **3.2.2.3 Determinar la cantidad de GNE's necesarios para la red de transmisión**

Analicemos independientemente a los equipos de Nortel y a los de Alcatel. De la tabla 8 podemos obtener el número de ER's de cada tipo de equipo, ahora es necesario comparar estos números con las capacidades soportadas por cada elemento de compuerta del anexo 3.

Para los equipos de Alcatel es necesario definir tres GNE's, ya que existen 51 ER's que requieren gestionarse, con dos GNE's podemos dar servicio a 80 (debido a la tabla de capacidades del anexo3), sin embargo si uno de ellos falla

sólo podremos atender 40 por lo que quedarán fuera 11. Es por esto que debemos definir uno mas, este tercero permitirá en caso de falla que ningún elemento quede sin supervisión. Existen 28 equipos de Nortel, en esta caso la topología de transmisión no es continua, es decir no hay un enlace físico que los una, esta situación la podemos resolver a través de la RCD. Si integramos a todos será necesario un GNE (cada GNE soporta 63 ER's, ver tabla del anexo 3) por capacidad, pero por necesidad de conexión requerimos tres (ver figura anterior).

### 3.2.2.4 Determinar cuáles de los equipos de la red de transmisión funcionarán como GNE's

Tomando en cuenta la metodología, como primer punto a considerar tendremos a los sitios dónde se encuentran equipos factibles de funcionar como GNE's, en algunos casos existen proveedores que no habilitan esta funcionalidad sobre los regeneradores. Posteriormente nos referiremos a los sitios con mayor densidad de ER's serán los primeros candidatos a funcionar como GNE's.

### 3.2.2.5 Análisis de la topología de la red LAN a emplear para la conexión de los GNE's a la RCD

Una vez elegidos los GNE's podemos concentrarnos en el diseño de la LAN que determinará la forma en que se integran a la RCD. Como estamos trabajando con equipo 1651 SM correspondientes al fabricante Alcatel usaremos las características que se presentan en el Anexo 3. Las interfaces que usan estos equipos son 10base2 con conectores BNC. En los equipos TN1X de Nortel se usan interfaces 10baseT con RJ-45. Considerando ambos requerimientos necesitaremos un equipo que provea ambos tipos de interfaces.

Realizaremos una tabla de equipos con sus interfaces :

*Tabla 9. Requerimientos LAN*

GNE	Número de ER's	Interfaces
A	3	2 coaxiales, 1 RJ-45
D	13	1 coaxial, 12 RJ-45
F	3	2 coaxiales, 1 RJ-45
Centro de supervisión central	5	5 RJ-45
Centro de supervisión 1	1	1 RJ-45
Centro de supervisión 2	1	1 RJ-45

Verificando en el Anexo 5 de elementos de la red WAN, podemos establecer las necesidades de equipo en cada uno de éstos sitios.

**Tabla 10 . Asignación de equipos LAN**

<b>GNE</b>	<b>Equipo propuesto</b>
A	Mini-hub con entrada coaxial, un conector T y cargas de 50 ohms.
D	Mini-hub con entrada coaxial, un conector T y cargas de 50 ohms.
F	Mini-hub con entrada coaxial, conectores T y cargas de 50 ohms.
Centro de supervisión central	Dos mini-hubs
Centro de supervisión 1	Puede conectarse directamente al equipo enrutador.
Centro de supervisión 2	Puede conectarse directamente al equipo enrutador.

Además de estos equipos debemos de considerar los cableados, que en la mayoría de las ocasiones pueden ser realizados por los fabricantes del equipo, ya que se considera como la conexión entre la red de gestión y los elementos a gestionar.

Los *mini hubs* son equipos concentradores de baja densidad, podrían sustituirse por *switches LAN* . Un factor que determinará el uso de uno u otro será el crecimiento que se tenga planeado en cada uno de los sitios. Otra ventaja que presentan los *switches LAN* es que poseen fuentes de C.D<sup>7</sup>. por lo que pueden usar la alimentación eléctrica de la central dónde se encuentre el equipo de transmisión.

<sup>7</sup> C D de 48 Volts.

### 3.2.2.6 Análisis de la topología de la red WAN a emplear en la RCD

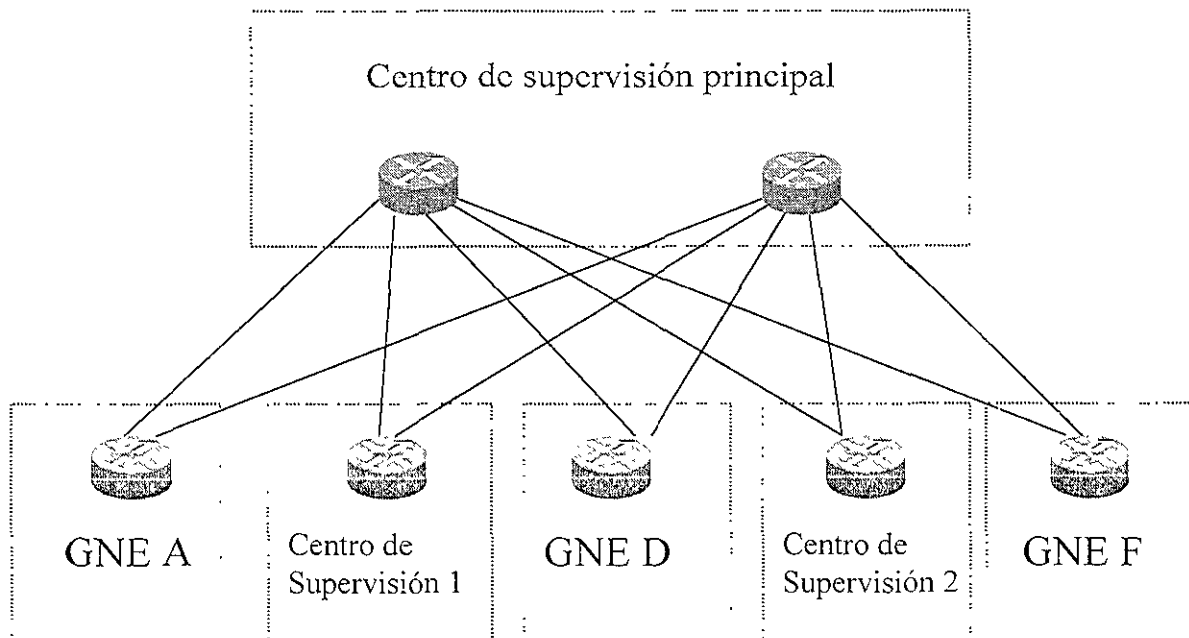
#### Topología física

En este caso el número de accesos que se requerirá serán seis (sitios A, D, F, centro de supervisión principal, centros de supervisión 1 y 2). Como se menciona en la metodología la mayor parte de las redes requieren de una jerarquía de tres niveles, sin embargo y considerando el número de accesos requeridos en este caso sólo son necesarios sólo dos niveles.

El sitio que tiene mas importancia para nosotros es en el que se encuentra el SO, ya que si se pierde la comunicación de éste a los demás sitios no será posible gestionar ningún elemento, por lo que este sitio contará con redundancia en el acceso, es decir dos puntos de conexión a la RCD.

Los equipos que consideramos en la topología LAN se conectarán a los enrutadores a través de interfaces ethernet (10 Mbps).

A continuación se presenta la topología física en la figura 16 :



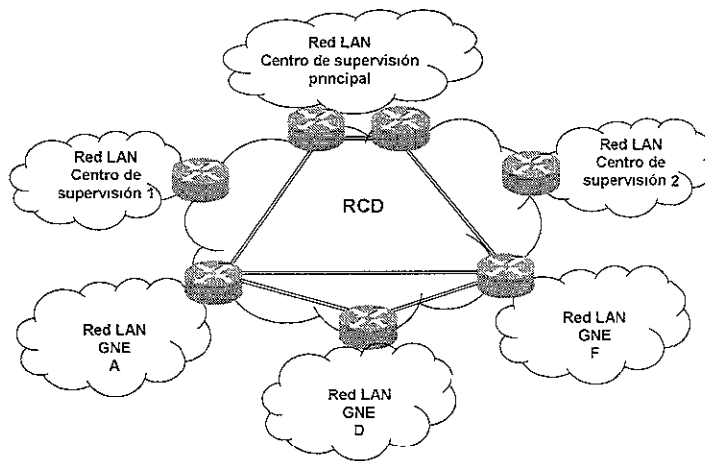
**Figura 16 Topología física**

Los enlaces usados corresponden a E1, es decir son enlaces de 2.048 Mbps. La conexión entre enrutadores es a través de interfaces G.703<sup>8</sup>.

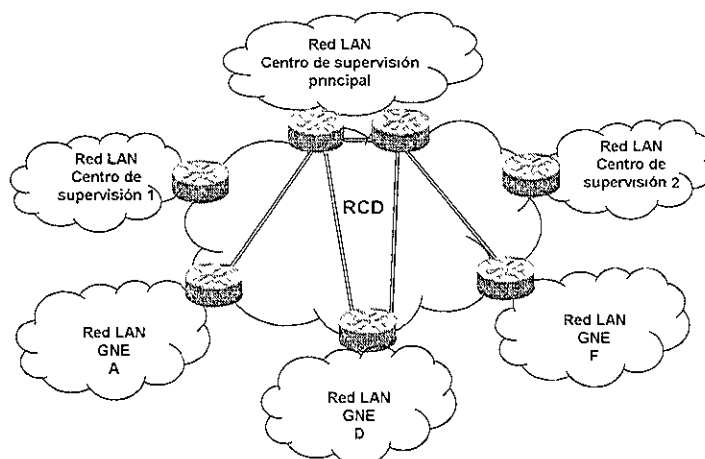
<sup>8</sup> Interfaz balanceada que se entrega a través de un par de conectores coaxiales BNC.

## Topología lógica

Para transportar la información entre ER's y SO requerimos usar un protocolo de enrutamiento IS-IS . Por otro lado para la comunicación ETR's y SO necesitamos TCP/IP. Para manejar adecuadamente estos dos protocolos se recomienda encapsular IS-IS sobre TCP/IP. Al encapsular evitaremos el crecimiento en tablas de enrutamiento en los enrutadores que sólo dan servicio a las ETR, además de contar con una administración mas transparente. A continuación mostramos las diferentes topologías lógicas que se pueden utilizar :



*Figura 17 Topología lógica (a)*



*Figura 18 Topología lógica (b)*

La elección de una de ellas dependerá de la facilidad de los enrutadores para evitar la partición lógica de la dorsal L2 de túneles (ver fundamentos teóricos). En



el caso del inciso a no se evita la partición por lo que es necesaria la construcción de un túnel mas.

### 3.2.2.7 Asignar el direccionamiento a los elementos de la red de transmisión y de la RCD

Los elementos de la RCD recibirán dos tipos de direccionamiento, el que corresponde a TCP/IP y el de OSI ISO.

Para el direccionamiento de los elementos con OSI ISO se tomará en cuenta el número de elementos, para este caso se requiere de la asignación de un área dada esta condición. Sin embargo y considerando que administrativamente es funcional la asignación de áreas independientes en los equipos de Alcatel y Nortel, así como en los sistemas de gestión, se requerirán de 4 áreas administrativas. Usaremos el AFI 47 por ser un formato abierto.

A continuación se muestran las áreas con los elementos que les corresponden.

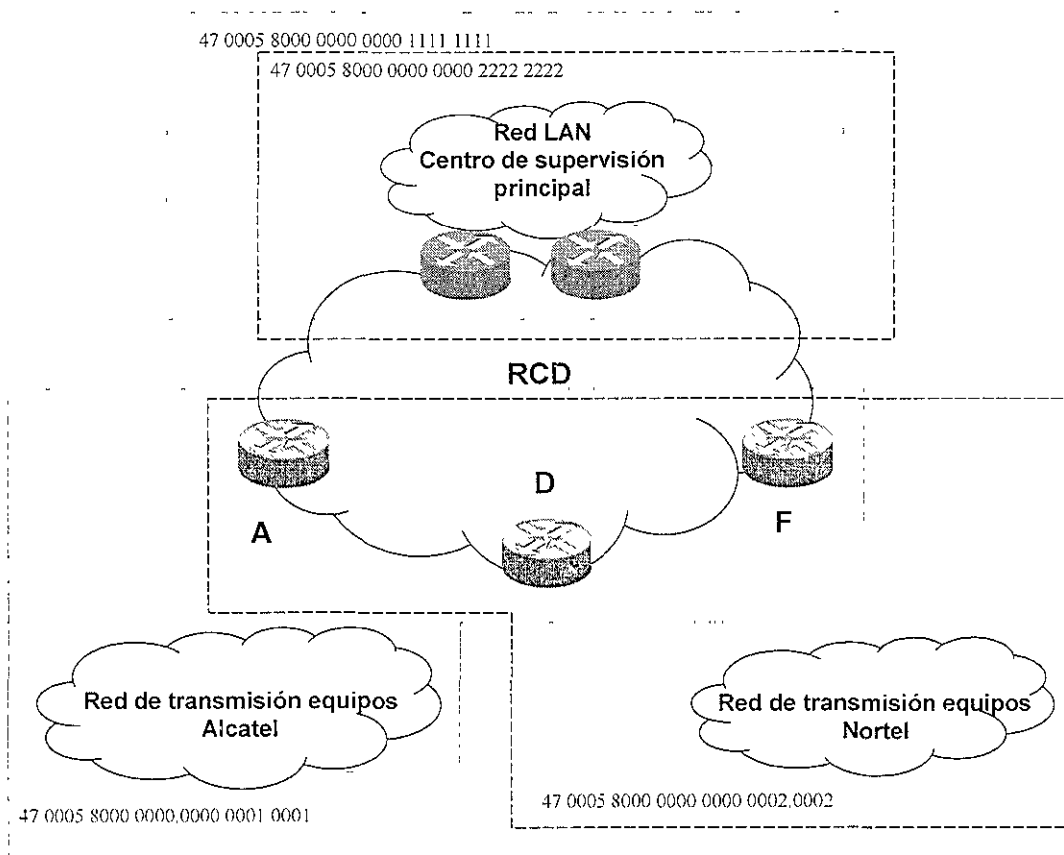


Figura 19. Asignación de áreas lógicas

El direccionamiento IP se requerirá para las interfaces ethernet de las ETR's, los SO y las direcciones de las interfaces seriales y lógicas de los enrutadores

también conocidas como *loopbacks*. La tabla 11 muestra el direccionamiento que se deberá de configurar en cada uno de los elementos.

**Tabla 11. Direccionamiento OSI ISO**

Elementos	Dirección
ER's Alcatel	47.0005.8000.0000.0000.0001.0001.mac address.01
SO Alcatel	47.0005.8000.0000.0000.1111.1111.mac address.01
ER's Nortel	47.0005.8000.0000.0000.0002.0002.mac address.01
SO Nortel	47.0005.8000.0000.0000.2222.2222.mac address.01

Como sabemos la *mac address*<sup>9</sup> es única para cada equipo por lo que no hay riesgo de repetir esta dirección.

<sup>9</sup> Este termino es usado para denominar a un conjunto de 12 dígitos hexadecimales que representan un identificador único de un equipo dado. Se considera como un número de identificación a nivel internacional.

### 3.2.2.8 Implantar el diseño

Es necesario al implantar este diseño corroborar los puntos referentes a la correcta operación del esquema de redundancia, es decir se recomienda provocar una falla en las conexiones que se muestran a continuación y con la obtención de los siguientes resultados:

**Tabla 12. Comportamiento del diseño bajo condiciones de falla**

Falla en	Resultado
Conexión GNE A- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio A pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE D- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio D pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE F- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio F pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión SO- switch	Alarma generada en el puerto del switch, sin pérdida de gestión en ninguno de los elementos
Puerto del switch –enrutador en Centro de supervisión principal.	No hay pérdida de gestión. Alarmas en el puerto del switch y del enrutador del Centro de supervisión principal.
Enlace enrutador de GNE A- enrutador SO 1	No hay pérdida de gestión. Se observan alarmas en los puertos de ambos enrutadores.
Falla en enrutador GNE D	Alarma en el GNE D, no hay pérdida de gestión en los elementos del sistema de transmisión.

Es importante que se considere la falla de dos elementos de la red simultáneamente, en cuyo caso se requiere verificar de que forma afectan independientemente para después verificar su impacto global.

### 3.2.3 Red de comunicación de datos

A continuación se presenta el diagrama del esquema final de operación para el caso de estudio 1.

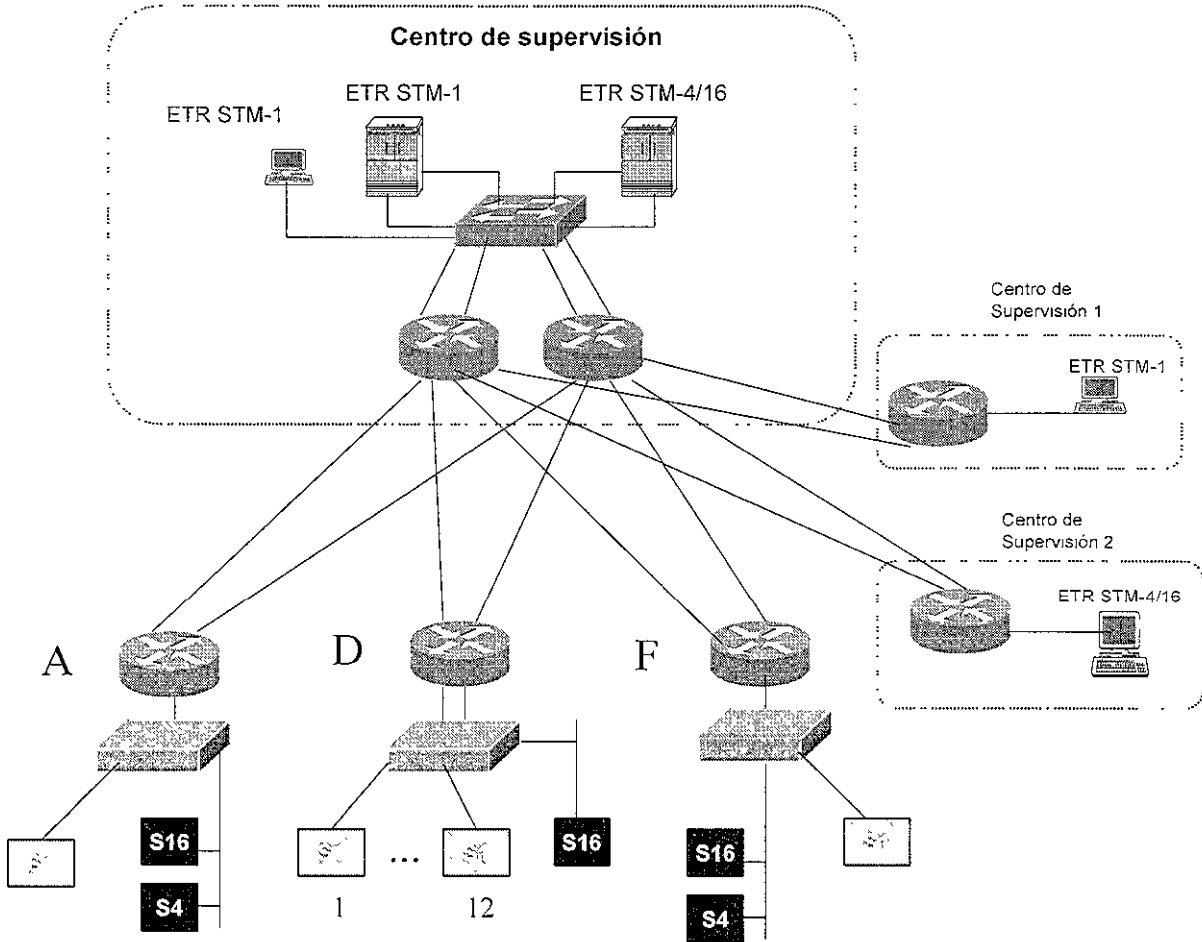


Figura 20

Topología de la RCD para el caso de estudio 1

## 3.3 Caso de estudio 2

### 3.3.1 Topología de la red de transmisión

La figura 2 muestra la topología que consideraremos como nuestro segundo caso de estudio. En este caso trabajaremos con equipos de transmisión de Ericsson y NEC. Observamos que existen dos anillos que se concentran en el sitio C, sin embargo no tienen habilitado el canal DCC.

### 3.3.2 Metodología

#### 3.3.2.1 Análisis de la topología de la red de transmisión

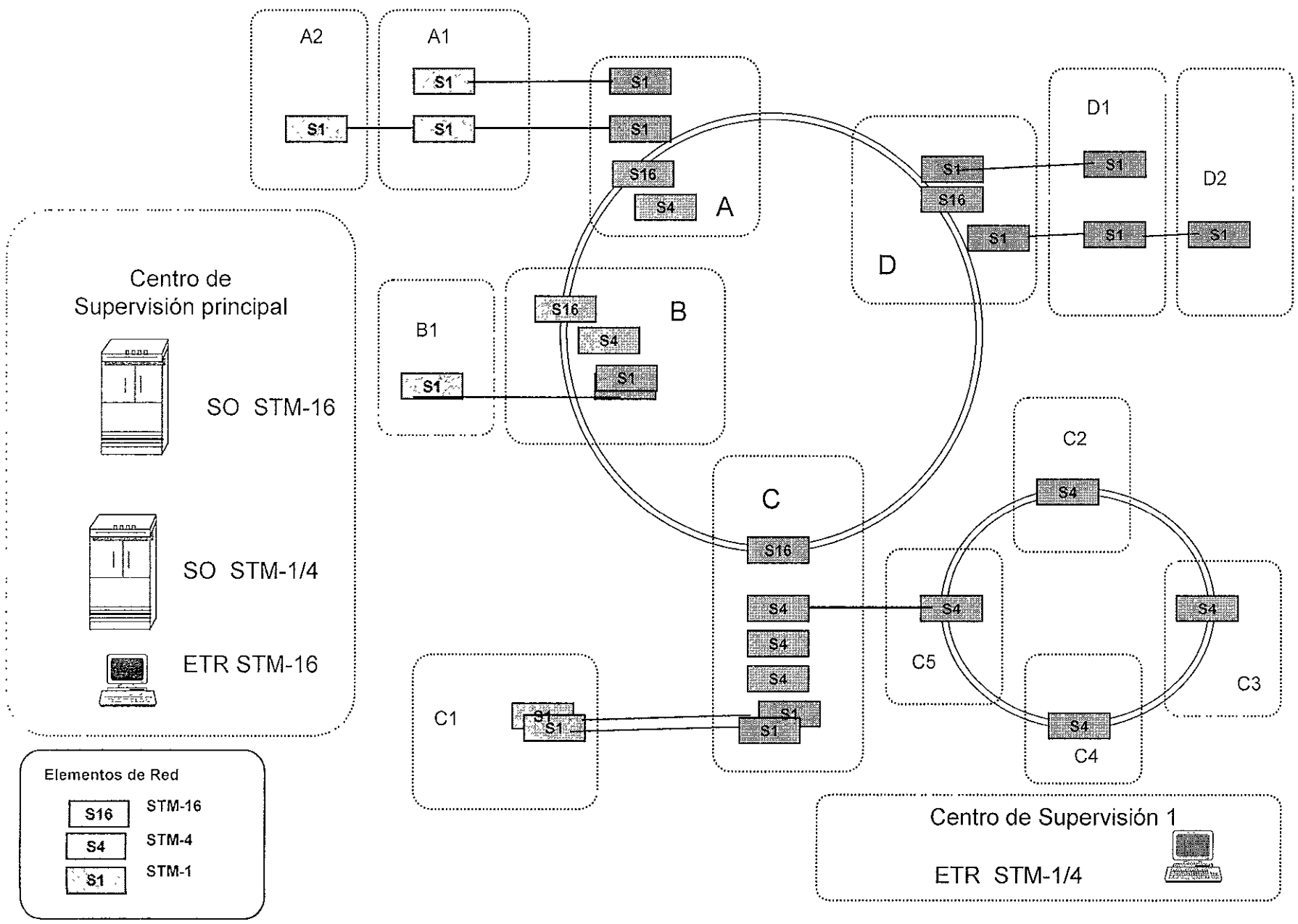
Como primer paso identifiquemos en la red de transmisión cantidad e interfaces para cada uno de los elementos de red que la integran. Estos datos los obtendremos del anexo 2. Así tenemos la siguiente tabla :

*Tabla 13. Elementos de la red de transmisión*

Fabricante	ER's	
NEC	STM-1	17
	STM-4	9
Subtotal		26
Ericsson	STM-16	4
Total		30

Se realizarán nuevamente algunas consideraciones :

- Para denominar los diferentes sitios se usarán letras y números, nuevamente todos los sitios STM-16 usarán las letras de la A a la D. Los sitios que estén conectados a éstos lugares llevarán una numeración consecutivas,
- En cada sitio existen instalaciones eléctricas de C.A. y C.D,
- Desconocemos el crecimiento de la red de transmisión por lo que no podemos hacer consideraciones al respecto,



No se cuenta con equipos de RCD instalados con otros propósitos para evaluar la posibilidad de utilizarlos,

- Se requiere que la comunicación entre los Sistemas de Operaciones y los Elementos de Red tenga rutas múltiples por lo que se usará un plataforma de comunicación que proporcione redundancia.

### **3.3.2.2 Determinar la cantidad de SO necesarios para la red de transmisión**

Observamos que el número de elementos es inferior respecto a la primera topología analizada. Como en el anterior caso, se requiere de un SO por cada fabricante de equipo, sin embargo los dos SO se ubicarán en el mismo lugar ya que coinciden con el centro principal de supervisión. Adicionalmente se está considerando una ETR's , para el SO de Ericsson. La comunicación entre la ETR y el SO correspondiente se lleva a cabo por TCP/IP.

### **3.3.2.3 Determinar la cantidad de GNE's necesarios para la red de transmisión**

Nuevamente de la tabla 13 obtenemos que para los equipos de Ericsson es necesario definir dos GNE's, ya que existen 4 ER's que requieren gestionarse, se podría realizar la gestión con uno, sin embargo si llegara a fallar no tendríamos capacidad de gestionar a ninguno de los 4.

Para los equipos NEC se cuenta con 26 ER's con una topología que presenta muchas discontinuidades ya que no se cuenta con una conexión STM-1 o STM-4 entre los sitios A,B,C y D. Esta separación entre sitios nos exige determinar un GNE para cada uno de ellos, a pesar de que por número de ER's esto no sea necesario. Si los equipos de NEC y Ericsson se pudieran comunicar a través del DCC o emplear conexiones red LAN para dar continuidad a la red interna, podríamos disminuir el número de GNE's requeridos de 4 a 2, sin embargo la condición descrita anteriormente no es fácil de encontrar en un ambiente real ya que los equipos pueden no ser completamente compatibles en su DCC y no cuentan con la continuidad requerida.

### **3.3.2.4 Determinar cuáles de los equipos de la red de transmisión funcionarán como GNE's**

Las distancias medidas en "saltos" no superan los 110 máximos que se requieren por lo que la distribución de los GNE's sólo dependerá de las necesidades de integración de los ER's que tengamos en la topología y que ya fueron descritas en el punto anterior.

La presencia en A,B,C y D de GNE's se hace necesaria porque ahí se encuentran equipos de Ericsson y NEC por lo que sólo resta definir la red de área local.

### 3.3.2.5 Análisis de la topología de LAN a emplear para la conexión de los elementos de compuerta GNE a la RCD

Como estamos trabajando con equipo AXD-2500 correspondiente al fabricante Ericsson usaremos las características que se presentan en el Anexo 5. Las interfaces que usan estos equipos son 10base2 con conectores RJ-45. En los equipos de NEC se usan interfaces 10baseT con RJ-45. Considerando ambos requerimientos necesitaremos un equipo que provea puertos RJ-45, en cantidades suficientes para cada sitio. Enseguida realizaremos una tabla de equipos con sus interfaces :

*Tabla 14. Requerimientos de puertos LAN por sitio*

GNE	Número de ER's	Interfaces
A	4	RJ-45
B	4	RJ-45
C	6	RJ-45
D	3	RJ-45
Centro de supervisión central	2	RJ-45
Centro de supervisión 1	1	RJ-45

Para la asignación de equipo en cada sitio nos auxiliaremos nuevamente del Anexo 4. .

*Tabla 15. Equipos LAN asignados por sitio*

GNE	Equipo propuesto
A	Concentrador 8 puertos
B	Concentrador 8 puertos
C	Concentrador 8 puertos
D	Concentrador 8 puertos
Centro de supervisión central	Switch LAN de 8 puertos



En el Centro de Supervisión 1 no se requiere mas que el equipo de red WAN para dar acceso a la ETR.

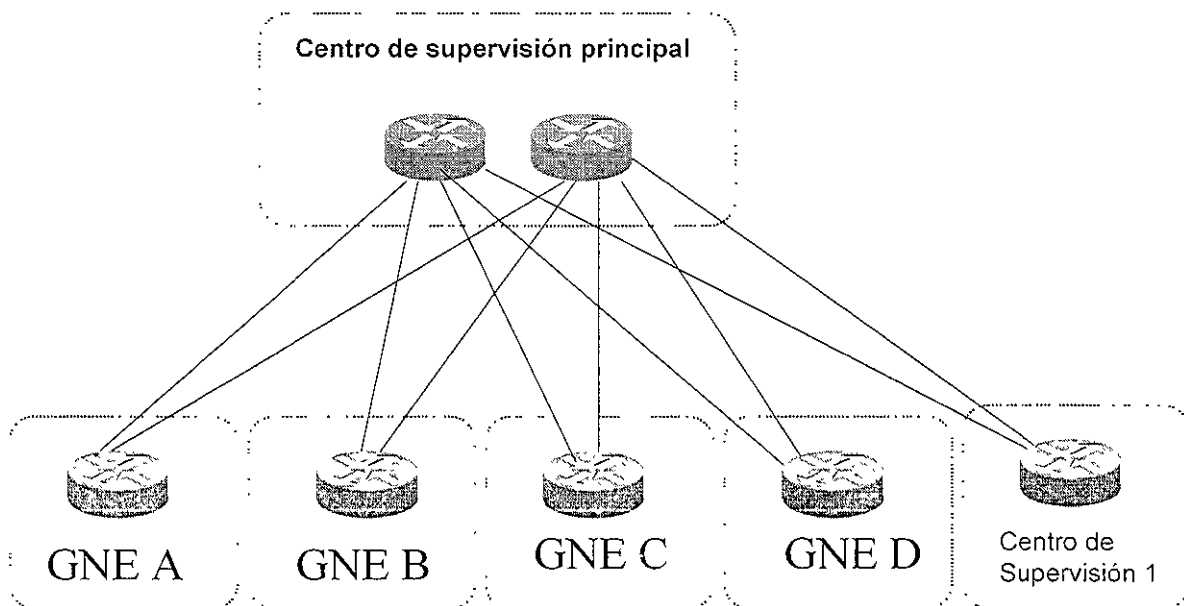
Además de estos equipos debemos de considerar los cableados, que en la mayoría de las ocasiones pueden ser realizados por los fabricantes del equipo ya que se considera como la conexión entre la red de gestión y los elementos a gestionar.

### 3.3.2.6 Análisis de la topología de la red WAN a emplear en la RCD

#### Topología física

En este caso el número de accesos que se requerirá será de 7 : 4 corresponderán a accesos de GNE's y 1 a la ETR y otros 2 en el sitio del SO.

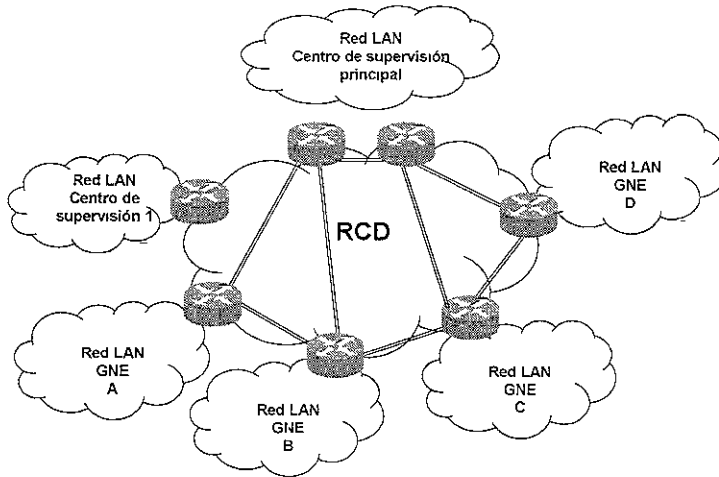
Se usará una red WAN de dos niveles. Al SO le daremos redundancia a través del acceso por dos diferentes enrutadores ubicados en el Centro de supervisión principal, ya que si se pierde la comunicación de éste a los demás sitios no será posible gestionar ningún elemento.



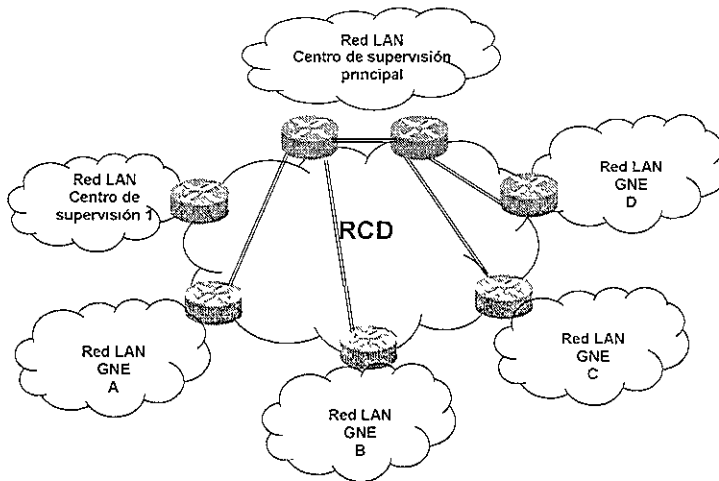
*Figura 21 Topología física de la parte WAN*

## Topología lógica

Mostraremos dos opciones de topologías lógicas que pueden ser empleadas en función de la facilidad que tenga el equipo enrutador para evitar la partición de áreas a nivel L2.



*Figura 22. Topología lógica (a)*



*Figura 23. Topología lógica (b)*

En el caso de la figura 22 se usan túneles para asegurar la continuidad a nivel L2, en la figura 23 esta continuidad se asegura a través de la configuración en los enrutadores.

### 3.3.2.7 Asignar el direccionamiento a los elementos de la red de transmisión y de la RCD

La asignación de áreas se realizará considerando los puntos que se indicaron en la metodología. Por número de ER's se requiere de una sola. Por diferenciación de fabricantes necesitaremos dos , una para Ericsson y otra para NEC. Adicionalmente requeriremos de otra mas para el sistema de operación.

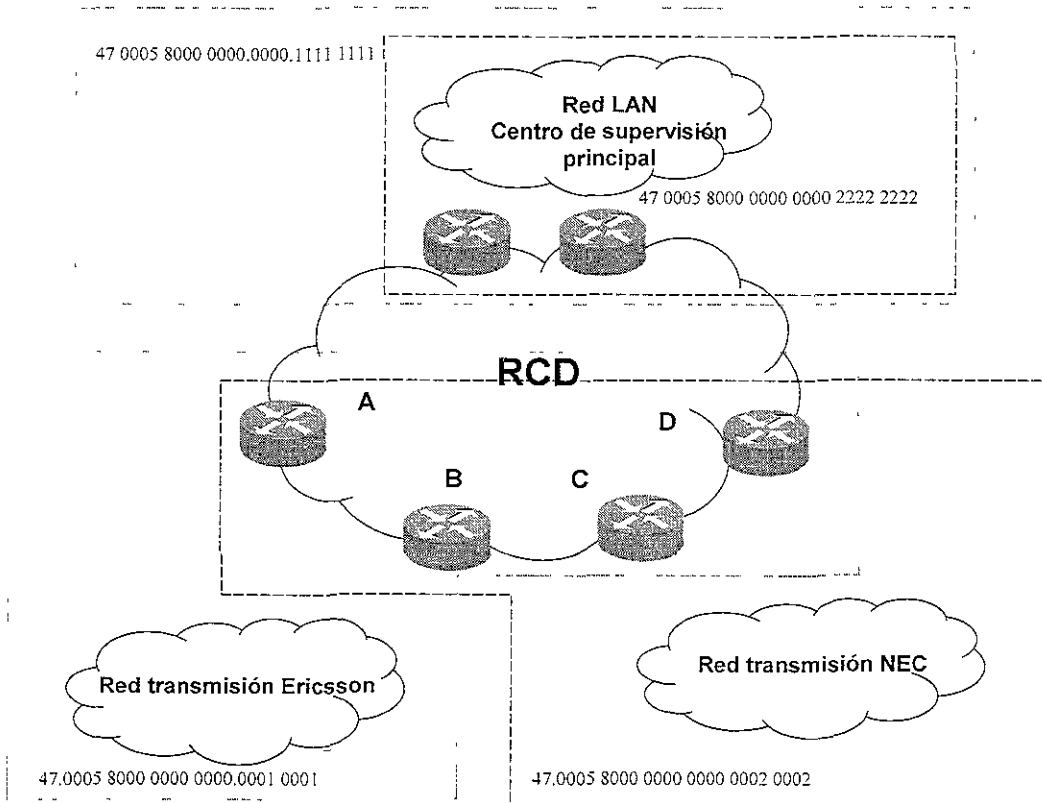


Tabla 16. Direccionamiento

Elementos	Dirección
ER's Ericsson	47.0005.8000.0000.0000.0001.0001.mac address.01
SO Ericsson	47.0005.8000.0000.0000.1111.1111.mac address.01
ER's NEC	47.0005.8000.0000.0000.0002.0002.mac address.01
SO NEC	47.0005.8000.0000.0000.2222.2222.mac address.01

### 3.3.2.8 Implantación del diseño

Es necesario corroborar los puntos referentes a la correcta operación del esquema de redundancia, como se muestra en la siguiente tabla :

*Tabla 17. Comportamiento del diseño bajo condiciones de falla*

Falla en	Resultado
Conexión GNE A- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio A pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE B- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio B pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE C- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio C pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE D- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio D pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión SO- switch	Alarma generada en el puerto del switch, sin pérdida de gestión en ninguno de los elementos
Puerto del switch –enrutador en Centro de supervisión principal.	No hay pérdida de gestión. Alarmas en el puerto del switch y del enrutador del Centro de supervisión principal.
Enlace enrutador de GNE A- enrutador SO 1	No hay pérdida de gestión. Se observan alarmas en los puertos de ambos enrutadores.
Falla en enrutador GNE D	Alarma en el GNE D, no hay pérdida de gestión en los elementos del sistema de transmisión.

Se pueden agregar a este cuadro mas fallas y probar la redundancia bajo otras circunstancias, sin embargo el diseño no soporta mas de dos fallas simultaneas.

### 3.3.3 Red de comunicación de datos

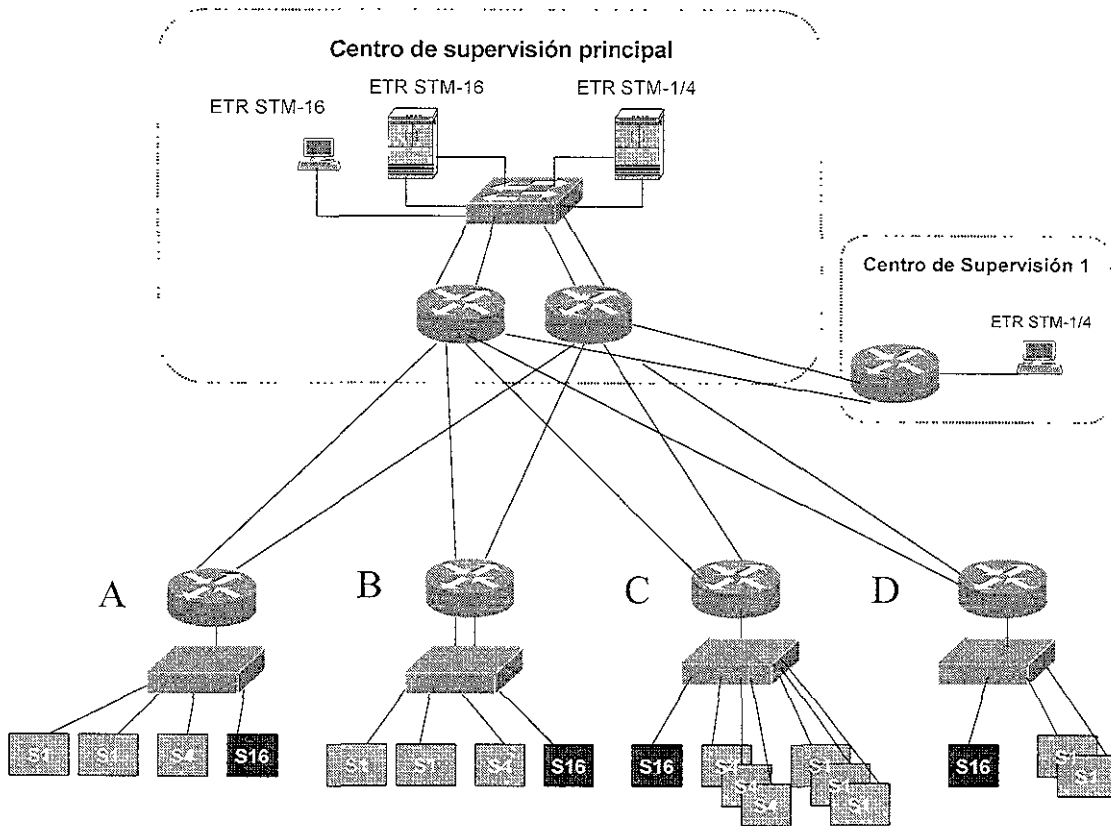


Figura 23

RCD para el caso de estudio 2

### 3.4 Caso de estudio 3

#### 3.4.1 Topología de la red de transmisión

La topología mostrada en el diagrama 3 muestra la convivencia de elementos de las tecnologías jerarquía digital síncrona (SDH) y multiplexación por longitud de onda (WDM). Los anillos y los elementos STM-1 usan SDH y los elementos en bus en los sitios E, F, F1 y F2 utilizan WDM. En sistemas de transmisión en operación real es muy común encontrar la trayectoria E-F STM-16 en la misma fibra óptica que el tramo E-F WDM, esto a través del uso de una longitud de onda diferente. Este esquema de operación sólo nos obliga a hacer una consideración : la gestión del anillo STM-16 y WDM en los puntos E-F tienen la misma trayectoria física.

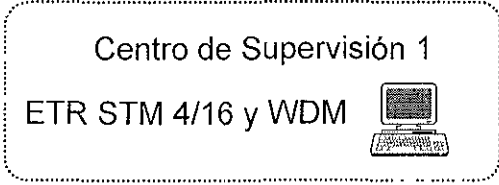
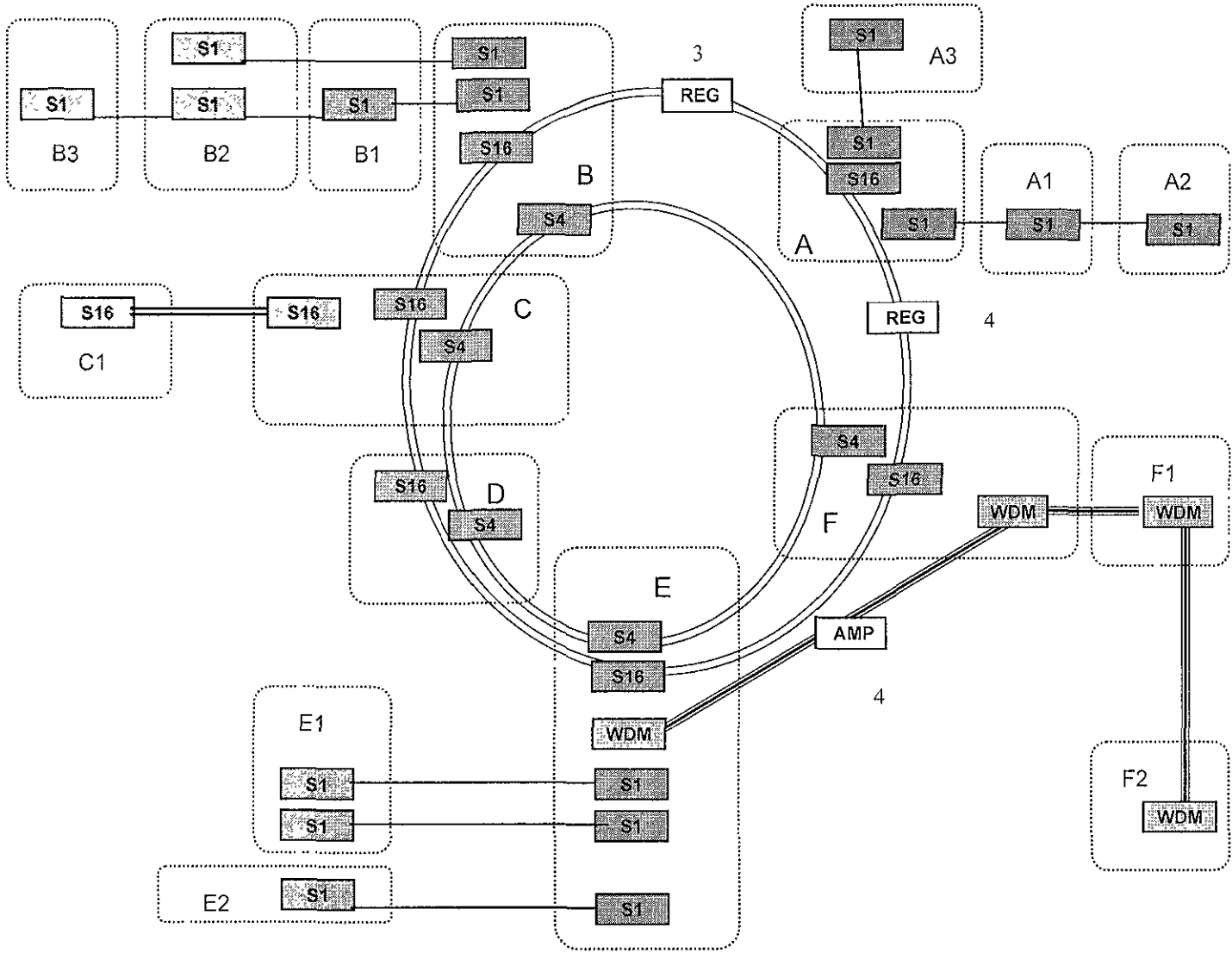
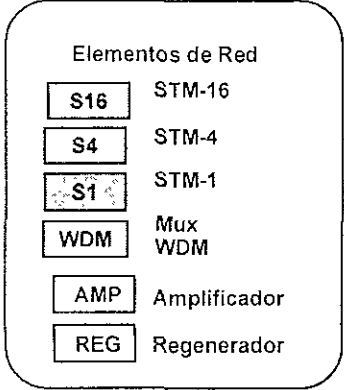
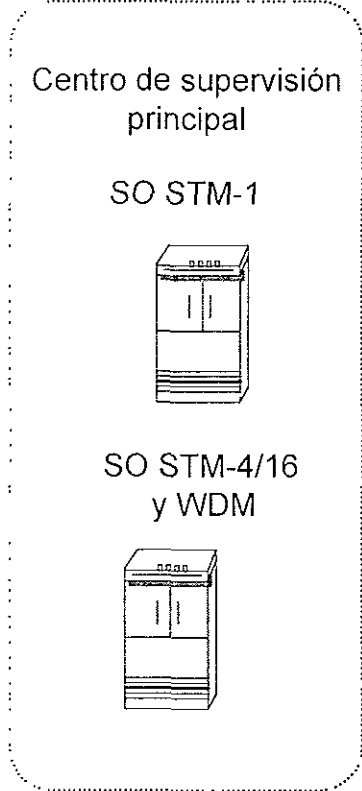
#### 3.4.2 Metodología

##### 3.4.2.1 Análisis de la topología de la red de transmisión

En la tabla 18 se muestran las cantidades y características de los elementos que se encuentran en la topología del caso de estudio tres.

*Tabla 18. Elementos de la red de transmisión*

Fabricante	ER's	
Alcatel	WDM	4
	Amplificadores	4
	STM-16	6
	Regeneradores	7
	STM-4	5
Subtotal		26
Nortel	STM-1	17
Total		43



Nuestras condiciones generales serán las siguientes :

- Las condiciones de alimentación eléctrica existen en cada sitio (AC o DC) ,
- No hay equipos de RCD en los sitios que conforman la topología de transmisión,
- El SO se ubicará en el centro de supervisión principal,
- Para los SO se requieren rutas diversas por lo que se usará una plataforma de comunicación que proporcione redundancia.

### **3.4.2.2 Determinar la cantidad de SO necesarios para la red de transmisión**

Consultando nuevamente las tablas del Anexo 2 sabemos que será suficiente un SO para cada fabricante, los dos se ubican en el mismo lugar.

Además de los SO se están considerando dos ETR's , una para cada SO. La comunicación entre la ETR y el SO correspondiente se lleva a cabo por TCP/IP.

### **3.4.2.3 Determinar la cantidad de elementos de compuerta GNE necesarios para la red de transmisión**

Analicemos independientemente a los equipos de Nortel y a los de Alcatel. De la tabla de número de ER's en el punto de análisis de la red de transmisión, podemos determinar que para los equipos de Alcatel es necesario definir tres GNE's, ya que existen 26 ER's que requieren gestionarse, con dos GNE's podemos dar servicio a 80, sin embargo debido a la importancia del trayecto WDM se requiere un tercero. Este permitirá en caso de falla que ningún elemento quede sin supervisión.

Existen 17 equipos de Nortel, en esta caso la topología de transmisión no es continua, es decir no hay un enlace físico que los una, esta situación la podemos resolver a través de la RCD. Si integramos a todos será necesario un GNE (cada GNE soporta 63 ER's ) por capacidad, pero por necesidad de conexión requerimos tres.

### **3.4.2.4 Determinar cuáles de los equipos de la red de transmisión funcionarán como elementos compuerta GNE.**

Tomando en cuenta la metodología, como primer punto a considerar tendremos a los sitios dónde se encuentran equipos factibles de funcionar como GNE's, en algunos casos existen proveedores que no habilitan esta funcionalidad sobre los regeneradores.



Posteriormente nos referiremos a los sitios con mayor densidad de ER's serán los primeros candidatos a funcionar como GNE's.

### 3.4.2.5 Análisis de la topología de la red LAN a emplear para la conexión de los elementos compuerta GNE a la RCD

Una vez elegidos los GNE's podemos concentrarnos en el diseño de la red LAN que determinará la forma en que se integran a la RCD.

Como estamos trabajando con equipo 1651 SM correspondientes al fabricante Alcatel usaremos las características que se presentan en el Anexo 5. Las interfaces que usan estos equipos son 10base2 con conectores BNC.

En los equipos TN1X de Nortel se usan interfaces 10baseT con RJ-45. Considerando ambos requerimientos necesitaremos un equipo que provea ambos tipos de interfaces.

Realizaremos una tabla de equipos con sus interfaces :

*Tabla 19. Requerimiento de puertos LAN por sitio*

GNE	Número de ER's	Interfaces
A	3	3 RJ-45
B	4	4 12 RJ-45
E	6	6 RJ-45
F2	3	3 RJ
Centro de supervisión central	4	4 RJ-45
Centro de supervisión 1	1	1 RJ-45
Centro de supervisión 2	1	1 RJ-45

Con las necesidades de puertos planteadas en la tabla anterior podemos determinar que tipo de equipo requerimos en la conexión a la red LAN para poder integrar a todos los elementos.

En el Anexo 4 podemos encontrar las tablas de las especificaciones de concentradores o *hubs* así como de switches LAN que pueden dar servicio a los elementos que queremos integrar.

En la siguiente tabla se muestra la asignación de equipo por sitio. Es probable que algunos de los hubs que se muestran puedan ser sustituidos por switches sin embargo esto dependerá de dos condiciones esenciales, el suministro de energía y el espacio asignado a éstos equipos.

*Tabla 20. Requerimiento de puertos LAN por sitio*

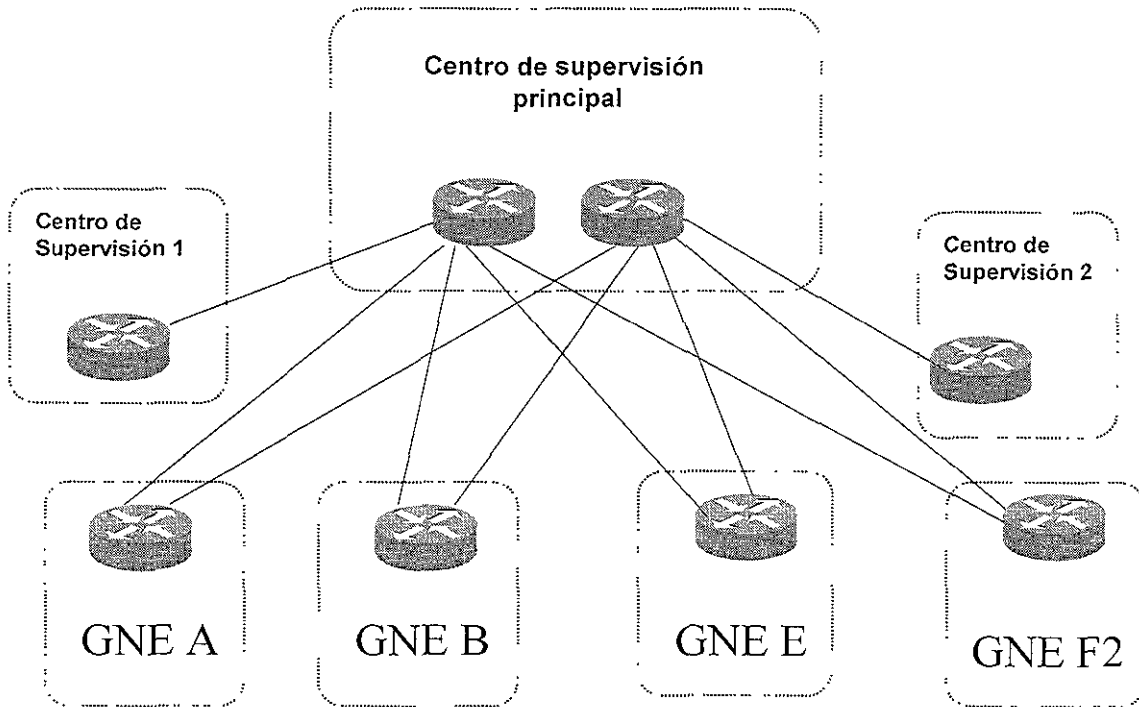
<b>GNE</b>	<b>Equipo propuesto</b>
A	Concentrador de 8 puertos
B	Concentrador de 8 puertos
E	Concentrador de 8 puertos
F2	Concentrador de 8 puertos
Centro de supervisión central	Switch LAN
Centro de supervisión 1	Ninguno
Centro de supervisión 2	Ninguno

Además de estos equipos debemos de considerar los cableados, que en la mayoría de las ocasiones pueden ser realizados por los fabricantes del equipo ya que se considera como la conexión entre la red de gestión y los elementos a gestionar.

### 3.4.2.6 Análisis de la topología de la red WAN a emplear en la RCD

#### Topología física

En este caso como en los anteriores usaremos una RCD jerárquica de dos niveles, en el acceso se encontrarán los enrutadores que dan servicio a los elementos de compuerta GNE y en el nivel superior los que dan servicio a los sistemas de operación.



#### Topología lógica

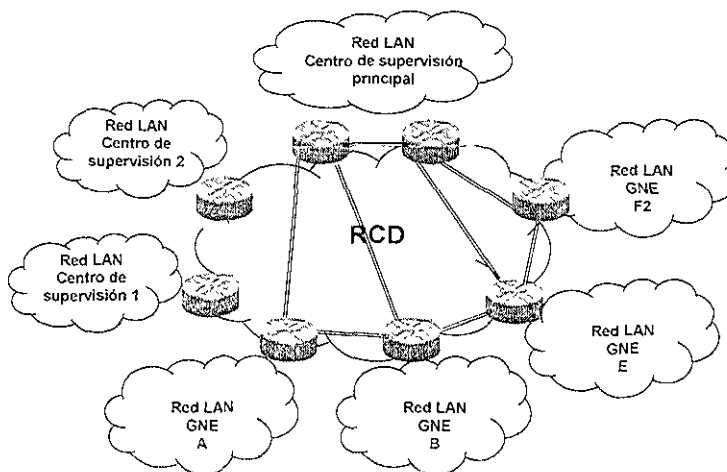
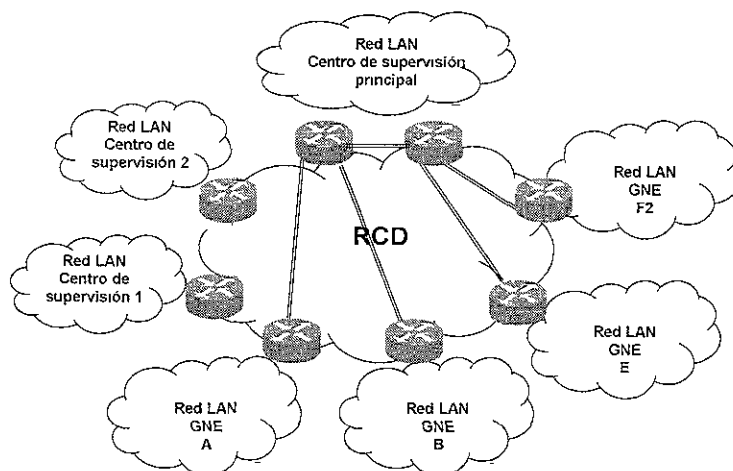


Figura 24 Topología lógica (a)



*Figura 25 Topología lógica (b)*

### 3.4.2.7 Asignar el direccionamiento a los elementos de la red de transmisión y de la RCD

El número de elementos comprendido en esta topología permite que sólo requiera de la asignación de un área. Sin embargo y considerando que administrativamente es funcional la asignación de áreas independientes en los equipos de diferente proveedor se elegirá un área diferente para cada uno.

La asignación de éstas áreas, como en los casos de estudio anteriores depende de la entidad internacional y nacional que las asigna, en nuestro caso elegimos el formato 47.

En la figura 26 se muestran las áreas asignadas para cada uno de los ER y SO.

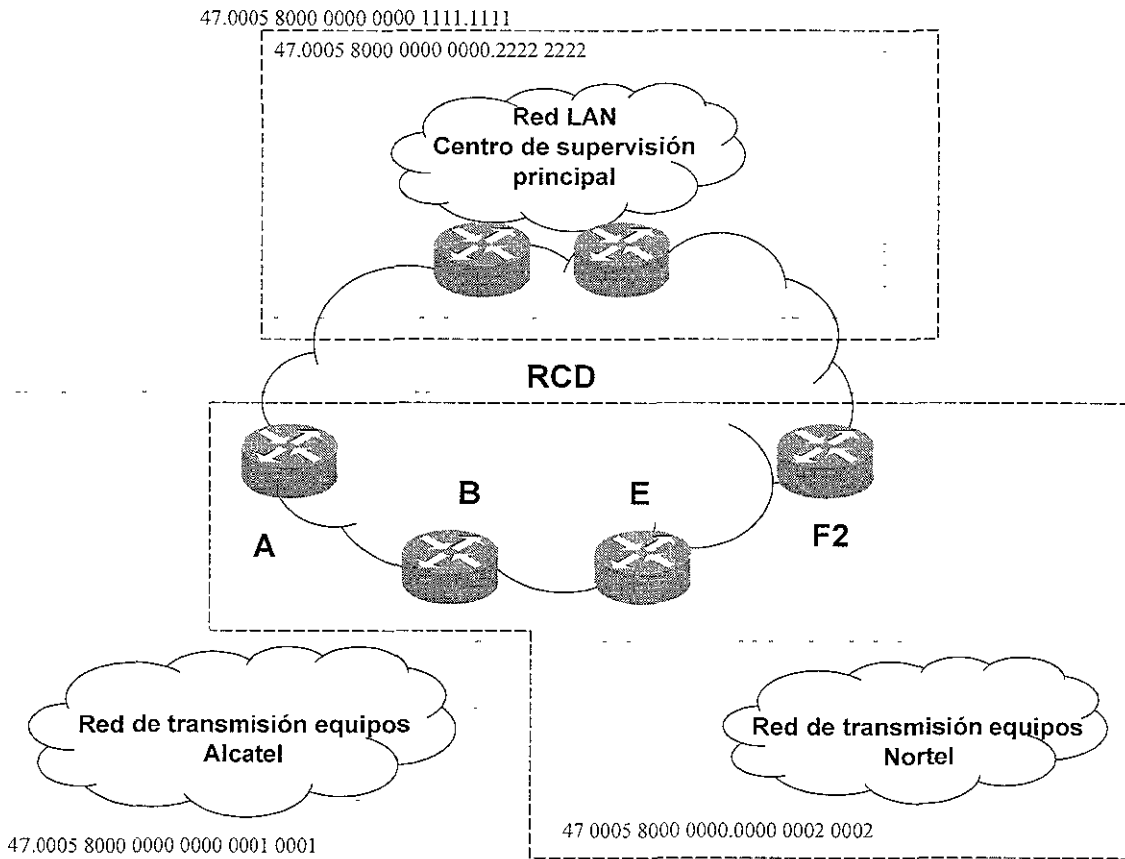


Figura 26. Áreas asignadas para el caso de estudio 3

Tabla 21. Direccionamiento

Elementos	Dirección
ER's Alcatel	47.0005.8000.0000.0000.0001.0001.mac address.01
SO Alcatel	47.0005.8000.0000.0000.1111.1111.mac address.01
ER's Nortel	47.0005.8000.0000.0000.0002.0002.mac address.01
SO Nortel	47.0005.8000.0000.0000.2222.2222.mac address.01

### 3.4.2.8 Implantación del diseño

Es necesario al implantar este diseño corroborar los puntos referentes a la correcta operación del esquema de redundancia, nuevamente se proporciona una tabla para verificar éstos puntos.

**Tabla 22. Comportamiento del diseño bajo condiciones de falla**

Falla en	Resultado
Conexión GNE A- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio A pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE B- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio B pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE E- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio E pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión GNE F2- enrutador	Alarma de red en elementos del sitio F2 pero sin pérdida de gestión sobre ninguno de ellos ni de los restantes.
Conexión SO- switch	Alarma generada en el puerto del switch, sin pérdida de gestión en ninguno de los elementos
Puerto del switch –enrutador en Centro de supervisión principal.	No hay pérdida de gestión. Alarmas en el puerto del switch y del enrutador del Centro de supervisión principal.
Enlace enrutador de GNE A- enrutador SO 1	No hay pérdida de gestión. Se observan alarmas en los puertos de ambos enrutadores.
Falla en enrutador GNE F2	Alarma en el GNE F2, no hay pérdida de gestión en los elementos del sistema de transmisión.

### 3.4.3 Red de comunicación de datos

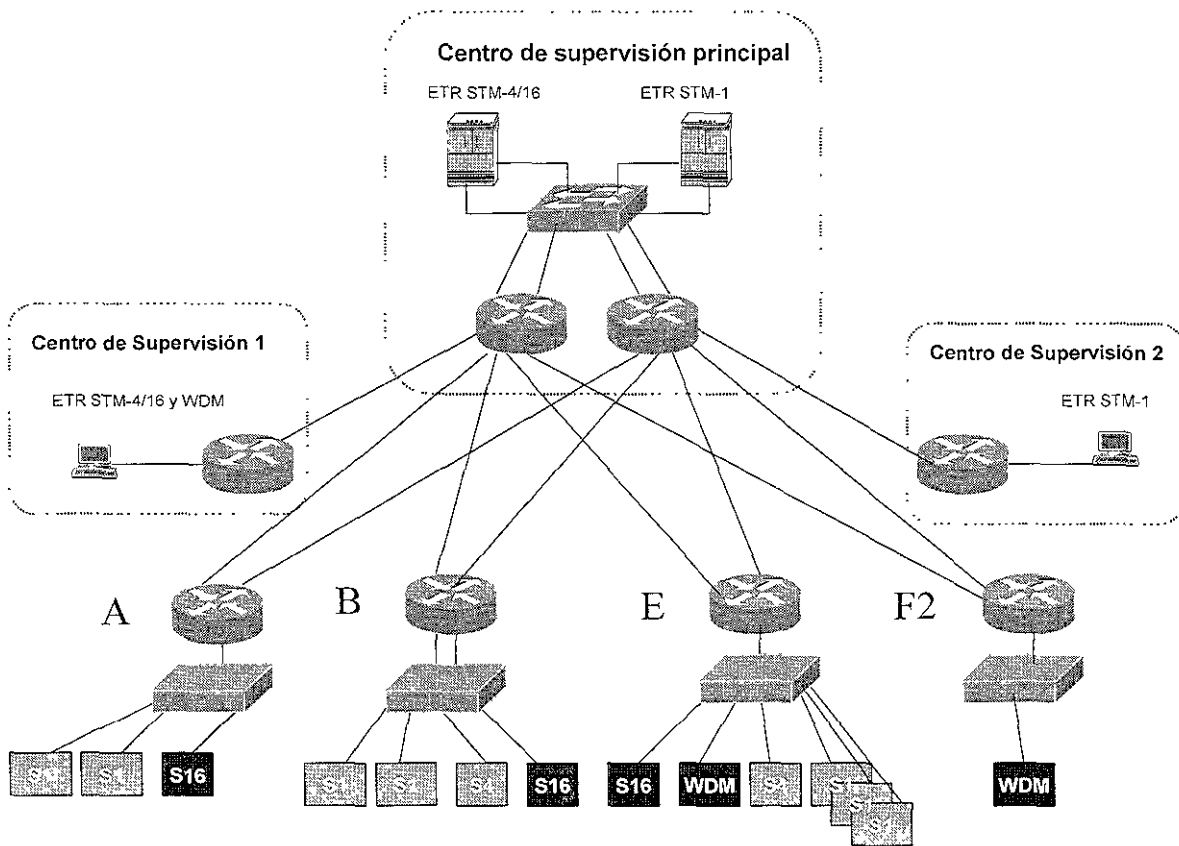


Figura 26. RCD para el caso de estudio 3

## 4. Evaluación económica

El hecho de no contar con un sistema de gestión remoto en las redes de transmisión genera un impacto sumamente desfavorable.

La evaluación económica de una RCD, como la obtenida a través de la metodología antes expuesta, debe permitirnos combinar diferentes factores en el diseño y encontrar la mejor opción, tanto por el aspecto técnico, como por el financiero.

Existen dos factores de peso para justificar económicamente la creación de una RCD : la gestión oportuna de los elementos de transmisión y la creación de nuevos servicios sobre la red de telecomunicaciones.

Consideremos el primer factor : una compañía de telecomunicaciones debe *considerar las pérdidas que podría tener al prescindir de una RCD, calculando con base a los ingresos que puede tener un operador telefónico promedio por un trayecto módulo de transferencia síncrona de primer nivel (STM-1).*

Cada STM-1 puede transportar 68 enlaces de 2 Mbps, cada enlace E1 paga como renta mensual 1500 dólares promedio, entonces cada STM-1 genera por mes \$102,000.00 dólares. Consideremos que esta relación se aplica a un STM-4, entonces serán \$408,000 dólares y para un STM-16 \$ 1,632,000 dólares por mes. Este cálculo se basa en una trayectoria, es decir a un servicio local sin tramos de larga distancia.

Si dividimos estos ingresos mensuales por STM-16 entre 30, obtendremos el ingreso por día que sería de aproximadamente \$ 54,400 dólares, y por minuto \$37.77 por trayectoria. Generalmente existen asociadas mas de una trayectoria a cada enlace, en promedio podríamos decir que son 5 por cada uno, lo que nos da un total de \$189 por minuto. Así con lo que cuesta una falla de 6 horas<sup>1</sup> podríamos costear una RCD de \$68,000 dólares que es un monto que podría invertirse en una red.

El cálculo anterior sería considerando que el usuario de la red de telecomunicaciones no paga por los minutos en los que su enlace presenta alguna falla en la comunicación, sin embargo en muchas ocasiones las penalidades impuestas son mucho mas graves que el simple hecho de no pagar el tiempo de una falla. Un ejemplo de esto podría ser algunos tipos de acuerdos que se realizan con usuarios llamados "premier" dónde en caso de no cumplir con la disponibilidad pactada el usuario de la red no paga una o varias de las rentas mensuales.

---

<sup>1</sup> Se consideró este tiempo porque es el máximo que podría tardar en dirigirse personal capacitado a cualquier sitio de la República Mexicana bajo los estándares de un operador tan grande como Telmex



Agreguémosle a esto el hecho de que después de un tiempo de falla muy grande en la red de telecomunicaciones los usuarios tienden a cancelar sus contrataciones.

Como segundo factor de peso podemos hablar de la gran ventaja económica que presenta el contar con una RCD para el área de creación de nuevos enlaces. El tiempo que el proveedor de servicios de telecomunicaciones tarda en atender las nuevas peticiones de sus clientes redonda en la contratación de más servicios.

De los dos factores analizados anteriormente podemos determinar que la creación de una RCD para la gestión de elementos de transmisión se justifica ampliamente en el aspecto económico.

A continuación se mostrarán los costos para los tres casos de estudio tratados en el capítulo anterior. En cada uno de ellos se mostrará el costo con el enfoque del fabricante de equipos y el costo con el enfoque de la metodología propuesta.

## 4.1 Caso de estudio 1

### 4.1.1 Costo con la metodología enfocada al fabricante

Cuando el fabricante de equipos de transmisión vende el diseño e implantación de la RCD solo considera la gestión de sus equipos, a continuación observaremos como se refleja esta filosofía en los costos de instalación de la RCD para el caso número uno. Todos los costos son en dólares.

#### *Costos para la RCD de los equipos de Alcatel*

<b>Equipo</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
2 Enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
4 enrutadores CISCO, modelo 2600 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	40,000
1 Switch	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 8 enlaces E1	2,500	20,000
	<b>Total</b>	<b>98,300</b>

Los costos de esta RCD se incrementan por el costo de diseño e implantación. En algunos casos el fabricante proporciona como un servicio de valor agregado estas funciones.

**Costos para la RCD de los equipos Nortel**

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 Enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
4 enrutadores CISCO, modelo 3620 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	40,000
1 Switch	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 8 enlaces E1	2,500	20,000
	Total	98,300

Por lo que el costo total será de : \$196,600.00 aproximadamente .

Cabe mencionar que no se están considerando gastos de instalación ni de mantenimiento y administración de la red, por lo que el costo es mayor y se realizan trabajos dobles.

### 4.1.2 Costo con la metodología propuesta

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
5 enrutadores CISCO, modelo 3620 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	50,000
1 Switch LAN	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 10 enlaces E1	2,500	25,000
	Total	113,300

El costo total de la red, considerando solo gastos de instalación, es aproximadamente el 57.6 % del costo que hubiéramos tenido aplicando una metodología aplicada al fabricante.

Además se tienen beneficios adicionales como:

- Evolución planeada de la red de comunicación de datos (RCD), ya que el proveedor de servicios de telecomunicaciones elabora planes anuales de crecimiento en la planta de transmisión, que no dependen del fabricante sino de las necesidades de tráfico.
- Administración total de la RCD por parte del responsable de la red de gestión de telecomunicaciones (RGT).
- Respuesta a fallas con procedimientos estándares, ya que se conoce el diseño de la RCD.

Todos los demás casos presentarán resultados muy semejantes debido a que los equipos usados estarán duplicados, ya que se requieren por cada uno de los fabricantes.

## 4.2 Caso de estudio 2

### 4.2.1 Costo con la metodología enfocada al fabricante

#### *Costos para la RCD de los equipos de Ericsson*

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 Enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
4 enrutadores CISCO, modelo 2600 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	40,000
1 Switch	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 8 enlaces E1	2,500	20,000
	Total	98,300

Los costos de esta RCD se incrementan por el costo de diseño e implantación. En algunos casos el fabricante proporciona como un servicio de valor agregado estas funciones.

#### *Costos para la RCD de los equipos NEC*

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 Enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
4 enrutadores CISCO, modelo 3620 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	40,000
1 Switch	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 8 enlaces E1	2,500	20,000
	Total	98,300

El costo total obtenido de la metodología enfocada al fabricante es de \$196,600 dólares.

#### 4.2.2 Costo con la metodología propuesta

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
5 enrutadores CISCO, modelo 3620 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	50,000
1 Switch LAN	1,300	1,300
4 Mini-hubs	1,000	4,000
Instalación de 10 enlaces E1	2,500	25,000
	Total	114,300

Este costo representa el 58% del que obtuvimos con la metodología enfocada al fabricante, lo cual implica un ahorro de aproximadamente de \$82,000 dólares.

## 4.3 Caso de estudio 3

### 4.3.1 Costo con la metodología enfocada al fabricante

#### *Costos para la RCD de los equipos de Alcatel*

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 Enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
4 enrutadores CISCO, modelo 2600 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	40,000
1 Switch	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 7 enlaces E1	2,500	17,500
	Total	95,800

#### *Costos para la RCD de los equipos NORTEL*

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 Enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
4 enrutadores CISCO, modelo 3620 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	40,000
1 Switch	1,300	1,300
3 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 7 enlaces E1	2,500	17,500
	Total	95,800

Por lo que el costo total será de : \$191,600 aproximadamente .

Nuevamente no se están considerando gastos de instalación ni de mantenimiento y administración de la red por lo que el costo es mayor y se realizan trabajos dobles.

### 4.3.2 Costo con la metodología propuesta

Equipo	Costo unitario	Costo total
2 enrutadores CISCO, modelo 3660 (6-slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	17,000	34,000
6 enrutadores CISCO, modelo 3620 (2 slots, fuente de corriente directa redundante y software para TELCO)	10,000	60,000
1 Switch LAN	1,300	1,300
4 Mini-hubs	1,000	3,000
Instalación de 10 enlaces E1	2,500	25,000
	Total	123,300

Este costo representa aproximadamente el 64% del costo obtenido con la metodología anterior.

## 5. Conclusiones

El problema de diseñar una red de comunicación de datos para la gestión de equipos de transmisión puede ser visto con dos enfoques : aquel que presenta una red de transmisión con equipos del mismo fabricante y aquel que presenta una red heterogénea que comprende equipos de diferentes fabricantes y en consecuencia con diferentes condiciones operativas y técnicas.

Agreguémosle a estos dos enfoques una variable mas : la evolución de las plataformas tecnológicas.

Es grande la diferencia entre diseñar de una manera propietaria y diseñar de una forma “abierta”, la primera no requiere tal vez, de aplicar conceptos ya que se realiza con base en tablas y parámetros conocidos y comportamientos esperados.

La segunda implica un mayor esfuerzo ya que requiere el conocimiento y aplicación de conceptos, así como la consideración de efectos no predictivos al “mezclar” equipos con diferentes características.

Las ventajas que presenta diseñar con base en la metodología propuesta se puede resumir en los siguientes puntos :

- Administración. Los equipos que provean la comunicación entre la red de transmisión y los sistemas pueden también ser gestionados por el proveedor de servicios de telecomunicaciones.
- Flexibilidad. En los casos de estudio se observó cómo cambia el esquema de crecimiento de la red de comunicación de datos cuando se plantea en forma abierta. Esto permite al administrador de la RCD desarrollarla bajo consideraciones propias y no de los proveedores de equipos.
- Independencia de un fabricante de equipos de transmisión. No es posible que un operador de servicios de telecomunicaciones dependa enteramente de las características y desempeño de un solo fabricante, esta propuesta alivia la necesidad de independencia tecnológica.
- Mayor tiempo de disponibilidad en la red de transmisión.
- Menor tiempo de respuesta a fallas.
- Mejora al servicio a clientes. El tener una red de comunicación que asegure la llegada de la información de gestión de un elemento de red permite que los tiempos de respuesta en fallas y atención a nuevos servicios disminuyan, lo que ocasiona un mejor servicio al cliente de la red de telecomunicaciones.



- Menores tiempos de implantación. Cuando se piensa en el diseño para una red de transmisión de diferentes equipos, se implanta una sola vez bajo una estructura jerárquica y posteriormente sólo se realizan crecimientos. El hecho de construir una red para cada tipo de equipos implica que cada vez que se instalen equipos de un fabricante diferente se tendrá que comenzar desde cero en el diseño de la red de comunicación de datos.
- Costos. - De los tres casos de estudio que presentamos en este trabajo se concluye que el costo de una red de comunicación de datos enfocada a un ambiente multiproveedor genera un ahorro de hasta 60 %, ya que se pueden utilizar los equipos para dar servicio a diferentes equipos de transmisión.

La evolución de los sistemas de transmisión requiere de hacer ciertas consideraciones para la realización del diseño, por lo que es importante comprender los fundamentos de esta metodología y así adaptarla a la evolución de los equipos de transmisión y sistemas de gestión.

La metodología que expone este trabajo de tesis fue creada y aplicada durante el periodo de 1998 a 2000 en la Red Corporativa de Datos Telmex. La recopilación de información de algunas de las características del equipo considerado para determinar los elementos generales del diseño fue proporcionada por los proveedores y en algunos casos obtenida de Internet.

## 6. Bibliografía

### Libros

Data Communications Networks, provisioning guide, NORTEL, septiembre 1998.

The lean communications provider, Adams, Elizabeth K, Willetts, Keith J., McGraw-Hill, Estados Unidos 1996.

SDH Networking Testing. Hewlett Packard, 1997

Data Networking Design, Spohn, Darren L. McGrawHill 1993.

### Publicaciones

Recomendaciones de la serie M.3000, ITU-T, 1997

Documento ISO 10589, ISO, 1992

Documento ISO 9575, ISO, 1995

### Conferencias

Conferencia de WAN Switching, Héctor Morales, CCNA WAN Switching Telco & SP Team de Cisco Systems México. 1999

### Revistas

El futuro de las redes de banda ancha, Revista Red, Yolanda Aldaco , 1999.

SDH/SONET: Vida o muerte, Revista Telecomunicaciones, Antonio trejo, 1999

### Direcciones Internet

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

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

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

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

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

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

# ANEXO 1

## Abreviaturas

ADM	Multiplexor de extracción-inserción ( <i>Add-drop multiplexer</i> )
CCITT	Comité consultivo internacional de telecomunicaciones. ( <i>comité consultive</i> )
CLNP	Protocolo de redes no orientadas a conexión. ( <i>Connectionless Network Protocol</i> ) CLNP es un equivalente de IP en el modelo OSI.
CLNS	Servicio de redes no orientadas a conexión ( <i>Connectionless Network Service</i> ) Servicio proporcionado por la capa de red para el estándar ISO (capa de red), que no requiere del establecimiento de un circuito previo a la transmisión de los datos.
DCC	Canal de Comunicación de Datos ( <i>Data Communications Channel</i> ) Utilizado en la comunicación SDH entre ADM's o LTM's, vía señal de línea. Corresponde a un canal virtual formado por los bytes D1-D12 de la trama SDH.
DNS	Sistema de Nombre de Dominio ( <i>Domain Name System</i> ). Nombre de sistema distribuido y usado en Internet.
ES	Sistema Terminal ( <i>End System</i> ) Se refiere a un nodo o elemento de red sin capacidad de ruteo.
GOSIP	Perfil OSI de Gobierno ( <i>Government OSI Profile</i> ). Especificación de Gestión para protocolos OSI en el Gobierno de los Estados Unidos. A través de GOSIP, el gobierno determina el que todas las agencias federales se estandaricen en OSI e implanten sistemas basados en esos estándares, en la medida en que se puedan obtener en forma comercial.
IP	Protocolo de Inter-red ( <i>Internet Protocol</i> ). Definido en la capa de Red. Es utilizado en redes publicas o privadas del tipo CLNS, no orientadas a conexión y que proporcionan servicio de transporte de datos vía datagramas para redes y subredes del tipo Internet y que generalmente proporciona soporte al protocolo TCP de la capa de transporte, formando así el conjunto de protocolos conocido como TCP/IP.
IS	Sistema Intermedio ( <i>Intermediate System</i> ) Se refiere a un elemento de la red con capacidad de enrutamiento.

---

ISO/CEI	Organización de Normas Internacionales/Comisión Electrotécnica Internacional ( <i>International Standards Organization/International Electrotechnical Commission</i> )
ITU-T	Unión internacional de telecomunicaciones – división telecomunicaciones ( <i>International telecommunications union-telecommunications unit</i> )
LAN	Red de área local ( <i>local area network</i> )
L1	Nivel 1 ( <i>level 1</i> ). Proceso de ruteo en el cual el enrutamiento se efectúa únicamente dentro de una misma área
L2	Nivel 2 ( <i>level 2</i> ). Es el enrutamiento que se efectúa entre áreas, que también es llamado “Nivel de Ruteo 2” .
NSAP	Punto de acceso al servicio de red ( <i>network service access point</i> ) Cumple con el estándar ISO 8342/Ad2 y es utilizado como un formato para la asignación de las direcciones.
OS	Sistema de operaciones ( <i>operation system</i> )
OSI	Interconexión de sistemas abiertos ( <i>open systems interconnection</i> ). Creado por la ISO.
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>plesyochronous digital hierarchy</i> )
RCD	Red de comunicaciones de datos
RDSI	Red digital de servicios integrados
RGT	Red de gestión de las telecomunicaciones
SDH	Jerarquía digital síncrona ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
WAN	Red de área amplia ( <i>wide area Network</i> )
WDM	Multiplexación por división por longitud de onda ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## ANEXO 2

### Equipos de transmisión y sistemas de operación

*Tabla 1. Equipos SDH y WDM Alcatel*

Alcatel	
<u>Alcatel 1640 WM</u> Sistema WDM de 80/160 canales	<u>Alcatel 1664 SM</u> ADM STM-26 (ETSI)
<u>Alcatel 1641 SM</u> ADM 155 Mbps (ETSI)	<u>Alcatel 1664 SX</u> Cross connect 4-4
<u>Alcatel 1641 SMT</u> Multiplexor terminal 155 Mbps (ETSI)	<u>Alcatel 1666 SR</u> 2.5 Gbps Regenerador (ETSI)
<u>Alcatel 1641 SX</u> Crossconnect 4/1. Gateway multiservicio.	<u>Alcatel 1670 SM</u> STM16/64
<u>Alcatel 1650 SMC</u> STM1/4 Nodo multiservicio.	<u>Alcatel 1674 SX</u> Cross Connect 4-4
<u>Alcatel 1651 SM</u> ADM 622 Mbps (ETSI)	<u>Alcatel 1680 OGM</u> Gateway óptico
<u>Alcatel 1651 SM/C</u> ADM compacto 622 Mbps (ETSI)	<u>Alcatel 1680 OGX</u> ADM óptico y cross connect.
<u>Alcatel 1655 SR</u> 622 Mbps Regenerador (ETSI)	<u>Alcatel 1680 SM</u> Gateway óptico
<u>Alcatel 1660 SM</u> ADM STM-16	<u>Alcatel 1686 WM</u> Sistema WDM de 32 canales
<u>Alcatel 1661 SM/C</u> ADM STM-16 compacto (ETSI)	<u>Alcatel 1690 WM</u> Multiplexor óptico de 32 canales

*Todos los equipos mostrados en la tabla anterior cuentan con una interfaz BNC para su integración a la red de gestión, ésta es proporcionada a través de un transductor especial AUI-BNC*

#### **Sistemas de operación**

1353 SH Sistema de operación, responsable de gestionar los elementos de transmisión. Puede gestionar hasta 1000 ER equivalentes

1354 RM responsable de la gestión de circuitos, también se encarga de gestionar los elementos de transconexión.

**Tabla 2. Equipos SDH y WDM Nortel**

Nortel	
<u>TransportNode TN-16X</u> Multiplexor ADM STM-16	<u>TransportNode TN-64X</u>
<u>TransportNode TN-1P and TN-1C</u> Multiplexor terminal STM-1	<u>TransportNode X/30 SDH Radio</u> Radio SDH punto a punto STM-1 transportando 155 Mbps de carga útil.
<u>TransportNode TN-1X</u> Multiplexor STM-1 que funciona como terminal o como ADM.	<u>TransportNode X/40 SDH Radio</u> TransportNode X/40 SDH Radio is a very high-capacity point-to-point digital microwave radio.
<u>TransportNode TN-40X/1</u>	

Los equipos mostrados en la tabla anterior cuentan con una interfaz 10baseT con conector RJ-45 para su integración a la red de gestión.

#### Sistema de operación

TNMS, responsable de la gestión de los elementos de transmisión TN1X (STM-1), tiene capacidad para soportar hasta 1200 equipos

NRM, responsable de gestionar los circuitos construidos en los diferentes equipos de transmisión.

**Tabla 3. Equipos SDH y WDM Lucent**

Lucent	
<u>WaveStar ADM 4/1</u> Multiplexor ADM STM-1 con tributarias ópticas o eléctricas. También puede funcionar como un multiplexor STM-4.	
<u>WaveStar ADM 16/1</u> Multiplexor ADM STM-16	
<u>WaveStar OLS 40G</u> Multiplexor WDM de 16 lambdas o longitudes de onda, cuando se equipa con un traductor óptico se puede usar como un WAD del inglés <i>Wavelength Add/Drop</i> .	
<u>WaveStar OLS 80G</u> Multiplexor WDM de 16 lambdas o longitudes de onda, cuando se equipa con un traductor óptico se puede usar como un WAD del inglés <i>Wavelength Add/Drop</i> .	
<u>WaveStar OLS 400G</u> Sistema de línea óptico que soporta hasta 80 canales con una tecnología de transmisión WDM	

**Tabla 4. Equipos SDH y WDM Ericsson**

<b>Ericsson</b>
AXD 155-2, AXD 155-3, AXD 155-3C
AXD 155-3A, AXD 4/1-2S, AXD 4/1-2
AXD 4/1-2L, AXD 4/1-2L
AXD 4/1-2XL, AXD 4/1-2XL
AXD 4/4-2, AXD 620-2, AXD 2500-2, AXD 416-2
AXD 10G-2, AXD 10G-2R, AXD 620, AXD 2500
Regenerador

*Los equipos mostrados en la tabla anterior cuentan con una interfaz 10baseT con conector RJ-45 para su integración a la red de gestión. En algunos modelos también se cuenta con una terminal BNC.*

#### **Sistemas de operación**

ETNA-NEM Se encarga de gestionar los elementos de una red de transmisión. Soporta la gestión de hasta 1200 elementos, sin embargo esta capacidad puede variar en función a la plataforma de hardware usada.

**Tabla 5. Equipos SDH y WDM NEC**

<b>NEC</b>
Familia de equipos de fibra óptica SDH :
SMS-150, SMS-600, SMS-2500, SMS-10000
Familia de productos WDM :
Spectralwave
Familia de equipos de radio SDH :
2000S, 900S

*Los equipos mostrados en la tabla anterior cuentan con una interfaz 10baseT con conector RJ-45 para su integración a la red de gestión.*

### Sistemas de operación

INC-100. Soporta la gestión de hasta 900 elementos, esta capacidad puede variar en función a la plataforma de hardware usada o el esquema de disponibilidad requerido por el cliente.

## ANEXO 3

### Especificaciones técnicas de los equipos de transmisión.

#### Alcatel

Equipo	Características
1353 SH	Los enlaces que unen el SO (1353 SH) y los ER (ADMs) deben de ser de por lo menos de 64 Kbps por cada 30 ER's
Elemento ADM (GNE)	Cada ADM tiene capacidad para enrutar entre 30 y 40 ER's . El número de ER's soportados por área es de 100-120 unidades.

#### Ericsson

ER	ER equivalentes (ERE <sub>(EM)</sub> )
AXD 155-2	1.0
AXD 155-3	1.0
AXD 155-3C	1.0
AXD 155-3A	1.0
AXD 4/1-2S	2.0
AXD 4/1-2	4.0
AXD 4/1-2L	8.0
AXD 4/1-2L Con puertos de 2 Mbps	12
AXD 4/1-2XL	18.0
AXD 4/1-2XL Con puertos de 2 Mbps	24
AXD 4/4-2	2.0
AXD 620-2	2.0
AXD 2500-2	1.0
AXD 416-2	1.0
AXD 10G-2	1.0
AXD 10G-2R	1.0
AXD 620	1.0
AXD 2500	1.0
Regeneror	1.0



## NEC

Equipo	Características
SO OEM	El máximo número de ER's por área es de 60 incluyendo a los enrutadores. El máximo número de saltos en un área de enrutamiento es de 51. La distancia entre un ER y el SO debe de ser de 20.

## Nortel

### *Anchos de banda usados en cada sección.*

Sección	Ancho de banda	Carga aceptable
MSOH	192 Kbps	100 %
RSOH	576 Kbps	100 %
Ethernet	10 Mbps	40-45 %
WAN	2 Mbps	100 %

### *Limitantes*

Componente	Limitante
ER	Un máximo de 63 saltos es permitido entre cualquier ER IS y su SO
GNE	Un máximo de 63 ER pueden ser administrados vía un solo GNE

### *Tráfico generado*

Elemento	Ancho de banda normal por ER	Ancho de banda pico por ER (generación de alarmas)	Ancho de banda durante carga de software	Retardo ( DCC al puerto Ethernet )
TN1X	< 1 Kbps	< 3 Kbps	24 Kbps	72 mseg
TN4X	< 1 Kbps	< 3 Kbps	24 Kbps	72 mseg

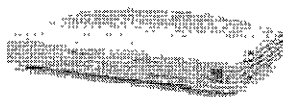
## ANEXO 4

### Elementos de la red LAN

#### Minihub

<b>Puertos por unidad</b>	8 puertos Ethernet ; 1 puerto BNC
<b>Interfaces</b>	Conectores 10BASE-T, RJ-45, 10BASE2, conector BNC
<b>Tipo de Hub</b>	Este es un hub FCC Class B
<b>Contenido del paquete</b>	Se envía con una guía de usuario, un CD Network Assistant CD version 2.01, una unidad de poder de 11-watt

### 3Com® OfficeConnect® Ethernet Hub 8C

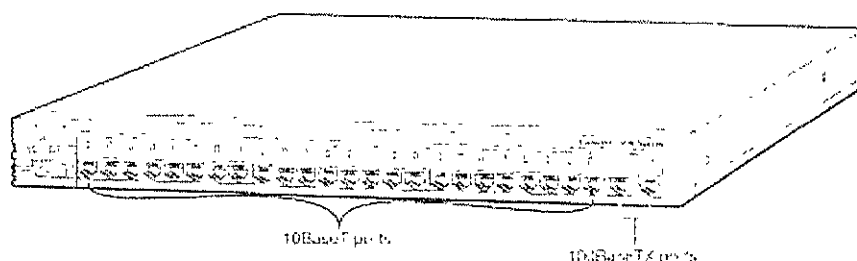


#### Switches LAN

##### Especificaciones técnicas para la serie 1900

Descripción	Especificación
Desempeño	1 Gbps bus 370 Mbps máximo ancho de banda capaz de redireccionar.
MAC addresses	1024 per system (Catalyst 1900 series) Soporta un número ilimitado de <i>mac address</i> configuradas en puerto.
Conectores y cableado	Puertos 10 Mbps: conectores RJ-45; dos pares, categoría 3, 4 o 5 cableado UTP, conector DB15 en puerto AUI. Puerto de consola : conector RJ-45.

El *switch LAN Catalyst 1924DC* tiene 24 puertos ethernet 10BaseT con dos puertos 100BASE-TX diseñado para centrales , provee una funcionalidad mejorada a través de el software Cisco IOS Enterprise.



## Especificaciones Ethernet e IEEE 802.3

Característica	Ethernet Value	Valores IEEE 802.3				
		10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseFL	100BaseT
Tasa de transmisión (Mbps)	10	10	10	10	10	100
Método de señalización	Baseband	Baseband	Baseband	Baseband	Baseband	Baseband
Máxima longitud de cable (m)	500	500	185	100	2,000	100
Medio	50-ohm coax (thick)	50-ohm coax (thick)	50-ohm coax (thin)	Unshielded twisted-pair	Fiber-optic	Unshielded twisted-pair
Topología física	Bus	Bus	Bus	Star	Point-to-point	Bus

## ANEXO 5

### Elementos de la red WAN

#### Enrutadores

En los casos de estudio presentados durante el desarrollo de éste trabajo se eligieron los equipos 3662-AC-CO y 3662-DC-CO debido a que son elementos diseñados para un ambiente de operación en central, a continuación se muestra una tabla con las principales características que los distinguen de otros modelos similares :

Equipo	Flash	SDRAM	Estándares cumplidos	Dimensiones	Software	Características
3662-AC-CO, 3662-DC-CO	16 MB	32 MB	NEBS Level 3 and ETSI compliant	Meets 12 inch or 300mm depth requirement for Telco environments	Telco or Telco Plus SW only images supported.	Telco is basically IP with Telco features Telco Plus is basically enterprise plus with Telco features
3661-AC, 3661-DC,	8 MB	32 MB	Does not meet NEBS Level 3 or ETSI compliant	Exceeds 12 inch or 300mm depth requirement for Telco environments	Ships with Telco	Typical IOS images supported. Ships with IP