

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**INTERCONECTIVIDAD DE REDES**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR**

**PEDRO CESAR BUSTAMANTE HUARCAYA**

**PROMOCIÓN**

**1996 – I**

**LIMA – PERÚ**

**2005**

Dedico el esfuerzo vertido en éste trabajo a Dios por darme la vida, a mis padres por ser los mejores guías y haber creído en mí, a mi esposa por su apoyo y comprensión constante, a mis hermanos por excelentes compañeros y grandes colaboradores de ésta causa, a Carlos en especial, y a mi pequeño hijo que ilumina mi vida y me da mas de un motivo e inspiración para seguir avanzando.

# **INTERCONECTIVIDAD DE REDES**

## **SUMARIO**

El presente trabajo titulado “Red multiservicio para una empresa petrolera con operación en la región selva del Perú” una aplicación de la teoría de Interconectividad de redes forma parte de mi experiencia adquirida en el rubro de las Telecomunicaciones de Datos y digo que forma parte puesto que es uno de los proyectos mas completos que tuve la oportunidad de diseñar y ejecutar hace algunos años atrás.

Espero que la información vertida en éste trabajo sirva como objeto de consulta de los términos y conceptos que gobiernan las comunicaciones entre redes de datos, así mismo sirva como guía de referencia para proyectos afines con el objetivo de brindar soluciones modernas acorde a las nuevas tecnologías.

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN A LA INTERCONECTIVIDAD DE REDES</b>	<b>3</b>
1.1 Conceptos generales de redes	3
1.1.1 Generalidades de las redes LAN	4
1.2 Modelo de referencia OSI	5
1.3 Servicios de red orientados y no orientados a la conexión	11
1.3.1 Servicios orientados a la conexión (Connection Oriented)	12
1.3.2 Servicios no orientados a la conexión (Connection Less)	13
1.4 Direccionamiento en redes interconectadas	14
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES</b>	<b>LAN/WAN</b> <b>16</b>
2.1 Conceptos LAN/WAN	16
2.2 Conceptos de transmisión en LAN y WAN	18
2.2.1 Transmisión LAN (Broadcast, Multicast y Unicast)	18
2.2.2 Transmisión WAN	19
2.3 Tecnologías LAN	21
2.3.1 Tecnología Ethernet	21
2.3.2 Tecnología Token Ring	27

2.3.3	Otras Tecnologías	35
2.4	Tecnologías WAN	43
2.4.1	Frame Relay	43
2.4.2	Red Digital de Servicios Integrados (ISDN)	52
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>CONCEPTOS DE RUTEO</b>		<b>57</b>
3.1	Conceptos generales	57
3.1.1	Componentes del ruteo	58
3.1.2	Algoritmos del ruteo	60
3.1.3	Protocolos de Red	69
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>CASO PRÁCTICO: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED MULTISERVICIO</b>		<b>71</b>
4.1	Antecedentes	71
4.2	Estado premigratorio de la red	73
4.2.1	Estado general y especificaciones de la red	73
4.2.2	Limitaciones actuales de red	78
4.2.3	Requerimientos de la nueva red	80
4.3	Reingeniería de la Red	81
4.3.1	Diseño de la red de voz y datos	81
4.3.2	Propuesta de configuración de los equipos de comunicación.	104
4.4	Cálculo de los consumos de energía y BTU's	116
4.5	Cálculo de la inversión y costos involucrados	116
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>119</b>

**ANEXO A****LISTADO DE GRAFICOS****122****ANEXO B****LISTADO DE TABLAS****124****BIBLIOGRAFIA****125**

## PRÓLOGO

El presente informe es resultado de ordenar los conocimientos recibidos en mi Alma Mater, la lectura de textos de autores versados en la materia y las experiencias adquiridas en el desempeño del ejercicio profesional logrado en éstos años que llevo dedicado a las telecomunicaciones.

He visto conveniente tratar el tema de Interconectividad de Redes puesto que creo que es la base de todo profesional que desea incursionar en el mundo de las comunicaciones de datos y que mejor que presentarles un caso práctico de aplicación del cual el autor fue el protagonista del mismo desde su fase inicial hasta su culminación.

He creído conveniente dividir éste documento en cuatro capítulos de la siguiente manera:

*Capítulo I: Introducción a la interconectividad de Redes*, donde presento conceptos básicos de la interconectividad de redes fundamentales para entender los capítulos posteriores, por ello parto de conceptos tales como redes, interredes, Internet etc. y describo al modelo de referencia OSI para consolidar éstos conceptos y entender como se organizan o establecen los estándares de comunicaciones.

*Capítulo II: Tecnologías de comunicación LAN/WAN*, donde se exponen conceptos de redes LAN y redes WAN, la introducción a los conceptos de redes de conmutación de paquetes concluyendo con dos protocolos de aplicación en el capítulo IV: Frame Relay e ISDN.



*Capítulo III: Conceptos de Ruteo*, en éste capítulo introducimos los conceptos bases del protocolo IP. Es importante conocer éstos conceptos puesto que también es de aplicación en el capítulo IV.

*Capítulo IV: Caso Práctico: Implementación de la Red Multiservicio*, Este capítulo para mí es el más importante puesto que resume la aplicación de los capítulos anteriores y la experiencia del autor. En éste capítulo se vuelca conocimientos de diseño de redes, una metodología de selección de tecnología y plataformas, configuración de equipos cualitativamente y cuantitativamente, cálculo de los requerimientos de potencia y los cálculos de inversión de adoptar ésta red.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN A LA INTERCONECTIVIDAD DE REDES**

### **1.1 Conceptos generales de redes**

#### **¿Qué es una Red?**

En términos generales, una red es el conjunto de elementos: Computadoras, Impresoras, Servidores, Ruteadores, Switches, etc. que pueden comunicarse entre sí a través de un medio en particular. El término de red en sus inicios estaba referido al concepto de lo que ahora conocemos como LAN (Red de Area Local) dado que en aquellos tiempos la limitación geográfica de las redes recaía sobre áreas relativamente pequeñas, Posteriormente fueron apareciendo conceptos como MAN, WAN, interred, etc. però la costumbre muchas veces se sigue manteniendo pues en la actualidad cuando los usuarios o administradores hablan de su red de seguro que se están refiriendo a su Red de Área Local (LAN). También con la inclusión de Internet o según el modelo de ella nace conceptos tales como Intranet, Extranet, VPN, VPDN, etc.

#### **¿Qué es una Interred?**

Si nos basamos en los términos que componen ésta palabra: Inter (Interconexión) y Red (Redes), podemos fácilmente definirla, entonces podremos decir que una Interred o internet es el conjunto de redes individuales con diferentes o

similares tecnologías conectadas por dispositivos de comunicaciones para conformar así una gran red.

### **¿Qué es Internet?**

Del concepto anterior podemos, desde un punto de vista estructural, definir a Internet (no confundir con internet) como la red de redes, pues está conformada por la conexión de muchas redes a nivel mundial, por ello es también conocida como la Red de Redes. Desde el punto de vista cultural podremos agregar que ella está centrada en la investigación y en una estandarización, pero realmente hoy en día la aplicación que se le da es diversa al punto que la filosofía con la que nació está siendo emplazada por la filosofía de trasladar el comercio a la red.

#### **1.1.1 Generalidades de las redes LAN**

Como es sabido, los antiguos sistemas de procesamiento eran centralizados es decir constaban de una gran computadora (Mainframe) al cual se conectaban terminales tontos (Dumb Terminals) los cuales solo ingresaban los datos y las secuencias para que sean procesados por la gran computadora y luego le sea devuelto los resultados. La idea de descentralizar el procesamiento o conocido como procesamiento distribuido da inicio al concepto de redes, el primer paso era interconectar dos computadoras. Las ventajas que se obtuvieron de realizar las tareas bajo éste esquema y los nuevos conceptos de compartir los recursos disponibles trajeron consigo la proliferación de las redes de área local (LÁN) cuando en el año 1972 en California el centro de Investigaciones de Xerox inició el desarrollo de una LAN comercial, mas tarde en 1979 hace su aparición en el mercado la red Ethernet

producto de la sinergia de tres grandes compañías como son Digital Equipment Corporation (DEC), Intel y Xerox.

### **¿Qué es una Red de Area Local o LAN?**

Una LAN es una red de datos de alta velocidad (10, 100, 1000 Mbps), tolerante a fallas, que cubre un área geográfica relativamente pequeña. Por lo general conecta estaciones de trabajo, computadoras personales, impresoras y otros dispositivos para que éstos puedan comunicarse entre sí. Las LANs tienen muchas ventajas para los usuarios de computadoras, entre otras el acceso compartido a dispositivos y aplicaciones, el intercambio de archivos entre los usuarios conectados y la comunicación entre usuarios vía correo electrónico y otras aplicaciones. También es importante mencionar que es multivendedor es decir permite conectar equipos de diferentes fabricantes.

## **1.2 Modelo de referencia OSI**

Una de las necesidades más acuciantes de un sistema de comunicaciones es el establecimiento de estándares, sin ellos sólo podrían comunicarse entre sí equipos del mismo fabricante y que usaran la misma tecnología.

La conexión entre equipos electrónicos se ha ido estandarizando paulatinamente siendo la redes telefónicas las pioneras en este campo. Por ejemplo la histórica CCITT definió los estándares de telefonía: PSTN, PSDN e ISDN.

Otros organismos internacionales que generan normas relativas a las telecomunicaciones son: ITU-TSS (antes CCITT), ANSI, IEEE e ISO

La ISO (International Organisation for Standardisation) ha generado una gran variedad de estándares, siendo uno de ellos la norma ISO-7494 que define el modelo OSI, este modelo nos ayudará a comprender mejor el funcionamiento de las redes de ordenadores.

El modelo OSI no garantiza la comunicación entre equipos pero pone las bases para una mejor estructuración de los protocolos de comunicación. Tampoco existe ningún sistema de comunicaciones que los siga estrictamente, siendo la familia de protocolos TCP/IP la que más se acerca.

El modelo OSI describe siete capas o niveles para facilitar las interfaces de conexión entre sistemas abiertos:

## **Niveles del Modelo OSI**

### **Nivel Físico**

Define las normas y protocolos usados en la conexión. También define el cableado y la interfase física. Es decir es el encargado de formular las especificaciones de orden mecánico, eléctrico, funcional y procedimental que deben satisfacer los elementos físicos del enlace de datos:

**Mecánicas:** Se especifican detalles como conexiones físicas entre equipos, configuración de los conectores desde el punto de vista físico como lógico.

**Eléctricas:** Se especifican los niveles de señales para el envío de los bits. Además se indican características eléctricas de protección contra interferencias.

**Funcionales:** Se especifica los métodos para la activación, mantenimiento y desactivación de los circuitos físicos.

**Procedimentales:** Está integrado por la secuencia de operaciones que realizará todo el conjunto de elementos que intervienen en la transmisión física de datos.



Fig. 1.1 Niveles del modelo OSI

### **Nivel de Enlace**

Gestiona las entradas/salidas como interfaz de la red. Este nivel lo integra la parte lógica de la comunicación que está compuesta por el conjunto de procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y desconexión de circuitos para el envío de bloques de información. Controla la correcta transferencia de datos y gestiona los métodos necesarios para la detección y corrección de errores

Algunos protocolos de enlace son: protocolos orientados a carácter, protocolos orientados a bit, protocolos HDLC, entre otros.

### **Nivel de Red**

Enruta los paquetes dentro de la red. Es el encargado de transportar los paquetes de datos y se compone de la información del usuario que proviene de los niveles superiores, para el establecimiento y control de la información.

Este nivel controla la transmisión a través de los nodos de la red de comunicación, indicando el camino correcto que dichos paquetes deben tomar desde el punto de partida hasta su llegada a su respectivo destino.

Para conseguir la transmisión de paquetes a través de los sucesivos nodos de una red se utilizan dos modelos de protocolos: datagrama y de circuito virtual.

### **Nivel de Transporte**

Comprueba la integridad de datos, ordena los paquetes, construye cabeceras de los paquetes, entre otras cosas. Realiza la transmisión de datos de forma segura y económica, desde el equipo emisor al equipo receptor.

Las unidades de datos del protocolo de transporte (TPDU) son los elementos de información intercambiados cuando se mantiene una conexión. El TPDU está compuesto de una cabecera y datos. La **cabecera** contiene información dividida en los siguientes campos: LI longitud, parte fija que indica el tipo de TPDU, información del destino y parte variable que contiene parámetros( No siempre existe) mientras que **Datos** contiene la información del usuario a transportar.

### **Nivel de Sesión**

Gestiona la conexión entre los niveles más bajos y el usuario, es la interfase de usuario de la red. Este nivel presenta un modo para el establecimiento de conexiones denominado sesiones, para la transferencia de datos de forma ordenada y para la liberación de la conexión.

Permite la fijación de puntos de sincronización en el diálogo para poder repetir éste desde algún punto, la interrupción del diálogo con posibilidades de volverlo a iniciar y el uso de testigos (tokens) para dar turno a la transferencia de datos.

### **Nivel de Presentación**

Ofrece al usuario las posibilidades tales como transmisión de archivos y ejecución de programas. Controla los problemas relacionados con la representación de los datos que se pretendan transmitir. Esta capa se encarga de la preservación del significado de la información transportada.

Cada ordenador puede tener su propia forma de representación interna de datos, por esto es necesario tener acuerdos y conversiones para poder asegurar el entendimiento entre ordenadores diferentes.

### **Nivel de Aplicación**

Las aplicaciones de software de red se ejecutan en este nivel. La capa de aplicación contiene los programas del usuario que hacen el trabajo real para el que fueron adquiridos los ordenadores.

Controla y coordina las funciones a realizar por los programas de usuario, conocidos con el nombre de aplicaciones. Cada aplicación puede tener sus propias y particulares necesidades de comunicación, existiendo algunas cuyo objetivo es el de la comunicación a distancia. Estas últimas aplicaciones especializadas en comunicaciones son las de transferencia de archivos, correo electrónico y los terminales virtuales, entre otros.

### **Categorías del Modelo OSI**

Las capas del modelo OSI así mismo se pueden dividir en dos categorías: capas superiores y capas inferiores:

Las **capas superiores** del modelo OSI tienen que ver con la aplicación y en general están implementadas solo en software. Las **capas inferiores** del modelo OSI manejan lo concerniente a la transferencia de datos.



La figura 1.2 muestra tales categorías.

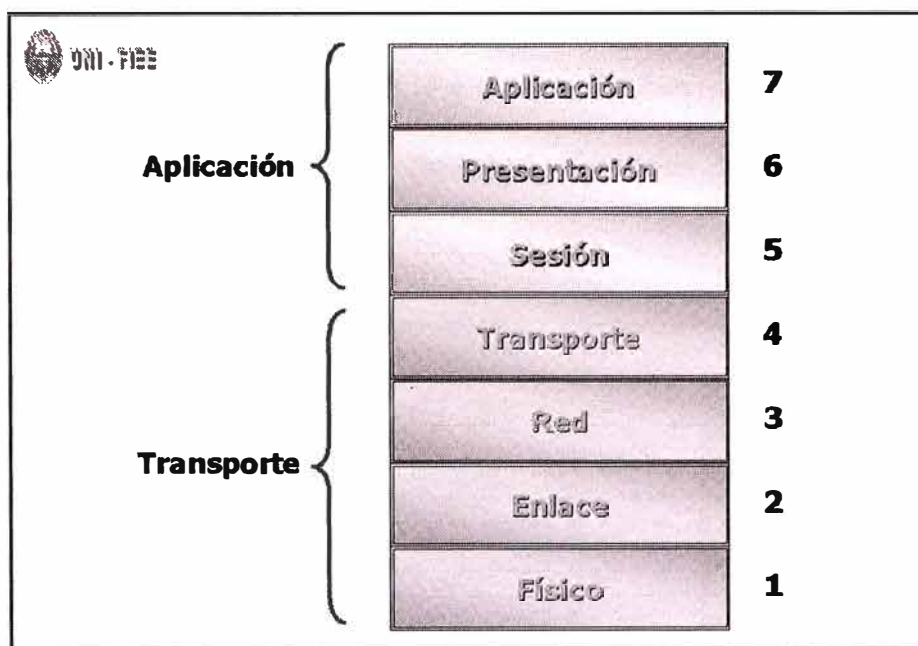


Fig. 1.2 Categorías del modelo OSI

La comunicación según el modelo OSI siempre se realizará entre dos sistemas. Supongamos que la información se genera en el nivel 7 de uno de ellos, y desciende por el resto de los niveles hasta llegar al nivel 1, que es el correspondiente al medio de transmisión (por ejemplo el cable de red) y llega hasta el nivel 1 del otro sistema, donde va ascendiendo hasta alcanzar el nivel 7. En este proceso, cada uno de los niveles va añadiendo a los datos a transmitir la información de control relativa a su nivel, de forma que los datos originales van siendo recubiertos por capas de control.

De forma análoga, al ser recibido dicho paquete en el otro sistema, según va ascendiendo del nivel 1 al 7, va dejando en cada nivel los datos añadidos por el nivel equivalente del otro sistema, hasta quedar únicamente los datos a transmitir (ver figura 1.3). La forma, pues de enviar información en el modelo OSI tiene una cierta

similitud con enviar un paquete de regalo a una persona, donde se ponen una serie de papeles de envoltorio, una o más cajas, hasta llegar al regalo en sí.

Es importante estudiar la LAN y sus protocolos bajo el modelo de referencia OSI pues a partir de ella podremos entender estructuras de redes aún más complejas productos de la interconexión.

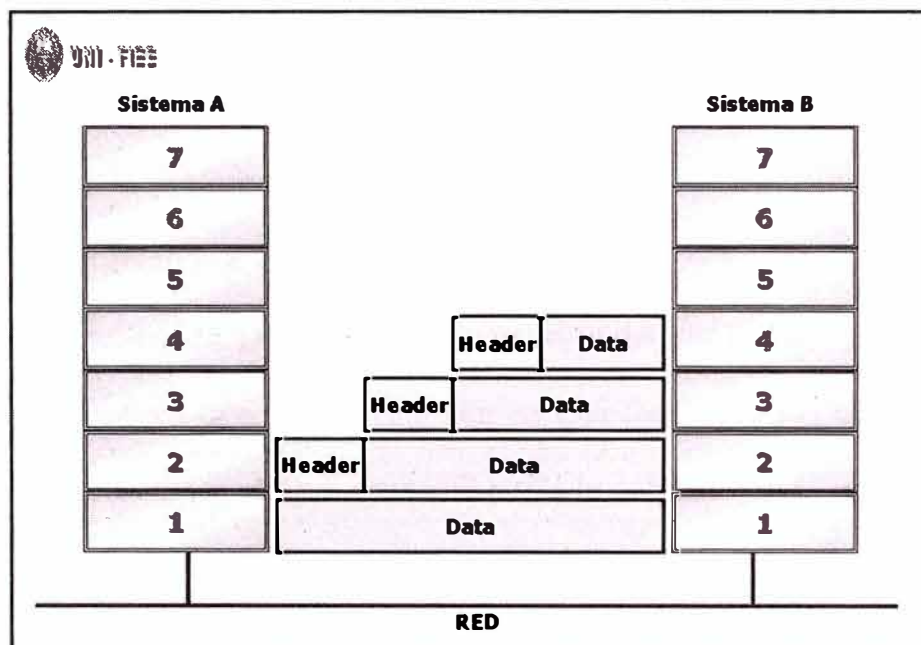


Fig. 1.3 Encabezado por capas

### 1.3 Servicios de red orientados y no orientados a la conexión

Los protocolos de interconexión de redes y el tráfico de datos que soportan se pueden caracterizar como orientados (connection oriented) y no orientados a la conexión (connection less).

### **1.3.1 Servicios orientados a la conexión (Connection Oriented)**

Son aquellos servicios que emplean rutas establecidas de manera permanente, mientras dura la conexión, para transportar a través de ella todos los datos. Este servicio contempla tres fases:

#### **Fase 1: De establecimiento de conexión**

En esta fase se definen las siguientes funciones:

- Connect.Request (Equivale a marcar en telefonía)
- Connect.Indication (Equivale al tono de llamada)
- Connect.Response (Equivale a descolgar)
- Connect.Confirm (Equivale a la percepción del que llama)

Los parámetros que se intercambian en esta fase entre los niveles 3 y 4 son entre otros la dirección y el QoS (permite pedir la calidad que le exigimos a la red para la conexión)

#### **Fase 2: De Transferencia de datos**

En esta fase se definen las siguientes funciones:

- Data.Request
- Data.Indication

Una para enviar y otra para recibir datos.

Se observa que en la definición no hay una función que indique qué ha pasado con los datos. Por tanto, los servicios CO son servicios no confirmados (en cuanto a la transferencia de datos).

#### **Fase 3: De liberación de la conexión**

En esta fase se definen las siguientes funciones:

- Disconnect.Request

- Disconnect.Indication

Por la definición, un servicio CO es un servicio no confirmado en cuanto a la liberación de la conexión. También vale mencionar que en un CO la liberación la puede pedir cualquiera de las partes.

Un servicio CO es un servicio disruptivo (si lo invocas puede provocar pérdida de información) porque si se libera el circuito la red puede borrar los datos en tránsito.

Hay que destacar que esta última característica de los servicios CO, al igual que la de ser limitados en cuanto a la transferencia de datos, no son parte de la definición de un servicio CO sino que dependen de como están implementadas en cada red concreta.

### **1.3.2 Servicios no orientados a la conexión (Connection Less)**

Las características principales de un servicio de este tipo a nivel de red son las siguientes:

- No hay establecimiento de ninguna conexión, solo hay transferencia de datos .
- Se usan primitivas del tipo Unit Data Request y Unit Data Indication, que contienen como parámetros:

Dirección del destinatario

Dirección de la fuente

QOS (Parámetro que determina la calidad de servicio)

Datos del usuario

- Cada paquete que se transmite se transporta de manera independiente con respecto a los paquetes predecesores.

- No debe de llevar a cabo la comprobación de errores y el control de flujo, éste servicio es un servicio no confirmado.
- Las UNITDATA sólo pueden transmitir hasta un máximo de 64512 octetos y han de preservar la integridad de la información
- El emisor solo se encarga de vaciar el paquete en la red, deseando que todo resulte lo mejor posible.

#### **1.4 Direccionamiento en redes interconectadas**

Las direcciones de las interredes permiten identificar los dispositivos por separado o como miembros de un grupo, ello facilita la localización de los dispositivos, hágase la analogía con la dirección postal de cierto individuo. Existen tres tipos muy comunes de direccionamiento en las interredes, ellos son:

**Direcciones de la capa de enlace de datos:** Conocida como direcciones físicas o de Hardware, ésta identifica de manera única cada conexión física de un dispositivo a la red.

**Direcciones MAC:** Conformadas por un subconjunto de direcciones de la capa de enlace de datos. Identifica las entidades de redes en las LANs que implementan las direcciones IEEE MAC de la capa de enlace de datos. Estas son únicas para cada interfase LAN. Las direcciones MAC está conformadas de 48 bits, la cual comúnmente se expresa con 12 dígitos hexadecimales.

Como se observa en la figura 1.4, los 24 primeros bits que son administrados por el IEEE, identifican al fabricante. Los últimos 24 bits comprenden el número de serie de la interfase u otro valor administrado por un proveedor específico. Las

direcciones MAC se graban sobre una ROM y se copia en RAM toda vez que se inicia la tarjeta de interfase.

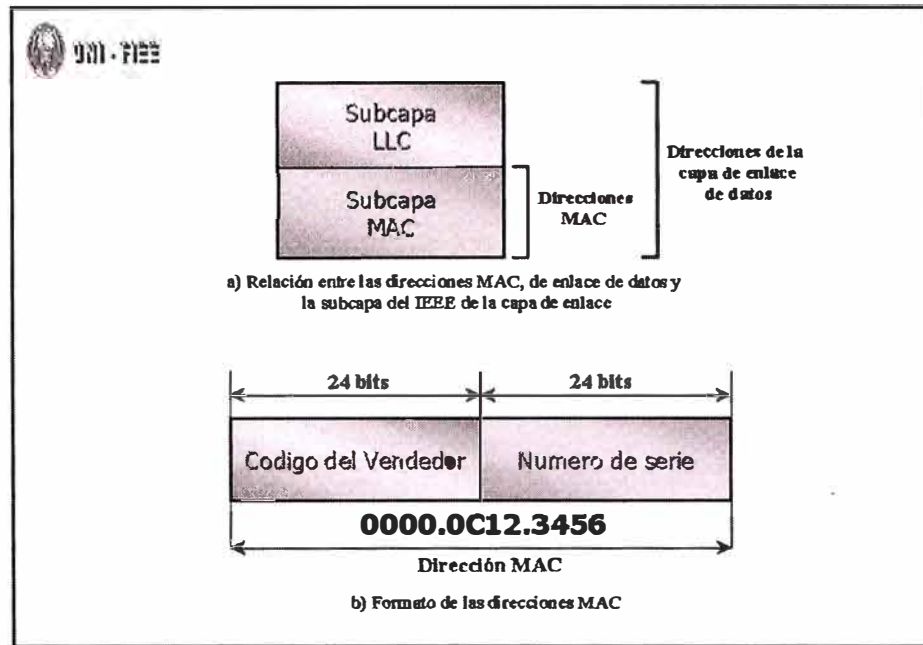


Fig. 1.4 Direccionamiento en la capa de Enlace

**Direcciones de la capa de Red:** Denominadas direcciones lógicas, la dirección de la capa de red identifica una entidad en la capa de red de las capas OSI. Las direcciones de red, en general, existen en un espacio jerárquico de direcciones.

La relación entre una dirección de red y un dispositivo es lógica y no fija; se basa tanto en las características físicas de la red (el dispositivo está en un segmento de red particular) como en agrupaciones no físicas. Los sistemas terminales requieren una dirección de la capa de red por cada protocolo soportado de la capa de red. Los Ruteadores y otros dispositivos de interconectividad de redes requieren una dirección de la capa de red por cada conexión física de la red, por cada protocolo soportado en la red.

## **CAPÍTULO II**

# **TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES**

## **LAN/WAN**

En el capítulo 1 se presentaron los conceptos generales de las redes y el enfoque, al menos de manera introductoria, fue hacia las redes LAN. En el presente capítulo se intenta conocer mas a detalle las dos diferentes tipos de redes, por cobertura, existentes. No es novedad que hoy en día, no así hace la década pasada, se dejó de lado el concepto de redes MAN (Metropolitan Area Network) pues en la actualidad solo se habla de redes LAN o WAN.

### **2.1 Conceptos LAN/WAN**

#### **Red de Area Local o LAN (Local Area Network)**

Como se definió en el capítulo I, el concepto de éstas redes cae sobre su cobertura geográfica y la característica especial es el manejo de altas velocidades. Mas adelante ampliaremos éste concepto.

#### **Red de Area Amplia o WAN (Wide Area Network)**

Una WAN es una red de comunicación de datos que tiene una cobertura geográfica relativamente grande y que por lo general suele utilizar las instalaciones de transmisión que ofrecen compañías portadoras de servicios como AT&T, Telefónica del Perú, por así decirlo, en nuestro país, aunque también existen casos en que algunas compañías montan toda una infraestructura privada, donde no llegan los

portadores, para la implementación de sus redes. Las tecnologías WAN operan, dependiendo del protocolo, sobre las tres capas inferiores del modelo de referencia OSI: la capa física, la capa de enlace de datos y la capa de red.

La figura 2.1 muestra la relación entre las tecnologías WAN más usuales y el modelo OSI.

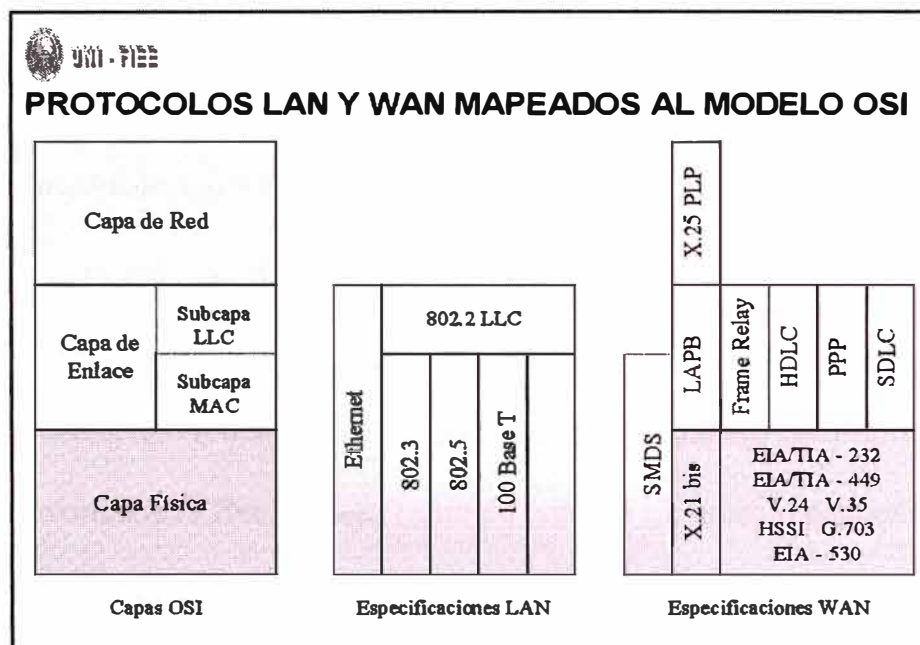


Fig. 2.1 Relación entre los protocolos LAN/ WAN y el modelo OSI

### Métodos de acceso para los protocolos LAN

Los protocolos LAN suelen utilizar uno de dos métodos para acceder al medio físico de la red: CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones) y Token Passing (paso de testigo).

En el esquema de acceso a medios CSMA/CD, los dispositivos de la red compiten por el uso del medio de transmisión físico de la red. Por esta razón, al CSMA/CD a veces se le llama acceso por contención. Ejemplos de redes LAN que CSMA/CD son las redes Ethernet/IEEE 802.3, incluyendo a la 100BaseT.



En el esquema de acceso al medio Token Passing, ideado por IBM, los dispositivos de la red acceden el medio de transmisión con base en la posesión del Token. Ejemplos de LAN que utilizan el esquema de acceso a medios de estafeta circulante son Token Ring/IEEE 802.5 y FDDI.

## **2.2 Conceptos de transmisión en LAN y WAN**

### **2.2.1 Transmisión LAN (Broadcast, Multicast y Unicast)**

Los métodos de transmisión de datos en las LAN caen dentro de tres clasificaciones: broadcast, multicast y unicast. En cada tipo de transmisión, se envía un solo paquete a uno o más nodos, lo que varía son el número de destinos.

**Transmisiones Broadcast:** También constan de un solo paquete de datos que se copia y envía a todos los nodos de la red. En este tipo de transmisiones, el nodo origen dirige el paquete utilizando la dirección de broadcast. El paquete es, luego, enviado a través de la red, la cual hace copias del paquete y las envía a cada uno de los nodos de la red.

Un ejemplo de broadcast es cuando una PC busca a otra sobre la misma LAN envía la dirección MAC broadcast FF:FF:FF:FF:FF:FF para que sea leído por todos.

**Transmisiones de Multicast:** Al igual que el anterior consta de un solo paquete de datos que se copia y envía a un subconjunto específico de nodos en la red. Los pasos son los siguientes: Primero, el nodo origen direcciona el paquete utilizando una dirección de multicast, luego, el paquete es enviado a través de la red, la cual

genera copias de paquete y envía estas copias a cada uno de los nodos que se indican en la dirección de multicast.

**Transmisiones Unicast:** En éste tipo de transmisiones el nodo fuente u origen envía un solo paquete hacia un solo destino de la red. Los pasos son los siguientes: Primero, el nodo origen direcciona el paquete utilizando la dirección del nodo de destino. Luego el paquete es enviado a la red y, finalmente, la red transfiere el paquete a su destino.

## 2.2.2 Transmisión WAN

### 2.2.2.1 Conmutación de Circuitos

La conmutación de circuitos es un método de conmutación WAN en el que se establece, mantiene y termina un circuito físico dedicado a través de una red de transporte para cada sesión de comunicación.

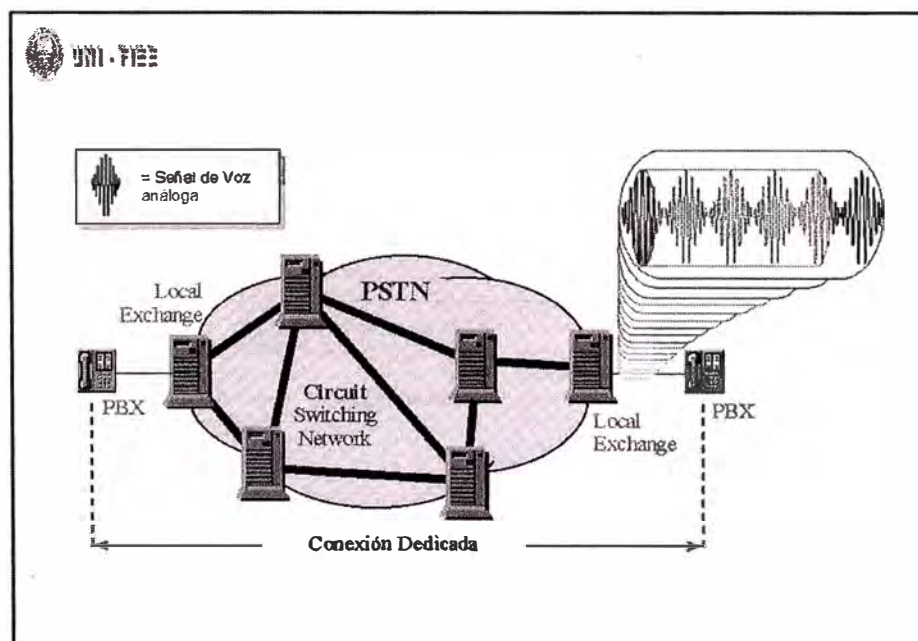


Fig. 2.2 Red WAN de conmutación de circuitos

La conmutación de circuitos maneja dos tipos de transmisiones: **Datagramas**, que están compuestas de tramas direccionadas de manera individual, y **Ráfagas de datos**, que están compuestas de una ráfaga de datos donde la verificación de direcciones sólo se presenta una vez. Utilizada de manera muy generalizada en las redes de las compañías telefónicas, la conmutación de circuitos opera de forma muy parecida a una llamada telefónica normal. ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) es ejemplo de una tecnología WAN de conmutación de circuitos (ver la figura 2.2).

### 2.2.2.2 Conmutación de paquetes

Este es un método de conmutación WAN en el que los dispositivos de la red comparten un solo enlace punto a punto para transferir los paquetes desde un origen hasta un destino a través de una red de transporte.

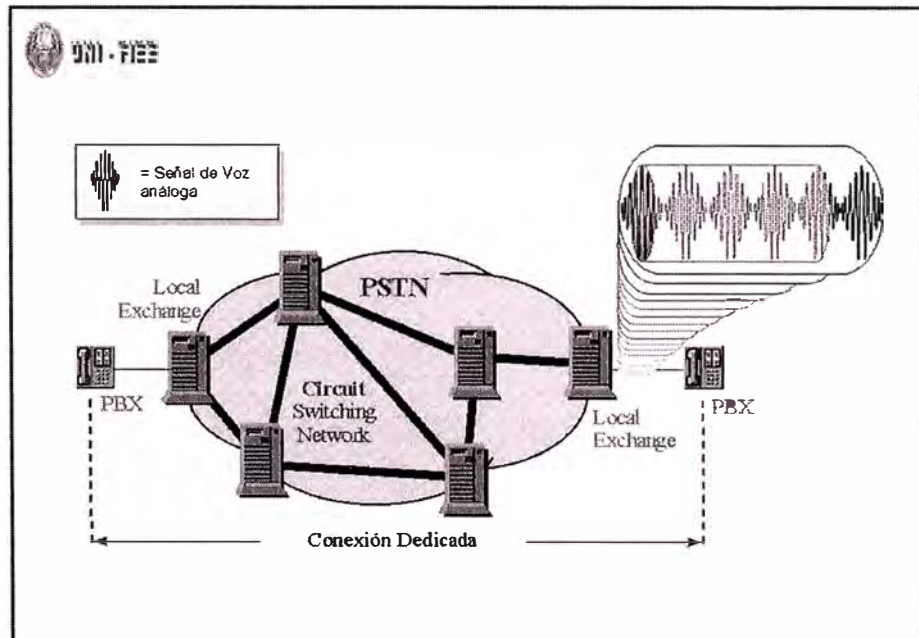


Fig. 2.3 Red WAN de conmutación de paquetes

El multiplexaje estadístico se utiliza para permitir que los dispositivos compartan estos circuitos. ATM (Modo de Transferencia Asíncrona), Frame Relay,

SMDS (Servicio de Datos Conmutados a Multimegabits) y X.25, son ejemplos de tecnologías WAN de conmutación de paquetes como en la figura 2.3.

## **2.3 Tecnologías LAN**

### **2.3.1 Tecnología Ethernet**

Ethernet es la tecnología de LAN de uso más generalizado adecuándose muy bien a las aplicaciones en las que un medio de comunicación local debe transportar tráfico esporádico y ocasionalmente pesado, a velocidades muy elevadas.

La arquitectura de red Ethernet se originó en la Universidad de Hawai durante los años setenta, donde se desarrolló el método de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, CSMA/CD (Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection), utilizado actualmente por Ethernet. Este método ante la necesidad de implementar en las islas Hawai un sistema de comunicaciones basado en la transmisión de datos por radio, que se llamó Aloha.

El centro de investigaciones PARC (Palo Alto Research Center) de la Xerox Corporation desarrolló el primer sistema Ethernet experimental a principios del decenio 1970-80, que posteriormente sirvió como base de la especificación 802.3 publicada en 1980 por el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

Las redes Ethernet son de carácter no determinista, es decir, las estaciones de una LAN de tipo CSMA/CD pueden acceder a la red en cualquier momento. Antes de enviar datos, las estaciones CSMA/CD escuchan a la red para determinar si se encuentra en uso. Si lo está, entonces esperan. Si la red no se encuentra en uso, las

estaciones comienzan a transmitir. Esto las distingue de las redes como Token Ring y FDDI que son deterministas, y permite que todos los dispositivos puedan comunicarse en el mismo medio, aunque sólo pueda haber un único emisor en cada instante.

Es común en estas redes las colisiones, las cuales se producen cuando dos estaciones escuchan para saber si hay tráfico de red, no lo detectan y, acto seguido transmiten de forma simultánea. En este caso, ambas transmisiones se dañan y las estaciones deben volver a transmitir más tarde. Para intentar solventar esta pérdida de paquetes, las estaciones CSMA/CD pueden detectar colisiones, y poseen algoritmos de postergación que determinan el momento en que las estaciones que han tenido una colisión pueden volver a transmitir.

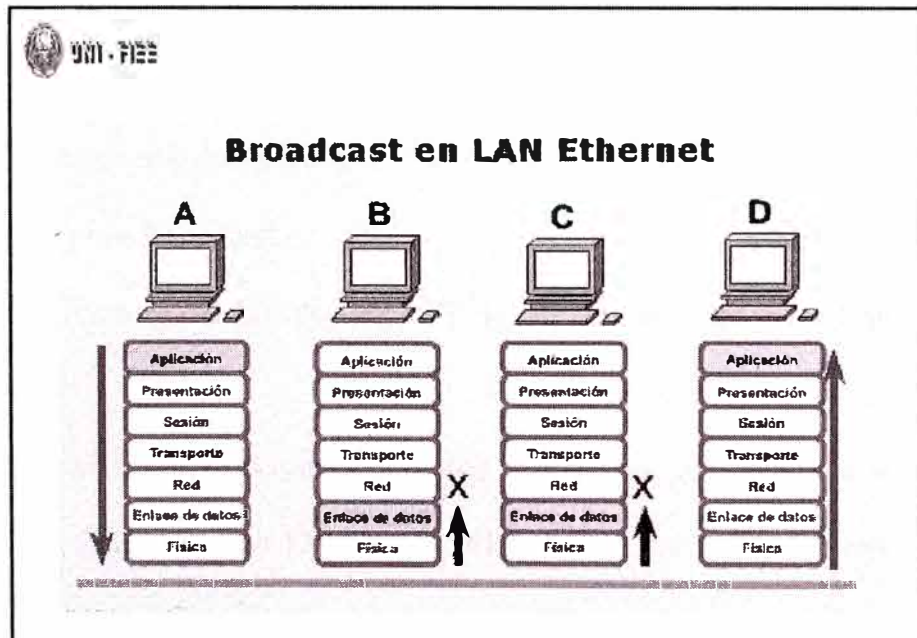


Fig. 2.4 Frame Broadcast en Ethernet LAN

Tanto las LAN Ethernet como las LAN IEEE 802.3 (dos especificaciones diferentes para un mismo tipo de red) son redes de broadcast (ver figura 2.4), lo que

significa que cada estación puede ver todas las tramas, aunque una estación determinada no sea el destino propuesto para esos datos.

Cada estación debe examinar las tramas que recibe para determinar si corresponden al destino. De ser así, la trama pasa a una capa de protocolo superior dentro de la estación para su adecuado procesamiento. Si la estación no es la destinataria final de la trama, ésta es ignorada. Existen diferencias sutiles entre las LAN Ethernet e IEEE 802.3. Ethernet proporciona servicios correspondientes a la Capa 1 y a la Capa 2 del modelo de referencia OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa física, o sea la Capa 1, y la porción de acceso al canal de la Capa 2 (de enlace), pero no define ningún protocolo de Control de Enlace Lógico.

Tanto Ethernet como IEEE 802.3 se implementan a través del hardware. Normalmente, el componente físico de estos protocolos es una tarjeta de interfaz en un computador host, denominada tarjeta de red o NIC, o son circuitos de una placa de circuito impreso dentro de un host.

### **Formato de trama Ethernet**

Los campos de trama Ethernet e IEEE 802.3 mostrados en la figura 2.5 son los siguientes:

- Preámbulo: El patrón de unos y ceros alternados les indica a las estaciones receptoras que una trama es Ethernet o IEEE 802.3. La trama Ethernet incluye un byte adicional que es el equivalente al campo Inicio de trama (SOF) de la trama IEEE 802.3.
- Inicio de trama (SOF): El byte delimitador de IEEE 802.3 finaliza con dos bits 1 consecutivos, que sirven para sincronizar las porciones de recepción de trama de todas las estaciones de la LAN. SOF se especifica explícitamente en Ethernet.

- Direcciones destino y origen: vienen determinadas por las direcciones MAC únicas de cada tarjeta de red. Los primeros 3 bytes de las direcciones son especificados por IEEE según el proveedor o fabricante. El proveedor de Ethernet o IEEE 802.3 especifica los últimos 3 bytes. La dirección origen siempre es una dirección de broadcast única. La dirección destino puede ser única, múltiple o broadcast.
- Tipo (Ethernet): El tipo especifica el protocolo de capa superior que recibe los datos una vez que se ha completado el procesamiento Ethernet.
- Longitud (IEEE 802.3): La longitud indica la cantidad de bytes de datos que sigue este campo.
- Datos (Ethernet): Una vez que se ha completado el procesamiento de la capa física y de la capa de enlace, los datos contenidos en la trama se envían a un protocolo de capa superior, que se identifica en el campo tipo. Aunque la versión 2 de Ethernet no especifica ningún relleno, al contrario de lo que sucede con IEEE 802.3, Ethernet espera por lo menos 46 bytes de datos.
- Datos (IEEE 802.3): una vez que se ha completado el procesamiento de la capa física y de la capa de enlace, los datos se envían a un protocolo de capa superior, que debe estar definido dentro de la porción de datos de la trama. Si los datos de la trama no son suficientes para llenar la trama hasta una cantidad mínima de 64 bytes, se insertan bytes de relleno para asegurar que por lo menos haya una trama de 64 bytes (tamaño mínimo de trama).
- Secuencia de verificación de trama (FCS): esta secuencia contiene un valor de verificación CRC (Control de Redundancia Cíclica) de 4 bytes, creado por el dispositivo emisor y recalculado por el dispositivo receptor para verificar la existencia de tramas dañadas.

Cuando un paquete es recibido por el destinatario adecuado, les retira la cabecera de Ethernet y el checksum de verificación de la trama, comprueba que los datos corresponden a un mensaje IP y entonces lo pasa a dicho protocolo (capa de red-Internet) para que lo procese.

### **Cableado en Ethernet**

Existen por lo menos 18 variedades de Ethernet, que han sido especificadas, o que están en proceso de especificación.

Las tecnologías Ethernet más comunes y más importantes son las siguientes:

- Ethernet 10Base5: También llamada Ethernet gruesa, usa un cable coaxial grueso, consiguiendo una velocidad de 10 Mbps. Puede tener hasta 100 nodos conectados, con una longitud de cable de hasta 500 metros.

Las conexiones se hacen mediante la técnica denominada derivaciones de vampiro, en las cuales se inserta un polo hasta la mitad del cable, realizándose la derivación en el interior de un transceiver, que contiene los elementos necesarios para la detección de portadores y choques. El transceiver se une al computador mediante un cable de hasta 50 metros.

- Ethernet 10Base2: Usa un cable coaxial delgado, por lo que se puede doblar más fácilmente, y además es más barato y fácil de instalar, aunque los segmentos de cable no pueden exceder de 200 metros y 30 nodos.

Las conexiones se hacen mediante conectores en T, más fáciles de instalar y más seguros, y con el transceiver en el computador, junto con el controlador.



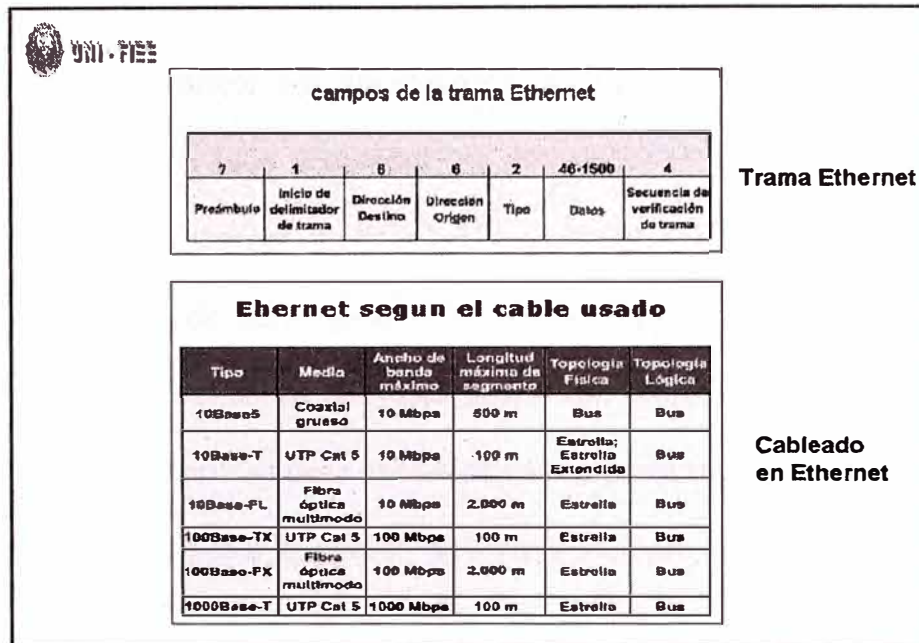


Fig. 2.5 Trama y Cableado Ethernet

- Ethernet 10Base-T: En la que cada estación tiene una conexión con un hub central, y los cables usados son normalmente de par trenzado. Son las LAN más comunes hoy en día.

Mediante este sistema se palian los conocidos defectos de las redes 10Base2 y 10Base5, a saber, la mala detección de derivaciones no deseadas, de rupturas y de conectores flojos. Como desventaja, los cables tienen un límite de sólo 100 metros, y los hubs pueden resultar caros.

- Ethernet 10Base-F: Se basa en el uso de fibra óptica para conectar las máquinas. Esto la hace cara para un planteamiento general de toda la red, pero sin embargo resulta idónea para la conexión entre edificios, ya que los segmentos pueden tener una longitud de hasta 2000 metros, al ser la fibra óptica insensible a los ruidos e interferencias típicos de los cables de cobre. Además, su velocidad de transmisión es mucho mayor.

- *Fast Ethernet*: Con la idea de paliar algunos de los fallos contemplados en las redes Ethernet 10Base-T y buscar una alternativa a las redes FDDI en el mercado de las LAN, que no han sido bien aceptadas, se desarrolló el estándar 802.3u, también conocido como Fast Ethernet. Para hacerla compatible con Ethernet 10Base-T se preservan los formatos de los paquetes y las interfaces, pero se aumenta la rapidez de transmisión, con lo que el ancho de banda sube a 100 Mbps.

Para implementarla se usan cables de cuatro pares trenzados de la clase 3, uno de los cuales ve siempre al hub central, otro viene siempre desde el hub, mientras que los otros dos pares son conmutables. Se sustituye la codificación de señales de Manchester, sustituyéndose por señalización ternaria, mediante la cual se pueden transmitir 4 bits a la vez.

En el caso de usar cable de la clase 5, Fast Ethernet puede soportar hasta 100Mbps con transmisión full dúplex.

### **2.3.2 Tecnología Token Ring**

IBM desarrolló la primera red Token Ring en los años setenta. Todavía sigue siendo la tecnología de LAN principal de IBM, y desde el punto de vista de implementación ocupa el segundo lugar después de Ethernet. La especificación IEEE 802.5 (método de acceso Token Ring) se basó en la red Token Ring de IBM, es prácticamente idéntica y absolutamente compatible con ella.

El término Token Ring se refiere tanto al Token Ring de IBM como a la especificación 802.5 del IEEE. En figura 2.6 se destacan las similitudes y diferencias principales entre los dos estándares.



**Comparación de redes Token Ring**

	Token Ring IBM	IEEE 802.5
<b>Velocidad de los datos</b>	4 ó 16 Mbps	4 ó 16 Mbps
<b>Estaciones/segmentos</b>	260 (Par trenzado blindado) 72 (Par trenzado sin blindaje)	250
<b>Topología</b>	Estrella	No especificado
<b>Medios</b>	Par trenzado	No especificado
<b>Señalización</b>	Banda base	Banda base
<b>Método de acceso</b>	Transmisión de tokens	Transmisión de tokens
<b>Codificación</b>	Diferencial Manchester	Diferencial Manchester

Fig. 2.6 Token Ring IBM e IEEE 802.5

### Transmisión de tokens

Token Ring e IEEE 802.5 son los principales ejemplos de redes de transmisión de tokens. Las redes de transmisión de tokens transportan una pequeña trama, denominada token, a través de la red. La posesión del token otorga el derecho a transmitir datos. Si un nodo que recibe un token no tiene información para enviar, transfiere el token a la siguiente estación terminal. Cada estación puede mantener al token durante un período de tiempo máximo determinado, según la tecnología específica que se haya implementado.

Cuando una estación que transfiere un token tiene información para transmitir, toma el token y le modifica 1 bit, con lo que lo transforma en una secuencia de inicio de trama. A continuación, la estación agrega la información para transmitir al token y envía estos datos a la siguiente estación del anillo. No hay ningún token en la red mientras la trama de información gira alrededor del anillo, a menos que el anillo

acepte envíos anticipados del token. En este momento, las otras estaciones del anillo no pueden realizar transmisiones. Deben esperar a que el token esté disponible.

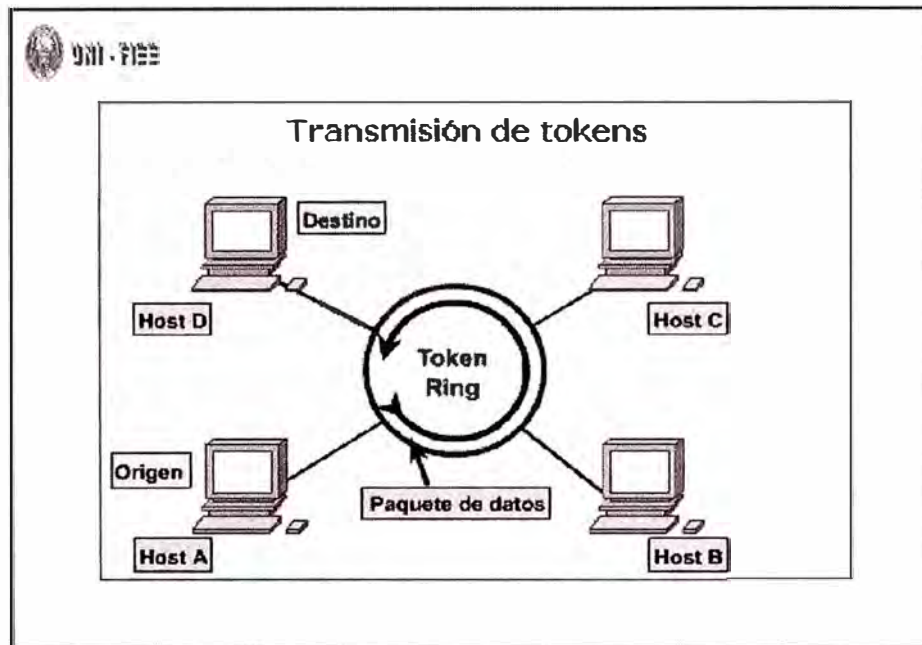


Fig. 2.7 Transmisión del Token en TR

Las redes Token Ring no tienen colisiones. Si el anillo acepta el envío anticipado del token, se puede emitir un nuevo token cuando se haya completado la transmisión de la trama.

La trama de información gira alrededor del anillo hasta que llega a la estación destino establecida, que copia la información para su procesamiento (ver figura 2.7). La trama de información gira alrededor del anillo hasta que llega a la estación emisora y entonces se elimina. La estación emisora puede verificar si la trama se recibió y se copió en el destino.

A diferencia de las redes CSMA/CD como Ethernet, las redes de transmisión de tokens son determinísticas. Esto significa que se puede calcular el tiempo máximo que transcurrirá antes de que cualquier estación terminal pueda realizar una

transmisión. Esta característica, y varias características de confiabilidad, hacen que las redes Token Ring sean ideales para las aplicaciones en las que cualquier demora deba ser predecible y en las que el funcionamiento sólido de la red sea importante.

### **Sistema de prioridad**

Las redes Token Ring usan un sistema de prioridad sofisticado que permite que determinadas estaciones de alta prioridad designadas por el usuario usen la red con mayor frecuencia. Las tramas Token Ring tienen dos campos que controlan la prioridad: el campo de prioridad y el campo de reserva.

Sólo las estaciones cuya prioridad es igual o superior al valor de prioridad que posee el token pueden tomar ese token. Una vez que se ha tomado el token y éste se ha convertido en una trama de información, sólo las estaciones cuyo valor de prioridad es superior al de la estación transmisora pueden reservar el token para el siguiente paso en la red. El siguiente token generado incluye la mayor prioridad de la estación que realiza la reserva. Las estaciones que elevan el nivel de prioridad de un token deben restablecer la prioridad anterior una vez que se ha completado la transmisión.

### **Mecanismos de control**

Las redes Token Ring usan varios mecanismos para detectar y compensar las fallas de la red. Uno de los mecanismos consiste en seleccionar una estación de la red Token Ring como el monitor activo. Esta estación actúa como una fuente centralizada de información de temporización para otras estaciones del anillo y ejecuta varias funciones de mantenimiento del anillo. Potencialmente cualquier estación de la red puede ser la estación de monitor activo.

Una de las funciones de esta estación es la de eliminar del anillo las tramas que circulan continuamente. Cuando un dispositivo transmisor falla, su trama puede seguir circulando en el anillo e impedir que otras estaciones transmitan sus propias tramas; esto puede bloquear la red. El monitor activo puede detectar estas tramas, eliminarlas del anillo y generar un nuevo token.

La topología en estrella de la red Token Ring de IBM también contribuye a la confiabilidad general de la red. Las MSAU (unidades de acceso de estación múltiple) activas pueden ver toda la información de una red Token Ring, lo que les permite verificar si existen problemas y, de ser necesario, eliminar estaciones del anillo de forma selectiva.

### **Beaconing**

Una de las fórmulas Token Ring, detecta e intenta reparar los fallos de la red. Cuando una estación detecta la existencia de un problema grave en la red (por ejemplo, un cable roto), envía una trama de beacon. La trama de beacon define un dominio de error. Un dominio de error incluye la estación que informa acerca del error, su vecino corriente arriba activo más cercano (NAUN) y todo lo que se encuentra entre ellos.

Entonces el beaconing inicia un proceso denominado autoreconfiguración, en el que los nodos situados dentro del dominio de error automáticamente ejecutan diagnósticos. Este es un intento de reconfigurar la red alrededor de las áreas en las que hay errores. Físicamente, las MSAU pueden lograrlo a través de la reconfiguración eléctrica.

## **Tokens**

Los tokens tienen una longitud de 3 bytes y están formados por un delimitador de inicio, un byte de control de acceso y un delimitador de fin.

- El delimitador de inicio alerta a cada estación ante la llegada de un token o de una trama de datos/comandos. Este campo también incluye señales que distinguen al byte del resto de la trama al violar el esquema de codificación que se usa en otras partes de la trama.
- El byte de control de acceso contiene los campos de prioridad y de reserva, así como un bit de token y uno de monitor. El bit de token distingue un token de una trama de datos/comandos y un bit de monitor determina si una trama gira continuamente alrededor del anillo.
- El delimitador de fin señala el fin del token o de una trama de datos/comandos. Contiene bits que indican si hay una trama defectuosa y una trama que es la última de una secuencia lógica.

El tamaño de las tramas de datos/comandos varía según el tamaño del campo de información. Las tramas de datos transportan información para los protocolos de capa superior, mientras que las tramas de comandos contienen información de control y no poseen datos para los protocolos de capa superior.

En las tramas de datos o instrucciones hay un byte de control de trama a continuación del byte de control de acceso. El byte de control de trama indica si la trama contiene datos o información de control. En las tramas de control, este byte especifica el tipo de información de control.

A continuación del byte de control de trama hay dos campos de dirección que identifican las estaciones destino y origen. Como en el caso de IEEE 802.5, la

longitud de las direcciones es de 6 bytes. El campo de datos está ubicado a continuación del campo de dirección. La longitud de este campo está limitada por el token de anillo que mantiene el tiempo, definiendo de este modo el tiempo máximo durante el cual una estación puede retener al token. A continuación del campo de datos se ubica el campo de secuencia de verificación de trama (FCS). La estación origen completa este campo con un valor calculado según el contenido de la trama.

La estación destino vuelve a calcular el valor para determinar si la trama se ha dañado mientras estaba en tránsito. Si la trama está dañada se descarta. Como en el caso del token, el delimitador de fin completa la trama de datos/comandos.

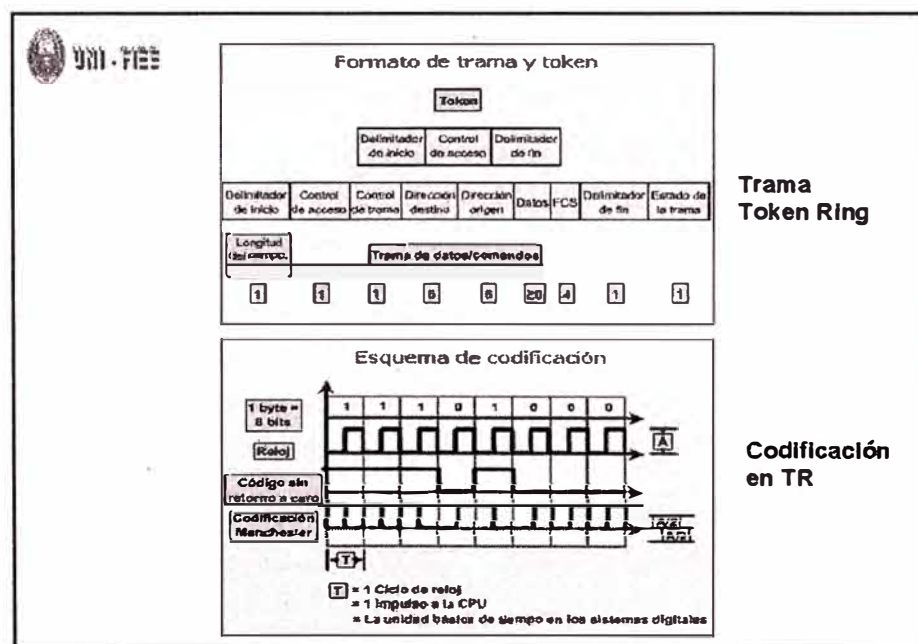


Fig. 2.8 Trama, Token y Codificación TR

### Señales en Token Ring

La codificación de señales constituye un método de juntar la información de reloj y de datos en una sola corriente de señales que se transmite a través del medio.



La codificación de Manchester combina datos y reloj en símbolos de bit, que se dividen en dos mitades, con la polaridad de la segunda mitad siempre inversa a la de la primera mitad. Recuerde que con la codificación Manchester, el 0 se codifica como una transición baja-alta, mientras que el 1 se codifica como una transición alta-baja. Como tanto los 0 como los 1 producen una transición de señal, el reloj puede, en efecto, recuperarse en el receptor.

Las redes Token Ring de 4/16 Mbps emplean la codificación Manchester diferencial (una variante de la codificación Manchester). Token-Ring usa el método de codificación Manchester diferencial para codificar la información de reloj y de bits de datos en símbolos de bit. Un bit "1" se representa por la ausencia de un cambio de polaridad al principio del tiempo del bit, y un bit "0" se representa por un cambio de polaridad al principio del tiempo del bit.

### Conexiones en Token Ring

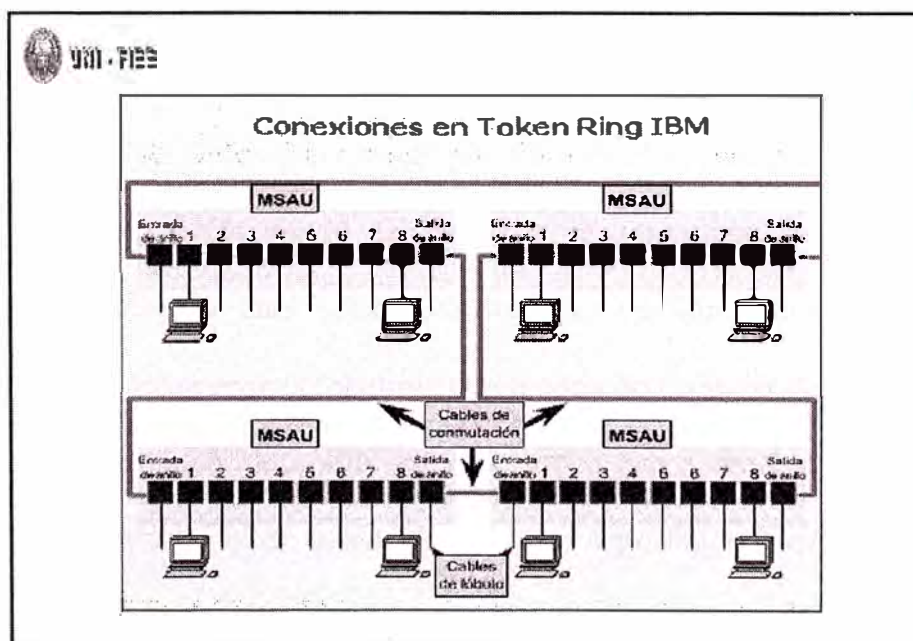


Fig. 2.9 Conectividad en TR

Las estaciones de red Token Ring de IBM (que a menudo usan STP y UTP como medios) están conectadas directamente a las MSAU y se pueden conectar entre sí por medio de cables para formar un anillo grande.

Los cables de conexión permiten la unión de MSAU con otras MSAU adyacentes a ellas.

Los cables lobulares conectan las MSAU con las estaciones. Las MSAU incluyen relays bypass para eliminar estaciones del anillo, esto permite cerrar el anillo que dejaría abierto una estación no operativa.

### **2.3.3 Otras Tecnologías**

#### **2.3.3.1 Redes FDDI**

A mediados de los años ochenta, las estaciones de trabajo de alta velocidad para uso en ingeniería habían llevado las capacidades de las tecnologías Ethernet y Token Ring existentes hasta el límite de sus posibilidades.

Para solucionar este problema, la comisión normalizadora ANSI X3T9.5 creó el estándar Interfaz de Datos Distribuida por fibra (FDDI). Después de completar las especificaciones, el ANSI envió la FDDI a la Organización Internacional de Normalización (ISO), la cual creó entonces una versión internacional de dicha interfaz que es absolutamente compatible con la versión estándar del ANSI.

FDDI es una LAN de anillo doble de token que corre con una velocidad de 100 Mbps sobre distancias de hasta 200 metros, soportando hasta 1000 estaciones conectadas, y su uso más normal es como una tecnología de backbone para conectar entre sí LANs de cobre o computadoras de alta velocidad en una LAN, es clásico ver

éste tipo de redes en entidades que tienen sistemas IBM tales como los Bancos, entidades de Seguros, etc.

El tráfico de cada anillo viaja en direcciones opuestas. Físicamente, los anillos están compuestos por dos o más conexiones punto a punto entre estaciones adyacentes.

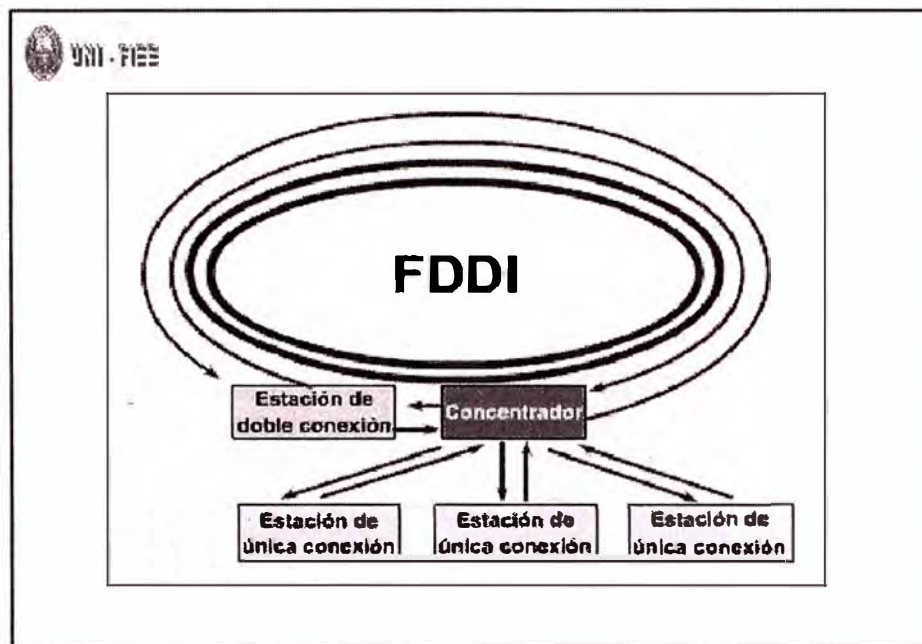


Fig. 2.10 Red FDDI

Los dos anillos de la FDDI se conocen con el nombre de primario y secundario. El anillo primario se usa para la transmisión de datos, mientras que el anillo secundario se usa generalmente como respaldo.

Las estaciones Clase B, o estaciones de una conexión (SAS), se conectan a un anillo, mientras que las de Clase A, o estaciones de doble conexión (DAS), se conectan a ambos anillos.

Las SAS se conectan al anillo primario a través de un concentrador que suministra conexiones para varias SAS. El concentrador garantiza que si se produce

una falla o interrupción en el suministro de alimentación en algún SAS determinado, el anillo no se interrumpa. Esto es particularmente útil cuando se conectan al anillo PC o dispositivos similares que se encienden y se apagan con frecuencia.

### Estándares FDDI

La tecnología FDDI tiene cuatro especificaciones (ver figura 2.11):

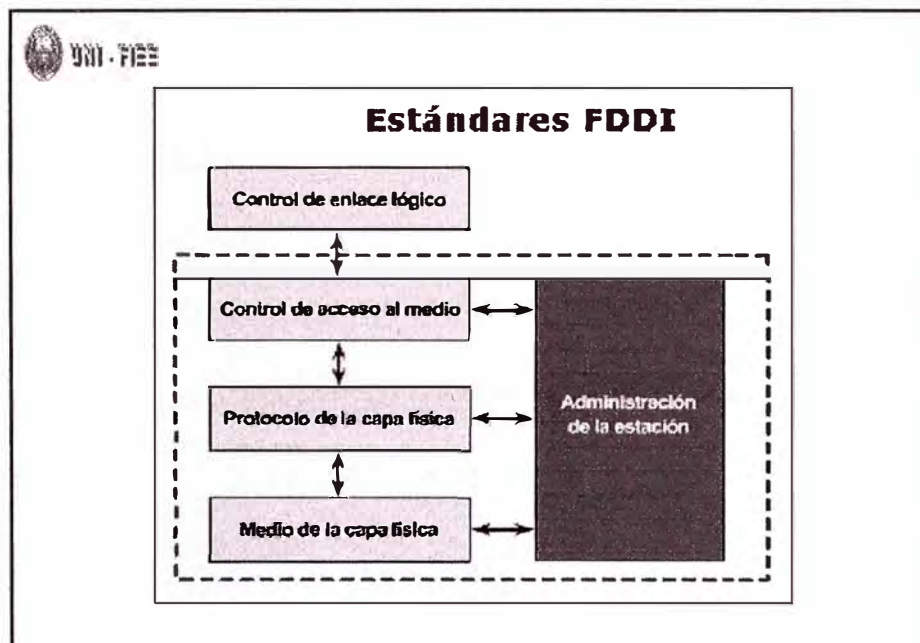


Fig. 2.11 Especificaciones FDDI

- Control de acceso al medio (MAC): Define la forma en que se accede al medio, incluyendo:

Formato de trama.

Tratamiento del token.

Direccionamiento.

Algoritmo para calcular una verificación por redundancia cíclica.

Mecanismos de recuperación de errores.

- Protocolo de capa física (PHY): Define los procedimientos de codificación o decodificación, incluyendo:

Requisitos de reloj.

Entramado.

- Medio de capa física (PMD): Define las características del medio de transmisión, incluyendo:

Enlace de fibra óptica.

Niveles de energía.

Tasas de error en bits.

Componentes ópticos.

- Administración de estaciones(SMT): Define la configuración de la estación FDDI, incluyendo:

Configuración del anillo.

Características de control del anillo.

Inserción y eliminación de una estación.

Inicialización.

Aislamiento y recuperación de fallas.

Programación.

Recopilación de estadísticas.

### **Formato de la trama FDDI**

Las tramas en la tecnología FDDI poseen una estructura particular. Cada trama se compone de los siguientes campos (ver figura 2.12):

- *Preámbulo*: Prepara cada estación para recibir la trama entrante.

- *Delimitador de inicio*: Indica el comienzo de una trama, y está formado por patrones de señalización que lo distinguen del resto de la trama.
- *Control de trama*: Indica el tamaño de los campos de dirección, si la trama contiene datos asíncronos o síncronos y otra información de control.
- *Dirección destino*: Contiene una dirección unicast (singular), multicast (grupal) o broadcast (cada estación); las direcciones destino tienen 6 bytes (por ejemplo, Ethernet y Token Ring).
- *Dirección origen*: Identifica la estación individual que envió la trama. Las direcciones origen tienen 6 bytes (como Ethernet y Token Ring).
- *Datos*: Información de control, o información destinada a un protocolo de capa superior.
- *Secuencia de verificación de trama (FCS)*: La estación origen la completa con una verificación por redundancia cíclica (CRC) calculada, cuyo valor depende del contenido de la trama (como en el caso de Token Ring y Ethernet). La estación destino vuelve a calcular el valor para determinar si la trama se ha dañado durante el tránsito. La trama se descarta si está dañada.
- *Delimitador de fin*: Contiene símbolos que no son datos que indican el fin de la trama.
- *Estado de la trama*: Permite que la estación origen determine si se ha producido un error y si la estación receptora reconoció y copió la trama.

### **MAC de FDDI**

FDDI utiliza una estrategia de transmisión de tokens similar a la de Token Ring. Las redes de transmisión de tokens transportan una pequeña trama, denominada token, a través de la red. La posesión del token otorga el derecho de transmitir datos.

Si un nodo que recibe un token no tiene información para enviar, transfiere el token a la siguiente estación terminal. Cada estación puede mantener al token durante un período de tiempo máximo determinado, según la tecnología específica que se haya implementado.

Cuando una estación que retiene el token tiene información para transmitir, toma el token y modifica uno de sus bits. El token se transforma en una secuencia de inicio de trama. A continuación, la estación agrega la información para transmitir al token y envía estos datos a la siguiente estación del anillo.

No hay ningún token en la red mientras la trama de información gira alrededor del anillo, a menos que el anillo soporte el envío anticipado del token. Las demás estaciones del anillo deben esperar a que el token esté disponible. No se producen colisiones en las redes FDDI. Si se soporta el envío anticipado del token, se puede emitir un nuevo token cuando se haya completado la transmisión de la trama.

La FDDI acepta la asignación en tiempo real del ancho de banda de la red, lo que la hace ideal para varios tipos de aplicación. La FDDI proporciona esta ayuda mediante la definición de dos tipos de tráfico: síncrono y asíncrono.

*- Tráfico Síncrono:*

El tráfico síncrono puede consumir una porción del ancho de banda total de 100 Mbps de una red FDDI, mientras que el tráfico asíncrono puede consumir el resto. El ancho de banda síncrono se asigna a las estaciones que requieren una capacidad de transmisión continua. Esto resulta útil para transmitir información de voz y vídeo. El ancho de banda restante se utiliza para las transmisiones asíncronas.

La especificación SMT de FDDI define un esquema de subasta distribuida para asignar el ancho de banda de FDDI.

### - Tráfico Asíncrono:

El ancho de banda asíncrono se asigna utilizando un esquema de prioridad de ocho niveles. A cada estación se asigna un nivel de prioridad asíncrono.

FDDI también permite diálogos extendidos, en los cuales las estaciones pueden usar temporalmente todo el ancho de banda asíncrono.

El mecanismo de prioridad de la FDDI puede bloquear las estaciones que no pueden usar el ancho de banda síncrono y que tienen una prioridad asíncrona demasiado baja.

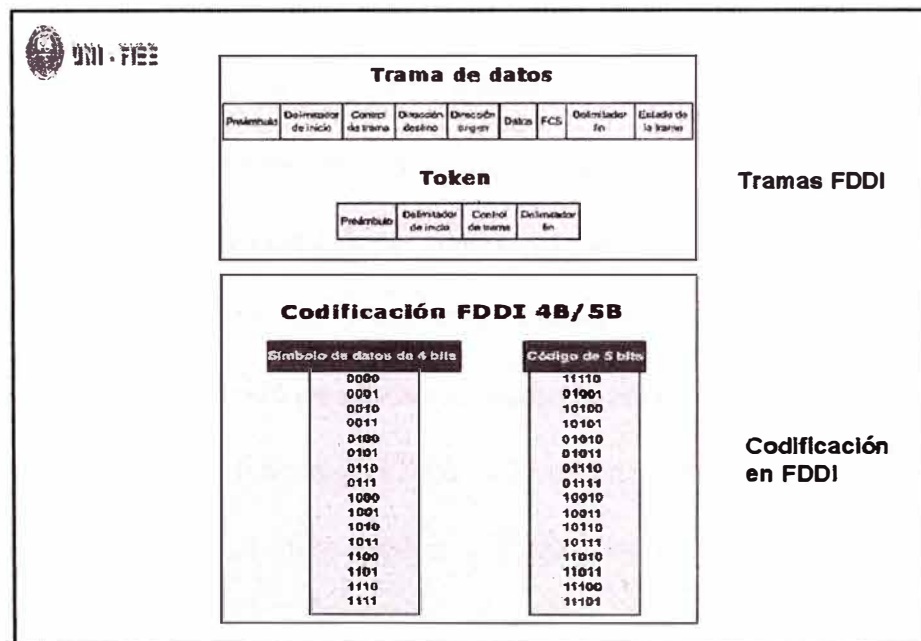


Fig. 2.12 Trama y Codificación FDDI

### Señales en FDDI

FDDI no usa el sistema de codificación de Manchester, si no que implementa un esquema de codificación denominado esquema 4B/5B, en el que se usan 5 bits para codificar 4. Por lo tanto, dieciséis combinaciones son datos, mientras que las otras son para control (ver figura 2.12).



Debido a la longitud potencial del anillo, una estación puede generar un nuevo marco inmediatamente después de transmitir otro, en vez de esperar su vuelta, por lo que puede darse el caso de que en el anillo haya varios marcos a la vez.

Las fuentes de señales de los transceptores de la FDDI son LEDs (diodos electroluminiscentes) o láser. Los primeros se suelen usar para tendidos entre máquinas, mientras que los segundos se usan para tendidos primarios de backbone.

### **Medios de la FDDI**

FDDI especifica una LAN de dos anillos de 100 Mbps con transmisión de tokens, que usa un medio de transmisión de fibra óptica. Define la capa física y la porción de acceso al medio de la capa de enlace, que es semejante al IEEE 802.3 y al IEEE 802.5 en cuanto a su relación con el modelo OSI.

Aunque funciona a velocidades más altas, la FDDI es similar al Token Ring. Ambas configuraciones de red comparten ciertas características, tales como su topología (anillo) y su método de acceso al medio (transferencia de tokens).

Una de las características de FDDI es el uso de la fibra óptica como medio de transmisión. La fibra óptica ofrece varias ventajas con respecto al cableado de cobre tradicional, por ejemplo:

- *Seguridad*: La fibra no emite señales eléctricas que se pueden interceptar.
- *Confiabilidad*: La fibra es inmune a la interferencia eléctrica.
- *Velocidad*: La fibra óptica tiene un potencial de rendimiento mucho mayor que el del cable de cobre.

FDDI define las siguientes dos clases de fibra: monomodo (también denominado modo único); y multimodo. Los modos se pueden representar como haces de rayos luminosos que entran a la fibra a un ángulo particular.

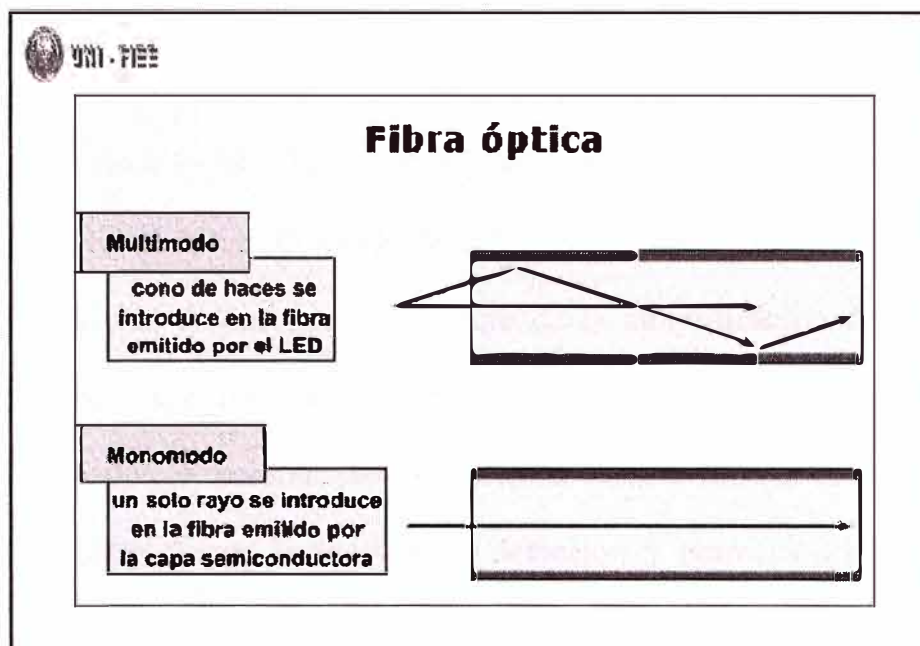


Fig. 2.13 Clasificación de F.O. según el método de Transmisión

## 2.4 Tecnologías WAN

Las tecnologías WAN existentes nuevas y antiguas son tan diversas que describirlas harían extenso este capítulo y al mismo tiempo saldrían del tema de interés de éste documento, sin embargo existen dos tecnologías WAN que creo se deben mencionar y describirse en ésta parte para poder comprender la aplicación desarrollada en el capítulo IV, donde se pone en práctica éstos conocimientos de redes. Nos referimos a las tecnologías WAN Frame Relay e ISDN.

### 2.4.1 Frame Relay

Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida de tramas, basada en estándares internacionales, que puede utilizarse como un protocolo de transporte y como un protocolo de acceso en redes públicas o privadas proporcionando servicios

de comunicaciones. Frame Relay tiene su aparición en los 90 producto de una mejora y aparición de nuevos medios de transporte siendo compatible con su antecesor X.25 por ello puede decirse que Frame Relay es una versión aligerada de X.25 que aumenta la velocidad de transferencia de datos basado en protocolos de conmutación de paquetes a través de una red, por medio de la simplificación de las funciones realizadas por las PC's o equipos terminales de datos (DTE) o estaciones de los usuarios y los nodos de conmutación o switches durante la fase de transferencia de datos. Frame Relay delega la función de detección y corrección de errores a los niveles superiores que corren sobre los quipos terminales conectados detrás puesto que opera a través de instalaciones WAN que ofrecen servicios de conexión más confiables que los ofrecidos por los años 70 e inicios de los 80 (apogeo del X.25). Entre las PC's o equipos terminales de datos (DTE) de los usuarios y los nodos de la red se transmiten únicamente tramas a nivel enlace de datos.

A continuación se muestra algunas de las características saltantes del Frame Relay:

Alta velocidad y bajo retardo

Soporte eficiente para tráfico a ráfagas

Flexibilidad

Eficiencia

Buena relación coste-prestaciones

Transporte integrado de distintos protocolos de voz y datos

Conectividad "todos con todos"

Simplicidad en la gestión

Interfaces estándares

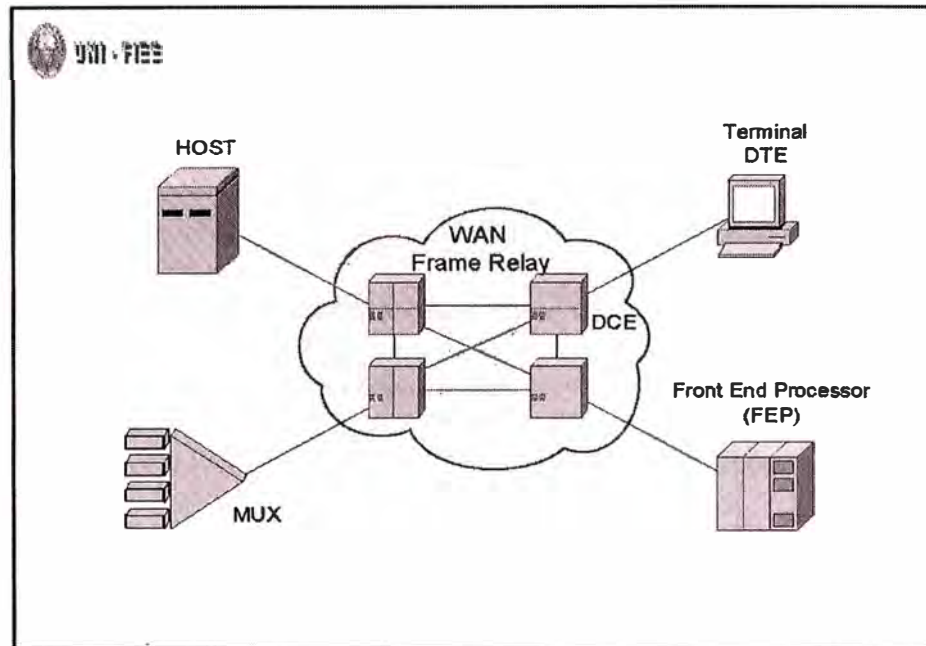


Fig. 2.14 Red WAN Frame Relay

El transporte del Frame Relay está basado solamente en los dos primeros niveles de la capa OSI: Nivel Físico y Nivel de Enlace. Los otros tipos de operaciones tales como los protocolos, aplicaciones y servicios correspondientes a las capas superiores son transparentes a la red Frame Relay.

Frame Relay permite compartir varias conexiones virtuales a través de una misma interfase física con lo cual es posible conectar múltiples localidades remotas entre sí, sin necesidad de equipo adicional ni costosos enlaces dedicados punto a punto. Solamente es necesaria una conexión física entre cada localidad remota y la Red Frame Relay. Para que ello sea posible Frame Relay implementa el denominado Circuito Virtual.

**Circuito Virtual:** Un circuitos virtual es una conexión lógica entre dos Equipos Terminales de Datos (DTE) a través de la Red de Conmutación de Paquetes.

A propósito de los términos en Frame Relay los dispositivos que se interconectan caen dentro de dos categorías:

*DTE (Equipos Terminales de Datos)*: Son dispositivos que por lo general en el lado del usuario tales como terminales, PC's, Ruteadores, Bridges, etc.

*DTE (Equipos de Comunicaciones de Datos)*: Son dispositivos que por lo general se ubican en el lado del proveedor del servicio, ejem. Switches Frame Relay.

En un esquema de red privada Frame Relay se mantienen éstos conceptos por ello en implementaciones privadas de Frame Relay uno de los lados de la conexión debe emular la red.

Los circuitos virtuales en Frame Relay pueden ser de dos tipos: Circuitos Virtuales Conmutados (SVC) y Circuitos Virtuales Permanentes (PVC).

**Circuitos Virtuales Conmutados (SVC)**: Son conexiones del tipo temporales es decir que se establecerá solamente cuando dos dispositivos DTE de la red desean comunicarse. Se recomienda su uso cuando se transmite tráfico entre los DTE de manera esporádica. Hágase la analogía con el acceso a Internet empleando una conexión por módem.

**Circuitos Virtuales Permanentes (PVC)**: Son conexiones del tipo permanentes que se encuentran establecidos en todo momento entre dos dispositivos DTE de la red. Se recomienda su uso cuando se transmita de manera constante tráfico entre los DTE. Hágase la analogía con el acceso a Internet empleando una línea ADSL.

#### **Identificador de conexión del enlace de datos (DLCI)**

Como se mencionó antes una interfase puede contener mas de un camino lógico o circuito virtual, para enviar cierto tráfico por uno o por otro circuito virtual

es necesario tener una identificarlos de ellos.

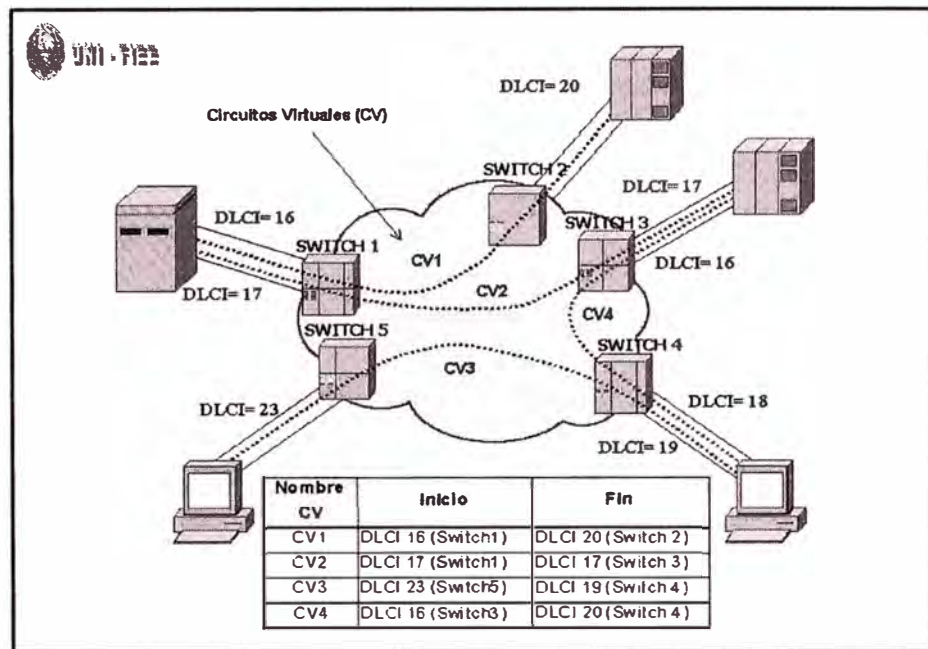


Fig. 2.15 Identificadores de conexión del enlace de datos (DLCI)

El DLCI sirve para identificar los circuitos virtuales y tienen un significado local, es decir que sus valores no son únicos en la WAN Frame Relay, pero si en un enlace directo DTE-DCE donde no es posible repetir el DLCI. La figura 2.15 aclara el concepto del DLCI.

#### 2.4.1.1 Mecanismos de control para evitar la saturación

Frame Relay puede evitar la congestión de la red mediante algunos mecanismos de notificación de saturación por cada circuito virtual. Los mecanismos de notificación que implementa son:

- *FECN (Notificación de la saturación explícita hacia delante)*: En la cabecera de la trama Frame Relay hay un campo de un bit denominado FECN. Este mecanismo inicia en el momento que un dispositivo DTE envía tramas a la red. Si la red está saturada, los dispositivos DCE (switches) fijan el valor del FECN de las tramas en 1.

Cuando las tramas llegan al dispositivo DTE de destino, el FECN en 1 indica que la trama se saturó en su trayectoria del origen al destino. El dispositivo DTE puede enviar ésta información a un protocolo de las capas superiores para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede iniciarse o bien la indicación se puede ignorar.

- *BECN (Notificación de la saturación explícita hacia atrás)*: Al igual que el FECN el BECN es 1 bit que forma parte de la cabecera de la trama Frame Relay. Los dispositivos del DCE fijan el valor del bit BECN en 1 en las tramas que viajan en sentido opuesto a las tramas con bit FECN igual a 1. Esto permite al dispositivo DTE receptor saber que una trayectoria específica en la red está saturada. Posteriormente, el dispositivo DTE envía ésta información a un protocolo de las capas superiores para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede iniciarse o bien la indicación se puede ignorar.

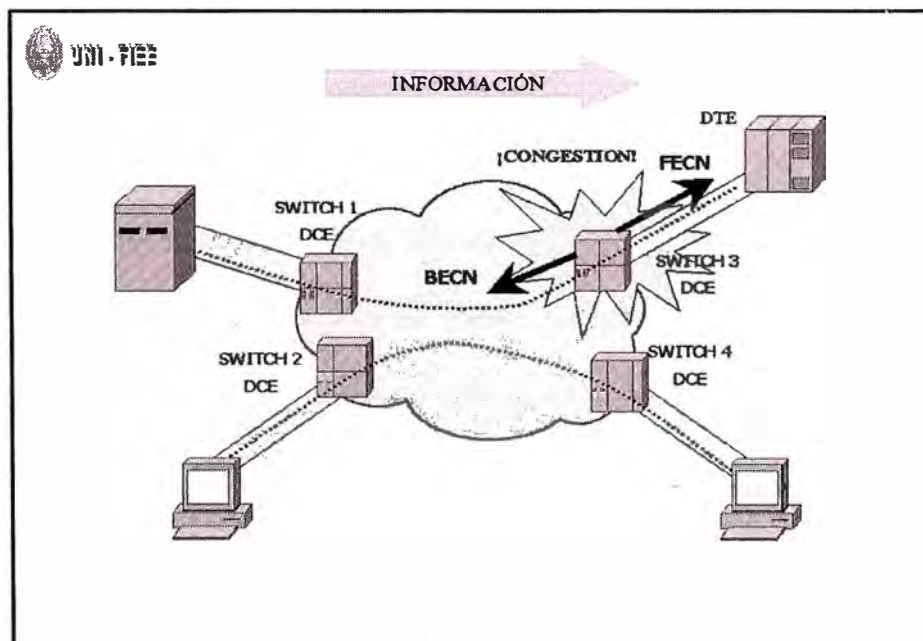


Fig. 2.16 Parámetros de control para evitar la congestión

- *Bit DE (Elegibilidad para el Descarte)*: Permite asignar un nivel de importancia a las tramas, también su longitud es de 1 bit y forma parte del encabezado de la trama Frame Relay.

Este bit será puesto a 1 por los DTE para indicar que se trata de tramas de menor importancia, de ésta manera si en la red se hace presente la congestión los dispositivos DCE empezaran por descartar a las tramas con DE igual a 1.

- *Verificación de errores en Frame Relay*: El mecanismo que Frame Relay utiliza en ésta parte es el bien conocido CRC (Verificación de Redundancia Cíclica).

### **Interfase de Administración Local (LMI)**

Es un protocolo de administración de interfase local para interredes complejas desarrollado en 1990 por un consorcio de vendedores de equipos Frame Relay. Gracias a las extensiones LMI puede darse un significado global a los DLCI, monitorear los mensajes del estado de los circuitos virtuales y la multidifusión. En la actualidad existen variaciones de LMI las cuales se conocen como Anexo D (ANSI) y Anexo A (Q.933 A).

#### **2.4.1.2 Formatos de la trama Frame Relay**

El formato de la trama Frame Relay se muestra en la figura 2.17 donde podemos apreciar también la versión de LMI de la misma

Para la trama Frame Relay tenemos:

- *Indicadores*: Delimitan el inicio y fin de la trama, su valor fijo es 01111110 (7E).
- *Direcciones*: Contiene la siguiente información (ver figura 2.18):

*DLCI*: Un campo de 10, 17 o 24 bits. Como ya explicamos permite identificar el circuito virtual.



*E/A (Dirección Extendida)*: La EA se utiliza para indicar si el byte cuyo valor es EA es 1, es el último campo de direccionamiento. Si el valor es 1, entonces se determina que este byte sea el último octeto DLCI (ver figura 2.18).

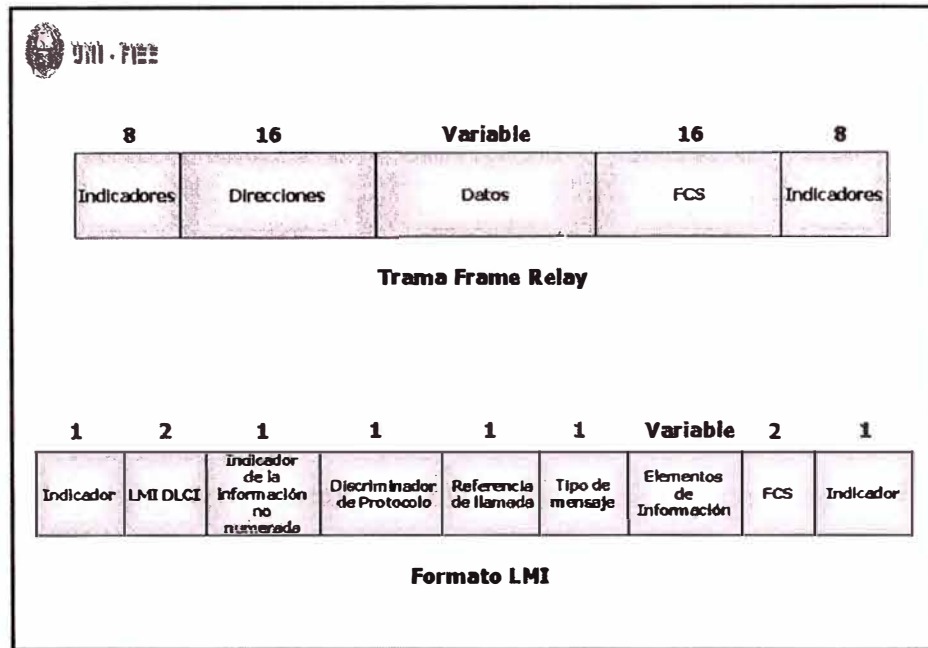


Fig. 2.17 Formatos de la Trama Frame Relay y LMI

Aunque todas las implementaciones actuales de Frame Relay utilizan un DLCI de dos octetos, ésta característica permitirá que en el futuro se utilicen DLCIs más largos. El octavo bit de cada byte del campo Direcciones se utiliza para indicar el EA.

*C/R*: El C/R es el bit que sigue después del byte DLCI más significativo en el campo de Direcciones. Este bit no está definido hasta el momento.

*Control de saturación*: Consta de 3 bits que controlan los mecanismos de notificación de saturación de la red. Estos son los bits FECN, BECN y DE.

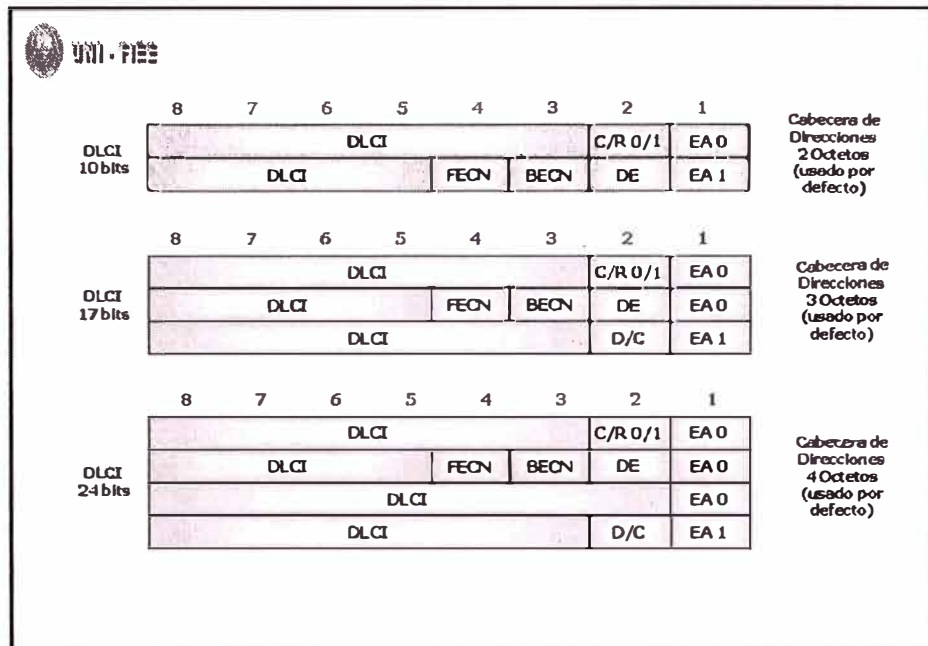


Fig. 2.18 Formatos de la cabecera de Direcciones

- *Datos*: Su longitud es variable y puede contener hasta 16,000 bytes. Aquí viaja la información encapsulada de los niveles superiores. Este campo sirve para transportar el PDU (Paquete de Protocolos de las Capas Superiores) a través de una red Frame Relay.

- *Secuencia de Verificación de Tramas (FCS)*: Este campo asegura la integridad de los datos transmitidos. Este valor es calculado por el dispositivo origen y verificado por el receptor.

Para la trama LMI tenemos:

- *Indicador*: Delimita el comienzo y el final de la trama.

- *LMI DLCI*: Identifica la trama como una trama LMI en vez de una trama básica Frame Relay. El valor DLCI específico del LMI definido por la especificación del consorcio LMI es  $DLCI = 1023$ .

- *Indicador de la información no numerada*: Fija el bit sondeo/final en cero.
- *Discriminador de protocolos*: Siempre contiene un valor que indica que es una trama LMI.
- *Referencia de llamada*: Siempre contiene ceros. En la actualidad este campo no se usa ni tiene ningún propósito.
- *Tipo de mensaje*: Etiqueta la trama como uno de los siguientes tipos de mensajes:
  - Mensaje de solicitud de status*: Permite que un dispositivo de usuario solicite el status de la red.
  - Mensaje de status*: Responde a los mensajes de solicitud de status. Los mensajes de status incluyen mensajes de sobrevivencia y de status del PVC.
- *Elementos de información*: Contiene una cantidad variable de IEs (Elementos individuales de Información). Los IE constan de los campos siguientes:
  - Identificador IE*: Identifica de manera única el IE.
  - Longitud del IE*: Indica la longitud del IE.
  - Datos*: Constan de uno o más bytes que contienen datos encapsulados de las capas superiores.
- *FCS (Secuencia de la Verificación de Tramas)*: Asegura la integridad de los datos transmitidos.

#### **2.4.2 Red Digital de Servicios Integrados (ISDN)**

ISDN son las siglas en inglés de la "Red Digital de Servicios Integrados". La RDSI (o ISDN) es un protocolo estándar de red de comunicaciones, que contempla tanto las comunicaciones de voz, como las de datos, transmitiendo ambas en formato digital, y a distintas velocidades, según el tipo de línea RDSI, todas ellas más rápidas

y seguras que la línea analógica convencional de teléfono PSTN o RTB (Red Telefónica Básica) corriendo sobre el mismo medio. La evolución de ISDN representa un esfuerzo para estandarizar los servicios de suscriptor, interfases de usuario/red y posibilidades de red e interredes. Dentro de las aplicaciones de ISDN están las imágenes a alta velocidad (como el envío de Fax Grupo IV digital), el mismo servicio de voz, videoconferencia entre otros.

Hay equipos ISDN en el mercado para todas las necesidades, equipos para el hogar en los cuales se conecta un sólo micro y el teléfono, equipos para la pequeña oficina (SOHO), donde se utiliza una misma conexión ISDN para comunicar varios estaciones de trabajo a una red remota, hasta llegar a equipos que soportan gran cantidad de tráfico y numerosos esquemas de enrutamiento orientados a las grandes corporaciones.

#### **2.4.2.1 Componentes del ISDN**

Los componentes de ISDN caen en una de las tres categorías siguientes:

**Equipos Terminales:** La especificación ISDN determina dos tipos de terminales básicos:

- *Equipo Terminal tipo 1 (TE1):* Se les conoce así a los terminales ISDN especializadas, como por ejemplo un teléfono ISDN, un sistema de videoconferencia ISDN. Para conectarse a la red emplean un enlace digital de par trenzado de cuatro hilos.
- *Equipo Terminal tipo 2 (TE2):* Se les conoce así a los terminales no ISDN como los DTE que aparecieron antes los estándares ISDN. Estos se conectan al ISDN mediante el empleo de un Adaptador de Terminal (TA), el cual puede ser un stand alone o una tarjeta incorporada en el TE2.

**Dispositivos de Terminación de red:** ISDN especifica un tipo de equipo intermedio llamado Terminador de Red (NT). Estos conectan el cableado de cuatro hilos de usuario con el lazo convencional (local loop) de dos hilos. Existen tres tipos de NT soportados:

- *NT tipo 1 (NT1):* En Norte América un NT1 es un dispositivo del CPE (Customer Premise Equipment, equipo ubicado en las instalaciones del cliente) siendo en todas partes de responsabilidad del proveedor del servicio.
- *NT tipo 2 (NT2):* Un NT2 se encuentra típicamente en una PABX (central telefónica privada) que desempeña las funciones de los protocolos de los niveles 2 y 3 y ofrece los servicios de concentración.
- *NT tipo 1/2 (NT1/2):* Un NT1/2 puede ser un solo dispositivo que combina las funciones combinadas de un NT1 y un NT2.

**Puntos de Referencia:** ISDN especifica una gran cantidad de puntos de referencia que definen las interfases lógicas que conectan los agrupamientos funcionales, tales como los TAs y los NT1. En ISDN se definen cuatro puntos de referencia:

- *Punto de referencia R:* El punto de referencia entre el equipo que no es ISDN un TA.
- *Punto de referencia S:* El punto de referencia entre las terminales de usuario y el NT2.
- *Punto de referencia T:* El punto de referencia entre los dispositivos NT1 y NT2.
- *Punto de referencia U:* El punto de referencia entre los dispositivos NT1 y el equipo de terminación de línea en la red del proveedor.

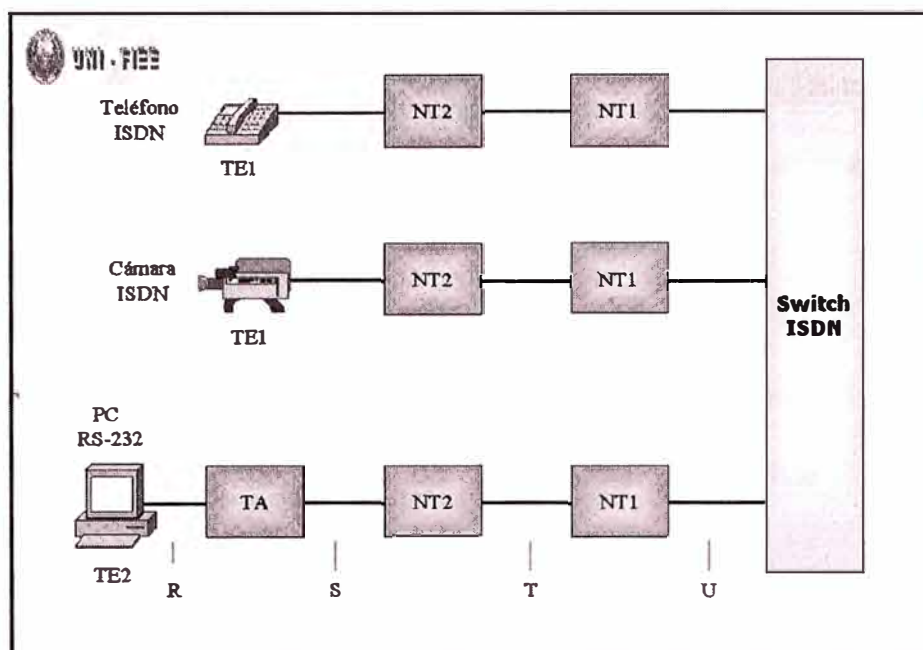


Fig. 2.19 Puntos de referencia ISDN

#### 2.4.2.2 Servicios en ISDN

**Interfase a Tasa Básica (BRI, Basic Rate Interfase):** El servicio BRI de ISDN presenta dos (02) canales B de 64Kbps usados para voz o datos y un canal D de 16Kbps usado para llevar la señalización y control pudiendo soportar transmisiones de datos a baja velocidad en determinadas circunstancias. El segundo canal se puede usar para realizar una segunda conexión o para agregarse al primer canal. Esto permite a los usuarios realizar conexiones a Internet de toda una LAN y emplear el otro canal para voz, cuando el segundo canal no es necesitado éste se puede emplear para aumentar el ancho de banda para los datos.

Las interfases BRI a menudo son usadas como soluciones de discado en demanda (dial-on-demand), es decir como enlaces WAN que existen solo cuando hay tráfico para transmitir. Otras aplicaciones también lo emplean para conformar rutas de contingencia por si un enlace principal permanente de repente cae.

Las interfases BRI también ofrece el control de entramado, entre otras características, lo que permite que la tasa total sea de 192Kbps. La especificación de la capa física de BRI es la I.430 de la ITU-T otrora CCITT. Las líneas ISDN tienen asignación numérica tal como las líneas análogas.

**Interfase a Tasa Primaria (PRI, Primary Rate Interfase):** El servicio PRI ofrece 23 canales B de 64Kbps (30 canales B en Europa) y un canal D de 64Kbps para un total de ancho de banda de 1,544Mbps en Estados Unidos y Japón (2,048Mbps en Europa).

### **Canales H**

Los canales H, proporcionan una manera de agregar canales B. Son implementados del siguiente modo: H0 = 384 Kbps. (6 canales B) H10 = 1,472 Kbps (23 canales B) H11 = 1,536 Kbps (24 canales B) H12 = 1,920 Kbps (30 canales B) Para tener acceso a un servicio BRI es necesario contratar una línea telefónica RDSI. Los usuarios también necesitarán un equipo especial terminal para poder habilitar la comunicación con la compañía telefónica o con otros terminales ISDN.

Como ya se ha dicho, ISDN está formada por canales de comunicación digital a 64 Kbps, pero para las comunicaciones se necesita algo mas, ya que es necesario controlar la comunicación. Es necesario poder llamar y colgar. Para estas funciones de control se utiliza un canal aparte, el canal de señalización; mediante este canal, con un protocolo de mensajes, se inician y terminan las llamadas y se realizan todas las funciones típicas disponibles en las líneas telefónicas modernas (y que las líneas RDSI conservan), funciones como retención de llamada, conferencia a tres, redirección de llamada, etc.

## **CAPÍTULO III CONCEPTOS DE RUTEO**

### **3.1 Conceptos generales**

El ruteo es el acto de transferir información a través de una red desde un origen hasta un destino. A lo largo del camino, en general, se encuentra cuando menos un nodo intermedio. A veces el ruteo se compara con el puenteo, y al observador común le podría parecer que cumple exactamente con la misma misión. La principal diferencia entre las dos es que el puenteo se presenta en la Capa 2 (la capa de enlace de datos) del modelo de referencia OSI, en tanto que el ruteo se presenta en la Capa 3 (la capa de red). Esta diferencia significa que las funciones de ruteo y puenteo tendrán información diferente para utilizar durante el proceso de transferencia de información desde el origen hasta el destino; ambas funciones cumplen sus tareas en forma diferente.

El tema del ruteo ha sido punto de estudio en la literatura de las ciencias de la computación por más de dos décadas, pero comercialmente, su popularidad se difundió hasta mediados de los años 80. La razón principal de este retraso es que en los años 70 las redes eran entornos muy simples y homogéneos. Por ello, la interconectividad de redes a gran escala se ha generalizado hasta época muy recientes.



### **3.1.1 Componentes del ruteo**

La función de ruteo está formada por dos actividades básicas: la determinación de las trayectorias óptimas de ruteo y el transporte de grupos de información (llamados comúnmente paquetes) a través de una red. En el contexto de los procesos de ruteo, a esto último se le conoce como conmutación. Aunque la conmutación es relativamente directa, la determinación de la trayectoria puede ser demasiado compleja.

#### **Determinación de la Trayectoria**

Una métrica es un estándar de medición, por ejemplo la longitud de la trayectoria, que los algoritmos de ruteo utilizan para determinar la trayectoria óptima hacia un destino. Para facilitar el proceso de la determinación de la trayectoria, los algoritmos de ruteo inicializan y conservan tablas de ruteo, que contienen información acerca de toda las rutas. Esta información varía dependiendo del algoritmo de ruteo que se utilice.

Los algoritmos de ruteo alimentan las tablas de ruteo con una gran variedad de información. Las asociaciones de salto destino/próximo informan al ruteador que se puede llegar a un destino particular de manera óptimo enviando el paquete a un ruteador particular que represente el “próximo salto” en el camino a su destino final. Cuando un ruteador recibe un paquete entrante, verifica la dirección de destino e intenta asociar esta dirección con el siguiente salto.

Las tablas de ruteo también pueden contener otra información, como son los datos acerca de la conveniencia de una trayectoria.

Los Ruteadores comparan medidas para determinar las rutas óptimas y estas medidas difieren en función del diseño del algoritmo de ruteo que se utilice.

Los Ruteadores se comunican entre sí y conservan sus tablas de ruteo a través del envío de una gran variedad de mensajes. El mensaje de actualización de ruteo es uno de ellos, que en general está formado por una tabla completa de ruteo o una porción de la misma. Al analizar las actualizaciones del ruteo de todos los demás Ruteadores, un ruteador puede hacerse una idea detallada de la topología de la red. Un anuncio del estado del enlace, otro ejemplo de mensaje enviado entre Ruteadores, informa a los demás Ruteadores acerca del estado de los enlaces del emisor.

Los Ruteadores también pueden utilizar la información sobre los enlaces para hacerse una idea completa de la topología de la red, lo que les permite determinar las rutas óptimas hacia los destinos de la red.

### **La Conmutación**

Los algoritmos de conmutación son relativamente simples y, básicamente, los mismos para la mayoría de los protocolos de ruteo. En la mayoría de los casos, un host decide que se debe enviar un paquete a otro host. Cuando de alguna forma ha conseguido la dirección del ruteador, el host origen envía un paquete direccionado específicamente hacia una dirección física MAC (Capa de Control de Acceso a Medios) de un ruteador, esta vez con la dirección de protocolo (capa de red) del host destino.

Conforme examina la dirección del protocolo de destino del paquete, el ruteador determina si sabe o no cómo direccionar el paquete hacia el siguiente salto. Si el ruteador no sabe cómo direccionar el paquete, normalmente lo elimina. Mas si sabe cómo direccionar el paquete, cambia la dirección física de destino a la correspondiente del salto siguiente y transmite el paquete.

De hecho, el salto siguiente puede ser el último host destino. Si no es así, el salto siguiente suele ser otro ruteador que ejecuta el mismo proceso de decisión en cuanto a la conmutación. A medida que el paquete viaja a través de la red, su dirección física cambia, pero su dirección de protocolo se mantiene constante.

El análisis anterior describe la función de conmutación entre un origen y un sistema terminal de destino. ISO (Organización Internacional de Estándares) ha desarrollado una terminología jerárquica muy útil en la descripción de este proceso. De acuerdo con esta terminología, a los dispositivos de red que no tienen la capacidad de rutear paquetes entre subredes se les conoce como ESs (Sistemas Terminales), en tanto que a los dispositivos de red que tienen esta capacidad se les llama ISs (Sistemas Intermedios). Los ISs, a su vez, se dividen entre aquellos que se pueden comunicar dentro de dominios de ruteo (ISs de intradominio) y los que pueden comunicarse con y entre diferentes dominios de ruteo (ISs de interdominio).

En general, se considera que un dominio de ruteo es parte de una red que está bajo una autoridad administrativa común que está regulada por un conjunto particular de estatutos administrativos. A los dominios de ruteo también se les llama sistemas autónomos. Con determinados protocolos, los dominios de ruteo se pueden dividir en áreas de ruteo, pero los protocolos de ruteo de intradominio aún se utilizan para la función de conmutación dentro y entre áreas.

### **3.1.2 Algoritmos del ruteo**

Los algoritmos de ruteo se pueden diferenciar a partir de determinadas características fundamentales. Primero, los objetivos particulares del diseñador del algoritmo afectan la operación del protocolo de ruteo resultante. Segundo, hay

diferentes tipos de algoritmos de ruteo y cada uno de ellos tiene un impacto diferente en los recursos de la red y del ruteador. Por último, los algoritmos de ruteo utilizan una gran variedad de medidas que afectan el cálculo de las rutas óptimas. En las secciones siguientes se estudian estos atributos de los algoritmos de ruteo.

### **Objetivos de diseño**

A menudo, los algoritmos de ruteo se diseñan con uno o más de estos objetivos:

- Que sea un diseño óptimo
- Que sea sencillo y con la menor cantidad posible de material inútil
- Que sea robusto y estable
- Que permita una convergencia rápida
- Que sea flexible

El diseño óptimo se refiere a la capacidad de un algoritmo de ruteo de seleccionar la mejor ruta, lo cual depende de las medidas y los pesos que se asignen a dichas medidas para realizar el cálculo. Por ejemplo, un algoritmo de ruteo puede utilizar varios saltos y retardos pero el retardo puede ponderarse con un mayor peso en el cálculo. Naturalmente, los protocolos de ruteo deben definir estrictamente sus algoritmos de cálculo de medida.

Los algoritmos de ruteo también están diseñados para que sean lo más simple posible. En otras palabras, el algoritmo de ruteo debe ofrecer su funcionalidad de una manera eficiente, con un mínimo de software y utilización óptima. La eficiencia es particularmente importante cuando el software del algoritmo de ruteo deba correr en una computadora con recursos físicos limitados.

Los algoritmos de ruteo deben ser robustos, lo que significa que deben desempeñarse correctamente aun cuando se enfrenten a circunstancias poco comunes e imprevistas, como fallas en hardware, condiciones de carga alta e implementaciones incorrectas. Debido a que los Ruteadores se ubican en los puntos de unión de la red, pueden causar problemas considerables cuando llegan a fallar.

Los mejores algoritmos de ruteo suelen ser los que han resistido la prueba del tiempo y han demostrado que permanecen estables en una gran variedad de condiciones de la red.

Además, los algoritmos de ruteo deben converger rápidamente. La convergencia es el proceso por el cual todos los Ruteadores llegan a un acuerdo con respecto a las rutas óptimas. Cuando un evento en la red provoca que las rutas se caigan o estén disponibles, los Ruteadores distribuyen mensajes de actualización de ruteo que penetran las redes, estimulando el recálculo de las rutas óptimas y, ocasionalmente, haciendo que todos los Ruteadores lleguen a un acuerdo con respecto a esas rutas. Los algoritmos de ruteo que convergen con lentitud pueden provocar ciclos de ruteo o tiempos muertos en la red.

Los algoritmos de ruteo también deben ser flexibles, lo que significa que se deben adaptar rápidamente y con precisión a una gran variedad de circunstancias de la red. Suponga, por ejemplo, que un segmento de la red ha fallado. A medida que detectan el problema, muchos algoritmos de ruteo seleccionarán rápidamente la mejor trayectoria siguiente para todas las rutas que normalmente utilizan ese segmento. Los algoritmos de ruteo pueden ser programados para adaptarse a los cambios en el ancho de banda de la red, el tamaño de la cola del ruteador y el retardo de la red, entre muchas otras variables.

## **Tipos de algoritmos**

Los algoritmos de ruteo se pueden clasificar por tipo. Diferencias fundamentales:

- Estáticos versus dinámicos
- Una sola trayectoria versus multitraectoria
- Planos versus jerárquicos
- Host inteligente versus ruteador inteligente
- Intradominio versus interdominio
- Basados en estado de enlaces versus vector de distancia.

### **Estáticos versus dinámicos**

Los algoritmos de ruteo estático no se pueden considerar verdaderos algoritmos, sino que son mapeos de tablas que el administrador de la red establece antes de empezar el ruteo. Estos mapeos no varían a menos que el administrador de la red las cambie. Los algoritmos que utilizan rutas estáticas son de fácil diseño y funcionan bien en entornos donde el tráfico en la red es hasta cierto punto predecible y el diseño de la red es relativamente simple.

Como los sistemas de ruteo estático no pueden reaccionar ante los cambios en la red, por lo general no se les considera adecuados para su uso en las grandes redes de la actualidad, que cambian constantemente. La mayor parte de los algoritmos de ruteo que se han impuesto en los años 90 son algoritmos de ruteo dinámico, los cuales se adaptan a las circunstancias cambiantes en la red analizando los mensajes entrantes de actualización del ruteo. Si el mensaje indica que se ha presentado un cambio en la red, el software de ruteo recalcula las rutas y envía nuevos mensajes de actualización

de ruteo. Estos mensajes penetran la red y, al hacerlo, estimulan a los Ruteadores a correr de nuevo sus algoritmos y cambiar sus tablas de ruteo de acuerdo con las circunstancias.

Los algoritmos de ruteo dinámico se pueden complementar con rutas estáticas cuando sea conveniente. Un ruteador de último recurso (o sea aquél al que se envían todos los paquetes no ruteados), por ejemplo, puede ser diseñado para que actúe como un dispositivo de almacenamiento de todos los paquetes que no se han podido rutear y de esta manera garantizar que todos los mensajes sean procesados al menos de alguna forma.

### **Una sola trayectoria versus multitrayectoria**

Algunos protocolos sofisticados de ruteo soportan múltiples trayectorias hacia el mismo destino. A diferencia de los algoritmos de una sola trayectoria, estos algoritmos de multitrayectoria permiten el multiplexaje del tráfico a través de múltiples líneas. Las ventajas de los algoritmos de multitrayectoria son evidentes: proporcionan confiabilidad y rendimiento eficiente total sustancialmente mejores.

### **Planos versus jerárquicos**

Algunos algoritmos de ruteo operan en un espacio plano en tanto que otros utilizan jerarquías de ruteo. En un sistema que utilice ruteo plano, todos los Ruteadores son equivalentes entre sí. En un sistema de ruteo jerárquico, algunos Ruteadores forman lo que constituye una troncal de ruteo. Los paquetes de los Ruteadores que no pertenecen a la troncal viajan hacia los Ruteadores de la troncal, a donde son enviados a través de la troncal hasta que alcanzan el área general del destino. En este punto, viajan desde el último ruteador de la troncal a través de uno o más Ruteadores que no pertenecen a la troncal hacia el destino final.

Los sistemas de ruteo suelen designar grupos lógicos de nodos, llamados dominios, sistemas autónomos y áreas. En los sistemas jerárquicos, algunos Ruteadores pertenecientes a un dominio se pueden comunicar con Ruteadores de otros dominios, en tanto que otros más sólo se pueden comunicar con Ruteadores pertenecientes a su dominio. En redes muy grandes puede haber niveles jerárquicos adicionales, donde los Ruteadores del nivel jerárquico más alto forman la troncal de ruteo.

La ventaja principal del ruteo jerárquico es que imita a la organización de la mayor parte de las compañías y, por lo tanto, soporta muy bien sus patrones de tráfico. La mayor parte de la comunicación de red se da en grupos pequeños dentro de la compañía (dominios). Como los Ruteadores de intradominio necesitan conocer solamente a otros Ruteadores dentro de su dominio, sus algoritmos de ruteo pueden simplificarse y, dependiendo del algoritmo de ruteo que se esté utilizando, el tráfico de actualización del ruteo puede disminuir en la misma medida.

### **Host inteligente versus ruteador inteligente**

Algunos algoritmos de ruteo suponen que el nodo terminal de origen determinará la ruta completa. A esto se le conoce en general como ruteo de origen. En los sistemas que utilizan el ruteo de origen, los Ruteadores solamente actúan como dispositivos de almacenar y enviar: envían el paquete al punto siguiente sin pensarlo.

Otros algoritmos suponen que los hosts no sabían nada acerca de las rutas. En estos algoritmos, los Ruteadores determinan la trayectoria a través de la red con base en sus propios cálculos. En el primer tipo de sistema, los hosts tienen la inteligencia para el ruteo; en el segundo, son los Ruteadores los que la poseen.



Lo que se gana con el ruteo donde la inteligencia está en el host versus el ruteo donde la inteligencia está en el ruteador, es la optimización de la trayectoria versus el tráfico inútil. Los sistemas en que la inteligencia está en el host seleccionan las mejores rutas con más frecuencia, ya que normalmente descubren todas las rutas posibles hacia el destino antes de que se envíe el paquete. Después, escogen la mejor trayectoria con base en la definición de “óptima” de ese sistema en particular. Sin embargo, el acto de determinar todas las rutas suele requerir un tráfico de descubrimiento muy intenso y el consumo de una gran cantidad de tiempo.

### **Intradominio versus interdominio**

Algunos algoritmos de ruteo operan solamente dentro de los dominios; otros trabajan dentro y entre dominios. La naturaleza de estos dos tipos de algoritmos es diferente. Por lo tanto, es razonable que un algoritmo óptimo de ruteo intradominio no necesariamente sea un algoritmo óptimo de ruteo interdominio.

### **Basados en estado de enlaces versus vector de distancia**

Los algoritmos basados en estado de enlaces (también conocidos como algoritmos abiertos de primero la ruta más corta) distribuyen la información de ruteo a todos los nodos en la red. Sin embargo, cada ruteador envía solamente la porción de la tabla de ruteo que describe el estado de sus propios enlaces. Los algoritmos basados en vector de distancia (también conocidos como algoritmos Bellman-Ford) promueven que cada ruteador envíe toda o sólo una parte de su tabla de ruteo a sus vecinos. En esencia, los algoritmos basados en estado de enlaces envían pequeñas actualizaciones a todos lados, en tanto que los algoritmos basados en vector de distancia envían actualizaciones más grandes pero sólo a los Ruteadores vecinos.

Como convergen más rápido, los algoritmos basados en estado de enlaces son de alguna manera menos susceptibles a los ciclos de ruteo que los algoritmos basados en vector de distancia. Por otro lado, los algoritmos basados en estado de enlaces requieren más potencia de CPU y memoria que los algoritmos basados en vector de distancia; por lo tanto, los algoritmos basados en estado de enlaces pueden ser más caros de implementar y soportar. A pesar de sus diferencias, sin embargo, ambos tipos de algoritmos tienen un buen desempeño en casi cualquier circunstancia.

### **Métricas de ruteo**

Las tablas de ruteo contienen información que es utilizada por el software de conmutación para seleccionar la mejor ruta.

Los algoritmos de ruteo han utilizado muchas y diferentes métricas para determinar cuál es la mejor ruta. Los algoritmos sofisticados de ruteo pueden basar la selección de rutas en múltiples medidas al combinarlas en una sola métrica (híbrida).

Se han utilizado todas las métricas siguientes:

- Longitud de la trayectoria
- Confiabilidad
- Retardo
- Ancho de banda
- Carga
- Costos de comunicación

La *Longitud de la trayectoria* es la métrica de ruteo más común. Algunos protocolos de ruteo permiten que los administradores de red asignen costos arbitrarios a cada uno de los enlaces de la red. En este caso, la longitud de la trayectoria es la

suma de los costos asociados con cada uno de los enlaces por los que se pasa. Otros protocolos de ruteo definen un conteo de saltos, una métrica que especifica el número de veces que un paquete pasa a través de los productos que conforman la red, por ejemplo Ruteadores, en su trayecto desde un origen hasta un destino.

La *Confiabilidad*, en el contexto de los algoritmos de ruteo, se refiere a la dependencia (generalmente descrita en términos de la tasa de errores) de cada enlace de la red. Algunos enlaces de red pueden caerse con mayor frecuencia que otros.

Cuando falla una red, algunos enlaces en la red pueden repararse más fácil o rápidamente que otros. Cualquier factor de confiabilidad se puede tomar en cuenta en la determinación del valor de la misma, ya que son valores numéricos arbitrarios asignados generalmente a los enlaces de red por los administradores del sistema.

El *retardo* de ruteo se refiere al periodo de tiempo que se requiere para transferir un paquete desde el origen hasta el destino a través de la red. El retardo depende de muchos factores entre los cuales se cuentan el ancho de banda de los enlaces intermedios de la red, las colas en los puertos de cada ruteador a lo largo del camino, la saturación de la red en todos sus enlaces intermedios y la distancia física a recorrer.

Como el retardo es un conglomerado de algunas variables importantes, es una métrica muy común y útil a la vez.

El *ancho de banda*, se refiere a la capacidad de tráfico disponible de un enlace. Si todos los demás parámetros son iguales, sería preferible un enlace Ethernet a 10 Mbps, en vez de una línea privada a 64 Kbps. Aunque el ancho de banda es una medida del rendimiento eficiente total máximo que se puede alcanzar en un enlace, las rutas que pasan a través de enlaces con un ancho de banda mayor no

necesariamente son mejores rutas que las que viajan a través de enlaces más lentos. Si, por ejemplo, un enlace más rápido está muy ocupado, puede requerir más tiempo para enviar un paquete a su destino.

La *carga*, se refiere a qué tan ocupado está un recurso de la red, como un ruteador, por ejemplo. La carga se puede calcular de muchas maneras, entre otras la utilización del CPU y el número de paquetes procesados por segundo.

La supervisión continua de estos parámetros puede consumir por sí misma muchos recursos.

Los *costos de comunicación* son otra métrica importante, sobre todo porque a algunas compañías no les importa tanto el desempeño de una red como los costos de operación de la misma. A pesar de que el retardo de la línea puede ser más grande, enviarán paquete a través de sus propias líneas en vez de hacerlo por líneas públicas, las cuales tienen un costo asociado en función del tiempo de uso.

### **3.1.3 Protocolos de Red**

Los protocolos ruteados se transportan por medio de ruteo a través de una red. En general, los protocolos ruteados en este contexto también se conocen como protocolos de red. Estos protocolos de red desempeñan una gran variedad de funciones necesarias para la comunicación entre aplicaciones de usuario en dispositivos de origen y destino, y estas funciones pueden variar mucho entre las diversas arquitecturas de protocolos. Los protocolos de red se presentan en las cuatro capas más altas del modelo de referencia de OSI: La capa de transporte, la capa de sesión, la cada de presentación y la capa de aplicación.

Es común que haya confusión entre los términos protocolo ruteado y protocolo de ruteo. Los protocolos ruteados son aquellos que se rutean a través de una red. Algunos ejemplos de dichos protocolos son el IP (Protocolo Internet), DECnet, AppleTalk, Novell, NetWare, OSI, Banyan VINES y XNS (Xerox Network System). Los protocolos de ruteo, por otro lado, son aquellos que implementan algoritmos de ruteo. De manera más sencilla, los protocolos de ruteo dirigen los protocolos de red a través de una interred. Algunos ejemplos de estos últimos son:

- RIP (Protocolo de Información de Ruteo)
- OSPF (Algoritmo Abierto de Primero la Trayectoria más Corta)
- EGP (Protocolo de Compuerta Exterior)
- BGP (Protocolo de Compuerta Fronteriza)
- IS-IS (Protocolo de Sistema Intermedio a Sistema Intermedio)
- RIP v1
- RIP v2
- IGRP (Protocolo de Ruteo de Compuerta Interior)
- EIGRP (IGRP Mejorado)

## **CAPÍTULO IV**

# **CASO PRÁCTICO: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED MULTISERVICIO**

En el presente capítulo como lo mencionáramos en el prólogo realizaremos un caso práctico de la aplicación de las tecnologías antes expuestas para dar solución a una necesidad de comunicación multiservicio como es lo que solicitó en su momento ésta compañía.

### **4.1 Antecedentes**

En 1972, Occidental descubrió el campo petrolero más grande dentro del territorio peruano, el Lote 1-AB (un terreno cedido por el gobierno peruano de 497,027 Has, ver figura 4.1) ubicado al norte de la selva del Amazonas, cerca a la frontera con Ecuador y dentro del Departamento de Loreto. Dicho lote inició su etapa de producción en 1975, alcanzando los 562.5 millones de barriles de petróleo. El Lote 1-AB y áreas adyacentes están habitados por 2,500 a 3,000 personas, principalmente de ascendencia Quechua y Achuar, repartidas en 16 comunidades que se ubican a lo largo de las riberas de los ríos.

Así mismo Oxy ubica dos sedes principales: una en la ciudad de Lima (sede administrativa Perú) y una en la ciudad de Iquitos (sede logística). Lima sería la encargada de comunicarse directamente con la matriz principal ubicada en Tulsa ubicada en el estado de Oklahoma.

A través de Iquitos se canalizarían todo el ingreso de los recursos materiales (maquinarias, equipos, etc.) mediante barcos los cuales ingresarían por el Océano Atlántico desde Brasil y posteriormente por el Río Amazonas hasta Iquitos, desde Iquitos el destino final sería Andoas usando también como medio de transporte el río los ríos Marañon y Pastaza.



Fig. 4.1 Ubicación del Lote 1-AB

En la segunda mitad de la década pasada Occidental decide consolidar su red de comunicaciones, iniciada hace más de 20 años, sobre la base de una moderna infraestructura para contar con las mejores opciones de comunicación multiservicio disponibles en el mercado. Dicha red quedaría culminada a mediados del año 1998. A principios del año 2000, Occidental vendió sus intereses en el Lote 1-AB a Pluspetrol, empresa Argentina, pero sigue manteniendo sus intereses en exploración para la búsqueda de nuevas reservas en el Lote 64 y mar adentro en el Lote Z-3.

La primera red de comunicaciones que montó Occidental para comunicar las sedes mencionadas, fue básicamente una red para el transporte de voz y telex, de ésta

manera uniría USA –Lima (64Kbps), Lima – Andoas (128Kbps) y Andoas – Iquitos (64Kbps). Ésta red solo permitiría la comunicación hablada entre éstos cuatro puntos (no todos contra todos). En ésta primera fase no existía comunicación entre la base principal de la selva, Andoas, y los campamentos de explotación. Posteriormente se realizaron algunas modificaciones de red para la inclusión de los servicios de datos de baja velocidad (9600 bps), pero solo entre los puntos principales.

## **4.2 Estado premigratorio de la red**

Como comentáramos antes la red de Occidental desde la primera arquitectura ha ido evolucionando obligado por la necesidad de introducir mas y mejora de algunos servicios. En ésta parte se intentará explicar la evolución de dicha red antes de convertirse en una red multiservicio.

### **4.2.1 Estado general y especificaciones de la red**

#### **4.2.1.1 Estado premigratorio de la red Lima**

En Lima la red que presentáramos antes se le agregó un canal de datos (9600bps) para aplicaciones de consultoría, control de stock y contabilidad, etc.

Las actualizaciones de los datos eran durante las madrugadas en el sentido de Andoas hacia Lima y de Lima hacia Tulsa, por tanto Tulsa tenía los datos actualizados siempre. La consultoría de datos almacenados era en el mismo sentido Lima consultaba (con sus terminales) hacia Tulsa y lo propio hacia Andoas hacia Lima. Para que tal comunicación fuera posible se constituyeron dos extensiones de red Token Ring: En Lima se habilitaron dos redes Token Ring, la primera era la



extensión (mediante el empleo de Bridges) de la red Token Ring de Tulsa, mientras que la segunda era la red Token Ring principal de Lima la cual estaba extendida hacia Andoas bajo la misma modalidad.

Se adquirió una central PBX Nortel con soporte de troncales E&M, cuatro (04) hacia Tulsa y ocho (08) hacia Andoas, dicha compra fue supeditada a un cambio de tarjeta (a tarjetas del tipo E1-PRI) cuando se haga la migración a la nueva red.

Se adquirieron anexos tanto digitales como análogos para todos los usuarios en Lima y para los gerentes principales se extendieron anexos desde la sede principal en Lima (La Molina) hacia sus hogares: La Molina, Miraflores, Pezet y Monterrico, para ello se alquilaron circuitos del tipo punto-punto proveídos por Telefónica del Perú.

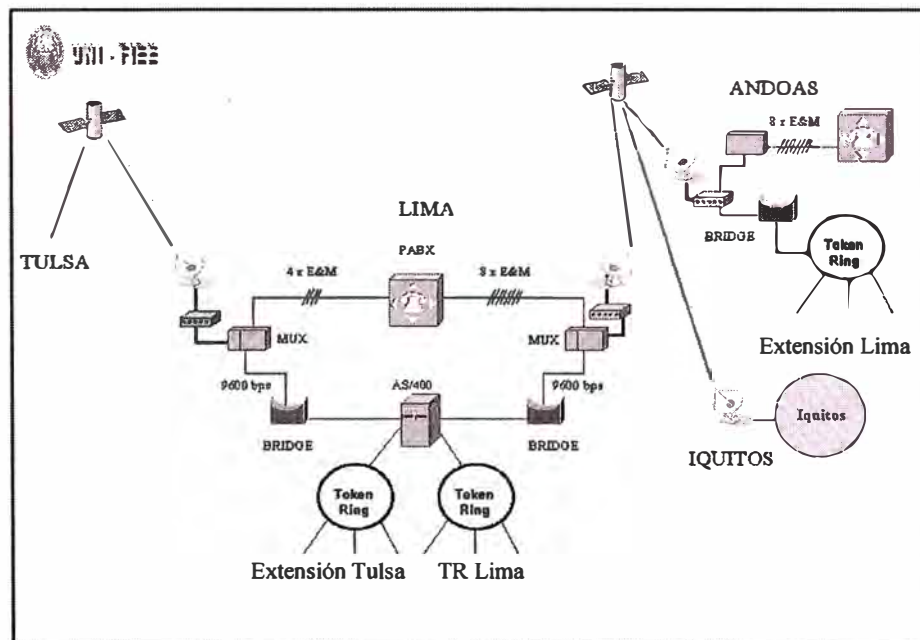


Fig. 4.2 Primera red de comunicaciones Occidental

Cabe mencionar que las condiciones premigratorias en Lima comprendían 74 PC's (sin contar servidores, impresoras, equipos de comunicaciones).

Los gerentes hacían un trabajo stand alone desde sus hogares, nunca entraban en red pues solo contaban con una línea análoga y no existía ningún servidor de acceso Dial-Up.

En la tabla 4.1 puede verse el resumen del estado premigratorio reflejado en número de anexos y número de PC's

Tabla 4.1 – Datos de telefonía y PC's en Lima

Item	Sede	Central	N° Telef.		N° PC
			Análogo	Digital	
1	Lima Principal	Opción 61C Nortel	30	50	70
2	Gerente 1		1	-	1
3	Gerente 2		1	-	1
4	Gerente 3		1	-	1
5	Gerente 4		1	-	1
					<b>74</b>

#### 4.2.1.2 Estado premigratorio de la red Andoas

La necesidad de comunicar el campamento principal Andoas con los campamentos de explotación aledaños trajo consigo la implementación de una red de comunicación UHF entre los campamentos de la selva para el transporte de voz (ver diagrama) pero el cual era limitado puesto que solo permitía en el mejor de los casos transportar tres (03) canales de voz.

En ésta fase premigratoria no se mencionarían comunicaciones de datos, la actualización de los datos desde campamentos hacia Andoas era mediante el transporte manual de los medios magnéticos de almacenamiento. Esta red estuvo por buen tiempo operando correctamente hasta que se cambiaron sus enlaces UHF por enlaces del tipo microonda (en la banda de 2,4 GHz) para soportar mayores velocidades y montar una infraestructura de comunicación de voz inclusive digital (ver diagrama).

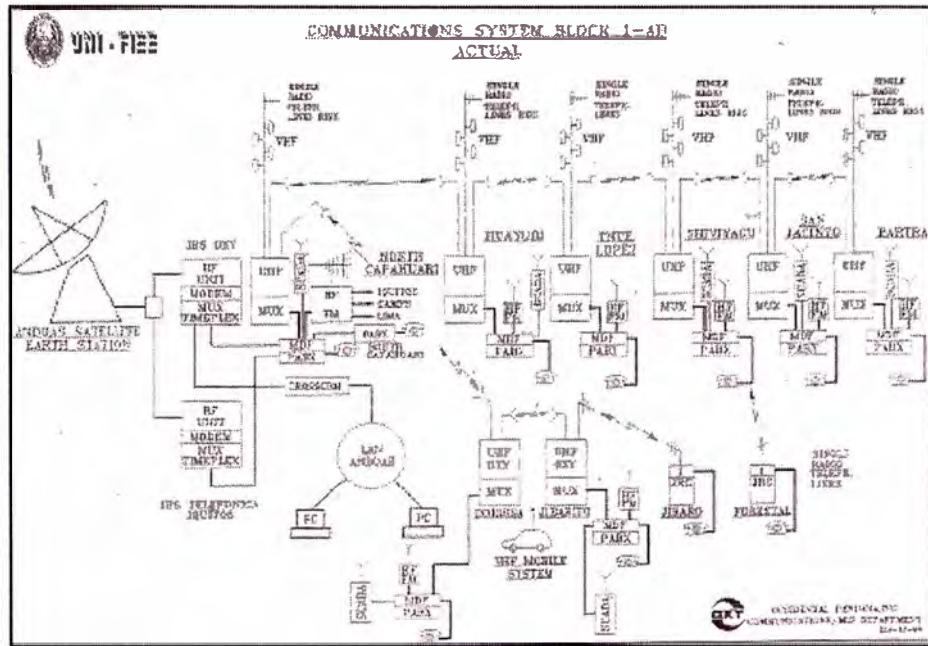


Fig. 4.3 Red UHF en Campamentos

Esta red base sería la que finalmente quedaría como backbone para la red de campamentos

A continuación la relación de centrales instaladas post implementación de la red de microondas, así mismo se detalla la cantidad de computadoras que operaban (no comunicadas) hasta entonces (ver tabla 4.2)

Tabla 4.2 – Datos de centrales en Andoas y Campamentos

Item	Sede	Central	Nº Telef.		Nº PC
			Análogo	Digital	
1	Huayuri	Opción 11C Nortel	24	0	5
2	T. López	Opción 11C Nortel	54	3	17
3	Shiviayacu	Opción 11C Nortel	61	2	16
4	San Jacinto	Opción 11C Nortel	48	3	10
5	Bartra	Opción 11C Nortel	22	0	1
6	Dorissa	Opción 11C Nortel	21	0	3
7	Jibarito	Opción 11C Nortel	46	3	13
8	Cap. Sur	Mitel	18	0	7
9	Forestal	Panasonic	16	0	2
10	Andoas	Opción 61C Nortel	60	40	30

No era sencillo ubicar o tratar de generar una red LAN por cada campamento puesto que las PC's en éstos se encontraban separadas por la existencia de diferentes áreas en lo accidentado del terreno, era muy difícil empezar a tirar cable Ethernet para unir todas las PC's de un mismo campamento. En la tabla 4. 3 podemos ver como es que estaban distribuidos los grupos de PC's por cada campamento, lo más inmediato que podríamos hacer era unirlas en grupos o subredes para comunicarlas.

Para el caso de Andoas no habría mayores problemas pues totalidad de sus PC's podrían unirse bajo una misma LAN Ethernet dado que en ésta zona ya se había vencido a la naturaleza y gracias también a que las oficinas no se encontraban alejadas.

Tabla 4.3 – Datos de concentración de PC's en Andas y Campamentos

Item	Sede		Nº PC
1.1	Andoas	(Todas agrupadas bajo una misma LAN)	100

Item	Sede	Nº de PC's distribuidas en grupos que pueden formar una LAN						Nº PC
		1er Gpo.	2do. Gpo.	3er Gpo.	4to. Gpo.	5to. Gpo.	6to. Gpo.	
2.1	Huayuri	3	1	1	-	-	-	5
2.2	T. López	8	6	1	1	1	-	17
2.3	Shiviyacu	7	5	1	1	1	1	16
2.4	San Jacinto	4	3	1	1	1		10
2.5	Bartra	1	-	-	-	-	-	1
2.6	Dorissa	1	1	1	-	-	-	3
2.7	Jibarito	4	3	3	1	1	1	13
2.8	Cap. Sur	4	1	1	1	1	-	7
								72

Item	Sede	Total de PC's distribuida entre los otros campamentos	Nº PC
3.1	Otros	Campamentos remotos con líneas Analógicas	30

También existían campamentos con líneas análogas (red UHF) los cuales no migraron al sistema de microondas por no ser muy estratégicos o por abastecerse con

los canales de voz que tenían, éstos campamentos manejaban PC's stand alone y también necesitaban conectarse a la red

#### **4.2.1.3 Estado premigatorio de la red USA**

En la Red de Tulsa no había muchos cambios que mencionar solo que tenía una infraestructura similar, pero de mayor magnitud, a la de Lima la cual unía a otros países como Ecuador y Colombia.

### **4.2.2 Limitaciones actuales de red**

#### **4.2.2.1 Limitaciones de la red de Lima**

Las limitaciones de la red de Lima eran las siguientes:

- Se trataba de un sistema multiplexado: Es decir al tratarse de un TDM (Multiplexación por División de Tiempo) no se aprovecha la totalidad del canal tanto para Tulsa como para Andoas. El ancho de banda efectivo de datos fijo era de 9600 bps aun en ausencia de comunicación de voz, caso similar ocurría para la voz, no era posible tratar de pasar un canal adicional cuando no se transmitía datos pues el multiplexor estaba configurado para pasar un número fijo de canales de voz los cuales a pesar de tener una compresión G729r8 (8kbps) en la práctica consumía aproximadamente 12Kbps. Los sistemas multiplexación estadística que administraban mejor el ancho de banda para éstos tiempos ya existían.
- Los canales de voz eran análogos (interfases E&M) lo cual traía la desventaja de calidad y cableado frente a los canales troncalizados digitales tipo E1-R2/ E1-PRI.
- Las nuevas nuevas tecnologías que iban apareciendo impulsaban las redes del tipo Ethernet y posteriormente Fast Ethernet. Las Redes Token Ring alcanzaban velocidades límites de hasta 16 Mbps cuando ya se hablaba en Fast Ethernet de 100

Mbps. En Ethernet, el abaratamiento de las tarjetas, el aislamiento de fallas y la fácil implementación de la misma ponía en desventaja a la red Token Ring. IBM también ya había lanzado al mercado tarjetas Ethernet para su sistema AS/400.

- El esquema de Bridge entre las Token Ring volvía aun más lento las comunicaciones, en un esquema de Bridge todas las direcciones MAC address de un segmento a otro viajaban por el pequeño ancho de banda WAN.
- Los gerentes desde sus casas solamente tenían acceso telefónico mediante anexo extendido no existía un esquema de teleworking o teletrabajo.

#### **4.2.2.2 Limitaciones de la red Andoas**

Las limitaciones de la red de Andoas eran similares a las que teníamos en Lima pero habría que agregar algunas propias de ésta:

- A pesar de tener con una infraestructura de microondas sobre la cual se había montado una red telefónica, no existía comunicación de datos entre campamentos.
- El transporte de los datos recopilados en cada campamento era muchas veces tedioso por lo accidentado del terreno.
- Era casi imposible formar redes LAN en cada campamento.
- No había suficientes canales de voz, hacia Lima, para atender a los empleados que trabajan en la selva para la comunicación con sus familias.

#### **4.2.2.3 Limitaciones de la red USA**

Al igual que Lima el sistema era multiplexado dejando poco ancho de banda para los servicios de voz y datos. Sin embargo cabe resaltar que la corporación ya tenía planeado migrar a un sistema de multiplexación estadística.

### **4.2.3 Requerimientos de la nueva red**

#### **4.2.3.1 Requerimientos de la red en Lima**

Resumimos a continuación el requerimiento de Occidental en Lima:

- Una red Fast Ethernet 10/100 Mbps.
- Migración del sistema Token Ring a Fast Ethernet.
- Soporte de 08 canales de voz hacia Tulsa
- Soporte de mínimo 16 canales de voz hacia Andoas.
- Manejo eficiente de la voz y datos entre con las demás sedes (QoS, calidad de servicio).
- Implementación de servicios IP tales como correo electrónico e Internet.
- Acceso Dial-Up a la red para consultas de correo de los usuarios desde sus casas.
- Habilitación de Telefonía y Datos en las casas de los gerentes.

#### **4.2.3.2 Requerimientos de la red en Andoas**

- Constitución de una red Fast Ethernet 10/100 Mbps.
- Migración del sistema Token Ring a Fast Ethernet.
- Soporte de 16 canales de voz hacia Lima
- Manejo eficiente de la voz y datos entre con las demás sedes.
- Implementación de servicios IP tales como correo electrónico e Internet, con salida al mundo exterior a través de Lima.
- Acceso de datos para los campamentos principales, sobre la infraestructura telefónica montada.

#### **4.2.3.3 Requerimientos de la red en USA**

En el caso de Tulsa como la administración de ésta red estaba en manos de la Corporación los requerimientos para con Perú eran pocos:

- Soporte de 8 canales de voz hacia Perú (Lima o Andoas)
- Manejo eficiente de la voz y datos entre con Lima.

### **4.3 Reingeniería de la Red**

Nuestra misión en ésta parte es rediseñar o implementar una verdadera red multiservicio para atender todos los requerimientos antes mencionados averiguando primero y luego seleccionado las mejores opciones que nos ofrece el mercado.

#### **4.3.1 Diseño de la red de voz y datos**

El diseño de la nueva red que nos compete debe ser tal que:

- *Sea transparente a los servicios*: No afecte a los servicios actuales
- *Flexible*: Permita el cambio y/o migración al nuevo sistema.
- *Escalable*: Permita el crecimiento de la red (mayores velocidades, mejora y agregación de nuevos servicios).
- *Segura*: Ofrezca los diferentes niveles de seguridad entre los elementos de la red, el empleo de políticas es importante.
- *Eficiente*: Haga mejor uso de los recursos disponibles.

##### **4.3.1.1 Diseño de redes**

###### **Elección del dispositivo de datos WAN y Multiservicio con soporte de voz:**

Lo primero que debemos procurar es que se soporten los servicios actuales por tanto el dispositivo a elegir debe tener como mínimo en la parte física:

- Puertos EIA-232D
- Interfaces Token Ring (4/16 Mbps) UTP/STP



- Módulos de procesamiento de señal digital de voz análoga E&M y soporte de Interfases E1-PRI.
- Flash no Volátil
- Fuente Redundante

En cuanto a la funcionalidad deberá soportar esquemas de configuración de Source Route Bridge y alguna tecnología de transporte de voz a través del medio WAN (VoFR o VoIP) y administración remota.

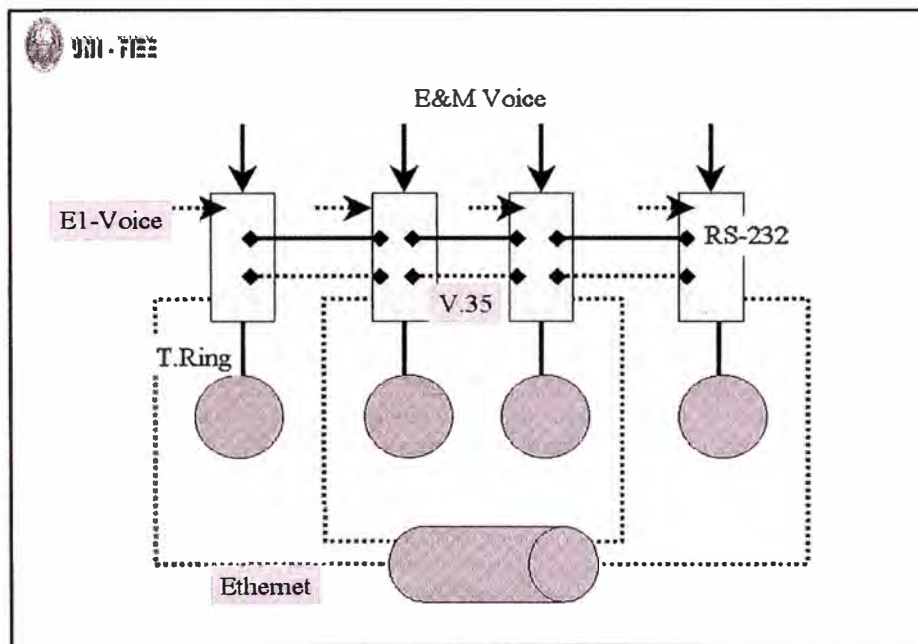


Fig. 4.4 Esquema de Interfases mínimas requeridos por el equipo WAN

Adicionalmente debe incluir otras características que satisfagan el requerimiento del cliente. En la tabla 4.4 se resume los requerimientos mínimos solicitados al equipo a emplearse.

Tabla 4.4 – Requerimientos mínimos para el equipo WAN

Característica HW	Detalle	Protocolos/ Servicios	Seguridad	Administración
<b>Modular</b>	SI	Frame Relay SRB Rounting IP VoFR VoIP  RFC1490 Codecs G.729 (8 Kbps)	Listas de Acceso  Niveles de acceso: User Administrador  Filtros	Admini. SNMP  Load Downl. TFTP/FTP
<b>Modulos LAN</b>	1 - port Token Ring 1 - port Ethernet (10 Base T)			
<b>Modulos WAN</b>	2 - port Serial, Sincrono EIA/TIA232 2 - port Serial, Sincrono V.35			
<b>Módulos de Voz</b>	1 - port E1 Voice PRI			
<b>Power Suply</b>	AC, Redundante			

Para determinar el equipo emplear recurramos a una tabla comparativa que resume las características indispensables del equipo a usar.

En la tabla 4.5 podemos observar que los equipos que cumplen con la mayoría de requerimientos son:

**CISCO:** MC 3810.

**MOTOROLA:** MPR 6560

**NORTEL:** Passport 4430 y 4450

De ésta misma tabla se puede observar que el MPR6560 de Motorola es el mas completo en cuanto a las posibilidades de servicios y puertos ofrecidos.

Ahora analicemos las **posibilidades de Interfases** requeridas:

**CISCO:** Para el soporte de interfases LAN Token Ring necesita un complemento otro router (puede ser un Cisco 4000) pero para el soporte de interfases E1-PRI de voz no tiene complemento.

Tabla 4.5 – abl de compar ión de cara erís i as de los endo s

Nombre/descripción del Equipo	DLCIs Multiplexados	Priorización	Prioridades definidas por el cliente	Algoritmos de Compresión	Fragmentación	Cancelación de eco	Supresión de silencio
Motorola Vanguard 6560	SI	SI, soporta cuatro niveles de priorización	SI	Una variación de CELP 16K y 8K, soporte de Fax grupo 3 y compresión de datos	Si, cuando es necesario	SI	SI
Cabletron Smartswitch 1800	A ser anunciado (TBA)	SI	SI	TBA	TBA	SI	SI
Cisco 3810	SI	El 3810 solo brinda prioridad a la voz sobre cualquier cosa	NO. A ser soportado a partir de 1998	Solo G.729, G.729a (16Kbps). Soportará FRF.11 a inicios de 1998	SI	SI	SI
Multiplexor Newbridge Mainstreet 3608	No. Planeado para el futuro	SI, sopoprtados niveles de priorización	SI	G.729a(8Kbps)	SI. Acorde a la Norma FRF.12	SI	SI
Nortel Magellan Passport 4430&4450	SI	SI	NO	G.729(8Kbps), Fax Grupo 3(2.4K y 9.6K). Adicionalmente compresión de datos	SI	SI	SI

**MOTOROLA:** Un solo equipo puede soportar todas las características solicitadas, además tiene el tema de VoFR mucho más maduro que los vendedores citados.

**CONCLUSIÓN:** Se elige como equipo multiservicio WAN al **MPR 6560 de Motorola**. Así mismo se propone (por un tema de compatibilidad) sus variantes para la conformación de la red de gerentes en Lima.

#### 4.3.1.1.1 Topología USA-LIMA-ANDOAS

La topología propuesta para Occidental es la mostrada en la figura 4.5. En ella se puede observar que el equipo multiservicio MPR 6560 de Motorola a reemplazado al multiplexor y Bridge de la figura 4.2 así mismo se puede observar que se conserva la red Token Ring y se agrega una red FastEthernet 10/100 Mbps tanto en Lima como en Andoas.

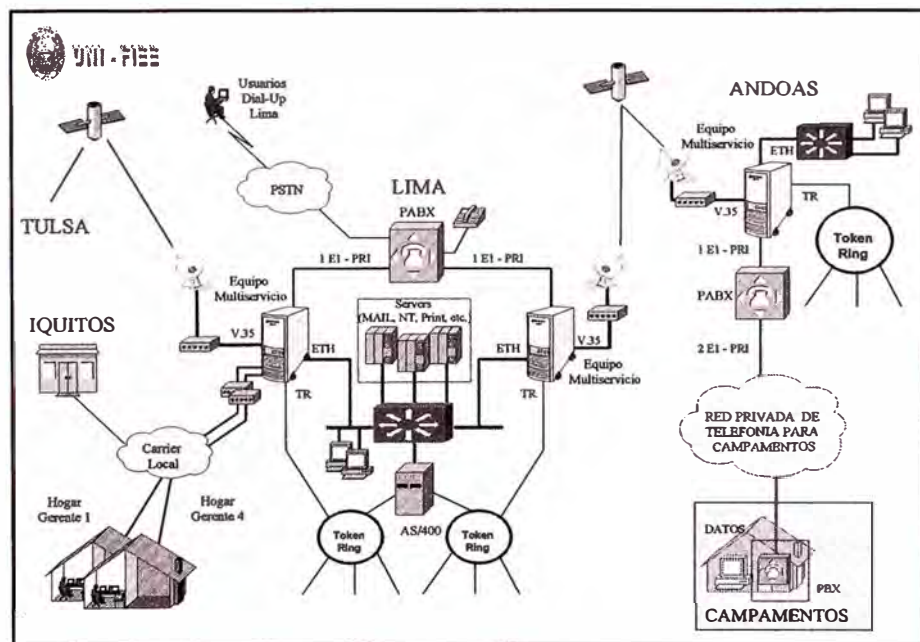


Fig. 4.5 Topología Tulsa – Lima – Andoas

La conservación de la red Token Ring obedece a una migración paulatina de los terminales de ésta hacia la Ethernet, por ello es indispensable la adquisición de

una tarjeta Ethernet para el AS/400. El AS/400 atendería a los usuarios nuevos sobre la Ethernet y a los remanentes en la Token Ring.

Para el caso de la comunicación de voz el cambio de las troncales E&M por troncales E1-PRI se puede realizar aprovechando la inclusión del equipo Motorola pues ello no tiene un impacto posterior sobre los usuarios dado que es transparente para ellos.

#### **4.3.1.1.2 Red Lima**

En la red de Lima como ya lo comentáramos antes se propone:

1º La implementación de una red Ethernet, para ello se propone un switch FastEthernet 10/100. El equipo propuesto para conformar ésta red a partir del número de computadoras mostrado en la tabla 4.1 es:

01 Switch Catalyst 5000 de la marca Cisco con las siguientes Características:

- Catalyst 5509 (9 Slots, Modular)
- Fuente de Poder Redundante
- Tarjeta procesadora de última generación
- Puertos Fast Ethernet 10/100 TX
- Soporte de VLANs
- Administración local y remota

2º También sobre la red de Lima, como dispositivos WAN multiservicio, se propone dos (02) MPR 6560 en lugar de uno, bien podría soportarse la totalidad de servicios con un solo equipo, pero el aislamiento de fallas y de alguna manera la idea de independizar ambos tramos obliga ésta configuración. La configuración de los Equipos MPR 6560 como Hardware y con la cual ya se puede realizar la compra es se muestra en las tablas posteriores:

- Para el equipo en Lima que da cara a Tulsa y así mismo atenderá a la red de gerentes, al cual denominaremos LIMA1 tendremos:

Tabla 4.6 – Detalle del Equipo WAN Lima1

Item	Descripción	Cantidad	Nota
I	General Chasis		
1.1	Vanguard 6560 Stand Alone Unit	01	Chasis
II	Enlaces WAN		
2.1	V.35 DTE DIM - Port 1 - On Board	01	Puerto principal WAN
2.2	V.35 DTE DIM - Port 2 - On Board	01	Puerto BackUp
III	Red Gerentes - Tarjetas de expansión V.35		
3.1	Serial Data Board II-V.35/V.35 Cables	02	Se requieren 04 puertos V.35 para los gerentes
IV	Puerto LAN		
4.1	ELAN Ethernet LAN Interfase Board (10BaseT)	01	Interfase Ethernet
4.2	TLAN Token Ring LAN Interfase Board (4/16Mbps)	01	Interfase Token ring
V	Troncales de Voz		
5.1	E1 Interfase Board for voice - two ports	01	Tarjeta Interfase de voz E1 PRI
5.2	Voice compressor board (DSPM/SM)	02	Compresores de voz (DSPM) - 01 Tarjeta por cada 04 canales de voz
VI	Cofiguración de Memorias DRAM y FLASH		
6.1	4 MB Enhanced DRAM	02	08 Mb de memoria
6.2	4MEG SIMM Global Memory Option	01	
VII	Cofiguración de Software y Licencias requeridas		
7.1	Vanguard 6560 IP Applications Ware License		Soporte VoiP
7.2	Vanguard 6560 Voice Applications Ware License Upgrade		Soporte de Aplicaciones de voz
7.3	Vanguard Release 5.1		Software del sistema
7.4	Vanguard G.729a 28 Port Option		Soporte Compresión 8K

- Podemos observar en la tabla anterior que se requieren 02 tarjetas compresoras para voz para atender ocho (08) canales de voz puesto que una tarjeta (que ocupa un slot de los siete (07) que ofrece el Motorola) puede procesar hasta cuatro (04) canales de voz cada uno independientemente del codec (codificador de voz) que se emplee. También podemos notar que se requeriría dos (02) tarjetas de expansión de puertos seriales V.35 para atender a los cuatro (04) gerentes, cada tarjeta SDB maneja dos (02) puertos V.35.

3° Para el equipo en Lima que da cara hacia Andoas, al cual denominaremos LIMA2 tendremos:

Tabla 4.7 – Detalle del equipo WAN Lima2

Item	Descripción	Cantidad	Nota
I	General Chasis		
1.1	Vanguard 6560 Stand Alone Unit	01	Chasis
II	Enlaces WAN		
2.1	V.35 DTE DIM - Port 1 - On Board	01	Puerto principal WAN
2.2	V.35 DTE DIM - Port 2 - On Board	01	Puerto BackUp
III	Puerto LAN		
3.1	ELAN Ethernet LAN Interfase Board (10BaseT)	01	Interfase Ethernet
3.2	TLAN Token Ring LAN Interfase Board (4/16Mbps)	01	Interfase Token ring
IV	Troncales de Voz		
4.1	E1 Interfase Board for voice - two ports	01	Tarjeta Interfase de voz E1 PRI
4.2	Voice compressor board (DSPM/SM)	04	Compresores de voz (DSPM) - 01 Tarjeta por cada 04 canales de voz
V	Cofiguración de Memorias DRAM y FLASH		
5.1	4 MB Enhanced DRAM	02	08 Mb de memoria
5.2	4MEG SIMM Global Memory Option	01	
VI	Cofiguración de Software y Licencias requeridas		
6.1	Vanguard 6560 IP Applications Ware License		Soporte VoiP
6.2	Vanguard 6560 Voice Applications Ware License Upgrade		Soporte de Aplicaciones de voz
6.3	Vanguard Release 5.1		Software del sistema
6.4	Vanguard G.729a 28 Port Option		Soporte Compresión 8K

En la tabla 4.7 a diferencia de la tabla 4.6 se puede observar que se piden mas tarjetas compresoras de voz y también que no es posible insertar ninguna tarjeta de adicional puesto que no queda ningún slot disponible de los siete con que cuenta el Motorola.

En las figuras 4.6 y 4.7 podemos apreciar la configuración de Hardware (puertos y tarjetas de expansión) para los equipos WAN.

En éstas figuras es más visible la disposición de las tarjetas de expansión sobre los equipos Motorola, se puede observar que los dos equipos de Lima y el de Andoas se encuentran con todos los slots llenos.

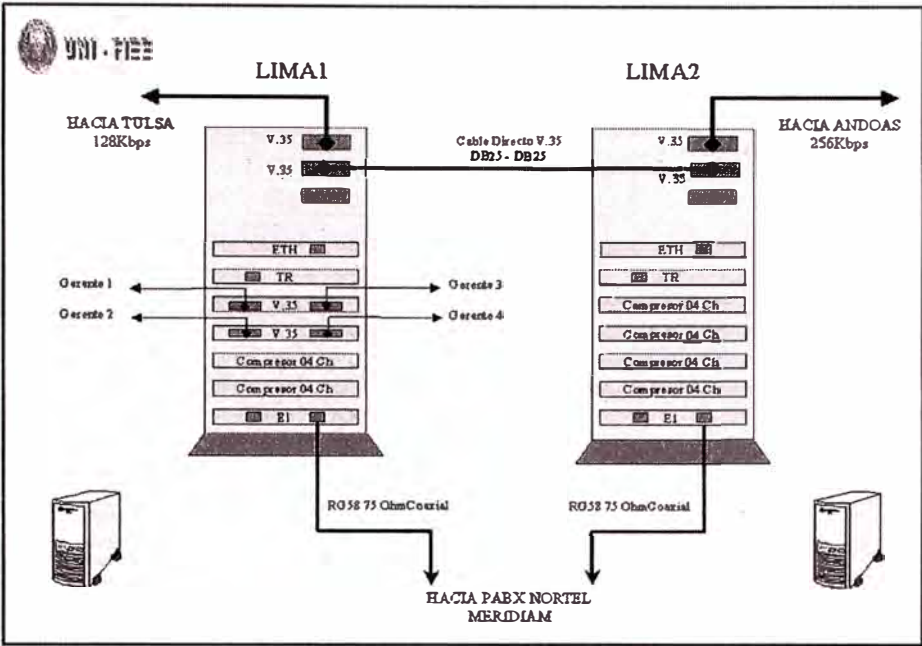


Fig. 4.6 Backend de los equipos WAN en Lima

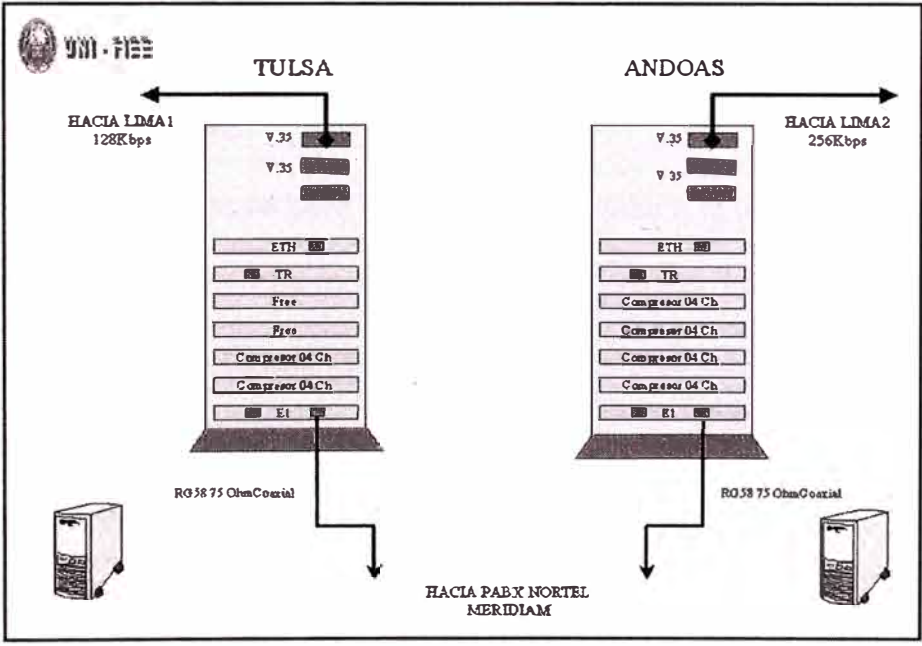


Fig. 4.7 Backend de los equipos en Tulsa y Andoas

4º En cuanto al ancho de Banda de los enlaces propuesto para cada lado haremos el siguiente cálculo:



**Con los equipos Motorola se tiene que usando la compresión G.729 (8K) se obtiene un consumo en la WAN (headers) de:  
01 Ch Voz = 10.5 Kbps (VoFR)**

**PARA ENLACE LIMA-TULSA:**

08 Ch voz = 84 Kbps → **Se propone 128Kbps**  
Datos = 44Kbps (mín.) – 128 Kbps (máx)

**PARA ENLACE LIMA-ANDOAS:**

16 Ch voz = 168 Kbps → **Se propone 256Kbps**  
Datos = 88Kbps (mín.) – 256 Kbps (máx)

5° En cuanto a la red de gerentes veremos en 4.3.1.2 que se aprovechará los slots disponibles en LIMA1 para servir de dispositivo de acceso a éstos.

6° Para la red de acceso conmutado el cual será visto en 4.3.1.3 se propone la inclusión de un dispositivo de acceso remoto (Dial-Up).

#### **4.3.1.1.3 Red Andoas**

En la red de Andoas se hace una propuesta similar a la de Lima:

1° Para conformar la red Ethernet se propone un switch FastEthernet 10/100. El equipo propuesto para conformar es el mismo propuesto en 4.3.1.1.2.

2° Como dispositivos WAN multiservicio, se propone un (01) MPR 6560 con la misma configuración presentada en la tabla 4.7.

3° Adicionalmente sobre la red de Andoas se debe incluir un dispositivo de acceso a red para todos los campamentos, ello lo veremos con mas detalle en 4.3.1.1.4.

#### **4.3.1.1.4 Red de Campamentos**

En cuanto a la red de campamentos deberá aprovechar la infraestructura de comunicación entre centrales explicada en 4.2.1.2. la tecnología más propicia para éste escenario es la tecnología de acceso remoto digital ISDN, esta tecnología en su

opción básica (BRI) puede ofrecernos hasta 128Kbps lo cual deberá satisfacer al número del número de PC's que exista en cada campamento. Si nos referimos a la tabla 4.3 donde se observa la distribución de PC's por campamento podemos observar que existen agrupamientos de PC's, se dijo también que era imposible colocar todas las PC's de un campamento sobre una misma LAN. Hay grupos de hasta ocho (08) PC's como máximo y de una (01) como mínimo, ello refuerza el empleo de la solución de acceso remoto pues 128Kbps es un ancho de banda suficiente como para atender el tráfico del grupo mas grande (08 PC's). Por tanto se propone la conformación de subredes en los campamentos.

*Elección del dispositivo de acceso remoto para la red de campamentos:*

Para hallar los requisitos del equipo base debemos dimensionar la cantidad de canales DS0 (para determinar el número de E1-PRI necesarios) y el número de módems análogos que va a necesitar el equipo, para ello es necesario consultar la tabla 4.3 la cual puede resumirse en:

- Total de subgrupos con mas de una PC: 10
- Total de subgrupos con una sola PC: 23
- Total de PC's con acceso análogo: 30

Como el comportamiento del tráfico no es continuo sino más bien discontinuo y puesto que el uso de los recursos será en demanda, vamos considerar una relación de uso del canal en el equipo central de 1:2 para los grupos con mas de una (01) PC, mientras que para los grupos de PC's stand alone vamos a ser pesimistas y considerar una relación de uso del canal en el equipo central de 2:1 esto quiere decir que en el lado central consideraremos:

- Total de subgrupos con mas de una PC:

10 → **20 canales** ( ó 10 canales de 128Kbps)

- Total de subgrupos con una sola PC:

23 → **12 canales** (12 canales de 64Kbps)

- Total de PC's con acceso análogo:

30 → **15 canales** (15 canales de 64Kbps)

Por tanto en el equipo central se necesita como mínimo;  $20 + 12 + 15 = 47$  canales DS0 (64Kbps), es decir con **dos (02) E1-PRI** que equivale a 60 canales DS0 estaremos superando toda expectativa.

En cuanto a los módems análogos debe ser equivalente en el peor de los casos al número de PC's con líneas análogas, es decir 30. El equipo a considerar debe incluir **30 módems análogos**.

En realidad hay una variedad de equipos que pueden cumplir éstos requisitos por tanto se va recurrir a un test desarrollado por la revista BCR Magazine en Febrero de 1998.

Los parámetros medidos en aquel test fueron:

- Velocidad efectiva alcanzada
- Medida de la Latencia
- Establecimiento de la conexión
- Efectos de la Compresión
- Carga vs. Throughput

### **Velocidad efectiva alcanzada**

En éstos tiempos coexistían dos corrientes para la definición de la norma de 56Kbps, bien se sabe que hoy la norma que es compatible con ambas es la V.90. Las

versiones existentes x2 y K56Flex Asimétricas de 56Kbps de bajada (Download) y subida (Upload) de 33.6Kbps eran soportadas por uno u otro vendedor. La velocidad de bajada mas alta que se pudo conseguir fue de 49.3Kbps con los equipos 3COM (x2), y 48Kbps con Nortel, Osicom y RAScom (K56 Flex). Tanto Cisco como Ascend alcanzaron un máximo de 46Kbps. ACC solo alcanzó 40Kbps sobre su versión beta de K56 Flex.

### Medida de Latencia

El parámetro latencia es muy importante sobre todo si se desea pasar aplicaciones real-time tal como VoIP, por ello dado que aplicaciones futuras impliquen servicios similares es importante considerar éste parámetro.

En el test realizado se pudo hallar que el retardo introducido por los equipos varía de 34 ms. para el caso del MAX 6000 hasta los 60 ms de ACC sobre paquetes pequeños de 64 bytes (ver Figura 4.8). El Cisco AS5300 dio una latencia de 40 ms.

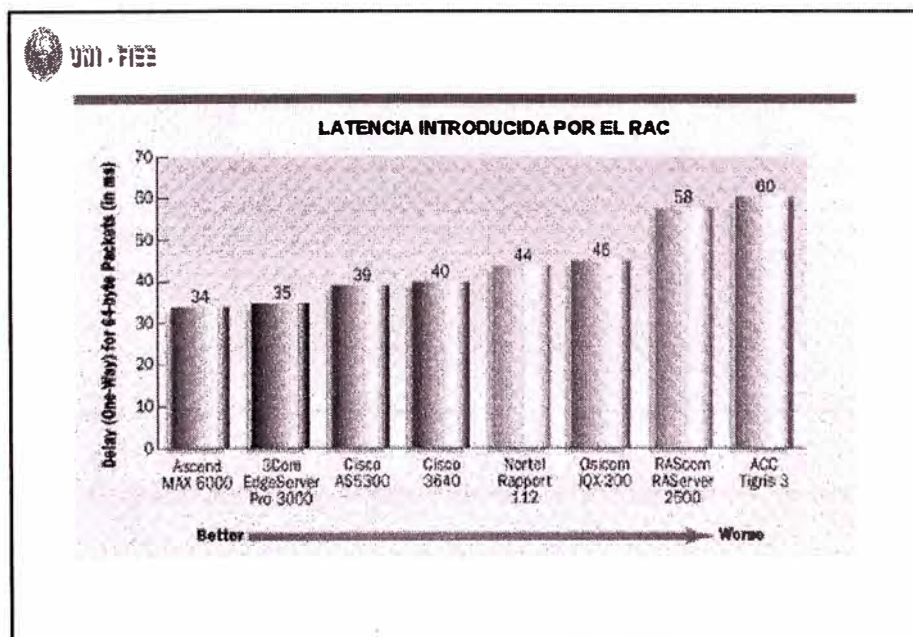


Fig. 4.8 Gráfico de latencia de los diferentes vendedores

## Establecimiento de la conexión

Se observó en el test una amplia variedad de tiempos de conexión, el tiempo que se emplea desde que el módem inicia la llamada hasta que se establezca el enlace PPP. 3COM fue el más rápido con un promedio de tiempo de 21.5 segundos sobre 50 llamadas, mientras que RASCOM fue el más lento con 32.2 segundos. Entre ellos estuvieron: ACC (23.7 seg.), Osicom (25.8 seg.), Cisco AS5300 (27.6 seg.), Cisco 3640 (29.3 seg.), Ascend (31.5 seg.) y Nortel (31.9 seg.)

## Variación del Throughput dependiendo de la compresión

La figura 4.9 muestra como el throughput puede variar dependiendo de la compresión que se configure.

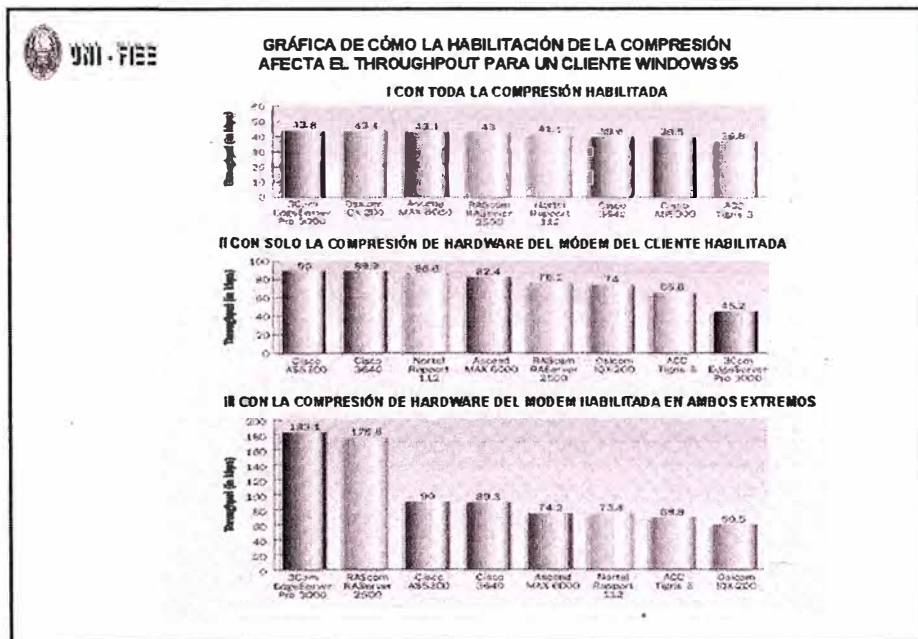


Fig. 4.9 Gráfico del comportamiento del Throughput vs. la compresión

En los tres escenarios, se empleó una PC con Windows 95 para transferir un archivo de 300 Kilobyte de texto ASCII compresible. Los resultados son promedios

de por lo menos tres transferencias y no incluye ningún tipo de cabeceras de red ni o protocolo.

En la figura 4.9 podemos ver como varía la respuesta de los diferentes equipos cuando se habilita la compresión de Hardware (V.42 bis), primero en el lado del cliente y luego en el lado del servidor.

### Carga vs. Throughput

En la figura 4.10 se muestra las respuestas del throughput de los diferentes RACs conforme reciben cargas (conexiones simultáneas). La mayoría de dispositivos mantienen constante su respuesta a la carga salvo los equipos de ACC, Cisco 3640 y RAScom los cuales sufren una degradación considerable.

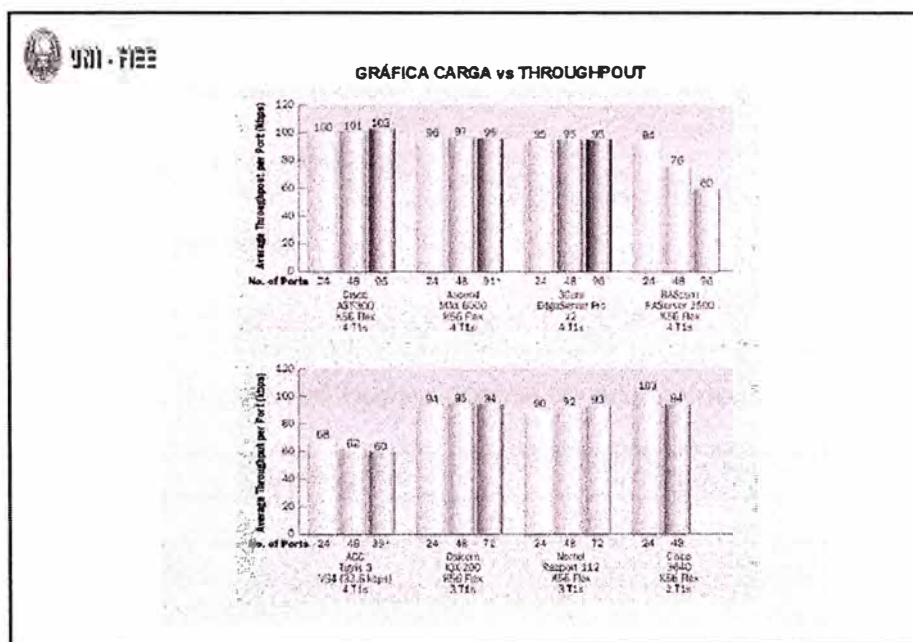


Fig. 4.10 Diagrama de respuestas Carga vs. Throughput

La elección del Dispositivo quedaría entre dos candidatos:

**CISCO:** El AS5300

**ASCEND (HOY LUCENT):** El MAX 6000

Los dos equipos demuestran ser bastante completos mientras que el MAX 6000 es escalable y con una buena respuesta de conexión, el AS5300 ofrece mayor performance.

En éste momento es conveniente ampliar la facilidad de conexión con otros dispositivos de acceso: Para ASCEND podemos encontrar una gran variedad de dispositivos de acceso remoto (Pipeline 15/75/85, MAX 20012, MAX2024, etc.) los cuales según la concentración de PC's en los campamentos pueden proponerse como alternativas de conexión.

**CONCLUSIÓN:** Se elige la solución ASCEND para todo lo que implique acceso remoto, tanto en Lima como en Andoas.

**Propuesta de equipos de acceso para la red de campamentos**

La solución de Acceso Remoto ya se ha determinado que será de Ascend (hoy Lucent) y la propuesta será la siguiente:

**En el lado central se propone:**

- Un (01) MAX 6000 con la siguiente configuración:

Tabla 4.8 – Detalle del equipo central de acceso de campamentos

Item	Descripción	Cantidad	Nota
I	General Chasis		
1.1	MAX6000 02 E1, incluye a 10/100 Base-T Port to LAN, 01 V.35 Serial port	01	Chasis
II	Enlaces WAN		
2.1	48 Digital Modems	01	Módems
III	Configuración de Software y Licencias requeridas		
3.1	Global Digital Access Software		Software del sistema

De lo expuesto anteriormente vemos que se requiere 02 E1-PRI que irán conectados desde la central Opción 61C de Nortel en Andoas hacia el MAX 6000 y

así mismo se conectará su puerto FastEthernet 10/100 sobre la red LAN (ver figura 4.11).

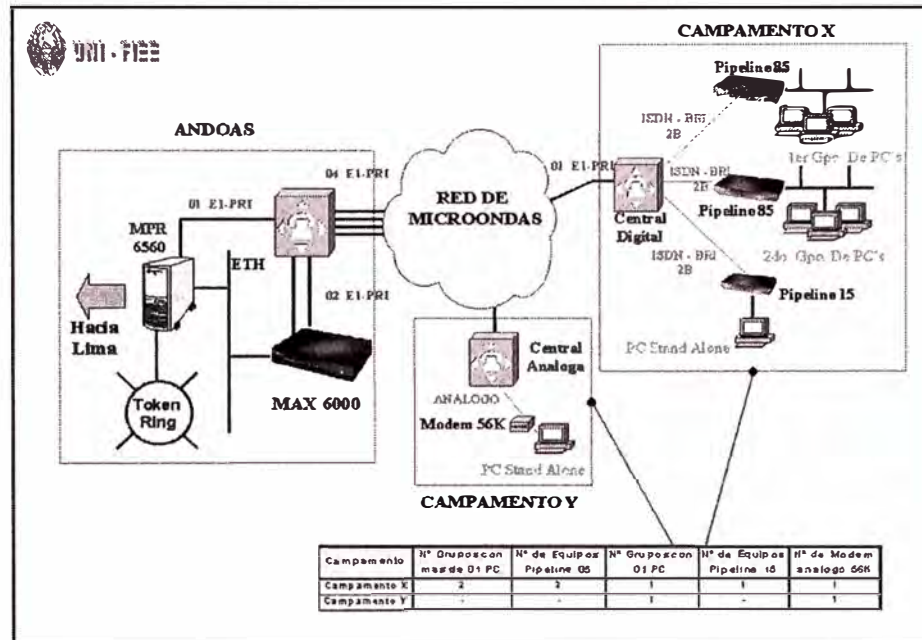


Fig. 4.11 Red de Campamentos

#### En el lado remoto:

Para el lado remoto, es decir para los campamentos se propondrá mas de un equipo pues como ya dijimos no era posible concentrarlos.

La regla será la siguiente:

- Se propone un Módem de 56K US Robotic de 3COM para las PC's Stand Alone que se ubican en centrales análogas. Para grupos de PC's que se ubiquen sobre una central de éste tipo se les tomará como PC's individuales o Stand Alone.
- Se propone un Dispositivo de acceso Pipeline 15 ISDN-BRI 64K-128K por cada PC Stand Alone que se encuentre en campamentos que cuenten con una central digital.
- Se propone un Dispositivo de acceso Pipeline 85 ISDN-BRI 128K por cada grupo de PC's que se encuentren en campamentos que cuenten con una central digital.



La tabla 4.9 muestra la cantidad de equipos requeridos en cada campamento mientras que la tabla 4.10 resume la cantidad de los mismos.

Tabla 4.9 – Distribución de equipos por campamento

Campamento	Nº Grupos con mas de 01 PC	Nº de Equipos Pipeline 85	Nº Grupos con 01 PC	Nº de Equipos Pipeline 15	Nº de Modems 56K
Huayuri	1	1	2	2	-
T. López	2	2	3	3	-
Shiviyacu	2	2	4	4	-
San Jacinto	2	2	3	3	-
Barra	-	-	1	1	-
Dorissa	-	-	3	3	-
Jibarito	3	3	3	3	-
Cap. Sur	4	4	4	4	-
Otros (Total)	-	-	30	-	30
<b>TOTAL</b>		<b>14</b>		<b>23</b>	<b>30</b>

Tabla 4.10 – Resumen de la distribución de equipos en campamentos

Item	Descripción	Cantidad	Nota
I	Modem		
1.1	Modem US Robotic 56K	30	Para acceso ISDN-BRI. PC's Stand Alone
II	Pipeline 15		
1.1	Pipeline 15 Terminal Adapter U Interfase (Include NT1)	23	Para acceso ISDN-BRI. PC's Stand Alone
III	Pipeline 16		
3.1	Pipeline 85 Terminal Adapter U Interfase (Include NT1) with 4 Ports 10 Base-T Hub and 02 Pots, IP routing Firewall & 40 DES	14	Para acceso ISDN-BRI. Para grupos de PC's

#### 4.3.1.2 Red de acceso a gerentes – Lima

Para conformar la red de gerentes en Lima se hace las siguientes propuestas:

- Migrar el circuito de anexo extendido tendido las casas de los gerentes por un circuito dedicado de 64Kbps. Las interfases sugeridas son V.35.

- Instalar un equipo Motorola con soporte de un (01) canal de voz y puerto Ethernet de datos. El equipo idóneo propuesto sería el VANGUARD 320.
- Se elige a Lima1 como el dispositivo WAN central para el acceso de los Vanguard 320. Ello es obligatorio puesto que nuestro equipo Lima2 no posee slots disponibles dado que se ha instalado mayor cantidad de compresores de voz que Lima1.
- Se deben agregar dos (02) tarjetas de expansión SDB-2 V.35 (cada una maneja 02 puertos V.35) para atender a los cuatro gerentes. Observar la Tabla 4.6 donde se especifica la inclusión de éstas tarjetas para éste propósito.
- Se debe configurar el protocolo Frame Relay entre los dispositivos WAN de los gerentes, Vanguard 320, y el MPR 6560 para montar sobre ella VoFR, la cual permita pasar un canal de voz de 10.5 Kbps y deje de 53.5 – 64 Kbps para los datos.

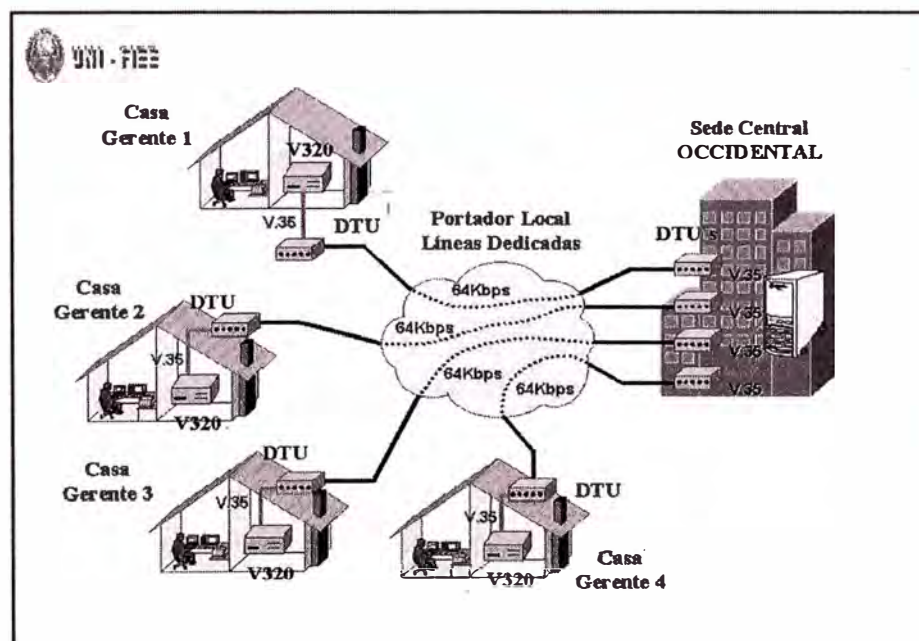


Fig. 4.12 Diagrama de la red de gerentes

La figura 4.12 muestra el diagrama de red para la conformación de la red de gerentes, en ella podemos observar que es migrar las extensiones de anexos hacia

líneas dedicadas de 64Kbps.

La tabla 4.11 muestra la configuración de los equipos en la casa de los gerentes.

Tabla 4.11 – Detalle de los equipos en casa de los gerentes

Item	Descripción	Cantidad	Nota
		<b>04 EQUIPOS</b>	
I	General Chasis		
1.1	Vanguard 320 Base Unit, Worldwide Version	04	Chasis
II	Enlaces WAN		
2.1	V.35 DTE DIM - Port 1 - On Board	04	Puerto principal WAN
III	Puerto LAN		
3.1	ELAN Ethernet LAN - Port 5 (10BaseT)	04	Interfase Ethernet
IV	Troncales de Voz		
4.1	2 Port FXS Vangaurd Packet Voice Daughter Card	04	Tarjeta Interfase de voz
V	Cofiguración de Memorias DRAM y FLASH		
5.1	4 MB Enhanced DRAM	04	08 Mb de memoria
VI	Cofiguración de Software y Licencias requeridas		
6.1	Vanguard 320Multiservice Applications Ware License		Soporte Voz
6.2	Vanguard Release 5.1		Software del sistema

#### 4.3.1.3 Red de acceso conmutado – Lima

Para la red de acceso Dial-Up en Lima se propone un esquema similar al mostrado en la figura 4.13.

Como se puede observar en ella se ha propuesto un dispositivo de acceso más pequeño que el MAX 6000 puesto que las comunicaciones en éste caso serán con menor frecuencia que las comunicaciones en campamentos.

El dispositivo de acceso propuesto es el MAX 200 plus puesto. Este dispositivo puede atender con una compresión de 10:1 hasta 80 usuarios, puesto que maneja cuatro (04) interfases ISDN-BRI 2B que permite la comunicación de hasta 8 terminales simultáneos análogos o ISDN (64Kbps).

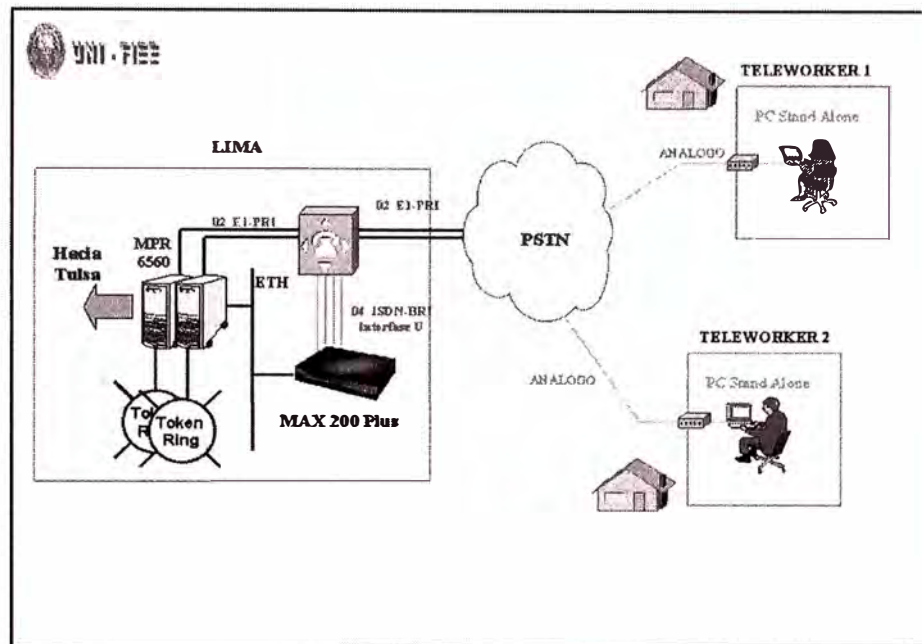


Fig. 4.13 Red de acceso Dial-Up - Lima

#### 4.3.1.4 Plan de Direccionamiento IP

El diseño del plan de direccionamiento parte de la disponibilidad de direcciones IP con las que se cuenta. En éste caso la corporación otorga a Occidental Perú todo el rango de direcciones IP 192.168.160.0 con Mascara 255.255.252.0 para que sea implementado sobre toda la red.

Este bloque (/22) lo vamos a subdividir en cuatro subrangos (/24) como son:

- 192.168.160.0/24 → El cual asignaremos a todos los enlaces WAN y parte de éste rango será asignado a las redes LAN de cada uno de los gerentes.
- 192.168.160.1/24 → El cual asignaremos a la red de Lima donde hay aproximadamente 70 PC's, el rango permite la conexión de hasta 254 dispositivos.
- 192.168.160.2/24 → El cual asignaremos a la red de Andoas donde existen aproximadamente 100 PC's, sobre éste rango no cuentan los campamentos.

- **192.168.160.3/24** → El cual asignaremos a la red de Campamentos, para ello se debe recurrir a un esquema de subnetting para partir éste rango de direcciones en rangos mas pequeños.

Tabla 4.12 – Direccionamiento IP en Lima, Andoas y red de gerentes

Item	IP Net	Subnet	Asignado a:
1	192.168.160.0/24	192.168.160.0/30	WAN: Tulsa - Lima 1
		192.168.160.4/30	WAN: Lima 1 - Lima 2
		192.168.160.8/30	WAN: Lima 2 - Andoas
		192.168.160.12/30	WAN Gerente 1
		192.168.160.16/30	LAN Gerente 1
		192.168.160.20/30	WAN Gerente 2
		192.168.160.24/30	LAN Gerente 2
		192.168.160.12/30	WAN Gerente 3
		192.168.160.16/30	LAN Gerente 3
		192.168.160.20/30	WAN Gerente 4
		192.168.160.24/30	LAN Gerente 4
2	192.168.161.0/24	192.168.161.0/24	Red LAN Lima
3	192.168.162.0/24	192.168.162.0/24	Red LAN Andoas
4	192.168.163.0/24	192.168.163.0/24	Red Camapamentos

El diseño del plan de direccionamiento para cada uno de los campamentos requiere de saber cuantos grupos de PC's existen en cada uno y cuanto es el número de PC's dentro de un grupo para determinar la máscara a ser asignada.

La tabla 4.13 muestra el resultado de hacer un subnetting basado en la información que brinda la tabla 4.12. Como ejemplo pondremos a Huayuri.

De la tabla 4.13 tenemos que Huayuri está conformado por tres (03) grupos de PCs:

- 1er. Grupo de 3 PC's
- 2do. Grupo de 1 PC (stand alone)
- 3er. Grupo de 1PC (stand alone)

Tabla 4.13 – Direccionamiento IP en red de campamentos

Item	IP Net	Subnet	
1	Huayuri	192.168.163.0/29	3 PC's ( 5 máx.)
		192.168.163.9/32	1 PC
		192.168.163.10/32	1 PC
2	T. López	192.168.163.16/28	8 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.32/28	6 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.48/32	1 PC
		192.168.163.49/32	1 PC
		192.168.163.50/32	1 PC
3	Shiviyacu	192.168.163.56/32	1 PC
		192.168.163.57/32	1 PC
		192.168.163.58/32	1 PC
		192.168.163.59/32	1 PC
		192.168.163.64/28	7 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.80/28	5 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.96/28	4 PC's ( 13 máx.)
4	S Jacinto	192.168.163.112/28	3 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.120/32	1 PC
		192.168.163.121/32	1 PC
		192.168.163.122/32	1 PC
5	Bartra	192.168.163.128/32	1 PC
6	Dorissa	192.168.163.132/32	2 PC
7	Jibarito	192.168.163.136/32	1 PC
		192.168.163.137/32	1 PC
		192.168.163.138/32	1 PC
		192.168.163.144/28	4 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.160/28	3 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.176/28	3 PC's ( 13 máx.)
8	Huayuri	192.168.163.192/28	4 PC's ( 13 máx.)
		192.168.163.208/32	1 PC
		192.168.163.209/32	1 PC
		192.168.163.210/32	1 PC

Para darle numeración tomaremos el primer bloque /28 (16 direcciones IP), el cual será dividido al mismo tiempo en dos subbloques:

- 1er Sub-bloque 192.168.160.0/29 el cual permite la conectividad de hasta cinco (05) PC's pues a pesar de implicar ocho (08) IP's se pierden tres (03): la primera y

la última se pierden en identificación de la red (net address:192.168.160.0/29) y dirección broadcast (192.168.160.7/29) simultáneamente mientras que el gateway también resta un (01) IP.

De éste modo, tenemos una **subred de hasta cinco (05) PC's como máximo.**

- 2do Sub-bloque 192.168.160.8/29 lo dividiremos en 08 sub-bloques de 01 PC cada una (/32) para las PC's stand alone.

De éste modo tendremos hasta ocho (08) IP's disponibles. Usamos los dos primeros 192.168.160.9/32 y 192.168.160.10/32 para las dos PC's stand alone en Huayuri.

#### **4.3.2 Propuesta de configuración de los equipos de comunicación.**

##### **4.3.2.1 Configuración de los equipos WAN**

A continuación presentaremos las configuraciones propuesta en los equipos WAN MPR6560 para que puedan interoperar con las redes existentes y permite la implementación de la nueva red.

##### **4.3.2.1.1 Configuración de los equipos Motorola**

###### **- Configuración Frame Relay:**

Parámetros de configuración de los nodos MPR 6560

<b>Parámetro</b>	<b>Nodo Tulsa</b>	<b>Nodo Lima 1</b>	<b>Nodo Lima 2</b>	<b>Nodo Andoas</b>
Node Name	Tulsa	Lima1	Lima2	Andoas
Node Address	100	200	201	300
Node Number	100	200	201	300

Los parámetros del nodo indicarán el nombre y la numeración asignada a los equipos. Es importante considerar la dirección del nodo (Node Address), el cual será

el identificador del equipo, así en la tabla 4.14 al nodo ubicado en Andoas se le ha asignado el nombre Andoas y la dirección 300.

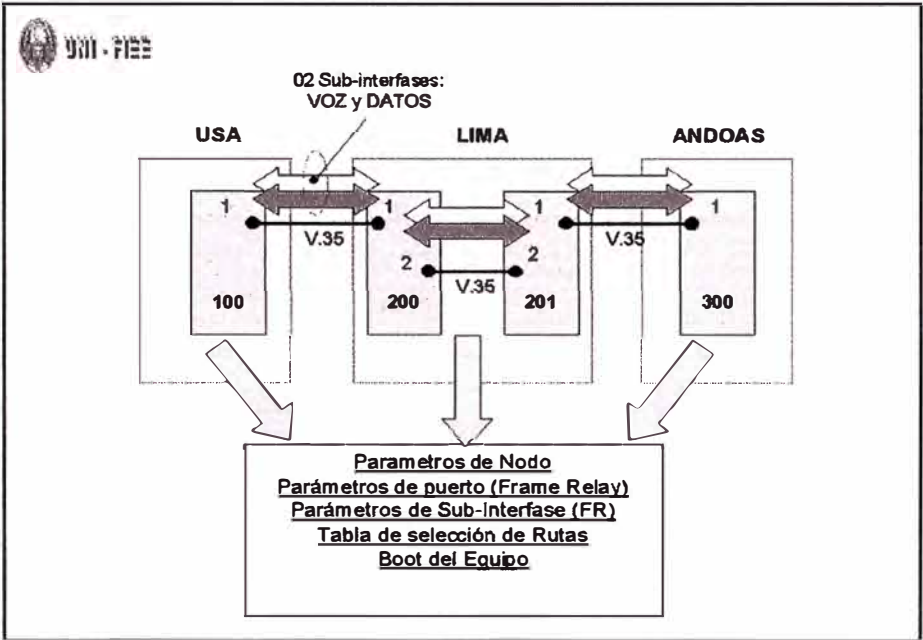


Fig. 4.14 Parámetros a configurar para el Frame Relay

**Parámetros de los Nodos:**

Tabla 4.14 – Parámetros de configuración de los nodos MPR 6560

Parámetro	USA	LIMA			ANDOAS	
	Tulsa	Lima1	Lima1	Lima2	Lima2	Andoas
	(Tulsa - Lima1)		(Lima1 - Lima2)		(Lima2 - Andoas)	
Port Number	1	1	2	2	1	1
Port Type	FR	FR	FR	FR	FR	FR
Connection Type	SIMP	SIMP	SIMP	SIMP	SIMP	SIMP
Clock Source	EXT	EXT	INT	EXT	EXT	EXT
Clock Speed	128000	128000	2000000	2000000	256000	256000
Highest Station Number	2	2	2	2	3	3

Los parámetros del nodo indicarán el nombre y la numeración asignada a los equipos. Es importante considerar la dirección del nodo (Node Address), el cual será el identificador del equipo, así en la tabla 4.14 al nodo ubicado en Andoas se le ha asignado el nombre Andoas y la dirección 300.



### Parámetros de Puertos:

En esta parte se configurará los parámetros de los puertos Frame Relay. A continuación se detalla la configuración en los diferentes puertos de los equipos de comunicación:

Tabla 4.15 – Parámetros de configuración de puertos FR del MPR6560

Parámetro	USA	LIMA			ANDOAS	
	Tulsa	Lima1	Lima1	Lima2	Lima2	Andoas
	(Tulsa - Lima1)		(Lima1 - Lima2)		(Lima2 - Andoas)	
Port Number	1	1	2	2	1	1
Port Type	FR	FR	FR	FR	FR	FR
Connection Type	SIMP	SIMP	SIMP	SIMP	SIMP	SIMP
Clock Source	EXT	EXT	INT	EXT	EXT	EXT
Clock Speed	128000	128000	2000000	2000000	256000	256000
Highest Station Number	2	2	2	2	3	3

En la tabla 4.15 se puede observar que en el enlace Lima1-Lima2, se ha especificado (Lima1) el clock como interno (INT) debido a que este enlace es del tipo back-to-back, es decir se encuentra conectado mediante un cable (Cross Connect). En todos los demás casos se ha especificado que el reloj es externo. La velocidad que se ha especificado para el Cross Connect es la máxima permisible por la interfase del equipo (2,000,000 bps), para los otros casos está determinada por la velocidad que entrega el módem.

El parámetro Highest Station Number indica la cantidad de sub-interfases ha configurar sobre dicho puerto. Basado en la experiencia se ha preferido configurar dos sub-interfases por puerto: uno para servicios de datos y el otro para servicios de voz.

Dado que una sub-interfase puede soportar hasta 15 sesiones de voz simultáneas, se ha visto necesario incluir una tercera sub-interfase entre Lima2-Andoas.

## Parámetros Sub-Interfase (FR)

### *Sub-interfase Frame Relay (para Datos)*

En esta parte se configurará los parámetros de la Sub-interfase Frame Relay para Datos.

Tabla 4.16 – Configuración de subinterfases FR del MPR 6560 para Datos

Parámetro	USA	LIMA			ANDOAS	
	Tulsa	Lima1	Lima1	Lima2	Lima2	Andoas
	(Tulsa - Lima1)		(Lima1 - Lima2)		(Lima2 - Andoas)	
Port Number	1	1	2	2	1	1
Station Number	1	1	1	1	1	1
Station Type	Bypass	Bypass	Bypass	Bypass	Bypass	Bypass
DLCI	16	16	16	16	16	16
Committed Information Rate	128000	128000	2000000	2000000	256000	256000

En la tabla 4.16 se puede notar que para todos los enlaces se ha configurado una sólo sub-interfase de datos del tipo bypass. Una Sub-interfase del tipo bypass, para Motorola, es aquella del tipo Frame Relay neto, vale decir que cae dentro de la especificación estándar FR, no así las del tipo Annex\_g. Para todas estas Sub-interfases hemos especificado el número de DLCI igual a 16.

### *Sub-interfase Frame Relay (para Voz)*

En esta parte se configurará los parámetros de la Sub-interfase Frame Relay para el soporte de Voz.

En la tabla 4.17 se puede observar que se ha elegido como tipo de Sub-interfase Annex\_g, la cual es un tipo de Sub-interfase propietario bastante similar al X.25, implementado por Motorola y propicio para el transporte eficiente de voz. También podemos notar que entre Lima2-Andoas, como lo dijéramos antes, se ha configurado una tercera Sub-interfase con DLCI igual a 18.

Cabe mencionar que las Sub-interfases del tipo Annex\_g al comportarse como los circuitos X.25 necesitan especificar el comportamiento lógico de la Sub-interfase (un DCE siempre está enlazado a un DTE).

Tabla 4.17 – Parámetros de configuración de subinterfases FR para de Voz

Parámetro	USA	LIMA				ANDOAS
	Tulsa	Lima1	Lima1	Lima2	Lima2	Andoas
	(Tulsa - Lima1)		(Lima1 - Lima2)		(Lima2 - Andoas)	
Port Number 1	1	1	2	2	1	1
Station Number	2	2	2	2	2,3	2,3
Station Type	Annex_g	Annex_g	Annex_g	Annex_g	Annex_g	Annex_g
DLCI	17	17	17	17	17,18	17,18
CommittedInformation Rate	128000	128000	2000000	2000000	256000	256000
Congestion Mode	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Link Address	DCE	DTE	DCE	DTE	DCE	DTE
Number of voice SVC Channel	8	8	8	8	15,15	15,15
Frame Segmenter	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled

En cuanto al número de sesiones de voz simultánea, se ha considerado 8 entre TULSA – Lima y 30 entre Lima – Andoas (en dos circuitos de 15 cada uno).

También se ha considerado habilitar sobre todas las Sub-interfases el parámetro Frame Segmenter. Este parámetro conjuntamente con el parámetro Segment Size when voice is present se encargan de fragmentar los datos (interleaving) en frames constantes cuando dan cuenta de la presencia de voz.

*Tabla de Selección de Rutas:*

La configuración de las tablas de ruteo para voz y datos es muy importante pues ello asegura que los frames lleguen a su destino, para entenderla refirámonos a la tabla 4.18, en ella vamos a configurar el enrutamiento del paquete que sale de Lima2 hacia su destino Andoas. Como dijimos al iniciar la configuración de los parámetros se va a utilizar la dirección del nodo para los efectos de enrutamiento. Se debe agregar que marcaremos los paquetes de voz con el número de hunting 60 (ejemplo 30060, 20060, etc.) para diferenciarlos de los paquetes de datos.

Tabla 4.18 – Tabla de rutas FR del MPR 6560

Parámetro	USA	LIMA		ANDOAS
	Tulsa	Lima1	Lima2	Andoas
Entry Number	1	1	1	1
Address	20060	10060	30060	20160
#1 Destination	FRI-1s2	FRI-1s2	FRI-1s2	FRI-1s2
#2 Destination	-	-	FRI-1s3	FRI-1s3
Entry Number	2	2	2	2
Address	30060	30060	10060	10060
#1 Destination	FRI-1s2	FRI-2s2	FRI-2s2	FRI-1s2
#2 Destination	-	-	-	FRI-1s3
Entry Number	3	3	3	3
Address	200	100	200	*
#1 Destination	FRI-1s1	FRI-1s1	FRI-1s3	FRI-1s1
#2 Destination	-	-	-	-
Entry Number	4	4	4	
Address	10094	300	20194	
#1 Destination	LCON	FRI-2s1	LCON	
#2 Destination	-	-	-	

Para que Lima2 pueda enrutar el frame mostrado en el gráfico tendrá dos posibilidades:

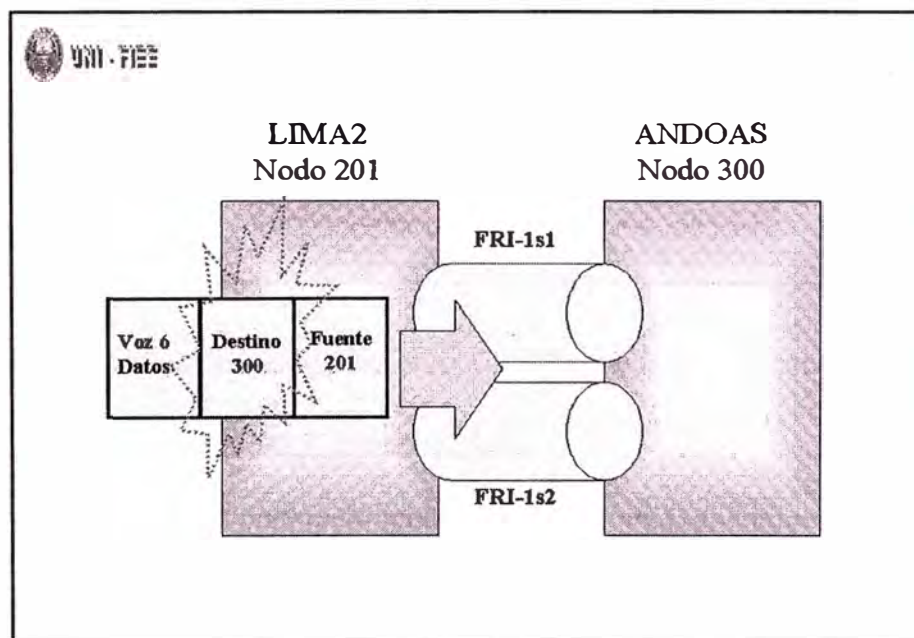


Fig. 4.15 Representación de las subinterfases del puerto 1 (FRI-1)

**Primero:** Si se trata de un frame de voz debemos enrutarlo por las sub-interfases

Annex\_g FRI-1s2 y/o FRI-1s3

Entry Number	1
Address	30060
#1 Destination	FRI-1s2
#2 Destination	FRI-1s3

**Segundo:** Si se trata de un frame de datos debemos enrutarlo por la sub-interfase Bypass FRI-1s1

Entry Number	1
Address	220
#1 Destination	FRI-1s1
#2 Destination	-

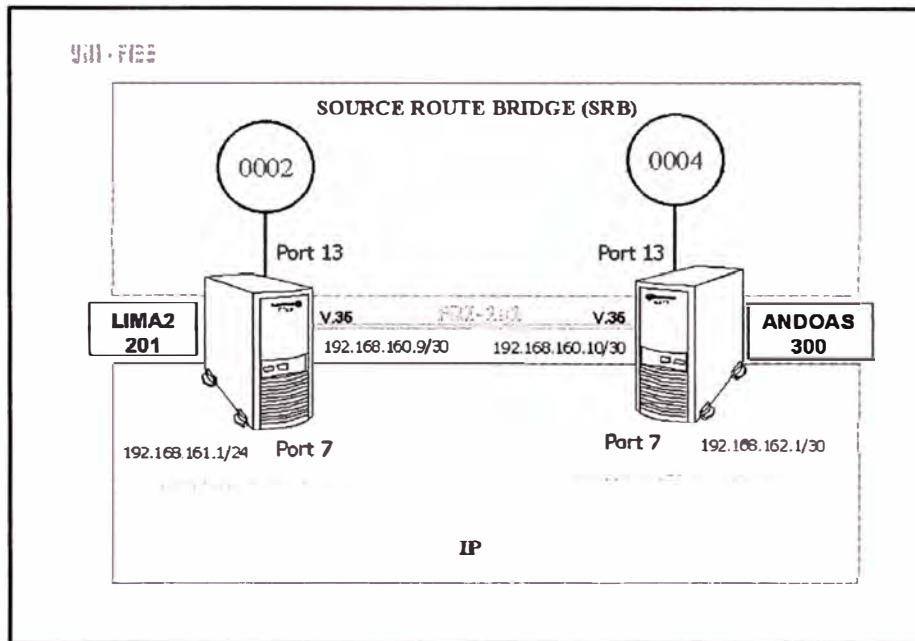


Fig. 4.16 Datos para configuración LAN, IP y SRB entre Lima 2 –Andoas

**Configuración LAN (Ethernet y Token Ring):**

Tabla 4.19 – Parámetros de configuración LAN (LIMA2 – Andoas)

Parámetro	LIMA2		ANDOAS	
	Port 7 - ETH	Port 13 - TR	Port 7 - ETH	Port 13 - TR
*Port Type	ETH	TR	ETH	TR
LAN Cable Type	UTP	UTP	UTP	UTP
*Port MAC Address	-	-	-	-
*Bridge Link Number	-	-	-	-
*Router Interface Number	1	-	1	-
Local Ring Number		0002		0004
Ring Speed		16		16

Sobre las interfases Ethernet implementaremos el protocolo IP, mientras que sobre entre las interfases Token Ring se implementará el SRB.

**Configuración IP (LAN y WAN):**

Tabla 4.20 – Parámetros de Configuración WAN (LIMA2 – Andoas)

Parámetro	LIMA2		ANDOAS	
	IP- ETH	IP - FR	IP- ETH	IP - FR
Interfase Number	1	5	1	5
IP Address	192.168.161.1	192.168.160.9	192.168.162.1	192.168.160.10
IP Address Mask	255.255.255.0	255.255.255.252	255.255.255.0	255.255.255.252
Accept RIP	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled

**Configuración SRB (Bridge para la Token Ring):**

Tabla 4.21 Parámetros de configuración SRB (LIMA2 – Andoas)

Configuración del LAN Connection		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
LAN Forwarder Type	Bridge	ETH
Bridge Link Number	5	UTP
Encapsulation Type	CODEX	CODEX
Autocall Mnemonic		TR_LIMA2
Remote Connection ID		1

Configuración los parámetros del Bridge		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Maximum Number of Bridge Links	36	36
STPE Control	UTP	UTP

Configuración los parámetros del enlace Bridge		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Entry Number	1	1
Entry Number	5	5
Bridge Type	SR	SR
Bridge ID	1	1

Configuración de la tabla de Mnemonicos		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Entry Number	(No Aplica)	1
Mnemonic Name	(No Aplica)	TR_LIMA2
Call Parameter	(No Aplica)	20194

### Configuración VoFR:

De igual manera para la configuración de la voz solamente pondremos de ejemplo a la conexión LIMA 2 – Andoas.

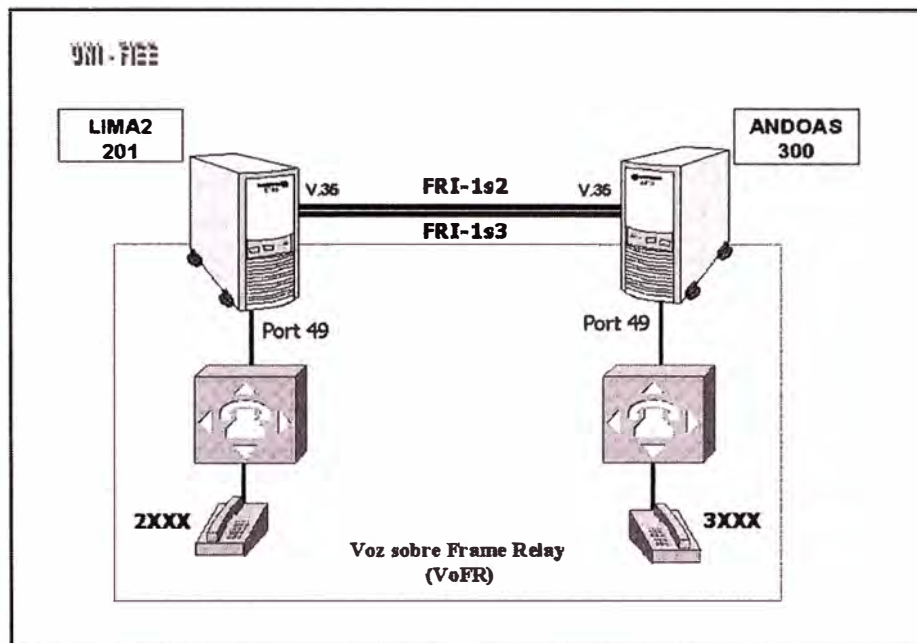


Fig. 4.17 Datos para la configuración de VoFR LIMA2 – Andoas

Lo primero que se debe configurar es la interfase física (E1 – G.703) en la cual se debe habilitar el puerto como PRI, el tipo de switch al que se va a conectar (la PABX Nortel) el cual está ubicado en el puerto 49 de cada router, luego debemos configurar

Tabla 4.22 – Parámetros de configuración de la voz

Configuración de la Interfase E1- PRI		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Port Number	49	49
Port Type	E1	E1
Format	PRI	PRI
ISDN Switch Type	NET5	NET5
User/Network Side	Network	Network
Direction of B-channel Assignment	High_to_Low	High_to_Low
Line Coding	HDB3	HDB3
TX Clock	REC	REC

Configuración para la habilitación de los puertos virtuales		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Port Number	100 (hasta) 115	100 (hasta) 115
Port Type	Voice	Voice
Interface Type	CCS	CCS
Signaling Mode	Normal	Normal

Configuración de los puertos virtuales		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Entry No	1 (hasta) 16	1 (hasta) 16
Port Type	Switched-Voice	Switched-Voice
Port Number	100 (hasta) 115	100 (hasta) 115
T1/E1 Port No	49	49
Group Subaddress (Hunt Group)	60	60

Tabla de conmutación de Voz		
Parámetro	LIMA2	ANDOAS
Entry No	1 (hasta) 16	1 (hasta) 16
RX DTMF Digit String	3***	2***
No. of digits to be RX	4	4
Call Parameter	30060	20160



### 4.3.2.2 Configuración de los equipos de la red de Campamentos

#### 4.3.2.2.1 Configuración de los equipos Ascend

##### Configuración MAX6000:

Para configurar al MAX 6000 es necesario la configuración de los siguientes perfiles: Perfiles de línea, Perfil Ethernet, Perfil de Conexión y perfil de respuesta a conexiones entrantes.

Tabla 4.23 – Configuración de la línea E1 y el puerto Ethernet

Configuración de la línea		
Parámetro	MAX 6000	Comentario
* Sig Mode	ISDN	Habilita señalización ISDN
* Switch Type	Net 5	Tipo de switch que provee el servicio ISDN. Net 5 es la norma Europea ISDN.
* Framing Mode	G.703	Especifica el tipo de framing
* Encoding	HDB3	Especifica el tipo de codificación de línea del E1

Configuración del Ethernet		
Parámetro	MAX 6000	Comentario
(Dentro de Ether Options)		Opciones de Ethernet
* IP Adrs	192.168.162.100/24	IP del Ethernet
* 2nd Adrs	0.0.0.0	Segunda IP (se reserva para incorporarla en el futuro)
* RIP	Both v2	El MAX puede transmitir y escuchar RIP versión 2

Tabla 4.24 – Parámetros de configuración de conexión

Configuración de los parámetros de conexión		
Parámetro	MAX 6000	Comentario
(Dentro de Connections)		Opciones de Ethernet
* Station	Huayuri2	Nombre del usuario remoto (en éste caso del TA pipeline 85 Remoto denominado Huayuri2)
* Active	Yes	Activa el profile
* Encaps	MPP	Habilita el soporte de Multilink PPP
* Route IP	Yes	Habilita el soporte del protocolo IP
*Encaps Options:	Yes	Opciones de Encapsulación PPP
(Configurar passwords de encapsulación PPP)	Yes	
*IP Options:	Yes	Opciones de protocolo IP del nodo remoto
(Configurar el IP del nodo remoto, Huayuri)	Yes	Habilita el soporte del protocolo IP

Configuración de los parámetros de respuesta a conexiones entrantes (ISDN)		
Parámetro	MAX 6000	Comentario
(Dentro de Mod Config)		Opciones de Ethernet
* Module Name	ISDN_Calls	
* Ans 1#	3100	Permitirá rutear todas las llamadas de origen ISDN que llaman al número 3100 a su modulo de Routing (no hacia ningun modem)
* Pool#1 Start	(No es necesario)	
* Pool#1 Count	(No es necesario)	

Configuración de los parámetros de respuesta a conexiones entrantes (Modem)		
Parámetro	MAX 6000	Comentario
(Dentro de Modem Config)		Opciones de Ethernet
* Module Name	Modem_Calls	
* Ans 1#	3100	Permitirá rutear todas las llamadas de origen ISDN que llaman al número 3100 a su modulo de Routing (no hacia ningun modem)
* Pool#1 Start	192.168.163.224	De éste pool de 32 IP's se dará conexión a los campamentos que cuentan con modems análogos
* Pool#1 Count	32	
* Pool#2 Start	0.0.0.0	
* Pool#2 Count	0	

#### **4.4 Cálculo de los consumos de energía y BTU's**

El cálculo de la energía que consumirán los nuevos equipos es un punto importante a considerar, sobre todo para los equipos en la región selva pues en ésta donde no existe ningún proveedor del servicio de electricidad es importante poder disponer de la potencia solicitada. Vale mencionar que Occidental tiene una central generadora de electricidad privada para mover toda la maquinaria pesada con que cuenta la cual genera una potencia tan alta que hace insignificante el requerimiento de energía en ésta parte. La tabla 4.25 hace un cálculo de la potencia necesitada en cada sede. En el caso de Lima y Andoas se tienen los valores mas altos que pueden ser satisfechos con la energía actual con que disponen en sus circuitos destinados para los equipos de comunicaciones.

#### **4.5 Cálculo de la inversión y costos involucrados**

El cálculo de la inversión también es importante a considerar por ello en la tabla 4.25 se presenta a detalle el costo (solamente en equipamiento) implicado para levantar ésta red. El valor obtenido asciende a US \$345, 963 (ver tabla 4.26) este es un precio FOB lo que nos dice que habría que agregarle los costos de internamiento al país.

Tabla 4.25 – Tabla del cálculo de Energía y los BTU's

Item	EQUIPO	CANTIDAD DE EQUIPOS	POTENCIA MAXIMA (POR EQUIPO)	POTENCIA MAXIMA (TOTAL)	BTU MAXIMO (POR EQUIPO)	BTU MAXIMO (TOTAL)
<b>I LIMA</b>						
1.1	MPR 6560	2	500 Watts	1000 Watts	1705 BTU/Hora*	3410 BTU/Hora*
1.2	CATALYST 5509	1	1100 Watts	1100 Watts	3751 BTU/Hora	3751 BTU/Hora
1.3	MAX 200 Plus	1	45 Watts	45 Watts	153.45 BTU/Hora	153.45 BTU/Hora
<b>TOTAL (Watts)</b>				<b>2145 Watts</b>	<b>TOTAL</b>	<b>7314.45 BTU/Hora</b>
<b>II ANDOAS</b>						
2.1	MPR 6560	1	500 Watts	500 Watts	1705 BTU/Hora*	1705 BTU/Hora*
2.2	CATALYST 5509	1	1100 Watts	1100 Watts	3751 BTU/Hora	3751 BTU/Hora
2.3	MAX 6000	1	225 Watts	225 Watts	767 BTU/Hora	767 BTU/Hora
<b>TOTAL (Watts)</b>				<b>1325 Watts</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4518.25 BTU/Hora</b>
<b>III RED DE GERENTES</b>						
3.1	Vanguard 320	1	1365 Watts	1365 Watts	4654.65 BTU/Hora*	4654.65 BTU/Hora*
<b>IV RED DE CAMPAMENTOS</b>						
4.1	Pipeline 15	1	30 Watts	30 Watts	102.3 BTU/Hora*	102.3 BTU/Hora*
4.2	Pipeline 85	1	30 Watts	30 Watts	102.3 BTU/Hora	102.3 BTU/Hora
4.3	Modem 56K	1	100 Watts	100 Watts	341 BTU/Hora	341 BTU/Hora

Tabla 4.26 – Relación de los costos implicados en equipos de comunicaciones

Item	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>III GERENTES</b>					
3.1	VANGUARD 320	Vanguard 320 Base Unit, Worldwide, now includes 12MB of memory	4	564.00	2,256.00
		Vanguard 320 IP Applications Ware License	4	192.00	768.00
		Vanguard 320 Voice Applications Ware License Upgrade	4	72.00	288.00
		Vanguard Voice 2 Port FXS Daughter Card	4	390.00	1,560.00
		<b>TOTAL EQUIPOS MOTOROLA</b>			
<b>TOTAL EQUIPOS EN RED DE GERENTES</b>					<b>4,872.00</b>
<b>IV RED DE CAMPAMENTOS</b>					
4.1	Pipeline 15	PIPE 15 TERMINAL ADPTR U Interface	23	450.00	10,350.00
		<b>TOTAL EQUIPOS PIPELINE 15</b>			
4.2	Pipeline 85	P85 with 4-Port 10b-T Hub, 2 pots, IP, IPX routing, S Interface w/Firewall & 40 DES	14	960.00	13,440.00
		<b>TOTAL EQUIPOS PIPELINE 85</b>			
4.3	Modem	Modem US Robotic External 56K	30	119.00	3,570.00
		<b>TOTAL MODEMS</b>			
<b>TOTAL EQUIPOS EN CAMPAMENTOS</b>					<b>27,360.00</b>
<b>COSTO TOTAL EN EQUIPOS DE COMUNICACIONES</b>					<b>345,963.00</b>

## CONCLUSIONES

Las conclusiones aquí vertidas no quedan en un ámbito teórico puesto que ellas han sido consolidadas y validadas en la práctica misma, los beneficios que forman parte de las conclusiones y que a continuación se presentan los tiene la empresa Plus Petrol quien adquirió la compañía Occidental Perú.

- El diseño de la red permitió la comunicación de todos contra todos: Antes era imposible establecer algún tipo de comunicación de Datos entre los campamentos y la sede en Lima. Luego de la implementación los usuarios en campamentos podían acceder a base de datos en Lima, USA y hasta podían disponer de Internet. Caso similar ocurrió con la Voz post implementación de la red.

- La tecnología de voz usada fue la correcta: La tecnología de voz (VoFR) que se empleó permitió el ahorro de ancho de banda. La ventaja frente a la VoIP era la Calidad de Servicio (QoS) de nivel 2 que maneja Frame Relay frente a la empleada por los protocolos de nivel 3 o superior que usa IP (que aún no está madura) y los niveles de compresión (IP tiene una gran cabecera) que en esos tiempos se tenían. Un canal de voz en Frame Relay con el equipo Motorola alcanzaba los 10.5 Kbps mientras que en VoIP en el mismo equipo subía a 25 Kbps empleando el mismo codificador de voz (Codec).

- Las plataformas elegidas fueron las más indicadas: El emplear Motorola como equipo WAN permitió emplear la menor cantidad equipos (Cisco y Nortel necesitaban equipos complemento) lo cual se refleja como términos de ahorro de

costos y reducción del número de puntos de falla. Por otro lado Motorola ofrecía todas las características solicitadas en ese momento mientras que los otros vendedores tenían como proyección algunos servicios o interfaces requeridas

- Mayores canales de comunicación de voz: Gracias a la compresión de la VoFR se pudo conseguir mayores canales de comunicación de voz entre las sedes, vale mencionar que más tarde Occidental habilitaría cuatro (04) canales adicionales entre Lima – Andoas aumentando el número a veinte (20) con lo cual podría prestar ciertos canales al servicio tanto del ejército peruano ubicado en esta parte de la frontera como a las comunidades nativas.

- Se eligió la tecnología de comunicación correcta de Datos en Campamentos: Para los requerimientos no muy altos de tráfico era suficiente una red Dial-Up con soporte de ISDN y conexiones análogas. El intentar implementar una red tipo ADSL implicaba la inclusión de muchos equipos en las centrales (PABX) de campamento y dispositivos de datos para concentrar los datos de los loop locales por ello se descartó desde un principio.

- Se eligió la tecnología de comunicación correcta de Datos WAN: Para la WAN se podía haber usado otro protocolo serial tal como PPP, pero ello implicaría implementar solamente VoIP el cual como dijimos tiene cierta desventaja con la VoFR, por ello se eligió Frame Relay porque además permite usar circuitos lógicos independientes para diferenciar la voz de los datos.

- Gracias a la implementación de datos en IP se pudieron habilitar nuevos servicios y por ende se ganó simplicidad:

- Mail: Para todos los usuarios de Occidental (Lima, Andoas y Campamentos)

- Internet: Idem anterior

- Sesiones terminal AS/400 sobre IP lo cual aceleraba las transacciones.
- El esquema de implementación de Teleworking trajo algunos ahorros de costos para Occidental y comodidades para los usuarios: Vale mencionar que habían muchos empleados que trabajaban 3 semanas en Andoas y 1 semana en Lima, cuando les correspondía trabajar en Lima tenían que reportarse y presentar algunos informes. Esta nueva red fue provechoso tanto para empleador como para empleados puesto que les permitía cumplir con su trabajo desde la comodidad de sus casas.
- La implementación de la red de gerentes permitió brindar mas servicios: Los servicios que se le habilitaron fueron de la misma gama de los que existían en la red local: Red, correo, Internet, voz, etc.
- La implementación de la red en general trajo consigo muchos beneficios, sobre todo el de ahorro de costos:
  - La automatización de la red dejo de lado el transporte físico de los datos desde los campamentos hacia la central Andoas, lo cual trajo adicionalmente a los ahorros en dinero el ahorro de tiempo.
  - El esquema de teletrabajo ahorra los costos que implicaba mantener una oficina solo 7 días de los 30 que tiene el mes (por la naturaleza del trabajo de algunos empelados que ya se comentó antes)
  - Se evitaban las llamadas Larga distancia entre Tulsa – Lima al disponerse de mas canales.
  - La administración por IP del sistema no hacía necesario el tener personal técnico en cada sede.
  - La recuperación rápida de fallas por el uso de un sistema de gestión centralizada disminuiría las pérdidas.



## **ANEXO A**

### **LISTADO DE GRAFICOS**

Fig. 1.1 Niveles del modelo OSI	7
Fig. 1.2 Categorías del modelo OSI	10
Fig. 1.3 Encabezado por capas	11
Fig. 1.4 Direccionamiento en la capa de Enlace	15
Fig. 2.1 Relación entre los protocolos LAN/ WAN y el modelo OSI	17
Fig. 2.2 Red WAN de conmutación de circuitos	19
Fig. 2.3 Red WAN de conmutación de paquetes	20
Fig. 2.4 Frame Broadcast en Ethernet LAN	22
Fig. 2.5 Trama y Cableado Ethernet	26
Fig. 2.6 Token Ring IBM e IEEE 802.5	28
Fig. 2.7 Transmisión del Token en TR	29
Fig. 2.8 Trama, Token y Codificación TR	33
Fig. 2.9 Conectividad en TR	34
Fig. 2.10 Red FDDI	36
Fig. 2.11 Especificaciones FDDI	37
Fig. 2.12 Trama y Codificación FDDI	41
Fig. 2.13 Clasificación de F.O. según el método de Transmisión	43
Fig. 2.14 Red WAN Frame Relay	45
Fig. 2.15 Identificadores de conexión del enlace de datos (DLCI)	47
Fig. 2.16 Parámetros de control para evitar la congestión	48
Fig. 2.17 Formatos de la Trama Frame Relay y LMI	50
Fig. 2.18 Formatos de la cabecera de Direcciones	51
Fig. 2.19 Puntos de referencia ISDN	55
Fig. 4.1 Ubicación del Lote 1-AB	72
Fig. 4.2 Primera red de comunicaciones Occidental	74
Fig. 4.3 Red UHF en Campamentos	76

Fig. 4.4 Esquema de Interfases mínimas requeridos por el equipo WAN	82
Fig. 4.5 Topología Tulsa – Lima – Andoas	85
Fig. 4.6 Backend de los equipos WAN en Lima	89
Fig. 4.7 Backend de los equipos en Tulsa y Andoas	89
Fig. 4.8 Gráfico de latencia de los diferentes vendors	93
Fig. 4.9 Gráfico del comportamiento del Throughput vs. la compresión	94
Fig. 4.10 Diagrama de respuestas Carga vs. Throughput	95
Fig. 4.11 Red de Campamentos	97
Fig. 4.12 Diagrama de la red de gerentes	99
Fig. 4.13 Red de acceso Dial-Up - Lima	101
Fig. 4.14 Parametros a configurar para el Frame Relay	105
Fig. 4.15 Representación de las subinterfases del puerto 1 (FRI-1)	109
Fig. 4.16 Datos para configuración LAN, IP y SRB entre Lima 2 –Andoas	110
Fig. 4.17 Datos para la configuración de VoFR LIMA2 – Andoas	112

## **ANEXO B**

### **LISTADO DE TABLAS**

Tabla 4.1 – Datos de telefonía y PC's en Lima	75
Tabla 4.2 – Datos de centrales en Andoas y Campamentos	76
Tabla 4.3 – Datos de concentración de PC's en Andas y Campamentos	77
Tabla 4.4 – Requerimientos mínimos para el equipo WAN	83
Tabla 4.5 – Tabla de comparación de características de los vendors	84
Tabla 4.6 – Detalle del Equipo WAN Lima1	87
Tabla 4.7 – Detalle del equipo WAN Lima2	88
Tabla 4.8 – Detalle del equipo central de acceso de campamentos	96
Tabla 4.9 – Distribución de equipos por campamento	98
Tabla 4.10 – Resumen de la distribución de equipos en campamentos	98
Tabla 4.11 – Detalle de los equipos en casa de los gerentes	100
Tabla 4.12 – Direccionamiento IP en Lima, Andoas y red de gerentes	102
Tabla 4.13 – Direccionamiento IP en red de campamentos	103
Tabla 4.14 – Parámetros de configuración de los nodos MPR 6560	105
Tabla 4.15 – Parámetros de configuración de puertos FR del MPR6560	106
Tabla 4.16 – Configuración de subinterfases FR del MPR 6560 para Datos	107
Tabla 4.17 – Parámetros de configuración de subinterfases FR para de Voz	108
Tabla 4.18 – Tabla de rutas FR del MPR 6560	109
Tabla 4.19 – Parámetros de configuración LAN (LIMA2 – Andoas)	110
Tabla 4.20 – Parámetros de Configuración WAN (LIMA2 – Andoas)	111
Tabla 4.21 - Parámetros de configuración SRB (LIMA2 – Andoas)	111
Tabla 4.22 – Parámetros de configuración de la voz	113
Tabla 4.23 – Configuración de la línea E1 y el puerto Ethernet	114
Tabla 4.24 – Parámetros de configuración de conexión	115
Tabla 4.25 – Tabla del cálculo de Energía y los BTU's	117
Tabla 4.26 – Relación de los costos implicados en equipos de comunicaciones	118

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] ALCOCER, CARLOS. Redes de Computadoras. Infolink EIRL. Lima 32, 2000.
- [2] CCDA-Cisco Certified Design Associate Study Guide. Osborne/McGraw-Hill. USA, 2000.
- [3] CISCO Internetwork Operating System Software. Introduction to Cisco Router Configuration: Student Guide, Revisión 11.3. Cisco Systems, Inc. USA, 1998.
- [4] CISCO Products Quick Reference Guide. Cysco Systems, Inc. USA, 1999.
- [5] FORD, MERILEE; LEW, KIM H; SPANIER, STEVE y STEVENSON, TIM. Internetworking Technologies. New Riders Publishing, 1998.
- [6] PALACIOS, LUIS ENRIQUE. Principios Esenciales para realizar proyectos. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, 2000.
- [7] PIPELINE 50/75/85 User's Guide. Ascend Communications, Inc. USA, 1998.
- [8] TEARE, DIANE. Designing Cisco Networks. Cisco Press- Indianapolis, 1999.
- [9] TIMONTHY PARKER, Ph.D. Aprendiendo TCP/IP en 14 días. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.-México, 1997.