



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

“Estudio del Diseño de una Red de Computadoras a Nivel Nacional en lo que se Refiere a la Topología, Asignación de Capacidades de los Enlaces y Enrutamiento, para la Automatización de la Administración Pública.”

## **TESIS DE GRADO**

**Previa a la Obtención del Título de:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**Especialidad: ELECTRONICA**

**Presentada por:**

**GIOVANNI GANDO GARZON**

**Guayaquil, Ecuador**

**1987**

#### AGRADECIMIENTO:

Hago público mi agradecimiento a mis padres, mi hermano, al director de esta tesis, Ing. Jaime Santoro, sin cuya ayuda y apoyo habría sido imposible finalizar este trabajo, además; a mis amigos y compañeros y a todos los profesionales y personas que contribuyeron a desarrollar el mismo.

A Inés,  
a Gerónimo,  
a Gerónimo,  
y a Silvia.



.....  
Ing. Jaime Santoro D.  
Director de Tesis



.....  
Ing. Carlos Villafuerte  
Presidente del Tribunal



.....  
Ing. Sergio Flores M.  
Miembro del Tribunal



.....  
Ing. Pedro Vargas  
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL."

(Reglamento de Exámenes y Titulos Profesionales de la ESPOL).



GIOVANNI GANDO G.

## RESUMEN

El objetivo principal de esta Tesis es el de ser el punto de partida para aquello que la Administración Pública debe desarrollar como la herramienta fundamental para llevar a cabo su trabajo con eficiencia, seguridad y sin pérdida de tiempo: Una Red de Computadoras a Nivel Nacional.

El trabajo se inicia con una breve explicación de los términos y conceptos más usados en Redes de Comunicación de Datos, para luego hacer un estudio exhaustivo de las necesidades que el País, a nivel de Entidades Públicas, tiene de automatizarse, además de un análisis de lo que, hasta ahora, se ha realizado en este campo.

En el tercer capítulo, se hace un estudio de factibilidad de ubicación geográfica de los nodos principales de la Red, con el tipo de interconexión a nivel Regional y el tipo de interface de los circuitos de datos,

indicando además el protocolo más adecuado para que la Red se encuentre dentro de las especificaciones de los adelantos que, internacionalmente se efectúan en esta "Ciencia".

Luego se describe el tipo de interconexión, y la topología definitiva de la Red, decidiendo además, que la misma aproveche los recursos de que dispone IETEL, considerando que en un futuro se va a desarrollar una Red Digital de Servicios Integrados. El capítulo cuatro termina con la recomendación del mejor Método de Asignación de Capacidades de los Enlaces.

En el quinto capítulo se recomienda el tipo de Enrutamiento que la Red debería adoptar, para terminar con una simulación del mismo con un programa PASCAL para computadora.

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL .....	VIII
INTRODUCCION .....	XIII
CAPITULO I:	
Criterios Básicos de Diseño de una Red de Computadoras .....	15
1.1. Definición de Elementos de una Red .....	17
1.1.1. Enlaces .....	18
1.1.2. Control de la Comunicación .....	22
1.1.2.1. Los Protocolos .....	23
1.1.2.2. Detección de Errores .....	24
1.1.2.3. Enrutamiento .....	27
1.1.2.4. Control de Flujo .....	28
1.1.3. Otros elementos Físicos de la Red .....	30
1.1.3.1. Soporte para la Transmisión de Datos .....	30
1.1.3.2. Terminales y Modems .....	36
1.2. Clasificación de las Redes de Computadoras ...	40
1.2.1. Clasificación de Acuerdo a la Topología .....	41
1.2.2. Clasificación Según el Tipo de Conmutación .....	45



1.2.2.1. Redes de Conmutación de Línea.	45
1.2.2.2. Redes de Conmutación de Mensajes (o Paquetes) .....	47
1.3. Parámetros para escoger el Tipo de Red .....	50
1.4. Costo y Retardos de Tiempo .....	53
1.5. Aplicaciones y ejemplos de Redes de Computadoras .....	65
1.5.1. Aplicaciones .....	66
1.5.2. Algunos Ejemplos de Redes .....	68
1.5.2.1. Red TYMNET .....	68
1.5.2.2. Red ARPA .....	69
1.5.2.3. Red TRANSPAC .....	73
1.5.2.4. Red DATAPAC .....	74

## CAPITULO II:

Estudio del Aparato Burocrático Existente para Desarrollar el Proyecto .....	78
2.1. Estudio de Entidades del Estado: Ministerios, Gobernaciones y otros departamentos .....	79
2.2. Necesidad de Automatización, Centros de Mayor Necesidad .....	87
2.3. Subsistemas Funcionales y Sectoriales .....	93

2.3.1. Análisis del Actual Estudio Realizado por la Comisión Nacional de Informática El S.N.I. ....	94
2.3.1.1. Objetivos .....	94
2.3.1.2. Estructura Administrativa del S.N.I. ....	99
2.3.1.3. Financiamiento del S.N.I. ....	108
2.4. Red de Recursos Naturales .....	111
2.4.1. S.I.R.E.N.A.M.A. ....	115

### CAPITULO III:

Diseño Topológico y Alternativas de Enlace entre Nodos .....	128
3.1. Factibilidad de Ubicación de Nodos y Concentradores .....	129
3.1.1. Distribución Geográfica de la Red .....	134
3.2. Topología de las Redes Locales .....	136
3.3. Conexiones Alternativas entre Nodos .....	139
3.4. Interfaces de los Circuitos de Datos .....	145

### CAPITULO IV:

Alternativas de Enlace y sus Respective Capacidades .....	155
4.1. Tipos de Enlace .....	157

4.2. Tráfico .....	162
4.3. Asignación de Capacidades de los Enlaces .....	177
4.3.1. Método de Asignación basado en el Criterio de la Raíz Cuadrada .....	179
4.3.2. Método de Asignación Igual de Capacidades .....	182
4.3.3. Método de Asignación Proporcional de Capacidades .....	183
4.3.4. Criterio de Chebyshev o Min-Max para Asignación de Capacidades .....	185
4.4. Recomendación del Mejor Método de Asignación de Capacidades .....	188
4.5. Análisis de Costos .....	201
CAPITULO V:	
Enrutamiento .....	296
5.1. Congestión de la Red .....	297
5.2. Algoritmo de la Ruta más Corta .....	213
5.2.1. Carencia de Bucles .....	214
5.3. Algoritmos Basados en el Retardo Medio .....	219
5.4. Enrutamiento de la Red Utilizando un Programa de Computadora, basado en el Algoritmo del Camino más Corto .....	223

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....245  
BIBLIOGRAFIA .....248

## INTRODUCCION

El desarrollo del presente trabajo se justifica en la urgente necesidad que tiene el Sector Público de la automatización, que fue analizada por un estudio realizado con el aval de la ONU, y que recomendó la puesta en funcionamiento de una Red Nacional de Datos para 1986.

Este estudio generó la preocupación de la Presidencia de la República que dictó un decreto ejecutivo en 1986 creando una oficina que desarrolle la dicha Red, y que ha encontrado en tal tarea innumerables obstáculos por parte del mismo sistema administrativo que hacen pensar que es casi imposible contar con una Red de Computadoras para la próxima década.

Por esta razón es necesario que las personas que poseen todos los conocimientos técnicos acerca de este y otros problemas, como los estudiantes y docentes de la ESPOL,

adopten una postura hacia el cambio del actual sistema, incrementando no sólo sus conocimientos técnicos, como lo hacen día a día, sino también su poder de decisión y de convencimiento mediante una formación humanista y política que hagan de todo el conglomerado politécnico una fuerza renovadora que contribuya grandemente a sacar al país del subdesarrollo en que está sumido.

El campo de acción de la Tesis que se desarrolla a continuación, es un ejemplo práctico de esto, puesto que es muy sabido que; "Las naciones subdesarrolladas del mundo de hoy son aquellas que llegaron tarde a la revolución industrial; las naciones subdesarrolladas del futuro, serán aquellas que lleguen tarde a la revolución de la información".

## CAPITULO I

### CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO DE UNA RED DE COMPUTADORAS.

Cuando se habla de redes de computadoras, necesariamente se incluye una serie de conceptos que, a simple vista no se tienen presentes, pero que influyen de una manera directa e inmensurable sobre las características, forma de operación y condiciones de diseño.

Estos conceptos parten desde la idea básica de realizar una tarea por medio de un recurso disponible, o de realizar una tarea empleando otras tareas para ello.

Esta es la base del concepto de los que es un SISTEMA DISTRIBUIDO, y se usa este término, porque permite identificar los elementos más fundamentales de una red de computadoras, como son el tipo de interconexión de los recursos, los caminos físicos, los caminos lógicos, el tipo de enlace, la forma de comunicación, el modo de controlar la comunicación para que ésta se inicie y se termine, la detección de errores, la forma de escoger automáticamente los recursos, y muchos más que se los mencionará a lo largo de este capítulo.

Luego se analizará, de los diferentes sistemas distribuidos; Sistemas multiprocesadores, Sistemas multicomputadores, Redes locales y Redes de computadoras, la clasificación de los últimos.

Ya adentrados en lo que compete a este trabajo, se puede analizar los parámetros para escoger el tipo de red, entre estos, se podrá citar, las exigencias topológicas, el tipo de enrutamiento, y los protocolos que utiliza el insipiente equipo instalado actualmente en el Ecuador. No se puede dejar de mencionar los retardos de tiempo que junto con otros parámetros, son fundamentales para escoger el enrutamiento de la red, además del factor costo.

Finalmente, para familiarizarse con las Redes de Computadoras y sus aplicaciones, se mencionará algunos ejemplos reales de redes que están en funcionamiento en todo el mundo, no sin antes hacer hincapié del trabajo desplegado en el Ecuador en lo que a comunicación de datos se refiere, pues aunque es uno de los pocos países que no ha desarrollado este campo, sinembargo tiene al menos una idea de lo que podría ser su propia red de datos.



### 1.1. Definición de elementos de una red.

Inicialmente se debería indicar que las redes de computadoras, según algunos autores, se pueden considerar formadas por dos subredes, como son la red de comunicación y la red de proceso, y a medida que se va desarrollando este apartado, se va a ir indicando los elementos que conforman ambas.

Los elementos de la red de proceso conforman lo que se llama el software del sistema, y los elementos de la red de comunicación conforman lo que se suele llamar el hardware del sistema, además del software, que puede usarse o no en la comunicación.

A este respecto, se puede decir que las redes de computadoras van adquiriendo la necesidad de interconectarse a la distancia, y por esta razón es que se requiere de las Telecomunicaciones, que a su vez permite que cada día más electrónicos que personas dedicadas a lo que se llama Sistemas de Computación tengan más que ver en esta materia.

Las herramientas fundamentales para poner en comunicación a todos estos elementos, son los que conforman la arquitectura del sistema, y se puede

partir del medio en que se llevan a cabo estas comunicaciones:

#### 1.1.1. Enlaces.

Los enlaces permiten el intercambio de información para que los elementos de la red puedan materializar las relaciones entre ellos. La vía de comunicación que logra la realización de este enlace, se lo puede llamar Camino Lógico.

Camino Lógico.- D conexión, es la vía de comunicación, unidireccional o bidireccional que se caracteriza por las prestaciones que brinda, como es el volumen de información. Este volumen de información se lo mide por su velocidad media de transmisión de datos (bits por segundo).

Para que el camino lógico pueda materializarse, el sistema posee lo que se llama el Camino Físico:

Camino Físico.- Es la vía de comunicación

realizada sobre un soporte material capaz de permitir la transmisión de la información, mediante la utilización de alguno de los parámetros físicos de dicho medio.

Las prestaciones de un camino físico quedarán caracterizadas, en general, por el ancho de banda de la señal que es capaz de transportar, que dependerá de las características físicas del medio y de los elementos de emisión y recepción empleados y, en particular por su velocidad de transmisión de información digital, que dependerá de las técnicas utilizadas para realizar la transmisión.

Los caminos físicos, de acuerdo a algunos autores, se clasifican, de acuerdo al tipo de interconexión (fig.1.1), en:

- Camino físico dedicado
- Camino físico compartido
- Camino físico indirecto y
- Camino físico indirecto con  
alternativas

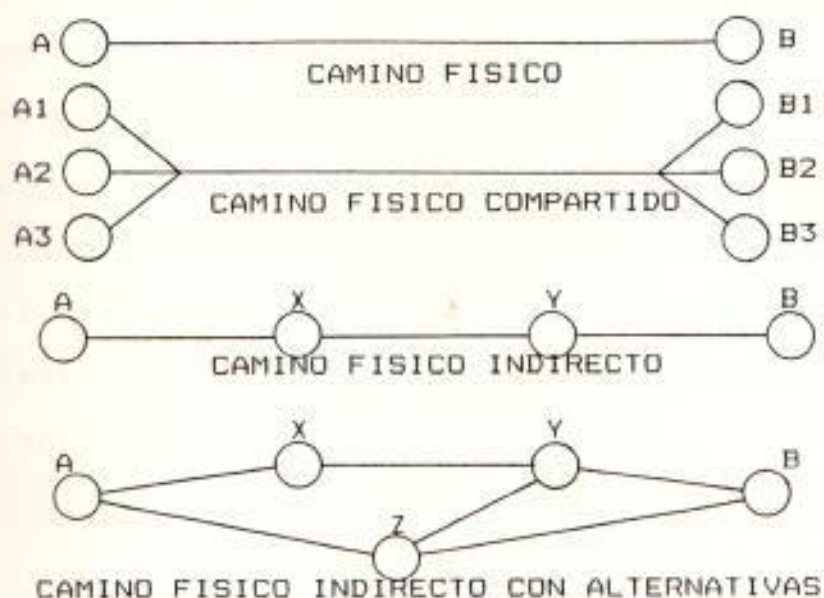


fig. 1.1 Alternativas en la materialización de un camino lógico

Con respecto a la forma de utilizar los caminos físicos; existen dos tipos de transmisión digital; en serie y en paralelo.

La transmisión en paralelo ha quedado limitada para distancias cortas, mientras que la transmisión en serie, para distancias largas. Por esta razón se mencionará los tipos de transmisión en serie:

**Transmisión asíncrona.**- En este tipo de transmisión, cada unidad de información (generalmente 8 bits), queda delimitada por una

cabecera de un bit, que realiza funciones de resincronización del receptor y una terminación (de 1 a 2 bits) que tiene asignadas funciones de separación entre bloques transmitidos. Este sistema proporciona un rendimiento de solo 72% de la información transmitida. (fig. 1.2).

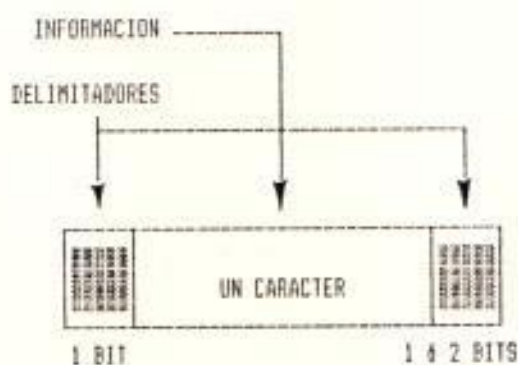


fig.1.2 Estructura básica de la unidad de información utilizada en las comunicaciones asincrónicas.

**Transmisión sincrónica.-** La transmisión de la información, en el receptor, se resincroniza permanentemente, lo que permite aumentar a voluntad la longitud de la información útil transmitida, la que queda delimitada entre una cabecera y en ocasiones una terminación

(habitualmente 2 palabras de 8 bits, en total). El rendimiento aumenta con el tamaño de cada bloque, habitualmente entre 128 y 1024 palabras de 8 bits, lo que permite obtener rendimientos superiores al 99%. (fig. 1.3).

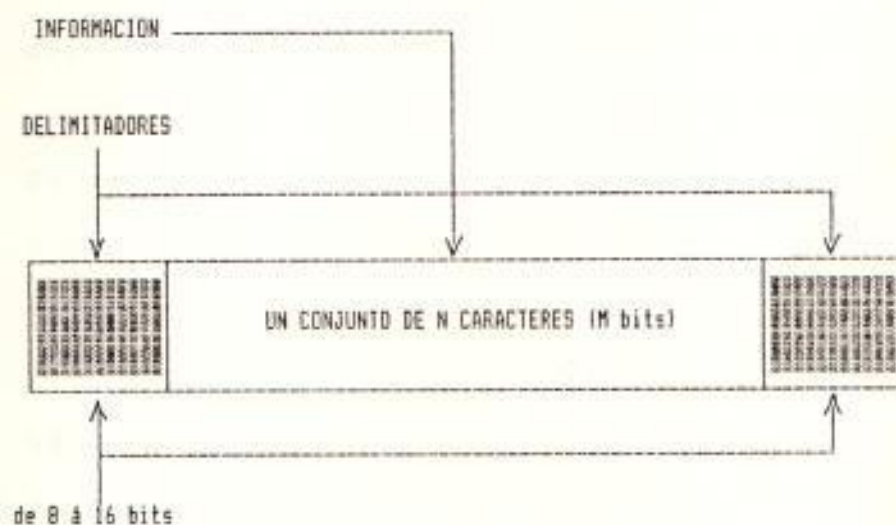


fig. 1.3: Estructura básica de la unidad de información utilizada en las comunicaciones asincrónicas.

Existen tres formas alternativas de explotar los circuitos de datos:

I) Simplex: La transmisión se realiza solamente en un sentido.

II) Semiduplex (half-duplex): La transmisión se lleva a cabo alternativamente en uno u otro sentido, exigiendo un cierto tiempo para cada inversión, que reduce la eficiencia del sistema.

III) Duplex integral (full-duplex): Consistente en la transmisión simultánea e independiente en ambos sentidos, ya sea enviando datos en los dos, o bien datos en uno y control de los mismos en el otro.

Necesariamente, para que la información sea transmitida por los caminos antes especificados, debe haber unas reglas de estructuración de dicha información, de cuyos puntos más destacados se va a hablar en el apartado siguiente.

#### 1.1.2. Control de la Comunicación.

Entre los aspectos más destacados que se utilizan para llevar a cabo un control eficiente en la comunicación, se debe mencionar

el protocolo, los métodos de detección de errores, el enrutamiento y el control de flujo.

#### 1.1.2.1. Los protocolos.

Es el conjunto de reglas que permiten iniciar, mantener y terminar un diálogo entre los diferentes elementos de un sistema.

La forma de realizar un protocolo es mediante mensajes, o mejor dicho paquetes, que entre otras cosas permiten la detección de los errores en la comunicación, la forma en recuperar la información perdida, los métodos para identificar el camino que debe seguir el mensaje y el control de flujo de información (ambos son métodos que evitan que una red se congestione, sobre este asunto se hablará más adelante), además de la identificación del tipo de mensaje que se está transmitiendo.



#### 1.1.2.2. Detección de errores.

Cuando se transmite un bloque de información, puede darse el caso que, por diversos motivos, se produzcan errores en la transmisión, por este motivo existen métodos que permiten detectar un amplio subconjunto de errores, entre los que se puede mencionar:

**Detección mediante bit de paridad.-** Se usa a nivel de carácter, en que el bit de paridad se transmite junto con la información útil (fig. 1.4).

**Detección vertical.-** Se usa a nivel de bloque de caracteres, ya sea en transmisión síncrona o asíncrona, y se complementa también con la detección horizontal.

**Detección horizontal.-** Puede actuar junto con la detección verti-



fig. 1.4: Detección de errores a nivel de carácter.

cal, y genera un nuevo elemento de comprobación, que se obtiene bien sumando en módulo 2 los bits que ocupan posiciones análogas en los caracteres que constituyen el bloque, bien sumando en módulo  $n$  dichos caracteres, siendo  $n$  la longitud en bits de un carácter. La longitud de este elemento es igual a la de un carácter y se transmite junto con la información. (fig. 1.5).

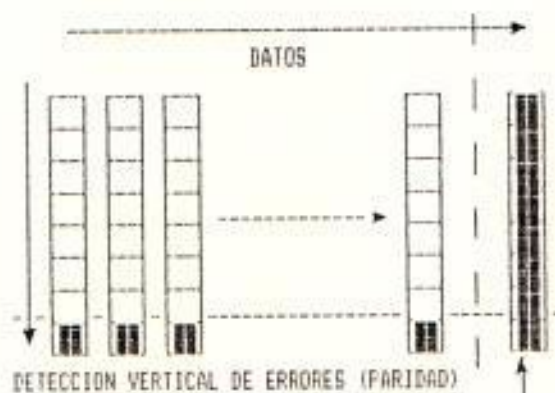


fig. 1.5: Detección horizontal de errores (checksum)

**Detección Longitudinal o Cíclica.**— Suele ser más habitual en transmisión sincrónica, y consiste en que, la información utilizada para la detección de los errores (generalmente de 16 bits), se generara a partir de los coeficientes del polinomio resto obtenido de la división de un polinomio (de grado  $m-1$ ) cuyos coeficientes binarios son los  $m$  bits que constituyen la información, por un polinomio cociente de referencia. (fig. 1.6).



fig. 1.6: Detección de errores a nivel de mensaje.

### 1.1.2.3. Enrutamiento.

El enrutamiento, junto con el control de flujo y la prevención de bloqueo, forman parte de la subred de comunicaciones, y persiguen atacar el problema de la congestión aumentando la eficiencia de la transferencia de datos a lo largo de la red.

Cualquier método o estrategia de enrutamiento (también llamado encaminamiento) debe tratar de conseguir, en principio que el tráfico que llegue a la red sea dirigido a través de ésta, desde su punto de origen hasta su punto de destino, de tal forma que el número total de mensajes en la misma, para un determinado tráfico de entrada, sea mínimo.

En definitiva, se trata de enviar el tráfico de origen a desti-

no de la forma más rápida posible y con la mínima utilización de recursos. Esto a su vez, debe evitar las rutas más cargadas y tender a distribuir el tráfico de la manera más uniforme posible a lo largo de la red.

Se analizarán algunos tipos de enrutamiento en capítulos posteriores.

#### 1.1.2.4. Control de Flujo.

Si bien es cierto que las técnicas de enrutamiento tratan de evitar en lo posible la congestión de la red, también es cierto que, si aumenta la demanda incrementándose el tráfico, a pesar de usar estas técnicas, puede producirse el bloqueo de la red.

Por este motivo, existen los métodos de CONTROL DE FLUJO, que

tiene como principales las siguientes funciones:

- Evitar el bloqueo total y la congestión cuando hay sobrecargas.
- Repartir equitativamente los recursos de la red entre los diferentes usuarios y
- Adaptar la velocidad entre los usuarios externos y la red.

Ahora bien, la forma en que el Control de Flujo logra estas funciones es frenando más a quien más sobrecarga, y si existe falta de acoplo entre las velocidades de transmisión y recepción, el mecanismo de control de flujo debe detectarla y forzar al punto de origen a que adaptara su velocidad a la del punto de destino.

Si, a pesar de las precauciones tomadas con el encaminamiento y el control de flujo, se producen blo-

queos en la red, ésta necesita un mecanismo adicional que es el denominado Prevención de Bloqueos.

### 1.1.3. Otros Elementos Físicos de la Red.

Entre los elementos físicos de la red se van a mencionar algunos que contribuyen a la transmisión de datos, incluyendo nuevos términos y la forma en que se interconectan entre ellos:

#### 1.1.3.1. Soporte para la transmisión de datos.

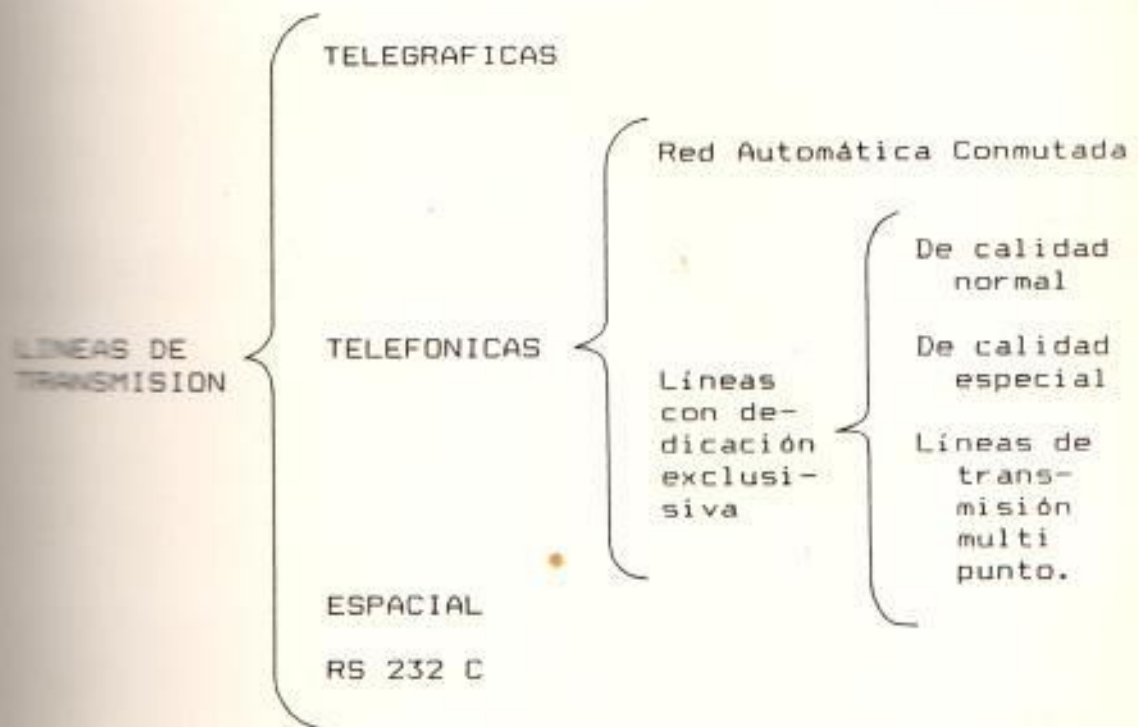
De entre los modos de llevar a cabo la transmisión de datos, se puede mencionar el uso de la Red Telefónica, que con el paso del tiempo se va volviendo más digital, tal es el caso de que en el Ecuador ya existen centrales digitales, y ya se han montado líneas de fibra óptica en previsión de más altas velo-

ciudades de transmisión debido a su gran ancho de banda.

En otros países ya existen Redes Telefónicas Digitales, y en ciertos lugares están en fase de observación las Redes Digitales de Servicios Integrados, que hacen uso de la transmisión digital para proveer servicio de toda índole; telefonía, telegrafía, computación, televisión, etc.

Para hacer una introducción, se va a mencionar los tipos de línea de transmisión, que pueden facilitar la transmisión de datos:





#### A) LINEAS TELEGRAFICAS.

Se usa para la transmisión a bajas velocidades, de 50 bits por segundo, llegando a un máximo de 200 bps, tal es el caso de la Red Telex.

Por sus característica, se usa para distancias cortas, es decir a nivel urbano, y a veces interurbano. (fig.1.7).

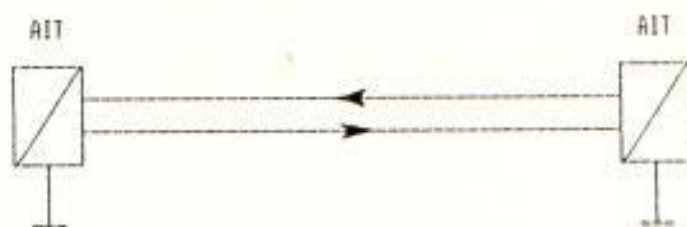


fig. 1.7: Línea de transmisión telegráfica por circuito físico.

Cuando se usan distancias largas, se emplean sistemas multiplex telegráficos (fig. 1.8).



Fig. 1.8: Líneas de transmisión telegráfica por sistema de telegrafía armónica.

## B) LINEAS DE UNA RED TELEFONICA.

De entre estas líneas tenemos las pertenecientes a una RED AUTOMÁTICA CONMUTADA, que son las de una línea telefónica ordinaria, con velocidades típicas de 1300 bps, llegando hasta 2400 bps.

También se puede mencionar las LINEAS CON DEDICACION EXCLUSIVA, en que se usan conexiones Punto a Punto, donde un usuario se conecta con un solo usuario, o conexiones Multipunto, donde un usuario está conectado a varios usuarios.

De entre las líneas con dedicación exclusiva, existen:

- Líneas de calidad normal: con velocidades de 1200 bps, con probabilidad de error de  $5E-5$ , que pueden usarse para medios de transmisión ordinarios o de mejor calidad si es

necesario. Pueden ser líneas de 2 ó 4 hilos y con conexión punto a punto.

- Líneas de calidad especial: Sólo se usan de a 4 hilos y con conexión punto a punto. Su velocidad de transmisión es de 2400 bps en adelante.

- Líneas de Transmisión multipunto: Su forma de conexión es de a 4 hilos, su velocidad va de 600 a 1200 bps, y hoy se puede usar más altas velocidades. (fig. 1.9).

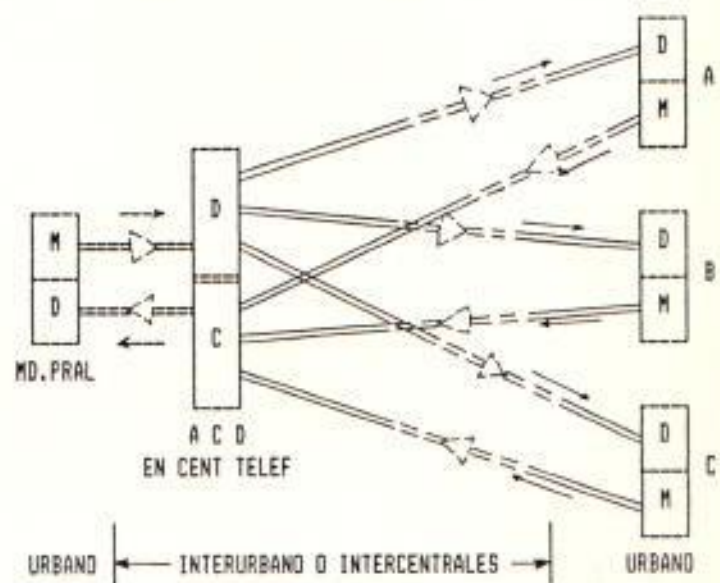


Fig. 1.9: Líneas de transmisión multipunto-paralelo

### C) TRANSMISION ESPACIAL:

Sólo se mencionará que para este tipo de transmisión se emplean Enlaces de Radio o Enlaces Via Satélite.

También se usan otros tipos de enlaces especiales, según su aplicación.

### D) RS 232 C:

Es una interface entre el Equipo Terminal de Datos y el Equipo de Comunicación de Datos, o también llamado MODEM (síntesis entre MODulador y DEModulador), de los cuales se hablará más adelante. Esta interface utiliza un conector DB-25 para el intercambio de datos binarios en serie.

#### 1.1.3.2. Terminales y Modems.

Para terminar, dentro de los elementos de la red, se hablará de

los terminales y de los modems. Los Primeros, pueden clasificarse a su vez en Terminales de Datos y Terminales de Paquetes, y no vale la pena profundizar sobre este aspecto, hasta llegar a próximos capítulos.

Con respecto a los modems, son los circuitos que se encargan de la transmisión de los datos, y para esto, convierten los datos en señales que el medio de transmisión sea capaz de transmitir.

Como el medio de transmisión transmite señales analógicas, el modem es un conversor de señales digitales a analógicas, que consta de codificador(es), y modulador(es) para la transmisión, y de demodulador(es), decodificador(es), y puede tener también receptores de banda base, para la recepción.

**Modulación Digital.-** Existen 4 métodos de modulación digital que utilizan los Modems:

- MODULACION POR CAMBIO DE AMPLITUD:

a cada valor de la señal de entrada, se hace corresponder otro de la amplitud "A" de la portadora. (fig. 1.10)

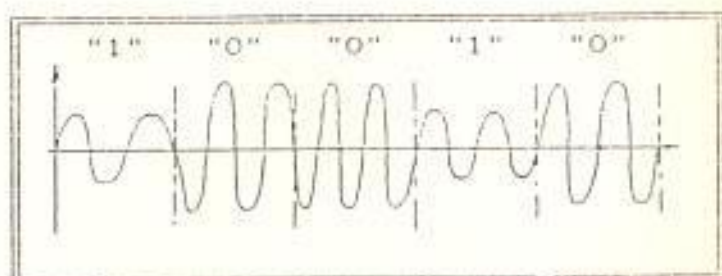


fig. 1.10: Señal de datos modulada en amplitud.

- MODULACION POR CAMBIO DE FRECUEN-

CIA: Consiste en variar la frecuencia de la portadora en función de la señal de entrada. (fig. 1.11).

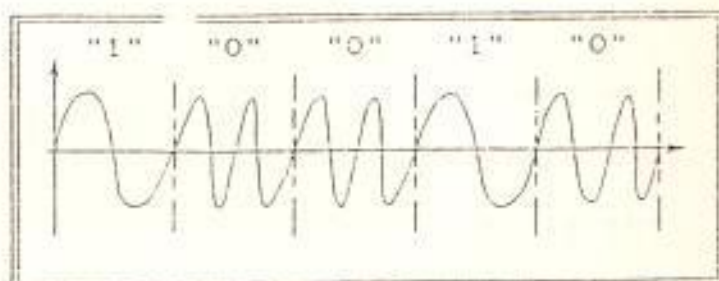


fig. 1.11: Señal de datos modulada en frecuencia.

- MODULACION POR CAMBIO DE FASE: Se provocan saltos bruscos y predeterminados en la fase de la portadora, de acuerdo con la señal de entrada.- (fig. 1.12)

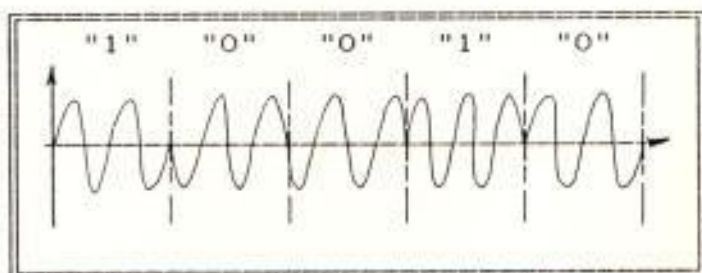
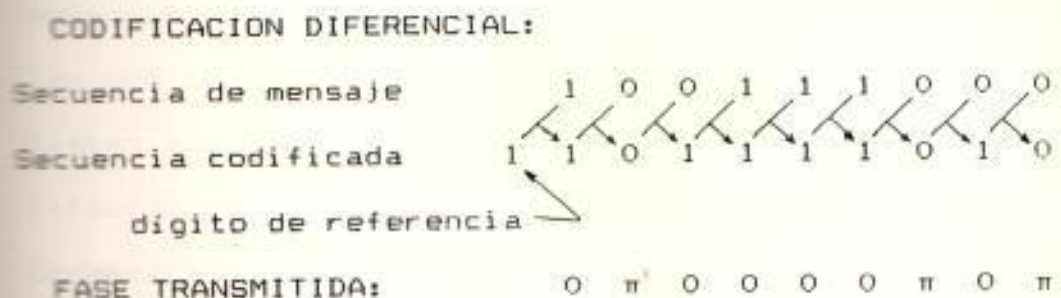


fig. 1.12: Señal de datos modulada en fase.

- MODULACION DIFERENCIAL DE CAMBIO DE FASE: Algunos autores la llaman modulación de cambio de fase no coherente.

Consiste en realizar una codificación diferencial, mediante una puerta de equivalencia de la siguiente manera:





En la fig. 1.13 se puede observar el diagrama de bloques de un Modem que usa Modulación diferencial de cambio de fase:

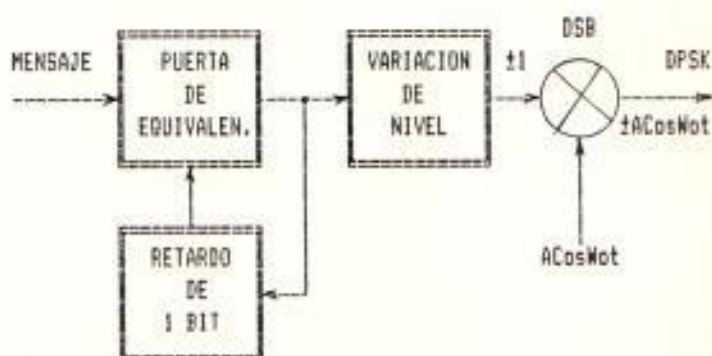


Fig. 1.13: diagrama de bloques de un Modem que usa Modulación diferencial de cambio de fase.

## 1.2. Clasificación de las Redes de Computadoras.

Existen variadas clasificaciones de las redes de computadoras, según muchos autores, pero se va a

enumerar sólo dos tipos de clasificaciones, que son las que constan en la mayoría de los libros que tratan sobre este asunto. Podemos hablar de clasificación de redes de computadoras según el Tipo de Conmutación y según la Topología:

#### 1.2.1. Clasificación de acuerdo a la Topología.

La Topología es la forma de interconectar los NODOS de una red de computadora. Tal diversidad de interconexiones, brinda una serie de alternativas que, para escoger de entre una de ellas, se debe tomar en cuenta una serie de parámetros, que se los mencionará más adelante en otro capítulo.

Las configuraciones más usadas son:

**Configuración Estrella.-** En esta configuración, se tiene un Procesador Central, que está conectado a varios Terminales o Concentradores Remotos o Programables. (fig. 1.14)

Existe la ventaja de que, si se daña un equipo externo, esto no afecta al sistema.

pero si se inhabilita el Procesador Central, toda la red se ve afectada.

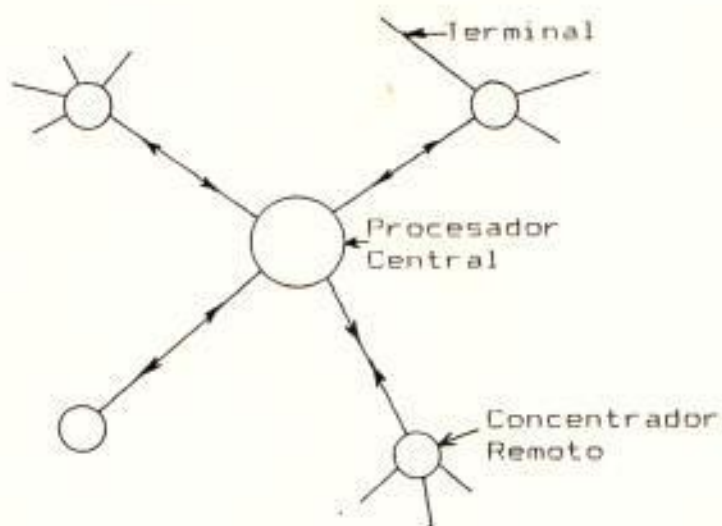


fig. 1.14: Configuración Estrella

**Configuración Lazo.-** La conexión se hace entre un nodo y otro, y luego entre éste y otro y así sucesivamente hasta cerrar una cadena. En esta configuración, el RETARDO en la transmisión de la información aumenta con el número de Nodos. (fig.1.15).

Una característica de estas redes, es que cada nodo no puede ir conectado a más de dos nodos.

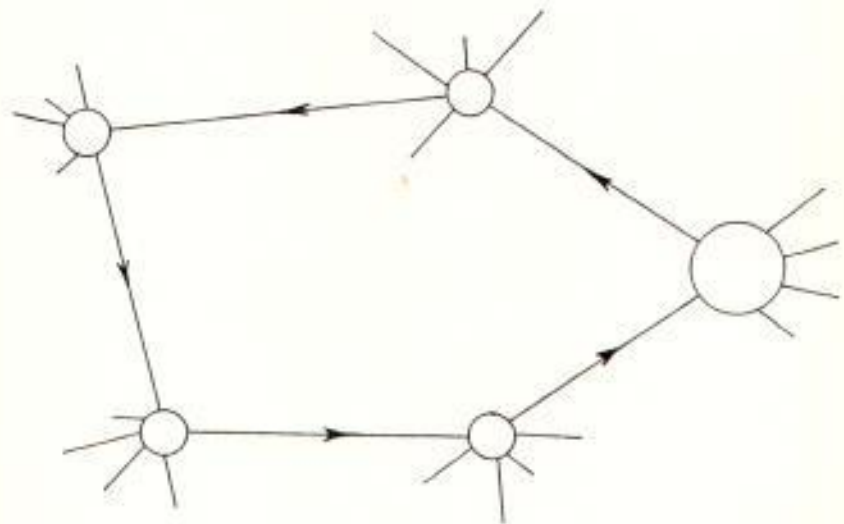


Fig 1.15: Configuración Lazo.

**Configuración Arbol.-** En este tipo de interconexión, también existe un Procesador Central, al cual van conectados otros Nodos, pero se diferencia de la Configuración Estrella, en que a estos últimos, también se pueden conectar unos terceros Nodos, y así sucesivamente.

Esta configuración se recomienda cuando hay diversas zonas donde se recarga la información. (fig. 1.16)

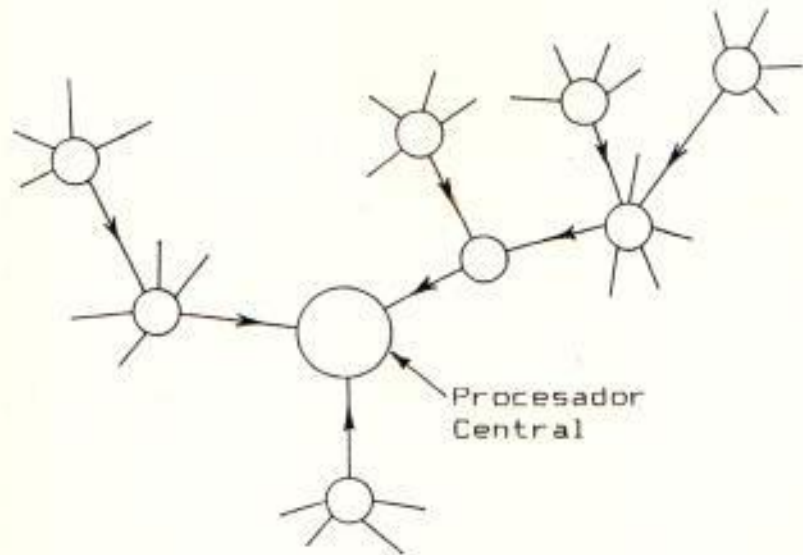


fig. 1.16: Configuración Arbol.

Red Distribuida.- O también llamada de Configuración tipo Malla, tiene una alta fiabilidad y tiene la ventaja de que, al desconectarse un equipo, éste se puede cortocircuitar, y no afectar mayormente al resto de la Red. (fig.1.17)

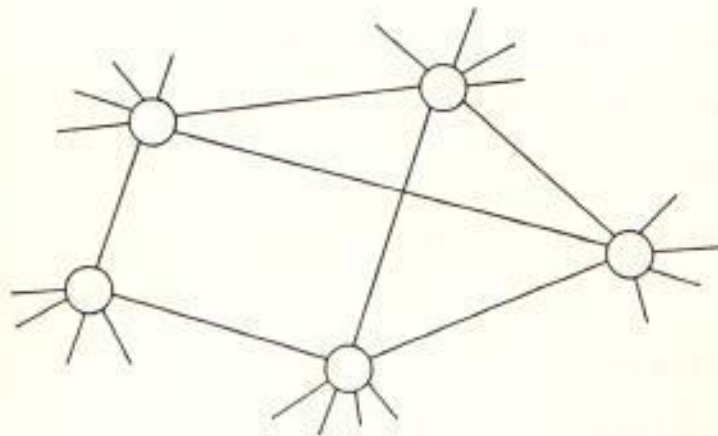


Fig. 1.17: Red Distribuida.

### 1.2.2. Clasificación según el tipo de Conmutación.

Existen dos tipos de Redes de Computadoras según el tipo de Conmutación: Redes de Conmutación de Línea, y Redes de Conmutación de Paquetes.

#### 1.2.2.1. Redes de Conmutación de Línea.

O también llamadas Redes de Conmutación de Circuitos, consisten en establecer un circuito para la comunicación de los sistemas informáticos entre los que se desea el intercambio de información, para esto, se puede usar, o bien la infraestructura de la red telegráfica, o bien la de la red telefónica ya sea a través de la red automática conmutada o mediante líneas dedicadas a las comunicaciones punto a punto o multipunto. (fig. 1.18)

El canal físico existirá al menos durante la conversación entre

dichos sistemas, permaneciendo después en el caso de línea dedicada, o bien desapareciendo en el caso de utilizar la red conmutada.

También se ha definido la Conmutación de circuitos, como el procedimiento que enlaza a voluntad dos o más equipos terminales de datos y que permite la utilización exclusiva de un circuito de datos durante la comunicación.

A través de un sistema de este tipo, los equipos terminales de datos pueden establecer comunicaciones ya sea de tipo asíncrono, ya sea de tipo síncrono; esto es, un sistema basado en el principio de conmutación de línea (circuitos), puede transmitir bien caracteres, bien paquetes.

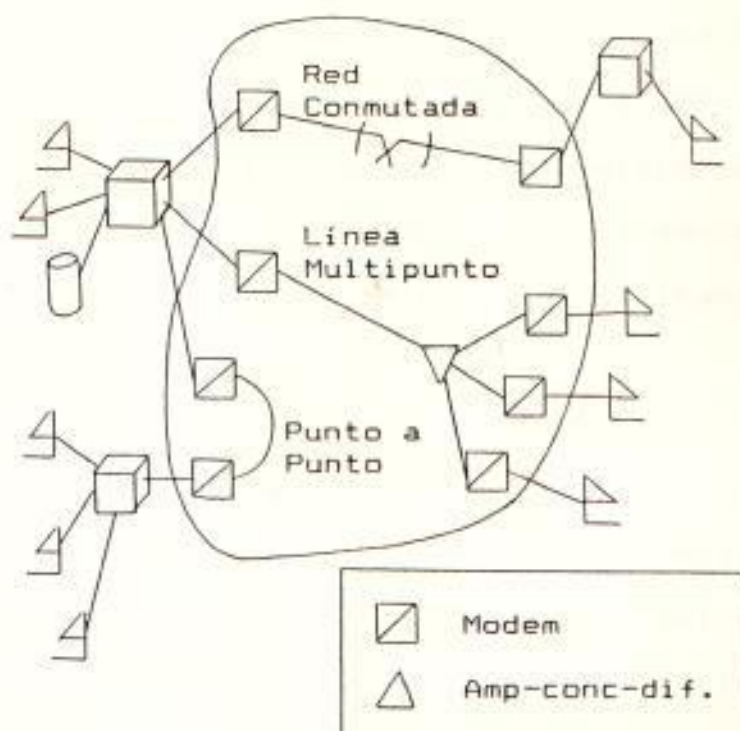


fig. 1.18: Utilización de una red de conmutación de línea.

#### 1.2.2.2. Redes de conmutación de Mensajes (o Paquetes).

La O.I.N., Organización Internacional de Normalización, conocida mundialmente como la I.S.O., define la Conmutación de Paquetes como un procedimiento de transferencia de datos mediante paquetes provistos de



direcciones, en el que la vía de comunicación se ocupa solamente durante el tiempo de transmisión de un paquete, quedando a continuación la vía disponible para la transmisión de otros paquetes.

Una Red de Conmutación de Mensajes está constituida básicamente por un conjunto de nodos o centros de conmutación de paquetes (Fig. 1.19). El nodo de interconexión está constituido por un computador, el cual recibe informaciones a través de los caminos que a él llegan, las almacena, determina el nuevo camino que debe seguir para llegar a su destino y las retransmite.

Aquí se materializa el concepto de almacenamiento y retransmisión, que hace referencia al sistema de establecer un camino lógico de forma

indirecta haciendo "saltar" la información desde el origen al destino a través de elementos intermedios.

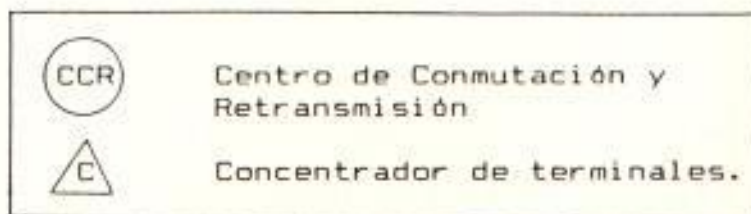
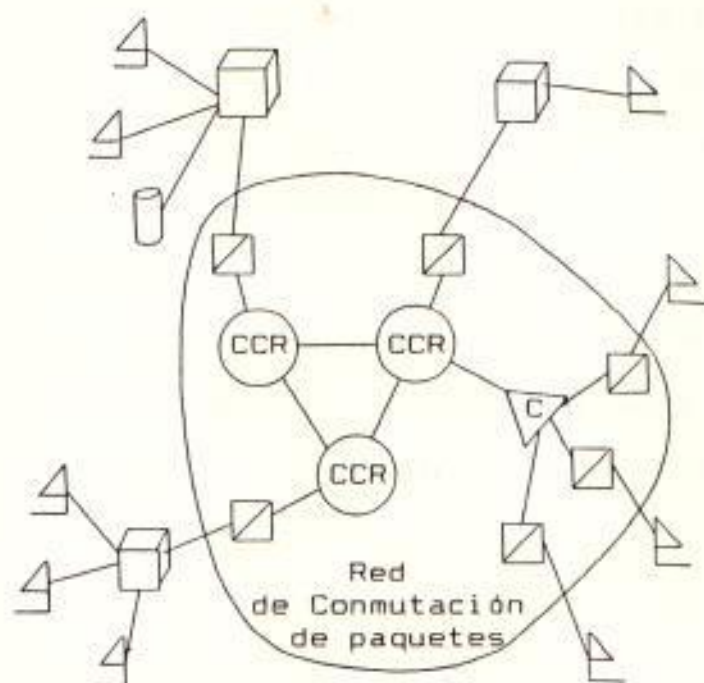


fig. 1.19: Utilización de una red de Conmutación de paquetes

### 3.3. Parámetros para escoger el Tipo de Red.

Cuando se realiza el diseño de una red, lo primero que se hace es establecer los nodos y su ubicación geográfica, y luego de esto se realiza el diseño topológico. Este diseño topológico consiste en escoger entre qué nodos se va a concretar un enlace, y qué tipo de enlace, es decir, en base a la demanda de intercambio de información se unen los nodos. Esto no es definitivo, pues luego se hace un estudio de tráfico, asignando las capacidades a cada enlace y optimizando el diseño en base a ciertos objetivos que debe cumplir la red.

El analizar ciertas limitaciones, como el costo, como el equipo instalado, o ciertas ventajas aprovechables, como enlaces ya materializados e incluso ciertas características con que deben contar ciertos elementos, como respuesta rápida (Respuesta en Tiempo Real), o acceso de múltiples usuarios, permite escoger entre una red de Configuración Estrella, o una red Distribuida, pero muchas veces existe la necesidad de instalar una Red Mixta, es decir, una red que sea una mezcla de las dos.

Algunos de los objetivos generales que debe cumplir la Red, son los siguientes:

**Confiabilidad:** La confiabilidad concierne a la posibilidad de fallos por parte de alguno de los elementos de la red, que la hagan inoperativa en un momento dado. Partiendo de la base de que todo elemento es susceptible de un fallo, se deben tomar las máximas precauciones para que cuando esto ocurra, no se interrumpa el servicio de gran parte de la red:

a) Confiabilidad de Centros, mediante la prevención mediante sistemas de diagnóstico, y duplicación de los equipos de forma que el elemento de reserva pueda tomar instantáneamente el control.

b) Confiabilidad de enlaces, seleccionándolos de tal modo que permitan una alta calidad. También se deben trazar rutas alternativas de forma que la interrupción de un enlace pueda ser atendida por estos otros caminos.

c) Confiabilidad de estructura, que es una consecuencia de las anteriores, y depende de la

topología de la red, debe permitir controlar toda la red, y la posibilidad de ampliación y crecimiento de la misma.

**Seguridad:** Se debe definir la seguridad del sistema, si la información se puede perder, si puede estropearse, o si esa información puede llegar a ser conocida por otras personas.

La red debe contar con procedimientos completos de detección de errores. Si es necesario, se puede contar con grupos cerrados para cada usuario, que asegure el secreto de las comunicaciones.

**Flexibilidad:** Debe existir la facilidad de ampliación, ya sea de la red mediante su concepción modular, como del usuario en cuanto al número de conexiones que requiera, sin restricción ni cuantitativa ni geográfica.

También debe existir flexibilidad, para la adaptación a cualquier tipo de equipo que se va a conectar o para admitir cambios en los sistemas de cualquier terminal.

**Rapidez:** Este parámetro se fija previamente, según la demanda del usuario, y con valores de velocidad entre nodos mucho más altos que de los terminales o concentradores a su respectivo nodo.

**Economía:** Como se describe en el último capítulo de este trabajo, el factor económico es primordial, no solamente cuando se instala la red, con costos de equipos, costos de líneas de enlace, costos de personal de instalación, etc, sino también cuando la red está en funcionamiento.

Se deben preveer en el diseño, todas las pérdidas que podrían ocasionar desperfectos o ampliaciones o cambios en el diseño. También se debe contar con que el personal de operación sea el necesario para el funcionamiento óptimo de la Red.

Muchos de estos parámetros van a permitir también el escoger el tipo de Conmutación con que va a contar la Red.

#### 2.4. Costo y retardos de tiempo.

Como últimos factores que son necesarios cono-

cer, antes de asignar las capacidades a los enlaces y establecer el algoritmo de enrutamiento de la red, se deben mencionar los Retardos de Tiempo y el Costo. Ambos permiten una asignación óptima de capacidades, y es por esta razón que se los va a mencionar en este capítulo antes de entrar específicamente a diseñar la Red objeto de este trabajo.

Primero se va a suponer que se tiene una red de  $N$  nudos y  $M$  enlaces, y el análisis se va a basar en Redes Distribuidas (fig.1.20) y Redes Centralizadas (fig.1.21)

Para la Red Distribuida, se generan mensajes de un Nodo a otro de la misma Red, y se puede llamar  $\tau(jk)$  al número medio de mensaje por minuto que se genera en el nudo  $j$  con destino al nudo  $k$ . Cuando se diseña la Red, este no es un dato del todo conocido, y en un principio, puede tomarse como indicativo de  $\tau(jk)$  un número proporcional al producto de las poblaciones respectivas e inversamente proporcional a la distancia.

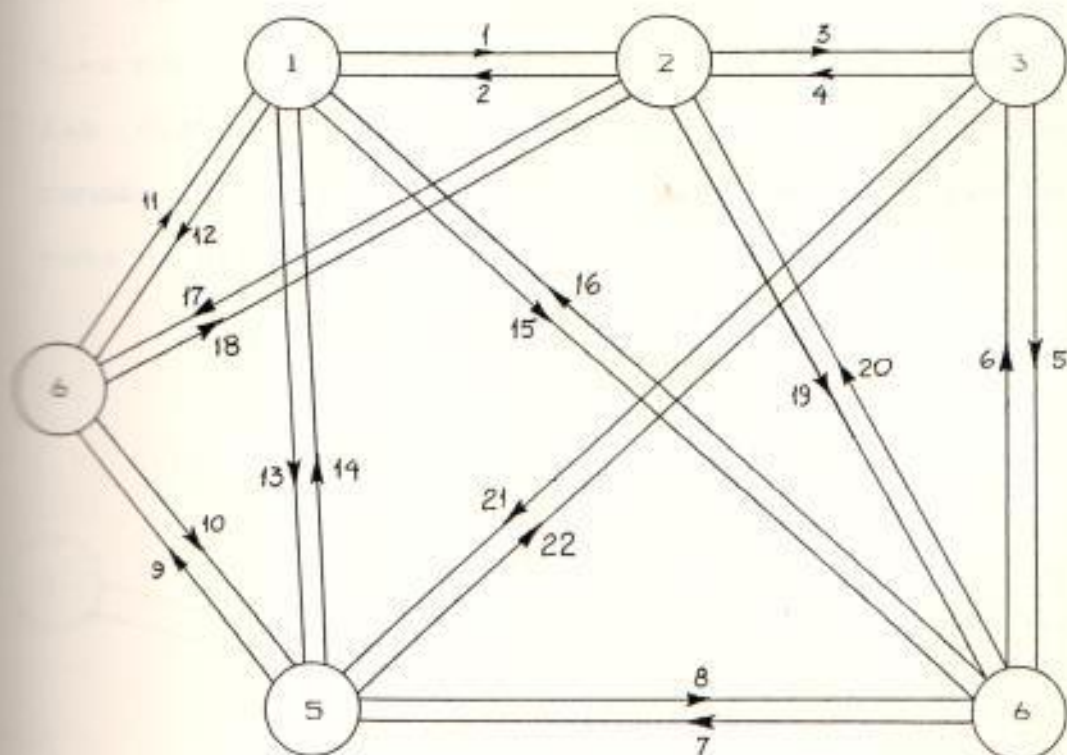


Fig. 1.20: Ejemplo de red distribuida.

Conociendo estos tráficos, el tráfico total que entra en la red es:

$$\tau = \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^N \tau(jk)$$



En redes centralizadas existe una sola alternativa para encaminar los mensajes, mientras que en las distribuidas, el camino a seguirse no se lo conoce de antemano pero se supondrá que se sigue la ruta de distancia mínima.

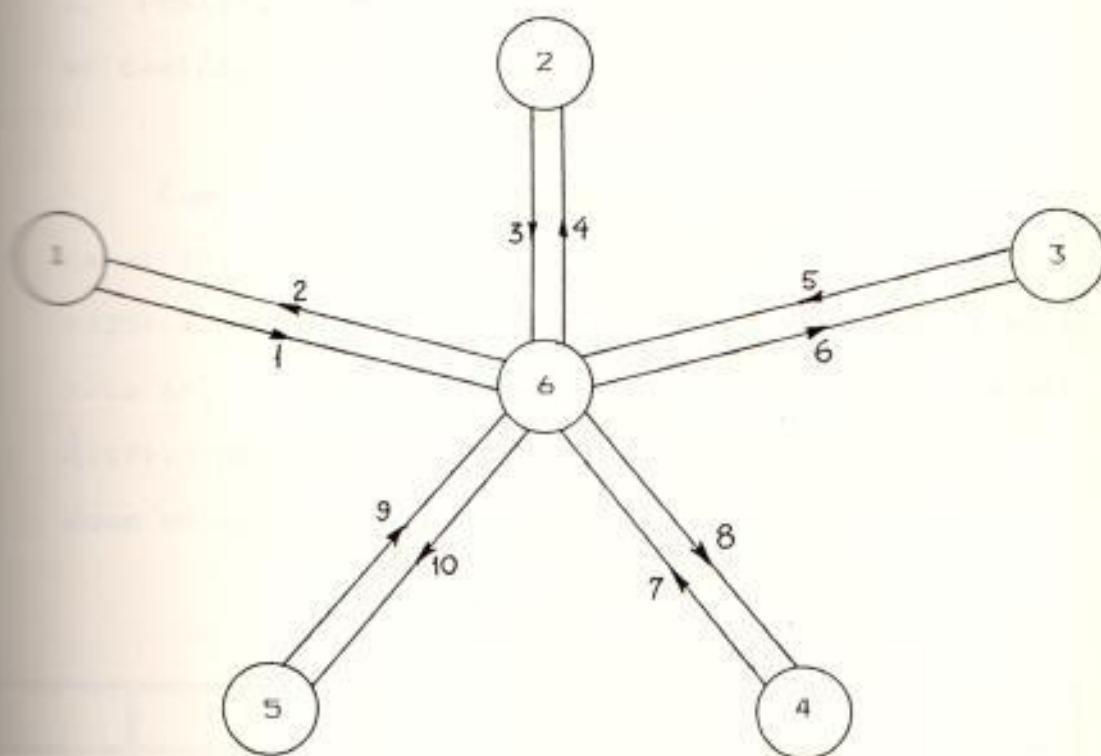


Fig. 1.21: Ejemplo de Red Centralizada.

El cuadro 1.1, da las distancias en Km de los enlaces de la figura 1.20 (el símbolo \* indica que no hay conexión directa).

Con ello el camino  $\pi(jk)$  entre el nodo  $j$  y el  $k$  queda fijado explícitamente. Este camino puede darse con una tabla como la del cuadro 1.2 en la que para ir de un nodo a otro final, se indica el nodo que primero se visita.

Por ejemplo, para ir de 2 á 5 se va primero a 6. Posteriormente, ya en 6, la tabla indica seguir el camino directo (D).

Como consecuencia de esta elección de rutas, el canal 17, por ejemplo, soporta el tráfico  $\tau(26) + \tau(25) + \tau(36)$ , que va del nodo 2 al 6, del 2 al 5 (vía 6), y del 3 al 6 (vía 2). Se denotará por  $\lambda(17)$ . Análogamente para los demás enlaces, teniendo el cuadro 1.3.

	1	2	3	4	5	6
1	-	200	∞	570	400	220
2	200	-	200	450	∞	360
3	∞	200	-	400	570	∞
4	570	450	400	-	400	∞
5	400	∞	570	400	-	220
6	220	360	∞	∞	220	-

Cuadro 1.1: Matriz de distancias en Km de los enlaces de la fig. 1.20.

	1	2	3	4	5	6
1	-	0	2	0	0	0
2	0	-	0	0	6	0
3	2	0	-	0	0	2
4	0	0	0	-	0	5
5	0	6	0	0	-	0
6	0	0	2	5	0	-

Cuadro 1.2: Tabla de encaminamiento de un mensaje desde los nodos de origen (verticales), hacia los de destino (horizontales).

CANALES	TRAFICO
1,2	$T_{12} + T_{13}$
3,4	$T_{13} + T_{23} + T_{63}$
5,6	$T_{24}$
7,8	$T_{45} + T_{46}$
9,10	$T_{44} + T_{54} + T_{25}$
11,12	$T_{14}$
13,14	$T_{15}$
15,16	$T_{14}$
17,18	$T_{25} + T_{26} + T_{35}$
19,20	$T_{24}$
20,21	$T_{35}$

Cuadro 1.3: Asignación de tráficos a cada enlace según enrutamiento de camino más corto.

El que los canales en ambas direcciones estén igualmente cargados es fruto de la simetría de los tráficos y del encaminamiento, sin embargo no es un hecho esencial.

Cuando un mensaje entra a un nodo, la detección de errores, el cambio de algunos de sus bits, el encaminamiento, etc. lleva cierto tiempo, además del tiempo de espera en el buffer de salida, como se indica en la figura 1.22, del tiempo de utilización del canal y el tiempo de propagación. Todos estos tiempos se incluyen en el tiempo de atravesar un enlace. El tiempo de proceso es prácticamente constante y muy pequeño, el de propagación depende de la distancia, pero es también muy pequeño (ambos del orden de los 0.4 ms. para 100 Kms), por esta razón se desprecian ambos.

En cuanto al tiempo de transmisión, suponiendo que el canal  $i$  tiene una capacidad de  $C(i)$  bits/s y que la longitud media de los mensajes es  $L$  bits, valdrá  $L/C(i)$  seg.

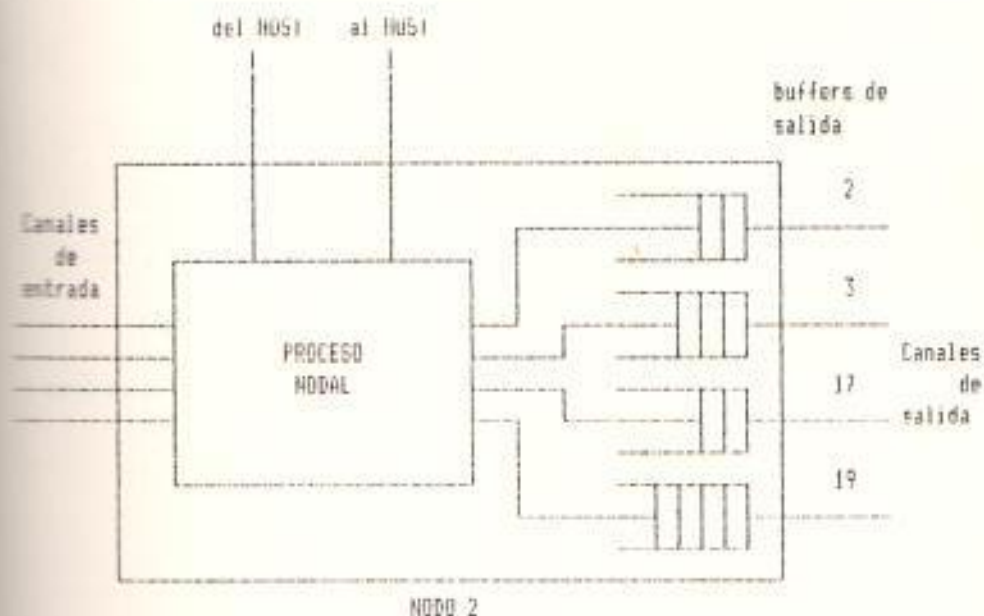


Fig. 1.22: Estructura interna típica de cada nodo principal mostrada para el nodo 2 de la fig. 1.20, con su respectivos buffers de salida.

Si  $\lambda(i)$  es el número medio de mensajes/segundo que atraviesan el canal  $i$ , el número medio de bits por segundo es  $\lambda(i)L$ , que obviamente debe ser menor que  $C(i)$ . Mientras más cerca se este de esa condición límite, más próximo se está a la saturación, mayores serán las colas que se formarán y por ello los tiempos de espera. Por otra parte, si  $\lambda(i)L/C(i)$  es cero, el tiempo de espera debe ser cero.

Bajo determinadas condiciones que se explican a continuación, se tiene que el tiempo de espera está dado por la fórmula:

$$\frac{L}{C(i)} \cdot \frac{\frac{\lambda(i) \cdot L}{C(i)}}{1 - \frac{\lambda(i) \cdot L}{C(i)}}$$

Por ello el tiempo medio  $T(i)$  empleado en el enlace  $i$  es:

$$T(i) = \frac{L}{C_i} + \frac{L}{C_i} \frac{\frac{\lambda_i L}{C_i}}{1 - \frac{\lambda_i L}{C_i}} = \frac{L}{C_i} \frac{1}{1 - \frac{\lambda_i L}{C_i}}$$

Las condiciones bajo las que la fórmula anterior es cierta son esencialmente: longitud de mensajes distribuida exponencialmente, tiempo entre mensajes también distribuido exponencialmente e independiente del tiempo de transmisión de los mensajes, y buffers infinitos (no hay bloqueo) o suficientemente grande para que a la red le parezcan infinitos. Todos esas condiciones son sólo aproximadamente ciertas en la práctica, pero resultados experimentales obtenidos en algunas redes muestran concordancia sorprendente con los valores teóricos para redes de moderada conectividad.

Si  $\tau(jk)$  es el tiempo medio que tardan en llegar los mensajes que van del nodo  $j$  al  $k$ , el tiempo medio  $T$  que tarda un mensaje de ir de extremo a extremo de la red es:

$$T = \sum_{j \neq k} \frac{Y_{jk}}{Y} \tau(jk)$$

Que también se puede escribir:

$$T = \sum_{j \neq k} \frac{Y_{jk}}{Y} \sum_{c \in \pi(jk)} T(i)$$

donde  $c(i)$  son los canales que pertenecen al camino  $\pi(jk)$ . Así

$$T = \sum_{i=1}^M \frac{T(i)}{Y} \sum_{j,k \in \mathcal{L}(i)} Y(jk)$$

donde  $j$  y  $k$  son tales que el camino  $\pi(jk)$  contiene el enlace  $c(i)$ . Finalmente:

$$T = \sum_{i=1}^M \frac{\lambda(i)}{Y} T(i)$$

ya que

$$\lambda(i) = \sum_{j \in S(i)} \tau(jk)$$

con lo que al conocer  $T(i)$ , se tiene una fórmula explícita para el retraso medio de los mensajes de extremo a extremo.

Si se habla del tiempo de respuesta,  $T(R)$ , éste es la suma de tres tiempos parciales: espera y transmisión desde el terminal al computador, procesado en éste y, finalmente, espera y transmisión desde el computador al terminal, como lo indica la figura 1.23 (cuando hay tráfico de vuelta), y la figura 1.24 (cuando no hay tráfico de vuelta).

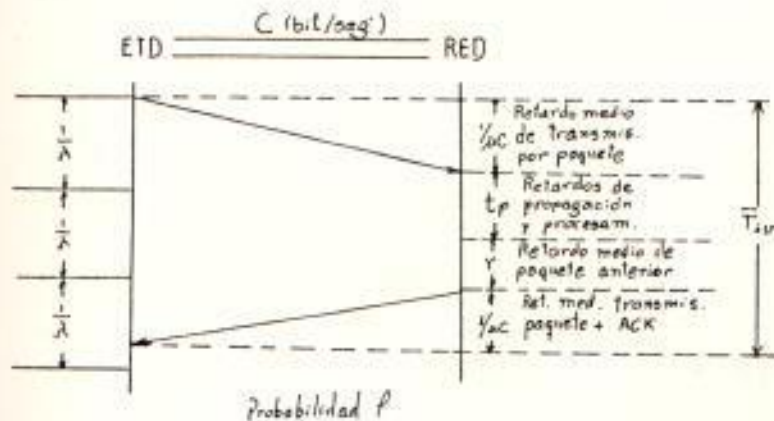


Fig 1.23: Representación de los retardos en el acceso a la red con tráfico de vuelta



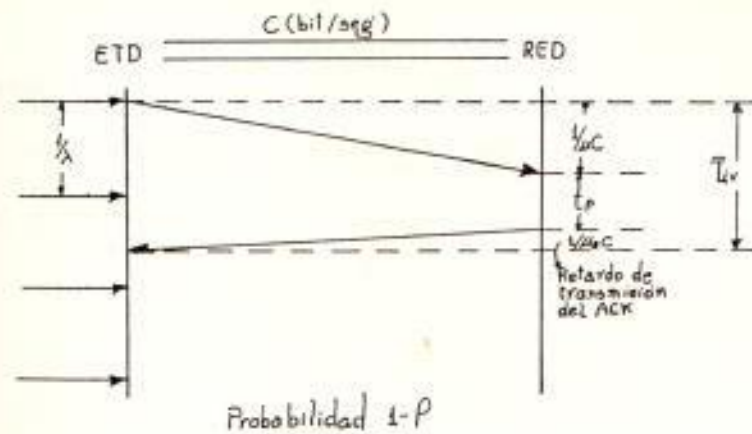


Fig. 1.24: Representación de los retardos en el acceso a la red, con tráfico de vuelta.

En definitiva, el estudio de los costos y retardos de tiempo se utilizan en la asignación de capacidades, como también en las consideraciones para escoger el enrutamiento, por ejemplo, en el modelo de Golestaani y Gallager se considera la variación del costo para cada sesión entre un par origen destino  $(i,j)$ ,  $e(ij)$ , con respecto a la tasa de entrada,  $r(ij)$  en bits por segundo:

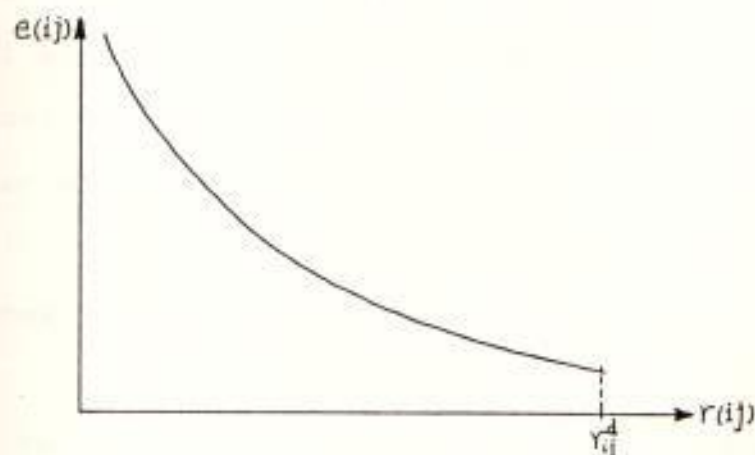


Gráfico 1.1: Costo  $e(ij)$  de la tasa máxima impuesta a la sesión de  $i$  a  $j$ .

Como también una función de los costos para cada enlace  $l$  en función del flujo de tráfico  $f(l)$  en bits/s que discurre en el enlace:

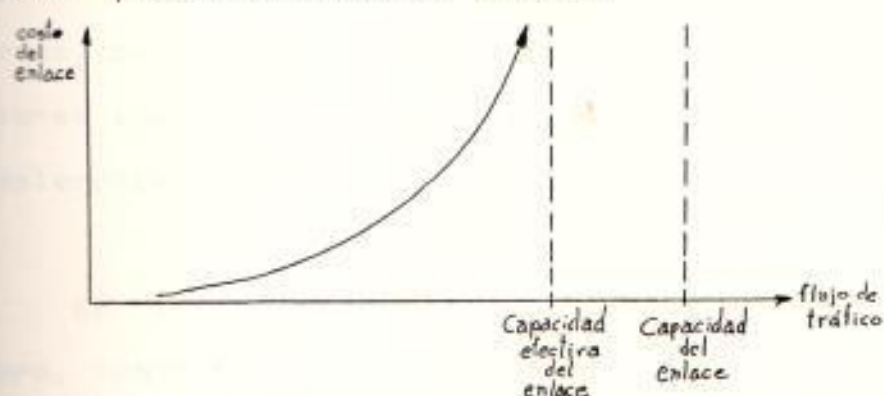


Gráfico 1.2: Costo de congestión del enlace  $l$ .

Ambas consideraciones se hacen con el objeto de seleccionar las tasas y las rutas de las sesiones a lo largo de la red para hacer que el costo total sea el más pequeño posible.

Sobre este tema se hablará en el capítulo pertinente al enrutamiento, y con respecto al análisis de los costos y retrasos nodales, no es de interés profundizar más para el desarrollo de este trabajo.

### 3.3. Aplicaciones y ejemplos de Redes de Computadoras.

Para terminar el capítulo se va a mencionar algunas aplicaciones de las redes de computadoras, y

algunas redes que están en funcionamiento desde hace más de una década. El objetivo de este apartado es formar una idea de cómo están constituidas dichas redes, para, a partir de ellas, tomar algunas condiciones y parámetros que permitan ayudar al diseño e implementación de la Red objeto de esta tesis.

Se analizarán rápidamente las redes TYMNET, ARPA, TRANSPAC, DATAPAC, y algunas se las mencionará, como la red SITA, SERVICIOS DE INFORMACION GE, y la red IBERPAC. Tampoco se dejará de mencionar lo que el Ecuador tiene planificado implementar como Red, que es el llamado Sistema Nacional de Informática.

#### 1.5.1. Aplicaciones.

Distribuidas en todo el globo terrestre, se encuentra una gran cantidad de redes para la comunicación de datos mediante computadoras; además de las que se encuentran en desarrollo o a punto de ser instaladas; cuyo propósito depende de, si son Redes a Gran Escala, tiene un campo muy grande de aplicaciones como por ejemplo la red ARPA, o si correspon-

den a las redes específicas, cuyas aplicaciones más comunes son:

- Aplicaciones Bancarias
- Red Educativa
- Oficinas Postales
- Sistemas Telefónicos
- Sistemas de Reservas de Aerolíneas
- Manejo de Datos Médicos
- Servicios de Información

entre otros.

Este proyecto pretende asociar a una serie de redes específicas, en los campos que requieren más demanda de intercambio de información rápida y eficiente, para así agilizar el aparato burocrático, para formar una red a Gran Escala Nacional, que permita, desde ciertos puntos, el manejo de todo tipo de información, ya sea:

- Recursos Naturales
- Educación
- Recursos Humanos

- Salud
- Defensa Nacional
- Lo Jurídico

y muchos más que se analizarán más adelante.

### 1.5.2. Algunos Ejemplos de Redes.

#### 1.5.2.1. Red TYMNET

Esta red utiliza procedimientos sencillos y ha ido incorporando sucesivamente la mayoría de los aspectos que la experiencia práctica y teórica ha ido demostrando fundamentales para el correcto funcionamiento de una red de datos.

Comenzó a operar comercialmente en 1971 como una compañía que ofrecía servicios de tiempo compartido y pronto adquirió el carácter de una red de datos convencional.

En la actualidad tiene más de 1000 nodos distribuidos por todo el mundo y en ella sobreviven dos tec-

nologías diferentes; TYMNET I y TYMNET II, de las cuales la segunda va reemplazando a la primera e incorpora modificaciones sobre aquellos aspectos que la práctica y el crecimiento de la red demostraron inadecuados en TYMNET I.

El encaminamiento corresponde a un procedimiento centralizado que establece circuitos virtuales y que mantiene fijo el camino para cada sesión salvo en el caso que ésta se interrumpa como consecuencia de la caída de algún nodo o línea. El algoritmo es del tipo de distancia mínima.

#### 1.5.2.2. Red ARPA.

La Red ARPA comenzó en 1969 con cuatro nodos y fue la primer red de datos que como tal se puso en funcionamiento en el mundo. Debido a este hecho y a su carácter experimental, la red está patrocinada por

el Departamento de Defensa de los E.U. y conecta los departamentos informáticos de la mayoría de la universidades y centros de investigación de ese país. La bibliografía escrita sobre la misma y sobre los experimentos en ella realizados es abundantísima.

En la actualidad la red ARPA conecta a casi 200 ordenadores y tiene más de 50 nodos distribuidos por Norteamérica, las islas del Pacífico y Europa. Es una red distribuida con una topología que garantiza la existencia de, por lo menos, dos caminos disjuntos entre cada par de nodos; la mayoría de los enlaces son sincronicos de 50 kbits/s.

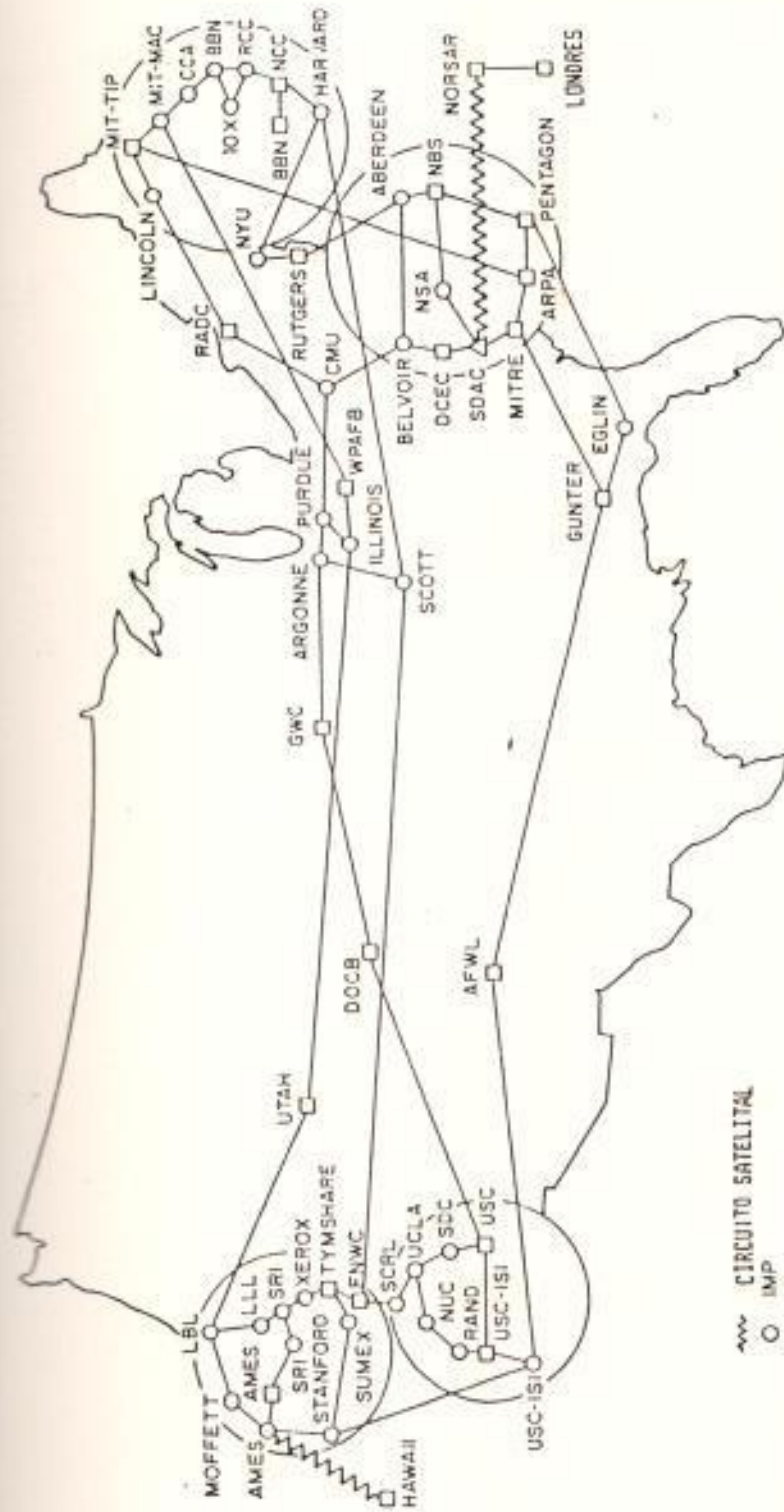
La red es de paquetes, del tipo de almacenamiento reenvío, y el protocolo de transporte está orientado a mensajes, es decir, con Conmutación de Datagramas (paquete autocontenido que incluye la necesi-

ria información de control y direccionamiento y que circula por la red sin relación alguna con otros datagramas) y reorganización de los mismos en el nodo de destino, en caso de mensajes multipaquete, para volver a formar el mensaje.

Inicialmente el algoritmo era adaptativo y distribuido del tipo de distancia mínima, pero con el tiempo se convirtió en mitad centralizado y mitad distribuido.

En la fig. 1.25, se muestra la distribución en el territorio de E.U. de los Procesadores de Interface de Mensajes (IMP), los Terminales de Proceso de Interface de Mensajes (TIP), que son los nodos del sistema (procesadores de comunicación), y los circuitos satelitales, sin embargo, no se incluyen las conexiones satelitales experimentales.





(NOTA: ESTE MAPA NO MUESTRA LAS CONEXIONES SATELITALES EXPERIMENTALES)

Fig. 1.25: Mapa Geográfico de la red ARPA, feb. 1976.

### 1.5.2.3. Red TRANSPAC.

TRANSPAC es la red pública francesa que comenzó a funcionar en 1978 con diez nodos y topología distribuida. Los procedimientos de transporte se ajustan al protocolo X-25 y el encaminamiento está orientado hacia la técnica de circuitos virtuales.

Cada nodo consta de una unidad de control y diversas unidades de conmutación que controlan los enlaces incidentes al nodo y los protocolos de los usuarios que acceden directamente a ese nodo. El control de la red está parcialmente descentralizado a través de seis puntos de control local cuya misión principal es la recogida de estadísticas y la reinicialización en caso de fallos.

La supervisión general y el control de las tareas fundamentales está asignado de forma centralizada

a un centro llamado de "gestión de la red"

El procedimiento de encaminamiento es fundamentalmente centralizado, y basado en la distancia mínima.

#### 1.5.2.4. Red DATAPAC.

DATAPAC es la red pública canadiense que comenzó a funcionar en 1977 y que está basada en unos nodos llamados SL-10.

En 1981 la red contaba con 14 nodos y 24 enlaces, la mayoría de los cuales eran dúplex de 56 bits/s.

Los nodos SL-10 organizan la comunicación en la red de tres niveles: un primer nivel de datagramas, sobre él un segundo nivel de circuitos virtuales y por último un tercer nivel de acceso a la red basado en

las recomendaciones del CCITT (Comité Consultivo de Telegrafía y Telefonía), la X-25 para líneas sincrónicas y las X.3, X.28 y X.29 para líneas asincrónicas. A su vez la red tiene puertas de acceso a redes internacionales como TELENET, TYMNET y otras.

La red DATAPAC puede definirse como una red de conmutación de paquetes basada en datagramas y que ofrece un servicio basado en datagramas y que ofrece un servicio básico de circuitos virtuales.

Finalmente cabe mencionar otras redes como la IBERPAC que es la red pública de transmisión de datos española, que está en servicio desde 1971, y la red de SERVICIOS DE INFORMACION DE GE, que es la red más grande de procesamiento de datos comercial, que provee de servicios a más de 500 ciudades en todo el

mundo, con enlaces vía satélite dentro de E.U. y para Australia y Japón, tendido de cables submarinos a Europa, su topología es tipo Estrella jerarquizada, como lo muestra la figura 1.26, y los terminales están conectados a 75 concentradores distribuidos en todo el mundo.

Para concluir, vale la pena mencionar que en el Ecuador, la Comisión Nacional de Informática, intenta desarrollar la Red del Sistema Nacional de Informática, con una variedad de subredes ubicadas en SUBSISTEMAS FUNCIONALES y SUBSISTEMAS SECTORIALES, de la cual se hablará en el siguiente capítulo.

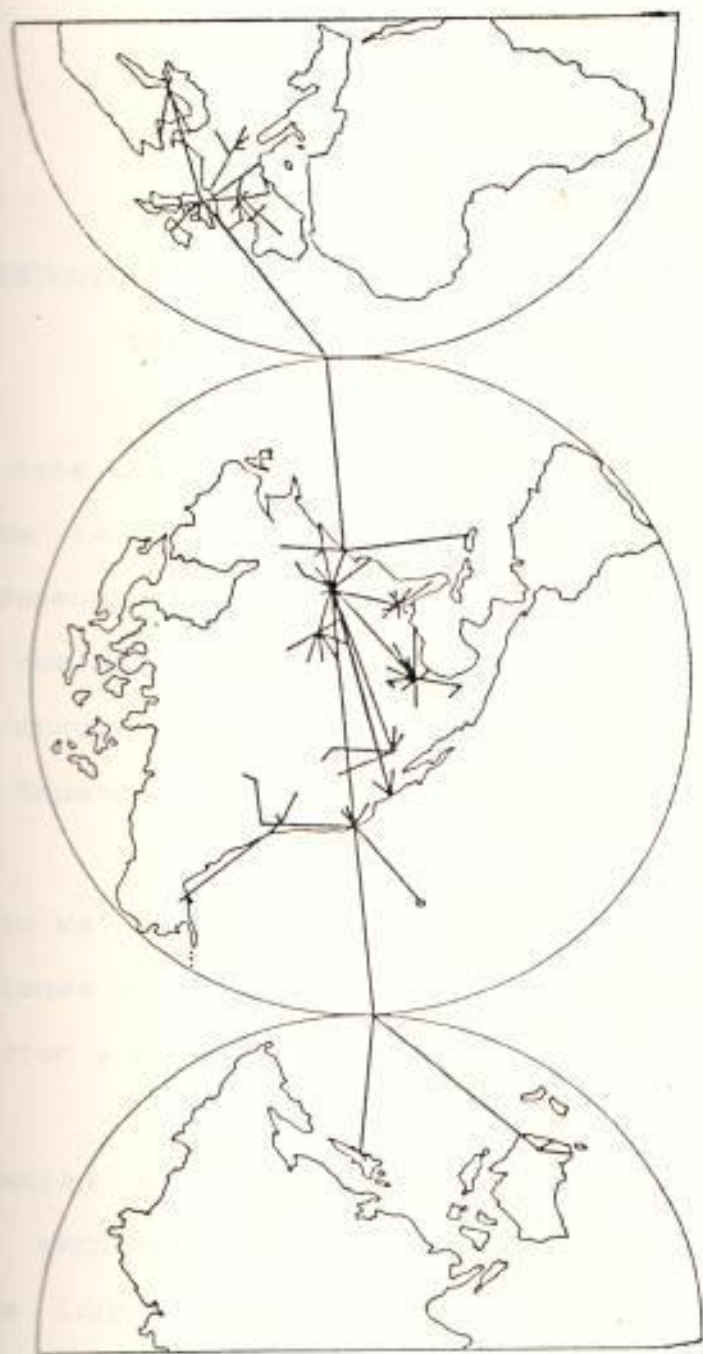


Fig. 1.26: Mapa de la Red de Servicios de Información de la GE.

## CAPITULO 2

### ESTUDIO DEL APARATO BUROCRATICO EXISTENTE PARA DESARROLLAR EL PROYECTO.

En este capítulo se va a dar una idea de la organización de la administración pública, haciendo un estudio de las dependencias del Estado, se enumerarán los sectores en que están clasificadas estas dependencias, y se dará a conocer el Organigrama Estructural del Sector Público Ecuatoriano.

Esto va a servir luego para establecer diferencias de funciones y analizar la necesidad de automatización en cada sector y en cada función.

También se analizará lo que se llama el S.N.I., SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION, desarrollado por el Grupo de Coordinación de Desarrollo Administrativo, donde, de acuerdo a las necesidades de automatización, se lo ha dividido en dos tipos de SUBSISTEMAS, los FUNCIONALES y los SECTORIALES.

Cada subsistema agrupa una serie de dependencias afines con su función y su sector, y cuya relación se la va a mencionar en el transcurso de este Capítulo.

### **2.1. Estudio de entidades del Estado; Ministerios, Gobernaciones y otros departamentos.**

Según un estudio realizado al PRESUPUESTO GENERAL DEL ESTADO DEL AÑO 1986, publicado en el Registro Oficial Número 346, con fecha 2 de Enero del mismo año, la administración pública, se divide en sectores, y en la proyección de egresos, constan las siguientes dependencias: (pags. 13, 14, 15, 16 y 17)

#### **SECTORES Y DEPENDENCIAS**

##### **1. SERVICIOS GENERALES**

###### **1.-Función Legislativa**

Congreso Nacional

Archivo Biblioteca

###### **2.-Función Jurisdiccional**

Tribunales y Juzgados

Tribunal Fiscal



Tribunal de lo Contencioso Administra-  
tivo  
Corte de Justicia Militar  
Corte de Justicia Policial

3.-Organismos del Estado

Tribunales Electorales  
Procuraduría General del Estado  
Tribunal de Garantías Constitucionales

4.-Presidencia de la República

Presidencia y Secretaría General de la  
Administración Pública  
SENDIP  
Oficina Nacional de Personal  
Grupo de Coordinación de Desarrollo  
Administrativo  
Secretaría General del Consejo Nacio-  
nal de Seguridad  
Comisión Ecuatoriana de Energía Atómi-  
ca  
INGALA  
SEDRI  
Junta de Reclamaciones  
Aporte a JNV-BEV

5.-Vicepresidencia y Organismos de Apoyo

Vicepresidencia de la República

Secretaría del CONADE

Instituto Nacional de Estadísticas y  
Censos

FONAPRE

CONACYT

6.-Ministerio de Gobierno y Policía

Asuntos del Interior

Registro Civil. Identificación y Cedu-  
lación

Policía Nacional y Seguridad Pública

7.-Ministerio de Defensa Nacional

8.-Ministerio de Relaciones Exteriores

9.-Ministerio de Finanzas

II. EDUCACION Y CULTURA

Ministerio de Educación y Cultura

Casa de la Cultura Ecuatoriana

Museo de Ciencias Naturales

Instituto de Patrimonio Cultural  
Orquestas Sinfónicas  
ENPRODE  
Consejo Nacional de Deportes

### III. BIENESTAR SOCIAL Y TRABAJO

- 1.- Ministerio de Bienestar Social
- 2.- Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos  
nos  
SECAP

### IV. SALUD Y DESARROLLO COMUNAL

Ministerio de Salud Pública  
IEOS  
SNEM  
Instituto Nacional de Higiene  
SOLCA  
Junta de Beneficencia de Guayaquil

V. DESARROLLO AGROPECUARIO

Ministerio de Agricultura y Ganadería  
y Programas Nacionales

INIAP

IERAC

INERHI

CEDEGE

C.R.M.

CREA

Subcomisión Ecuatoriana

PREDESUR

INCRAE

ENPROVIT

ENAC

Fábrica de Abonos del Estado

ENDES

VI. RECURSOS NATURALES Y ENERGETICOS

Ministerio de Energía y Minas

Instituto Nacional de Energía

INAMHI

INEMIN

VII. INDUSTRIAS Y COMERCIO

Ministerio de Industrias Comercio e  
Integración

INEN

CENDES

DITURIS

CENAPIA

Instituto Nacional de Pesca

Empresa Pesquera Nacional

Empresa de Pesca

VIII. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

Ministerio de Obras Públicas y Comuni-  
caciones

Empresa Nacional de Ferrocarriles del  
Estado

Empresa Nacional de Correos

OTRAS

FONAPAR

Contraloría General del Estado

IESS

IESS. Seguro Social Campesino  
Universidades y Escuelas Politécnicas  
Aporte al FODUC  
Aporte al FONEN  
Policia Nacional.

En el mismo Presupuesto General del Estado, se menciona la Base Legal de estas dependencias, y las Atribuciones que cada una de ellas tiene.

Además, como referencia se puede tomar la LEY DE REGIMEN ADMINISTRATIVO, editado por la CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES (Edición actualizada de Agosto de 1986), donde se mencionan las atribuciones de cada una de estas dependencias.

En el cuadro de la siguiente página (Cuadro 2.1), se observa el ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUBLICO ECUATORIANO, que fue publicado por el Boletín # 1 del GRUPO DE COORDINACION DE DESARROLLO ADMINISTRATIVO (GCDA); "Desarrollo Administrativo" editado por la Coordinación General de la Presidencia de la República.

**2.2. Necesidad de Automatización, Centros de Mayor Necesidad.**

El proceso dinámico que han desatado las tecnologías modernas para el manejo de la información, han conferido a ésta un rol estratégico con respecto al ritmo de desarrollo de las naciones, pues, el flujo de información oportuna y adecuada permita el diagnóstico certero sobre los problemas y sobre las soluciones alternativas disponibles de acuerdo al nivel de progreso social y tecnológico alcanzado.

El progreso humano ha estado siempre relacionado en forma estrecha con los medios y sistemas para producir, clasificar, almacenar y recuperar el conocimiento humano. Las bibliotecas y archivos de diferentes épocas en las más diversas latitudes del globo responden a esta necesidad de organizar el manejo de la información.

Sólo en la segunda mitad de esta siglo ha desarrollado la humanidad instrumentos y técnicas revolucionarias para administrar la información. Los sistemas coherentes de información tienden a dominar la explosión moderna de la información, que signifi-

ca abundante producción de información en las fuentes y una escasa disponibilidad de la misma en forma ágil, oportuna y relevante para el usuario de ella.

Las nuevas tecnologías de la computación electrónica, de telecomunicaciones, de reproducción, de microfilmación, etc. han puesto a disposición de los administradores de la información nuevas opciones, que les obligan a reconsiderar sus métodos y sistemas tradicionales.

No hay, pues, que admirarse si el manejo automatizado de la información se ha extendido desde los sectores científico y técnico a los procesos gubernamentales, de planificación del desarrollo, de producción industrial, de comercialización interna y externa, de educación, en fin a todas las esferas de la actividad social.

La información pasa a concebirse, por consiguiente, como un recurso de carácter nacional, que permita una más eficiente utilización de todos los otros recursos nacionales, sean éstos humanos, físicos, financieros, etc., con el fin de fomentar el desarrollo del país. La información se convierte



así en insumo fundamental para la toma de decisiones y su manejo en elemento estratégico de innovación social, pudiendo contribuir a nivelar las desigualdades de información, por ende del poder que ella confiere, dentro de las naciones y entre las naciones, con el objeto de realizar el derecho de todos los pueblos del mundo a la "sociedad infomada".

Por todo esto, dentro del Nuevo Orden Económico Internacional, los países en desarrollo exigen una redefinición de los derechos y deberes en materia de información.

Las naciones subdesarrolladas del mundo de hoy son aquellas que llegaron tarde a la revolución industrial; las naciones subdesarrolladas del futuro, serán aquellas que lleguen tarde a la revolución de la información.

Entre los factores que inciden en la necesidad de la Automatización, o mejor dicho, de una Red de Transmisión de Datos para la Administración Pública, se pueden mencionar los siguientes:

**a) Técnico:**

El hecho de que las Instituciones Estatales han desarrollado sus propios medios de automatización, con sistemas diferentes, obliga a buscar compatibilidad entre los mismos y unificarlos en una red nacional, con apropiados protocolos que permitan la conexión de cualquier terminal a cualquier ordenador, sin necesidad de desarrollos adicionales.

**b) Espacial:**

Geográficamente debe abarcar la totalidad del territorio nacional, sin olvidar la interconexión con los sistemas equivalentes en otros países.

**c) Temporal:**

Permite establecer una planificación a largo plazo de los recursos necesarios, cubriendo las necesidades de transmisión que se presenten en el futuro.

**d) Económico:**

Aspecto al cual irá forzosamente ligado el desarrollo del teleproceso. Se busca una mayor independencia del costo con la distancia.

Además se deben realizar otras consideraciones, como son las exigencias de Sistemas en Tiempo Real.

El estudio debe mencionar, en la Subred a la cual se dedique, cuáles organismos requieren de intercambio o proceso de información instantánea y en cualquier momento, además de especificar lo que definen los Sistemas de Información.

Una de las exigencias del Sistema en tiempo real, por ejemplo, es en lo que se refiere al Control de Recaudaciones del Ministerio de Finanzas, o las Operaciones del Banco Central, que ya cuenta con el más avanzado Sistema de Computación en la Administración Pública.

Se debe indicar también, que el Consejo Nacional de Desarrollo, es el encargado de "señalar los lineamientos generales para la planificación y coordinación de la actividad Informática", como se menciona en el artículo "NUEVA ESTRUCTURA EN LA AUTORIDAD INFORMATICA", del boletín "Desarrollo Administrativo", en que se menciona también que se debe promover la investigación y el desarrollo en materia de informática, la coordinación de la cooperación internacional, el fomento de la capacitación y especialización del personal.

También se menciona, que es de fundamental importancia el inicio con el dictamen de normas técnicas, la estructuración del inventario del parque Informático del Estado para lo cual se debe ejecutar en breve plazo un censo que permita conocer la capacidad instalada, la disponibilidad de recursos humanos y los sistemas desarrollados o adquiridos por los diferentes organismos del Estado con el fin de velar por la adecuada y completa utilización de los mismos. Se recalca la obligación de establecer el Sistema Nacional de Informática, proyecto de envergadura nacional cuyo propósito es el de promover las acciones interinstitucionales que garanticen un flujo adecuado de información en las distintas instancias de la Administración Pública. Este proyecto, contempla el equipamiento institucional, el estudio de complementariedad, la coordinación para el desarrollo de sistemas y tiene como acción fundamental la capacitación del personal.

Con esto, la estructura de la Autoridad Informática en el Ecuador permitirá el desarrollo armónico del sector con lo cual disminuirá el desperdicio de recursos.

Entre los sectores ya en proceso de Automatización, se puede mencionar el de Recursos Naturales y Medio Ambiente, cuyo sistema, basado en el "MACRO-THESAURUS", se denomina SIRENAMA, y que va a ser estudiada en este capítulo.

Además, la necesidad de la Automatización, ha llevado a las universidades, más concretamente, a la ESPOU, a iniciar la primera etapa de lo que se va a llamar la Red Bibliográfica Nacional, mediante el archivo de la Bibliografía existente, en Computadoras.

Este procedimiento debidamente codificado por el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), permitirá por ahora dar los primeros pasos antes de diseñar la Red física, objeto de este proyecto.

### III. Subsistemas Funcionales y Sectoriales.

Frente a la importancia que va adquiriendo el manejo de la información para el desarrollo del país y ante la revolución tecnológica que facilita la

organización administrativa de ese manejo, el G.C.-D.A. de la presidencia, que también es la Secretaría Técnica de la Comisión Nacional de Informática, conjuntamente con el CONACYT, está promoviendo la implantación en el Ecuador de un Sistema Nacional de Información (SNI).

Por eso, en este apartado, se analizarán los objetivos, la estructura administrativa y las estrategias que conforman este sistema:

### 2.3.1. Análisis del actual estudio realizado por la Comisión Nacional de Informática.- El SNI.

#### 2.3.1.1. Objetivos

El Sistema Nacional de Información se propone fundamentalmente apoyar, fortalecer y acelerar el desarrollo nacional;

#### Objetivos Generales:

1.- Contribuir a la planificación,

diseño y aplicación de una política nacional de información.

2.- Promover la utilización de los conocimientos, experiencias y tecnologías acumuladas en todas las esferas de la actividad nacional, a fin de alcanzar los objetivos de progreso social, económico, político, científico y tecnológico.

3.- Asegurar la disponibilidad de información adecuada para la toma de decisiones tanto en el sector público como en el privado.

4.- Promover la coordinación intersectorial, interdisciplinaria e interinstitucional, al servicio del desarrollo nacional optimizando la utilización de los recursos nacionales.

5.- Proteger la confidencialidad de los datos personales de los ecuatorianos.

**Objetivos específicos:**

1.- Identificar en forma global y sectorial, las características, condiciones, organización y recursos de las fuentes y de los usuarios de la información.

2.- Estudiar e inventariar regularmente los recursos técnicos, humanos y económicos existentes en toda la infraestructura de unidades y servicios de información del país.

3.- Dotar al país de unidades de información que respondan a las necesidades actuales y capacitarlas para desarrollarse, a fin de satisfacer las necesidades futuras de quienes generan, procesan, difunden y utilizan información.

4.- Promover programas sectoriales de cooperación e intercambio y fomentar la interconexión de las uni-



dades y de los servicios de información del sistema.

5.- Diseñar y establecer los comités, redes y otros esquemas de organización conjunta que resulten necesarios para el adecuado desarrollo del sistema.

6.- Promover el diseño y aplicación de normas unificadas que faciliten la interconexión de las unidades de información, especialmente en lo relativo a los procedimientos técnicos para el manejo de la información, de los equipos y de los servicios.

7.- Desarrollar programas y servicios que faciliten el acceso de la comunidad en forma oportuna y ágil a las fuentes de la información.

8.- Apoyar la elaboración, adquisición y difusión de instrumentos de

carácter básico y especializado para el desarrollo del Sistema Nacional de Información, tales como registros nacionales o setoriales de producción informativa, catálogos, bibliografías, vocabularios e inventarios.

9.- Coordinar las relaciones con los organismos y programas que operan en el campo de la información a nivel mundial, concediendo énfasis especial a los programas regionales y subregionales actualmente en desarrollo.

10.- Obtener y regular la asistencia técnica y financiera nacional o internacional que sea requerida para el desarrollo del Sistema y sus componentes.

11.- Fomentar la formación y desarrollo de los recursos humanos necesarios para la administración y operación del sistema.

12.- Promocionar en todos los niveles de la comunidad las políticas y programas del Sistema.

### 2.3.1.2. Estructura administrativa del S.N.I.

#### Estructura del Sistema:

El Sistema Nacional de Información se estructura de la siguiente forma:

a) Subsistemas Funcionales, determinados por funciones esenciales que permean todos los sectores de las sociedad, que son (fig. 2.1):

#### SUBSISTEMAS FUNCIONALES

#### ENTIDADES RESPONSABLES

El Jurídico

Corte Suprema de Justicia,  
Procuraduría General del  
Estado, Tribunal Supremo  
Electoral, Congreso Nacional

2. Ciencia y Tecnología	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
3. Planificación Económica y Social	Consejo Nacional de Desarrollo
4. Desarrollo y Control Administrativo	Grupo de Coordinación de Desarrollo, Comisión Nacional de Informática. Contraloría General del Estado. Inspectoría General de la Nación.
5. Recursos Humanos	Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos, Dirección Nacional de Personal.
6. Recursos Financieros	Superintendencia de Bancos, Junta Monetaria, Banco Central del Ecuador, Ministerio de Finanzas.
7. Comunicación Social	Secretaría Nacional de Información Pública.
8. Régimen Seccional Autónomo	Asociación de Municipalidades, Consorcio de Consejos Provinciales.



fig. 2.1: Subsistemas Funcionales.

b) Subsistemas Sectoriales, definidos por áreas sectoriales, económicas y sociales del convivir nacional (fig. 2.2) y que son:

SUBSISTEMAS SECTORIALES	ENTIDADES RESPONSABLES
1. Agropecuario	Ministerio de Agricultura
2. Industrial y Comercial	Ministerio de Industrias
3. Recursos Naturales	Ministerio de Recursos Naturales
4. Viabilidad y Comunicaciones	Ministerio de Obras Públicas
5. Salud	Ministerio de Salud Pública

4. Educación y Cultura	Ministerio de Educación. Consejo Nacional de Educación Superior
5. Bienestar y Seguridad	Ministerio de Bienestar Social
6. Vivienda y Desarrollo Urbano	Junta Nacional de la Vivienda
7. Relaciones Exteriores	Ministerio de Relaciones Exteriores
8. Defensa Nacional	Ministerio de Defensa Nacional
9. Seguridad Interna	Ministerio de Gobierno



fig. 2.2: Subsistemas Sectoriales.

**c) Redes:**

Tanto los subsistemas funcionales como los sectoriales se organizan en redes especializadas de información, los cuales se conciben como la interacción de dos o más unidades de información que en forma coordinada establecen mecanismos que facilitan la transferencia de información.

**d) Unidades de Información:**

Que constituyen el elemento básico del sistema y órgano operativo de la red.

**Estrategias para la conformación del Sistema.**

**1.- Especialización**

Es obvio que, desde un punto de

vista de la gestión administrativa de estos sistemas, subsistemas y redes de información, se debe tender al máximo nivel de especialización posible, lo cual reduce los costos al mismo tiempo que mejora la calidad del producto final.

Desde el punto de vista sicosocial, la especialización facilita la cooperación, mientras fomenta la interacción.

## 2.- Autogestión

Las disposiciones legales en muchos casos, el celo institucional en otros, pero sobre todo la realidad del desarrollo administrativo, que tiene ritmos diferentes en las diversas entidades, redes y subsistemas y sistemas, hacen indispensable el desarrollo autogestionado del sistema, orientado siempre por la imagen única del sistema.



### 3.- Interacción

La especialización y la autogestión de los elementos del sistema pueden beneficiar a todos ellos solo si existe interacción permanente entre ellos; en un primer momento todavía manualmente, pero destinado necesariamente a automatizarse y teleprocesarse con el tiempo.

#### Administración del Sistema

a.- El Sistema Nacional de Información SNI, se administrará a través de:

- Asamblea General de Entidades Participantes
  - Consejo Nacional de Información
  - Comité Ejecutivo
  - Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Información
- (fig.2.3)

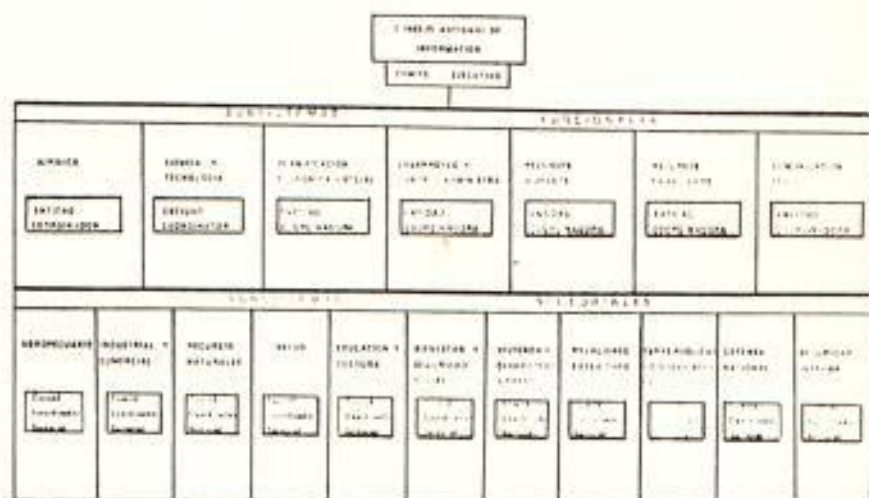


fig.2.3: Administración del SNI.

- Entidades Coordinadoras de los Subsistemas Funcionales (fig. 2.4)

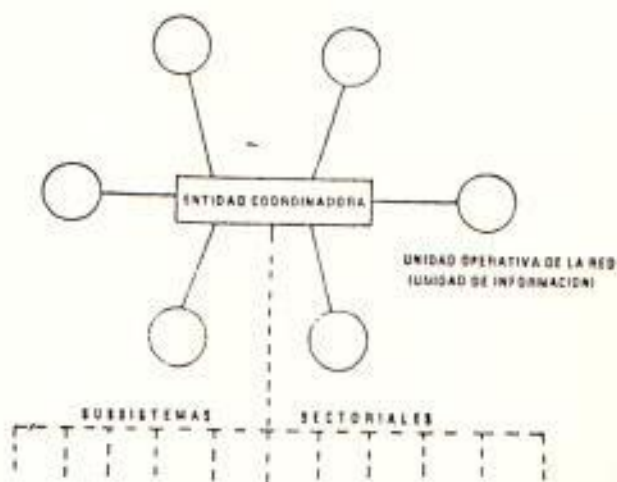


fig. 2.4: Configuración de los subsistemas funcionales

- Comités Coordinadores de los Subsistemas Sectoriales (fig. 2.5)

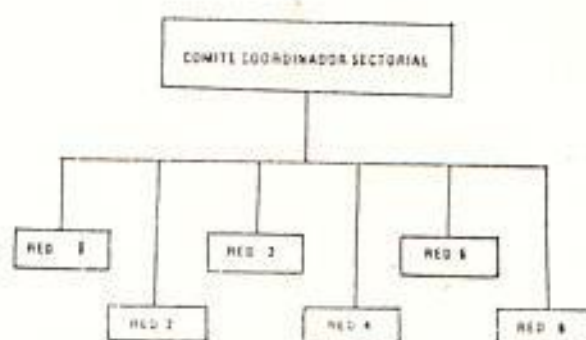


fig. 2.5: Configuración de los subsistemas sectoriales.

- Comités Coordinadores de Redes de Información (fig.2.6)  
- Unidades de Información

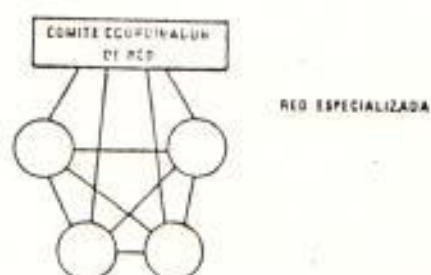


fig. 2.6: Configuración de una red especializada.

### 2.3.1.3. Financiamiento del SNI

#### Financiamiento Nacional

El SNI y sus diferentes entidades y organismos deberán establecer su respectivo financiamiento dentro de las posibilidades que brindan los presupuestos institucionales, reordenando para fines internos y del sistema todos los rubros de clasificación de gastos que tienen relación con la actividad de información. Ese ejercicio permitirá a cada entidad utilizar más eficientemente sus recursos disponibles en beneficio de la institución, de las redes, de los subsistemas y del SNI.

Las entidades responsables, cada una dentro de su ámbito de acción, se preocuparán de coordinar el gasto y la inversión para información, de modo que se eviten duplicaciones innecesarias, que signifi-

quen un mal aprovechamiento de los recursos disponibles.

Lo anterior no deberá obstar para que las mismas entidades responsables del sistema, de los subsistemas y de las redes desarrollen gestiones con el objeto de conseguir otras fuentes nacionales de financiamiento para el Sistema y para proyectos específicos.

#### Financiamiento Internacional

A fin de aprovechar eficazmente recursos de cooperación técnica y el financiamiento externos que ofrecen los organismos internacionales, el Comité Ejecutivo, deberá canalizarlos en forma coordinada, según los planes y programas aprobados para el SNI.

Para un mejor cumplimiento de esta función por parte del Comité

Ejecutivo, todas las instituciones que participen en el SNI, deberán informarle oportuna y minuciosamente sobre todos sus programas y proyectos de cooperación internacional, sobre todo en el área de información.

A continuación se detallará los pasos que ha seguido el Grupo de Coordinación de Desarrollo Administrativo para lograr la estructuración del Subsistema de Recursos Naturales, llamado SIRENAMA, y que servirá de base para la conformación de los restantes subsistemas que integran la Red Nacional de Datos para la administración pública:

#### 2.4. Red de Recursos Naturales.

Para dar una idea de las entidades que involucran la Red de Recursos Naturales, se mencionará el listado de las mismas, con el respectivo código y las siglas (Cuadro 2.2)

La urgencia de contar con estudios de evaluación de recursos naturales en todo el territorio nacional y posibilitar de este modo una planificación efectiva para el aprovechamiento y manejo racional, coherente e integral de estos recursos a corto, mediano y largo plazo sobre bases bien definidas, determinó que se promueva la formación del Subsistema Sectorial de Recursos Naturales y Medio Ambiente, como parte del SNI.

CODIGO *****	NOMBRE DE INSTITUCION *****	SIGLAS *****
100266	JUNTA DE DEFENSA NACIONAL	JDN
100500	DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL	DGAC
1110090	ORGANIZACION DE SEGURIDAD NACIONAL	OSN
1110400	COMISION ECUATORIANA DE ENERGIA ATOMICA	CEEA
1110500	JUNTA NACIONAL DE LA VIVIENDA	JNV
1110601	DIRECCION NACIONAL DE DEFENSA CIVIL	DNDC
1110700	INSTITUTO NACIONAL GALAPAGOS	INGALA
1110800	SERVICIO ECUATORIANO DE DES. RURAL INTEG	SEDRI
1120100	CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA	CONACYT
1120700	CONSEJO NACIONAL DE DESARROLLO	CONADE
1120701	INST. ECUATORIANO DE ESTADISTICA Y CENSOS	INEC
1120202	FONDO NACIONAL DE PREINVERSION	FNA
1130101	PROGRAMA NACIONAL DEL APRUZ	PNA
1130102	PROGRAMA NACIONAL DEL MAIZ	PNA
1130103	PROG. NAC. DEL BANANO Y FRUTAS TROPICALES	PNNB
1130104	PROGRAMA NACIONAL DE CEREALES	PMBT
1130105	PROG. NAC. DE REGIONALIZACION AGRARIA	PNC
1130106	PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO ANIMAL	PRONAREG
1130108	PROGRAMA NACIONAL DE CREDITO AGRICOLA	PNSA PNCA
CODIGO *****	NOMBRE DE INSTITUCION *****	SIGLAS *****
1130109	CENTRO DE RECONVERSION DEL AUSTRO	CREA
1130110	CENTRO DE RECONVERSION DE MANABI	CRM
1130111	INSTITUTO ECUATORIANO DE REC. HIDRAULICOS	INERHI
1130112	INST. NACIONAL DE INVESTIG. AGROPECUARIA	INIAP
1130113	INST. ECUAT. DE REF. AGRARIA Y COLONIZACION	IERAC
1130114		INRAE
1130115	EMPRESA DE ABUNDOS DEL ESTADO	ENADE
1130116	EMPRESA NACIONAL DE SEMEN	ENDES
1130117	EMP. NAC. DE ALMACENAMIENTO Y COMERCIAL.	ENAC
1130118	EMPRESA NACIONAL DE PRODUCTOS VITALES	ENPROVIT
1130303	DIRECCION GENERAL DE MARINA	
113030501	FLOTA PETROLERA ECUATORIANA	FLOPEC
113030502	INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA	INOCAR
1130306	INSTITO GEOGRAFICO MILITAR	IGM
11303061	CLNT. DE LEV. INT. DE REC. NAT. POR SEN. REM.	CLIRSEN
1130502	DIRECCION NACIONAL AVALUOS Y CATASTROS	DINAC
1130701	CENT. NAC. PROM. PEG. INDUSTRIA Y ARTESANIA	CENAPIA
1130702	DIRECCION NACIONAL DE TURISMO	DITURIS
1130703	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION	INEN
CODIGO *****	NOMBRE DE INSTITUCION *****	SIGLAS *****
1130901	INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA	INE
1130903	INSTITUTO NAC. DE METEOROL. E HIDROLOGIA	INAMHI
1130904	INSTITUTO NACIONAL DE PESCA	INP
1113453	CORPORACION ESTATAL PETROLERA ECUATORIA	CEPE
1130906	EMPRESA PESQUERA NACIONAL	EPNA
1130907	INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	INECEL
1130908	DIRECCION NACIONAL DE HIDROCARBUROS	DNH
1130909	DIRECCION GENERAL DE MEDIO AMBIENTE	DIGEMA
1130910	INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERIA	INEMIN
1131002		PREDESUR
1131103		DATSE
1131104	INST. ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS	IEOS
1140000	CONSEJOS PROVINCIALES DE ECUADOR	
1170100	BANCO CENTRAL DEL ECUADOR	BCE
1199200	CONSEJO NACIONAL DE UNIV. Y POLITECHICAS	CONUEP
1199918	ASOCIACION ECUATORIANA DE MUNICIPALIDADES	
1199903	CENTRO DE DESARROLLO INDUSTRIAL DE ECUAD	CENDES
2001000	CAMARAS DE LA PRODUCCION	
4000012	PESCA (MARITIMOS)	CPPS

Cuadro 2.2: Entidades de la Red de Recursos Naturales.



Esta necesidad se basa en las siguientes consideraciones técnicas y administrativas-institucionales:

#### Consideraciones Técnicas:

##### 1.-

No se ha dado una adecuada relación entre las necesidades de información que precisan los planes y programas de desarrollo y la producción de información.

##### 2.-

A pesar de que los planes y programas tienen carácter multi-disciplinario, la información sobre recursos naturales y medio ambiente ha seguido manteniendo una visión sectorial, dificultando su incorporación en el proceso de planificación y consecuentemente impidiendo la adopción de la mejores alternativas para una explotación integrada y racional de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente.

##### 3.-

No existen programas de actualización de

los inventarios de recursos naturales ni un permanente monitoreo para controlar su explotación, debido en gran parte, a la falta de información básica.

#### 4.-

La información producida ha sido elaborada con diferentes normas y metodologías, lo que dificulta seriamente su utilización.

### Consideraciones Administrativas-Institucionales.

#### 1.-

Se presenta una falta de coordinación entre las instituciones que producen información, aún tratándose del mismo recurso, así como también existe un diferente grado de desarrollo en sus sistemas de obtención, procesamiento, manejo y divulgación de la información.

#### 2.-

Es notable la dispersión de la información sobre recursos naturales, entre las diferentes entidades, lo que dificulta el acceso del usuario y genera duplicación de esfuerzos y gastos en la producción de la misma.

### PROPOSITOS

En base a lo expuesto, son propósitos del Subsistema:

a) Orientar la producción de información sobre recursos naturales y medio ambiente, en función de las necesidades del país, es decir, garantizar una adecuada relación entre usuarios y productores de la información.

b) Garantizar el acceso ágil y oportuno a la información, con miras a la toma de decisiones en la planificación del desarrollo nacional, regional y local.

c) Proveer información sobre la potencialidad de los recursos naturales y medio ambiente de las diferentes regiones y localidades del Ecuador.

#### 2.4.1. S. I. R. E. N. A. M. A.

En base a los antecedentes mencionados y a las consideraciones técnicas y administrativas - institucionales, se creó el SIRENAMA,

(Sistema de REcursos NATurales y Medio Ambiente), y se seleccionó la lista de recursos con sus respectivos códigos:

LISTA DE RECURSOS

01	RECURSOS ANIMALES
02	RECURSOS DEL SUELO
03	RECURSOS DEL MAR
04	RECURSOS ENERGETICOS
05	RECURSOS FORESTALES
06	RECURSOS HIDRICOS
07	RECURSOS MINERALES
08	RECURSOS PESQUEROS
09	RECURSOS VEGETALES
10	RECURSOS ATMOSFERICOS

Se ha codificado todas las instituciones que manejan información sobre los recursos arriba anotados según el Tesouro Institucional elaborado por CONACYT, así como también el ámbito de acción que tiene cada institución, de acuerdo al MACROTESAURUS, elaborado por la O.C.D.E., Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos y adoptado por CEPAL-CLADES para latinoamérica y El Caribe.

El primer dígito está dado como sigue:

1. Para productor
2. Para procesador
3. Para usuario

El segundo dígito sirve para calificar la importancia que tiene la información sobre el recurso en la institución.

- 1 á 3 Muy importante
- 4 á 6 Medianamente importante
- 7 á 9 De baja importancia

## EJEMPLO

DIRECCION NACIONAL DE HIDROCARBUROS	D.N.H
CODIGO INSTITUCIONAL:	1130908
CODIGO DE AMBITO:	081106
AMBITO DE ACCION:	HIDROCARBUROS

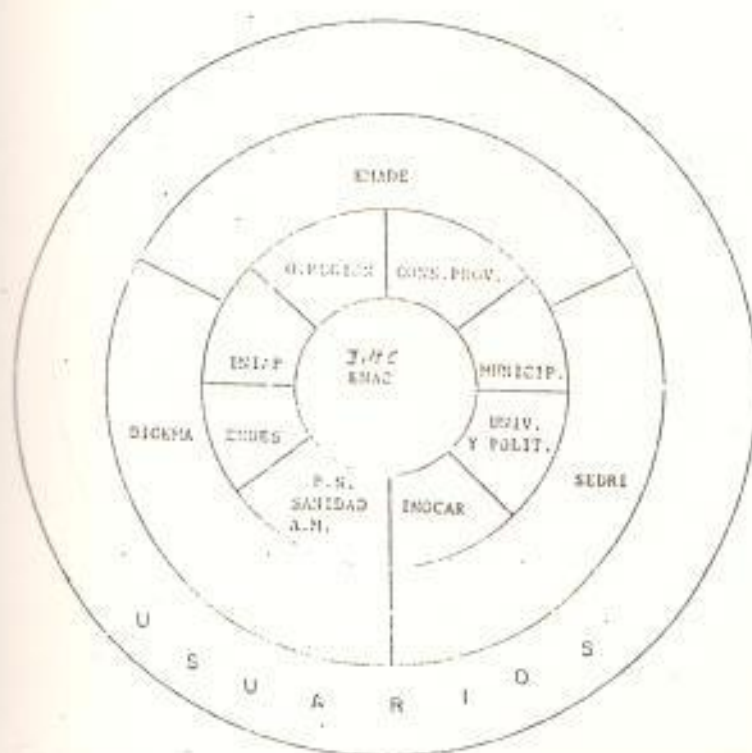
RECURSOSCLASIFICACION

01 ANIMAL	39	usa poca información
02 SUELO	39	usa poca información
03 MAR	39	usa poca información
04 ENERGETICO	11	Produce mucha información
05 FORESTAL	39	Usa poca información
06 HIDRICO	39	Usa poca información
07 MINERAL	39	Usa poca información
08 PESQUERO	39	Usa poca información
09 VEGETAL	39	Usa poca información
10 ATMOSFERICO	39	Usa poca información

Resumiendo, el ejemplo nos dice que la DNH está estrechamente vinculada con la producción de información sobre el recurso 04 que es ENERGETICO.

De acuerdo al criterio mencionado anteriormente y en relación a la información que supuestamente maneja cada institución, se han establecido 10 redes; codificándolas en productoras, procesadoras y usuarias de información, también se pudo determinar la institución que más relevancia tiene en el manejo de información en cada grupo, la misma que ha sido designada como centro de referencia: (figs. 2.7, 2.8,....., 2.16)

Fig. 2.7: Red #1, de recursos animales



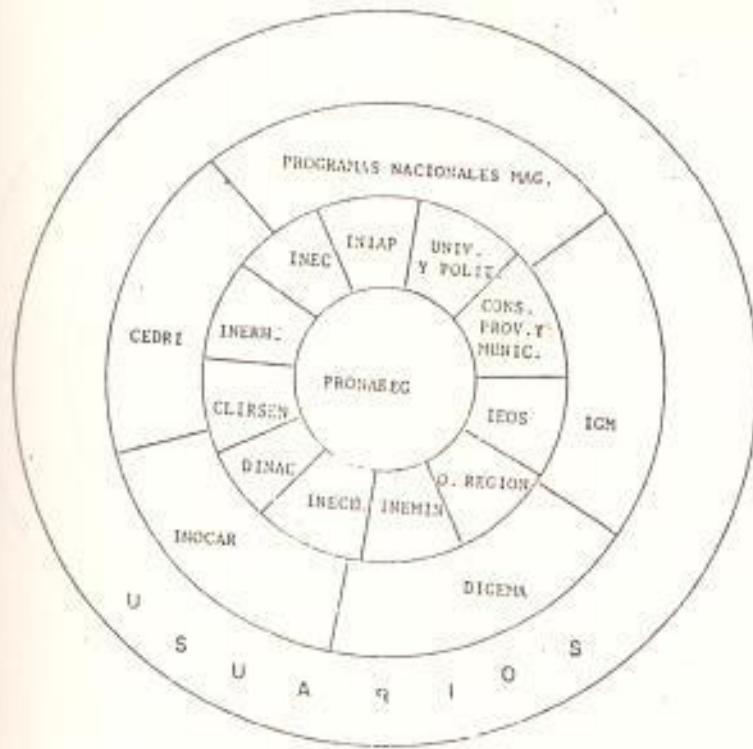


Fig 2.8: Red #2, de Recursos del Suelo

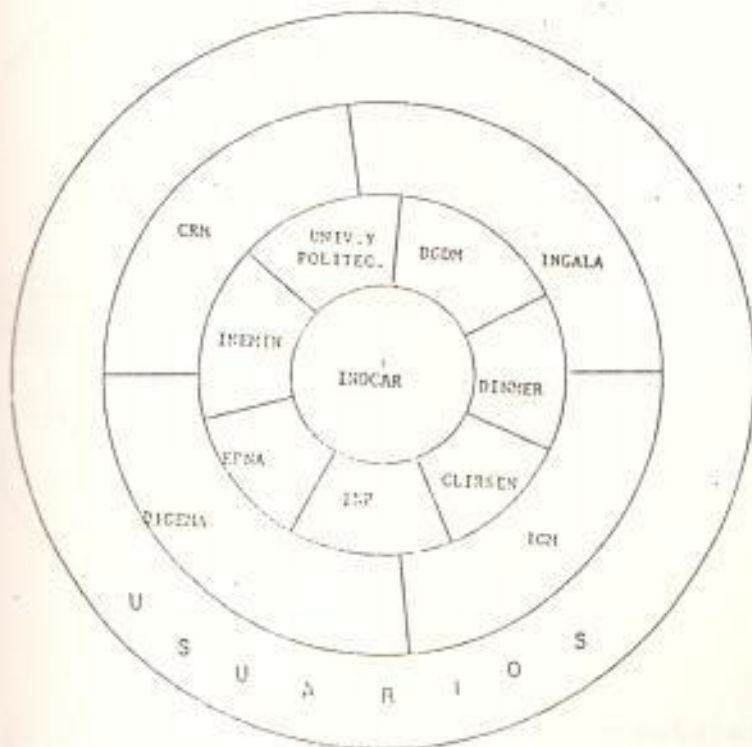


Fig. 2.9: Red # 3, de Recursos del Mar.



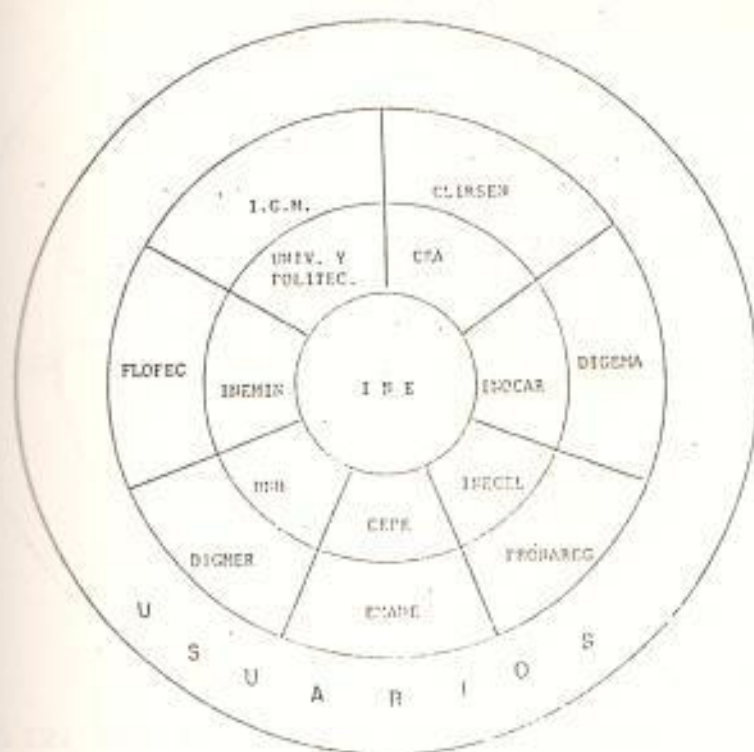


Fig. 2.10: Red #4, de Recursos Energéticos.

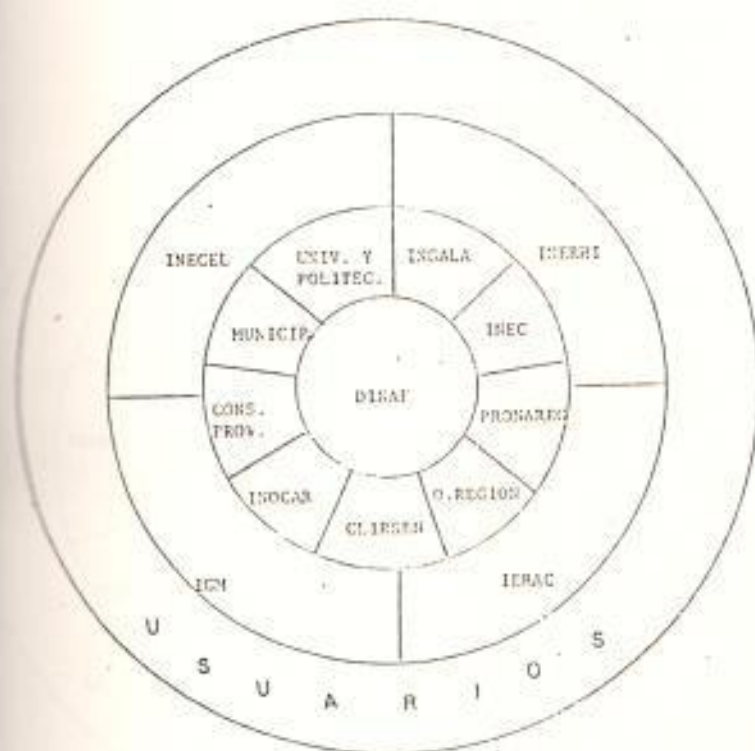


Fig. 2.11: Red #5, de Recursos Forestales.

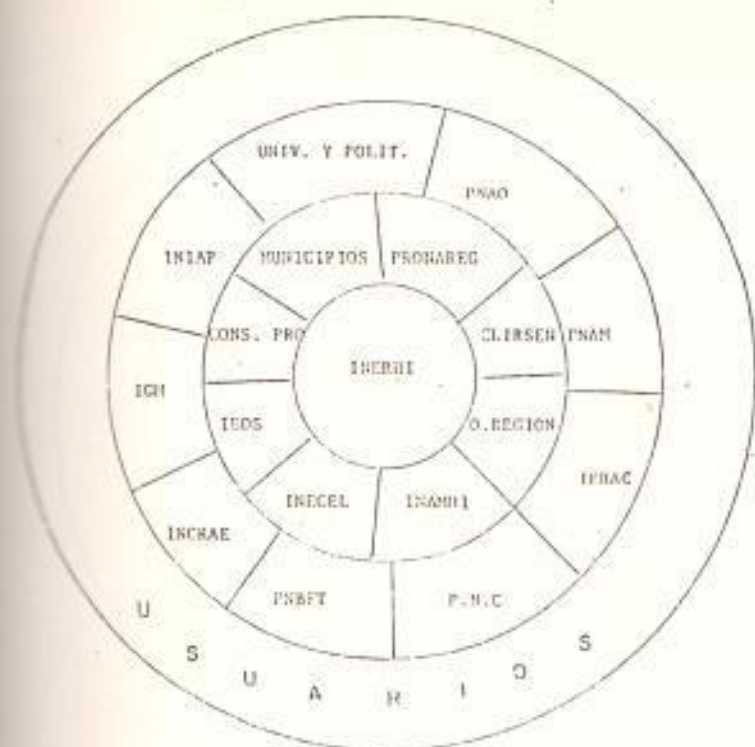


Fig. 2.12: Red #6, de Recursos Hídricos.

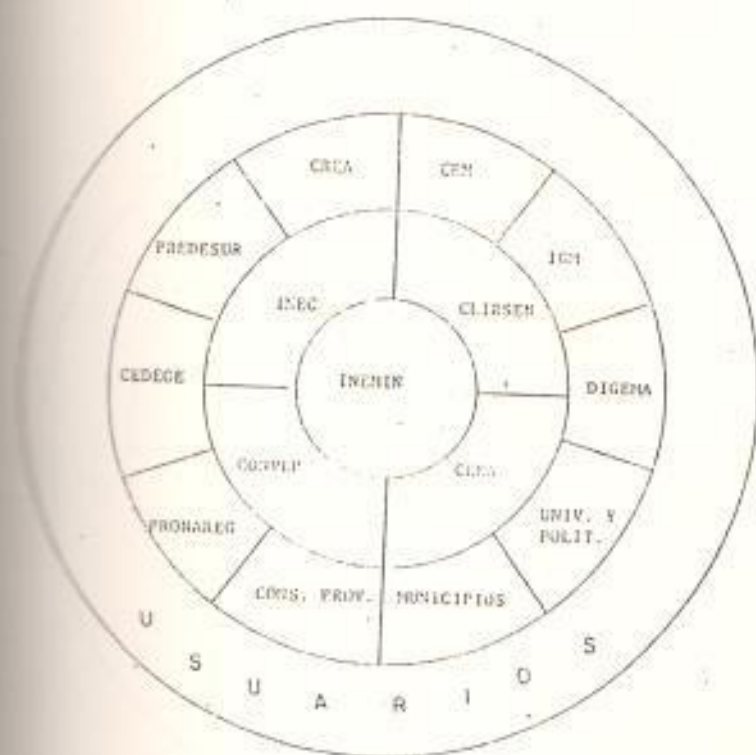


Fig. 2.13: Red #7, de Recursos Minerales.

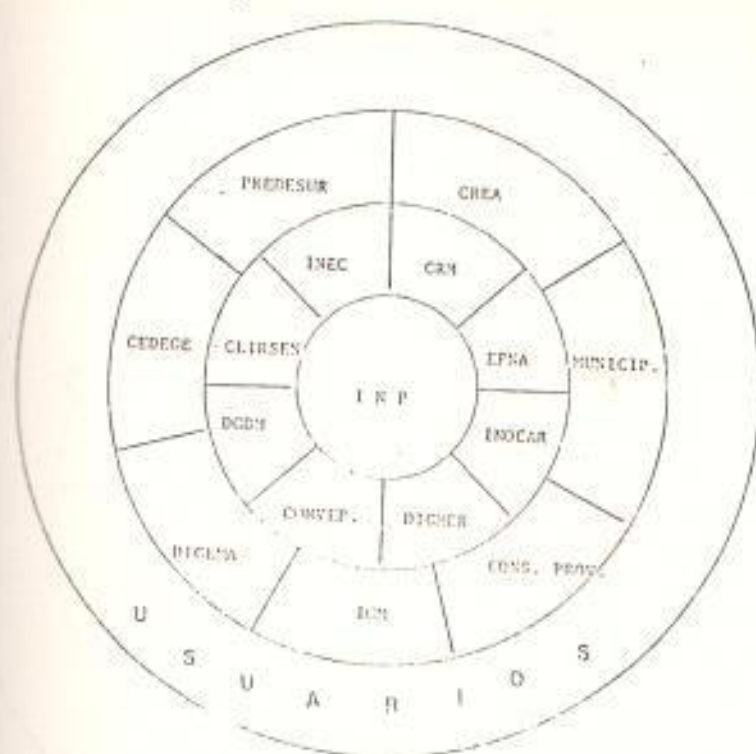


Fig. 2.14: Red #8, de Recursos Pesqueros.

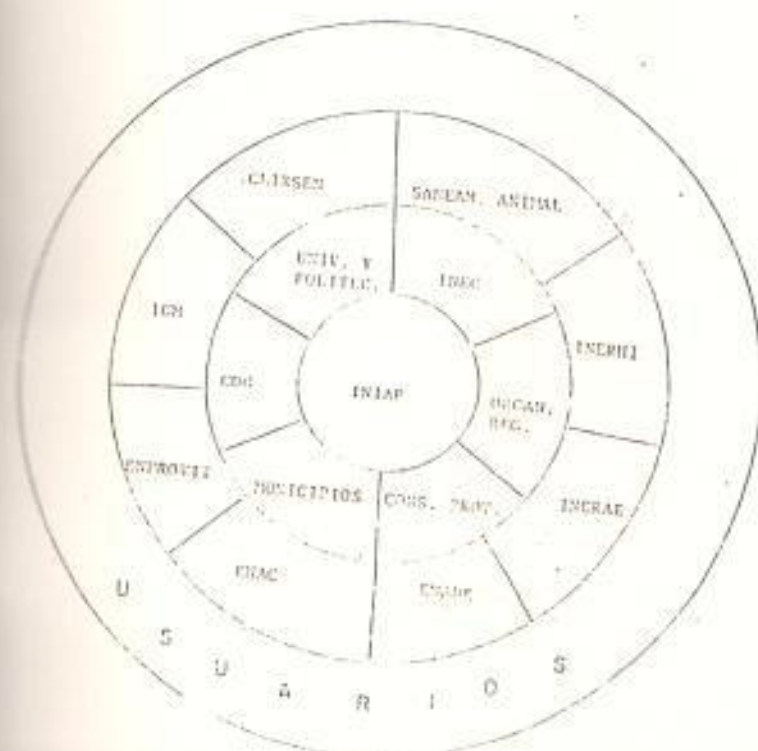


Fig. 2.15: Red #9, de Recursos Vegetales.

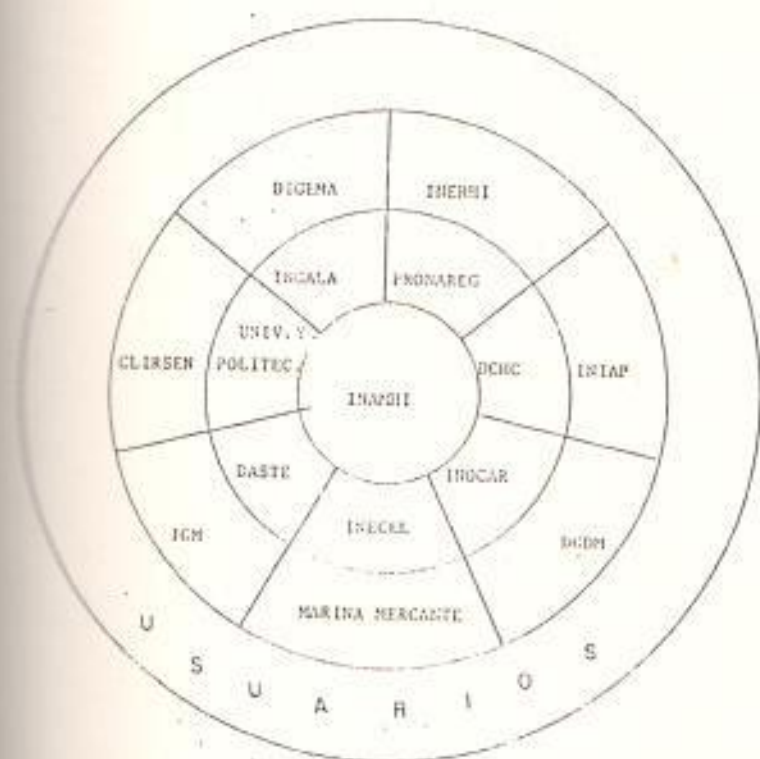


Fig. 2.16: Red #10, de Recursos Atmosféricos.

Sin embargo, para contar con la estructura del Subsistema sobre recursos naturales y medio ambiente, es prioritario realizar permanentes ajustes que optimicen su funcionamiento para que una vez conformado a nivel global, se lo integre a los sistemas existentes. Por esto la estructura de este sistema tiene la propiedad de ajustarse a los requerimientos nacionales y a la vez permitir el funcionamiento independiente y descentralizado de las redes.

#### ESTRUCTURA

Es Subsistema de Recursos Naturales y Medio Ambiente, está conformado por:

- A. Comisión coordinadora del Subsistema
- B. Centro de Referencia
- C. Unidades Operativas
- D. Usuarios

Una visión más clara de la estructura se puede lograr con el gráfico de la fig. 2.17.

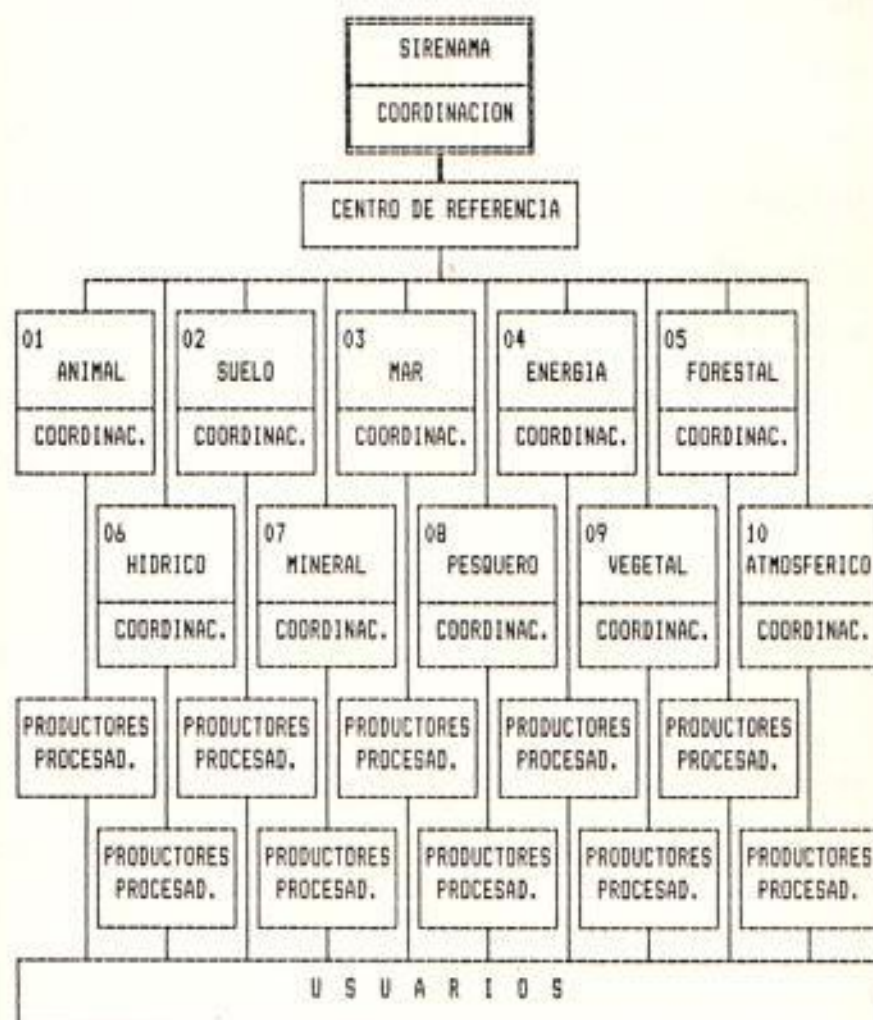


fig. 2.17: Estructura de SIRENAMA.

Es de vital importancia señalar que, para ubicar a cada institución en la función específica que permite establecer las relaciones e interrelaciones en el Subsistema, se ha estructurado una Boleta para el diagnóstico del Estado Actual de la Información sobre Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Dicha boleta, que es necesario incluir en la planificación de cada Subsistema, contiene la petición del volumen de información, el tipo de equipos con que cuenta la institución y otros datos, como tipo de información, etc. cuyos resultados son de gran interés para poder establecer las capacidades de los enlaces entre nodos, etc.

Los objetivos principales de conocer la capacidad instalada son:

- Establecer a mediano plazo, sistemas de comunicación ágiles y rápidos que optimicen la gestión informática.

- A corto plazo permitirá conocer qué unidades operativas pasarían a integrar inmediatamente el subsistema que deberá ser reforzado para poner en marcha este proyecto.

### CAPITULO III

#### ANÁLISIS TOPOLOGICO Y ALTERNATIVAS DE ENLACE ENTRE NODOS.

Con el fin de analizar la demanda actual y futura de la Red de Transmisión de Datos a nivel de Administración Pública, resultó imprescindible la realización de un Estudio de Mercado, que permite llevar a cabo un dimensionamiento adecuado de la Red.

Al momento de redactar el presente Proyecto, no se contaba ni siquiera con el estudio propuesto por el E.N.I. para desarrollar el Subsistema de Recursos Naturales, aunque sí, con un estudio de mercado a nivel nacional, realizado por Joaquín Espallargas, experto de la UIT, (Unión Internacional de Telecomunicaciones), enviado por las Naciones Unidas exclusivamente para ese objetivo, y por un grupo de trabajo del IETEL, llevado a cabo el año de 1982, en que se menciona que es imprescindible iniciar la instalación de la Red de Datos Nacional a partir de 1984, para ponerla en funcionamiento en 1987.

En dicho estudio, se persiguen objetivos, que contienen aspectos como:

- Previsiones de la demanda de transmisión de datos en el Ecuador.



- Información de usuarios actuales y potenciales.
- Descripción de las necesidades de los usuarios.
- Tendencia y desarrollos de la transmisión de datos.

También abarca las fases socio-económica, tecnológica y de campo con vistas a conocer previsiones de la demanda a corto y medio plazo.

Se partió del supuesto de que en Ecuador hay aproximadamente 120 empresas potenciales del sector público de los servicios de Transmisión de Datos (que también fue propuesto por el SNI).

Las conclusiones del estudio de mercado se detallan a lo largo de este capítulo.

### 3.1. Factibilidad de ubicación de nodos y concentradores.

El estudio de mercado proporciona los datos de 159 empresas del sector público que corresponden a las siguientes poblaciones:

- |             |                |
|-------------|----------------|
| - 67 Quito  | - 25 Guayaquil |
| - 2 Salinas | - 2 Durán      |
| - 3 Milagro | - 2 Babahoyo   |
| - 3 Quevedo | - 2 Loja       |

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| - 3 Guaranda   | - 4 Riobamba       |
| - 5 Ambato     | - 2 Latacunga      |
| - 3 Manta      | - 1 Puerto Bolívar |
| - 6 Portoviejo | - 7 Esmeraldas     |
| - 4 Machala    | - 3 Tulcán         |
| - 4 Ibarra     | - 8 Cuenca         |

En la mayoría de entidades públicas no existe una configuración de terminales, la mayoría son terminales independientes para aplicaciones individuales de cada oficina estatal, a excepción del Banco Central, en que la configuración se basaba fundamentalmente en la instalación de unidades de concentración que controlaban un cierto número de terminales, bien pantallas para aplicaciones de cuentas, impresoras o terminales propiamente bancarios. Otras entidades han desarrollado configuraciones también especiales, luego del estudio de mercado realizado.

El cuadro 3.1, detalla, distribuido por poblaciones, el número total de terminales estimados por dicho estudio, y con modificaciones realizadas por el autor de este proyecto, para el término de 1982.

POBLACION	# DE TERMINALES
Quito	478
Guayaquil	470
Cuenca	12
Esmeraldas	18
Portoviejo	10
Loja	8
Ambato	8
Riobamba	7
Machala	7
Ibarra	6
Milagro	5
Guaranda	5
Quevedo	5
Manta	40
Tulcán	5
Salinas	4
Durán	4
Babahoyo	4
Latacunga	4
Pto. Bolívar	2

Cuadro 3.1: Número de terminales por población.

La proyección de terminales de datos durante el periodo 1982 a 1992, se refleja en el Cuadro 3.2, habiendo supuesto un incremento anual del 20% según datos obtenidos en las encuestas y estimados por el crecimiento respecto de años anteriores.

CIUDAD	1982	1984	1986	1988	1990	1992
Quito	478	680	979	1410	2031	2925
Guayaquil	470	677	976	1405	2023	2914
Cuenca	12	18	27	40	58	84
Esmeraldas	18	27	40	58	84	121
Portoviejo	10	15	22	33	48	70
Loja	8	12	18	27	40	58
Ambato	8	12	18	27	40	58
Riobamba	7	11	16	23	34	49
Machala	7	11	16	23	34	49
Ibarra	6	10	15	22	33	48
Milagro	5	7	11	16	23	34
Guaranda	5	7	11	16	23	34
Quevedo	5	7	11	16	23	34
Manta	40	58	84	121	174	251
Tulcán	5	7	11	16	23	34
Salinas	4	6	9	13	19	28
Durán	4	6	9	13	19	28
Babahoyo	4	6	9	13	19	28
Latacunga	4	6	9	13	19	28
Pto. Bolívar	2	4	6	9	13	19

Cuadro 3.2: Proyección de número de terminales de 1982 a 1992.

Supuesta una penetración del 40% en los terminales existentes sobre la Red Especializada de Transmisión de Datos, se han estimado, para 1.992 los terminales que se indican en el cuadro 3.3.

En el mismo cuadro, se incluyen poblaciones que no se consideraron antes, pero que se mencionan dentro del estudio, por ser de cierta importancia política y administrativa.

POBLACIONES	TERMINALES SOBRE LA RED
Quito	1130
Guayaquil	1166
Cuenca	34
Esmeraldas	48
Portoviejo	28
Loja	23
Ambato	23
Riobamba	20
Machala	20
Ibarra	19
Milagro	14
Guaranda	14
Quevedo	14
Manta	100
Tulcán	14
Salinas	11
Durán	11
Babahoyo	11
Latacunga	11
Pto. Bolívar	7
Jipijapa	4
La Libertad	5
Sto. Domingo	4
Macas	2
Azoques	4

Cuadro 3.3: Terminales estimados en 1992.

Un aspecto básico en la topología de una red es la capacidad de ésta para hacer frente a posibles fallos de un Nodo Principal o de sus enlaces con otro. En estos casos, y en base a la conectividad de

la Red (Número de enlaces o Nodos Principales con los que está interconectado cada uno de ellos), será posible afrontar tales situaciones; la red ofrece seguridad, fiabilidad y capacidad de solución ante fallas por poder adoptar un cambio en la conmutación de un Nodo y variar el método de encaminamiento de la información.

En consecuencia de lo anterior, se fija para la Red en cuestión, una estructura topológica basada en encaminamiento múltiple.

De este modo, la estructura topológica central de Red permitirá conexión múltiple entre Nodos Principales, posibilidad de distribución del flujo de tráfico, alternativas de encaminamiento, eliminación y saturaciones y en definitiva el obtener los beneficios que presentan todos los tipos de red mallada.

### 3.1.1. Distribución geográfica de la Red.

La decisión de la ubicación de los Nodos Principales se ha basado en las conclusiones obtenidas por el Estudio de la Transmisión de Datos en Ecuador, con correcciones del autor de este Proyecto, apuntando aspectos socio-

-económicos-políticos de aquellas poblaciones que el número previsto de terminales tuviesen valores, los mismos que se tomaron en consideración, para centrar los puntos de decisión en las ciudades consideradas como Nodos Principales.

Este modo de actuación se considera correcto, ya que este estudio debe basarse no sólo en datos recogidos sino en otros complementarios tales como importancia actual y futura de las poblaciones, áreas de expansión, aspectos socio-políticos, distancias entre Centros, facilidades actuales y futuras de transmisión, etc.

Resumiendo dicho estudio, se contabilizan como Nodos Principales los correspondientes a las poblaciones citadas en el cuadro 3.4, con sus respectivos accesos en número de terminales.

NODOS PRINCIPALES	Nº DE TERMINALES
QUITO	1223
AMBATO	54
GUAYAQUIL	1256
MACHALA	50
MANTA	140
CUENCA	61

Cuadro 3.4: Nodos principales con sus accesos totales

### 3.2. Topología de las Redes Locales.

Sobre la distribución geográfica o provincias que cubre cada zona, queda repartida la Red en la atención geográfica siguiente:

#### a. Zona Quito

Provincias de Pichincha, Carchi, Imbabura, Esmeraldas, Galápagos y Norte de Napo.

#### b. Zona Ambato

Provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Sur de Napo y Pastaza.



## c. Zona Guayaquil

Provincias de Guayas, Los Rios y Bolívar.

## d. Zona Machala

Provincias de El Oro, Loja y Zamora.

## e. Zona Manta

Provincia de Manabí.

## f. Zona Cuenca

Provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago.

La distribución porcentual del número de terminales previsto en el país, para el año 1992 es la que se expresa a continuación:

Zona de Quito	1223 terminales	43.93%
Zona de Ambato	54 terminales	1.94%
Zona de Guayaquil	1256 terminales	45.12%
Zona de Machala	50 terminales	1.79%
Zona de Manta	140 terminales	5.03%
Zona de Cuenca	61 terminales	2.19%
	-----	-----
	2784	100.00%

La estructura de la Red deberá complementarse con las conexiones internacionales, así como con la creación de un Centro de Gestión. En cuanto a las conexiones internacionales, se recomienda estén ubicados en el Nodo Principal de Quito, ya que su volumen no determina un Nodo Internacional.

La anexión a los nodos principales, se la realiza según la siguiente distribución:

- Anexión a Quito: Tulcán, Esmeraldas e Ibarra.
- Anexión a Ambato: Ambato, Riobamba y Latacunga.
- Anexión a Guayaquil: Babahoyo.
- Anexión a Machala: Loja.
- Anexión a Manta: Portoviejo.
- Anexión a Cuenca: Azogues.

También existirán conexiones a la Red Nacional, por medio de circuitos Punto a Punto, y por Concentradores Remotos. Los terminales de las ciudades que se citan, estarán conectados de esta forma:

- Libertad, Milagro, Salinas, Guaranda y Durán a Guayaquil.

- Jipijapa a Manta.
- Macas a Cuenca.
- Galápagos, Sto. Domingo de los Colorados y poblaciones del norte de Napo (Lago Agrio, Nuevo Rocafuerte, etc) a Quito
- Pto. Bolívar y poblaciones de Zamora a Machala.

Es aconsejable que los Nodos de la Red admitan circuitos procedentes no sólo de terminales trabajando en modo carácter, sino también ordenadores de abonado, debiendo realizar conmutación local además de los trabajos de concentración y, por lo tanto, el empaquetado-desempaquetado de la información.

### 3.3. Conexiones alternativas entre Nodos.

La topología de Red recomendada en el estudio de transmisión de datos en Ecuador realizado en 1982, se basa en una decisión del IETEL de disponer de una red mallada con tres Nodos, con conectividad "dos" y de este modo disponer de rutas alternativas sobre los enlaces entre los tres supuestos Nodos Principales de dicho estudio, es decir; Guayaquil, Quito y Cuenca (se consideran los tres nodos restan-

tes como Secundarios, con Conexiones; Ambato a Quito, y Machala y Manta a Guayaquil).

Por esta razón, esta Topología (Distribuida), se impone a la estructura Arbol con 2 Nodos Principales, esto es, Guayaquil y Quito (pasando a ser Cuenca un Nodo Secundario dependiente de Guayaquil), aunque no se deja de sugerir que se considere la segunda estructura fundamentada en los siguientes puntos:

- \* Ahorro del enlace Quito - Cuenca.
- \* Eliminación de prolongar los radioenlaces Quito - Guayaquil y Guayaquil - Quito.
- \* Nodos descompensados 1277 y 1446 terminales de Quito y Guayaquil, frente a los 61 de Cuenca.

Pero con la desventaja de no ser una red mallada, inconveniente que se evita al disponer de enlaces simultáneos entre Quito-Guayaquil por el interior y la Costa.

En última instancia el estudio admite la creación de la Red Mallada con tres Nodos, pero el autor de este Proyecto, considera mucho más positivo el

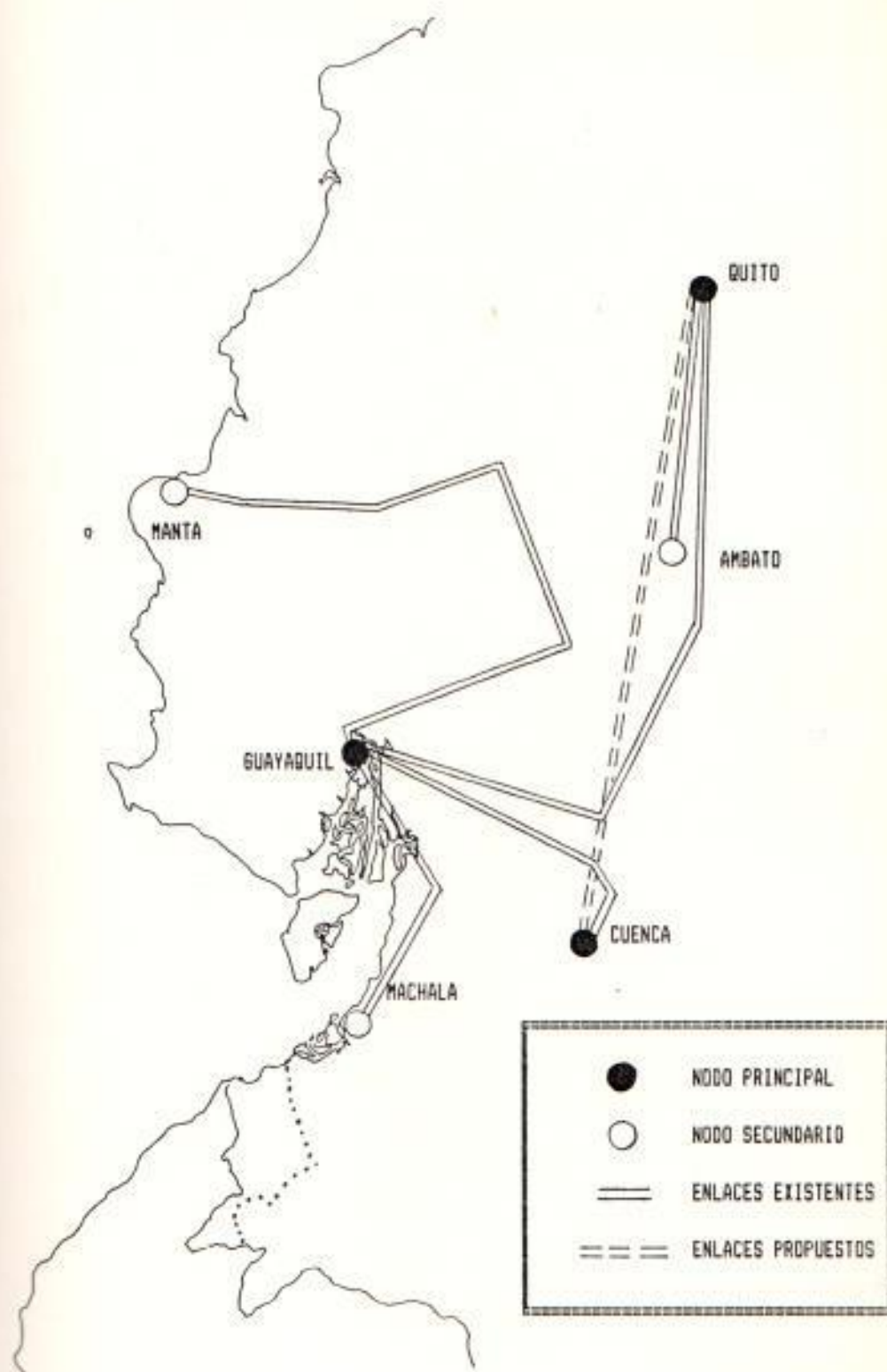


Fig. 3.1.(a): Red Distribuida Propuesta por IETEL.

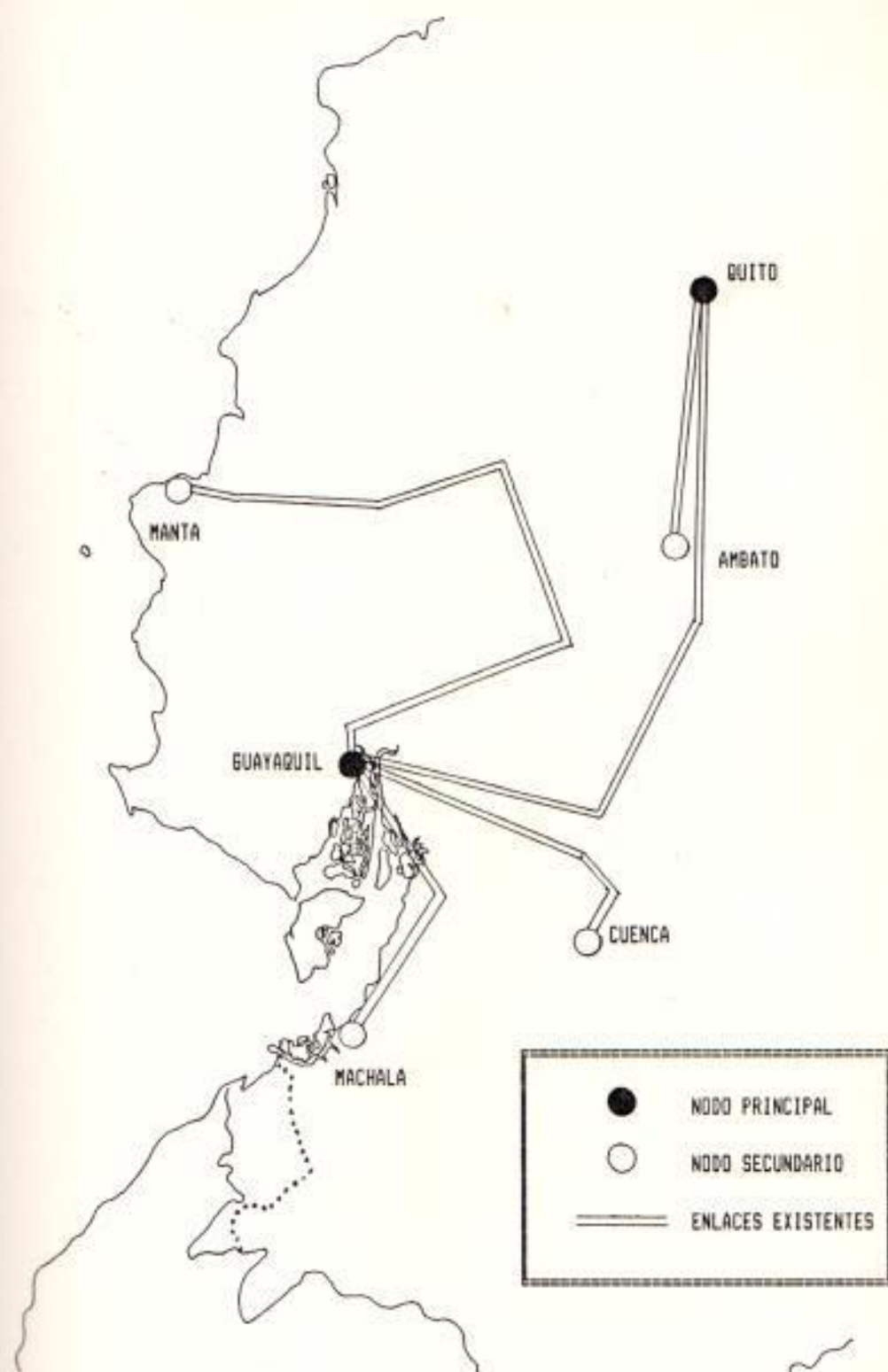


Fig. 3.1.(b): Red Alternativa Tipo Arbol.

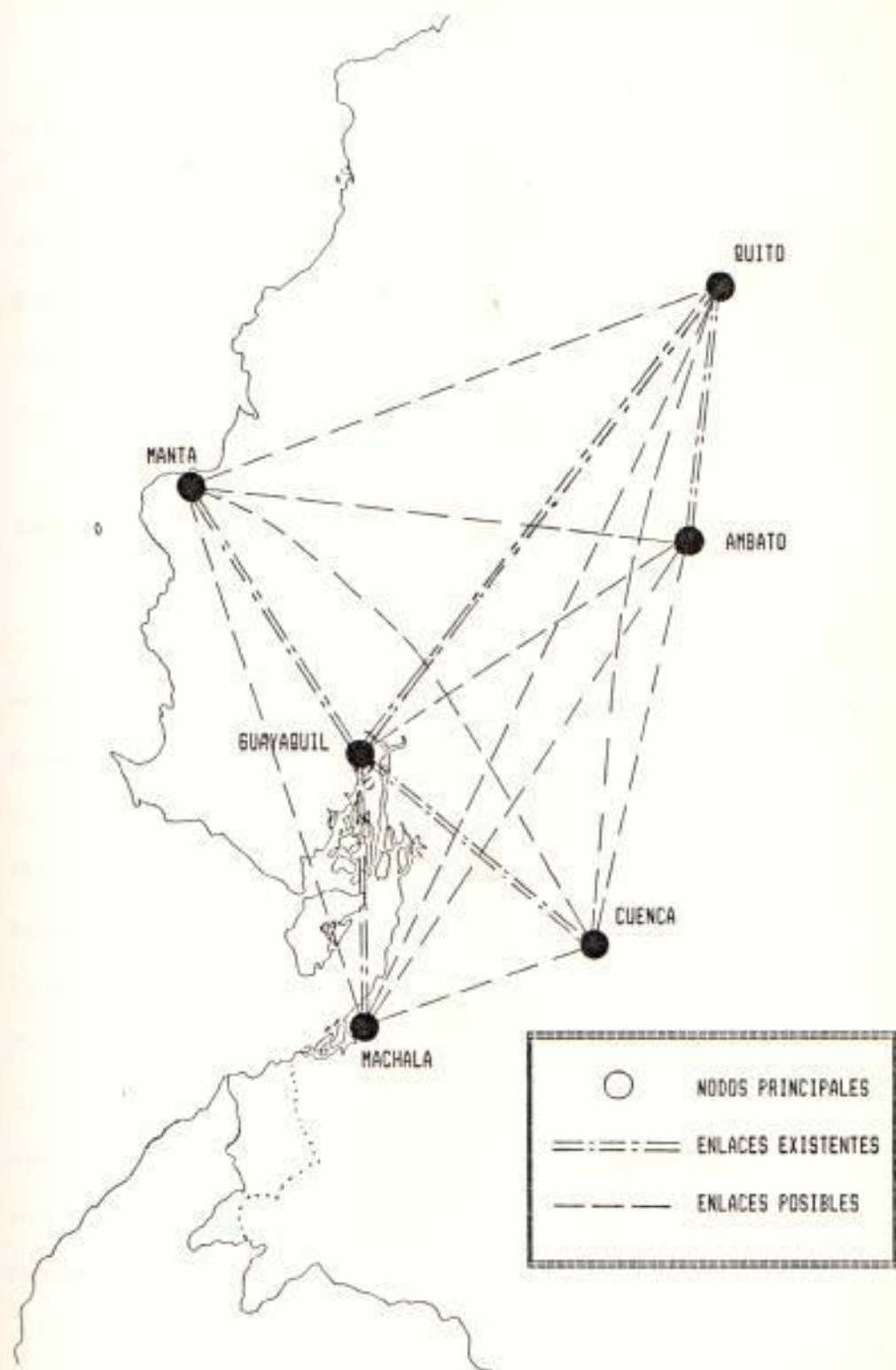


Fig. 3.1.(c): Estructura de una Red Mallada.

Para decidir cuál de las alternativas de enlaces o conexiones entre nodos se debe tomar, es necesario hacer previamente el estudio del tráfico entre las centrales, por esta razón, en el apartado correspondiente del próximo capítulo se menciona la estructura definitiva de la red distribuida recomendada en el presente Proyecto.

#### **3.4. Interfaces de los Circuitos de Datos.**

Debido a la gran variedad de computadores, de equipos terminales de datos y arquitecturas y a la gran variedad de protocolos de comunicación existentes y que se van a adquirir en toda la Administración Pública, es necesario normalizar el empleo de interfaces entre los equipos de computación y los equipos de transmisión de datos. Para esto, el estudio recomienda algunos equipos de transmisión de datos disponibles en el mercado nacional e internacional pero que adopten como especificaciones funcionales de la Red, las **Recomendaciones X.25 del CCITT.**

Según el análisis de mercado sobre el cual se basa el presente proyecto existen configuraciones y



arquitecturas con diversos protocolos e interfaces de comunicación como son 3270 BSC, 3270 SNA, SDLC, 2780/3780, Asíncrona, etc., por lo tanto las interfaces de acceso a la red de Datos deben lograr convertir estos protocolos al correspondiente en las Recomendaciones X.25.

Para aclarar más las características de las interfaces a la red, se puede tomar el análisis de los niveles del modelo de referencia de la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), propuesto como un estándar internacional de las redes de datos por la Organización de Estándares Internacionales (ISO).

**Nivel Físico.-** Que corresponde a las características físicas, eléctricas, funcionales y procedimientos relativos al enlace físico.

En este nivel se usarán interfaces de acuerdo a las recomendaciones V.24 y V.28 del CCITT además del bastante usado EIA/RS232C, para la unión entre el modem y el terminal. Los modems que deben utilizarse corresponden a los de la serie "V", dependiendo de la velocidad de los circuitos que se empleen en cada enlace, con transmisión síncrona o asíncrona.

Las características puramente eléctricas de los circuitos de enlace DTE-DCE, están definidas en las recomendaciones V.10 , V.11 y V.28 del CCITT, y prácticamente todos los modems se adaptan a la última.

(Nota:Las recomendaciones del nivel eléctrico son las siguientes:

Rec. v.10: Circuitos asimétricos para uso con equipos que usan tecnología de circuitos integrados y que funcionan a velocidades altas (de 20 a 100kbits)

Rec. v.11: Circuitos de enlace simétricos con equipos que usan tecnología de circuitos integrados y funcionan a velocidades muy altas (hasta 10Mbits/s)

Rec. v.28: Circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que usan tecnología de componentes discretos y funcionan a velocidades inferiores a 20.000 bits/s.

Las recomendaciones del nivel lógico o funcional son las siguientes:

Rec. v.24: Permite el intercambio de señales entre modem y terminal para el diálogo entre ambos, también tiene su equivalente en RS232C.)

Debido a los innumerables problemas que presentan los circuitos telefónicos locales (especialmente en las ciudades de la costa, y en temporada invernal), se debe utilizar equipos o medios de transmisión que eliminen si no totalmente, en parte este problema. Para esto, se recomiendan dos alternativas:

\* Se pueden aprovechar modems actualmente en el mercado que realicen compresión de datos y que ajusten dinámicamente el tipo de datos que va a ser transmitido, y los tamaños de los paquetes dependiendo de las condiciones de línea, logrando altas velocidades de transmisión y que aseguren la integridad de los datos en un 100% utilizando el método CRC para detección de errores, aunque estos métodos corresponden a definiciones del nivel de control de enlace de datos explicados más abajo.

\* Empleando directamente equipos de radio que se han venido utilizando exitosamente en el mercado para lograr la comunicación entre computadores, y que trabajan en algunos tipos de bandas de frecuencia. Las bandas de frecuencia a nivel local que pueden utilizarse actualmente van desde los 300 Mhz hasta

los 1000 Mhz, con ciertas variaciones dependiendo de las políticas de la Dirección de Radio Frecuencias, los equipos disponibles trabajan en éstas y otras frecuencias más altas como 1500, 2000 ó 2500 Mhz.

Estos equipos, que usualmente reciben el nombre de "modem-radio", también deben utilizar interfaces con recomendaciones V.28 y V.24, y generalmente trabajan con modulación PSK. La eficiencia de Ancho de Banda en Radio Frecuencia debe ser de por lo menos 1 bit/s/HZ.

**Nivel de Control de Enlace de Datos.** - Asegura la sincronización entre los dos extremos del enlace de forma que se pueda extraer correctamente la información transmitida y detectar y recuperar los errores que puedan aparecer en la transmisión.

Existe un número de estándares similares para el Control de Enlace de Datos como HDLC, ADCCP, LAPB y SDLC, desarrollados por la ISO, por ANSI, por CCITT y por IBM respectivamente, de los cuales, LAPB (Procedimiento de Acceso al Enlace, Balanceado) es el nivel de Control de Enlace de Datos para X.25 y que es el Protocolo de Red que debe ser soportado

por los equipos de conexión de los Computadores a la Subred, que de ahora en adelante se denominará "La Red de Datos X.25", o simplemente "La Red X.25".

Dichos equipos que permitan el acceso a la Red X.25, deben soportar los protocolos arriba mencionados, y lograr la conversión de estos protocolos al protocolo LAP o LAPB de X.25, permitiendo a su vez el acceso a la red de la mayor parte del "Parque Instalado de Computadores" en las diversas compañías de la Administración Pública.

**Nivel de Red.**- Tal vez el Nivel más complejo en el modelo OSI. Se refiere entre otros, a los procesos de enrutamiento y de control de flujo. Estos procesos son discutidos y recomendados en el capítulo V del presente Proyecto.

Con respecto a la operación entre redes, el protocolo de conexión entre redes, que es un complemento de X.25, es el especificado en las recomendaciones X.75, y es el que debe ser utilizado para conectar la Red de Datos objeto de este estudio y las demás redes del resto del mundo.

**Nivel de Transporte.**- Los procesos del Nivel de Transporte se realizan en cada extremo luego de que el Nivel de Red ha provisto un Enlace Virtual de Extremo a Extremo de la red. Este nivel tiene un número de funciones de las cuales no todas son necesariamente requeridas.

Este nivel rompe los mensajes en paquetes en el extremo que transmite y los reensambla en el extremo que recibe la información, cuyo proceso es simple si existe suficiente espacio en buffer.

El Nivel de Transporte también puede multiplexar algunas sesiones de baja velocidad, todas desde el mismo sitio en que se originan y todas hacia el mismo lugar de destino, en una sesión al Nivel de Red, siempre y cuando el Control de Flujo del Nivel de Red lo permita.

**Nivel de Sesión.**- Es el nivel inmediatamente superior al Nivel de Transporte en la Jerarquía OSI, y una de sus funciones trata con los Derechos de Acceso a la Red al establecer una Sesión permitiendo, por ejemplo, el acceso o no a determinados Registros de un Contribuyente por parte

de ciertos usuarios. Así mismo, mantiene el control de los accesos que se realizan a ciertos servicios de la red.

Este Nivel está altamente desarrollado a nivel bancario en el Ecuador, y en la Administración Pública se debe tener especial atención en lo que se refiere al acceso a información considerada como confidencial o estratégica.

**Nivel de Presentación.-** Las principales funciones de este nivel son el "encriptado" de datos, la compresión de datos y la conversión de código.

La necesidad de encriptar los datos es obvia en las aplicaciones militares (considerando que los computadores militares serán usuarios de la Red X.25), pero también es grande, si no en todas, en una buena parte de las aplicaciones de la Administración Pública.

El objeto de la compresión de datos es reducir el número de bits totales de una sesión. Como se ha mencionado, la compresión de datos puede realizarse

en otros niveles del modelo, pero existe una razón para hacerlo en cada sesión separadamente en el sentido de que diferentes sesiones tienen diferentes tipos de redundancia en sus mensajes. Es importante anotar que en el caso de la comunicación de computadores, si es necesario realizar transferencias de archivos muy grandes, el encriptado y compresión de datos es imprescindible por el ahorro de costo y porque ayuda a mantener el flujo de datos a través de la Red en niveles lejanos a la saturación.

Existe en el mercado software disponible para realizar estas funciones y que son comúnmente utilizados en Redes de Datos en otros países, siempre respetando la regla de que el encriptado debe hacerse después de la compresión de los datos.

Finalmente, la conversión de código es necesaria por la incompatibilidad de terminales, impresoras, terminales gráficas, sistemas de archivos, etc. Por ejemplo, algunos terminales usan la codificación ASCII para representar caracteres como "bytes" de 8 bits, mientras otros usan la codificación EBCDIC. Mensajes usando una



codificación deben ser convertidos a la otra codificación para poder ser reconocidos por el computador que utiliza la otra codificación.

**El Nivel de Aplicación.**- El Nivel de Aplicación es simplemente lo que queda luego de que los otros niveles han realizado su funciones. Cada aplicación requiere su propio software para realizar la aplicación deseada.

La discusión de estandarización en este nivel no va más allá de lo conocido en cuanto a las compatibilidades de ciertos "softwares" y aplicaciones.

## CAPITULO IV

### ALTERNATIVAS DE ENLACE Y SUS RESPECTIVAS CAPACIDADES

Antes de entrar a discutir lo que a asignación de capacidades se refiere, es necesario realizar una aclaración, cual es que este proyecto se centra en un estudio de Comunicación de Computadores a través una Red de Datos.

Gran parte de este capítulo se ocupa del diseño de la Red de Datos en sí, que se ha dado en llamar la Subred de nuestra red de Computadores, pero a la cual nos referiremos como simplemente "Red", analizando en primer lugar los Tipos de Enlace que va a utilizar y que depende de la estructura actual de la Red de Transmisión Nacional de IETEL. Luego se hace el análisis de Tráfico de la Red, basado en la cantidad de información que es generada por terminales que accesan a la misma, complementando esta sección con el tráfico que es generado por los HOSTS o Computadores que tienen cierta capacidad instalada. El análisis de esta parte se fundamenta en tráficos tomados de la experiencia especialmente en la comunicación de HOSTS a nivel bancario y entre Guayaquil y Quito específicamente.

La Asignación de Capacidades de los Enlaces es un desarrollo de las diversas alternativas que son basadas en diferentes métodos matemáticos y estadísticos de asignación concluyendo el presente capítulo con la recomendación del mejor método de asignación y un breve análisis de costos al sucre corriente de 1987.

Para el diseño de la Red de Datos, y como punto de partida para el estudio de los enlaces entre nodos, su calidad y capacidad, se toma el análisis de la estructura de la Red de Transmisión Nacional de IETEL. En ésta, que es una estructura básicamente tipo estrella, con dos nodos centrales en Guayaquil y Quito, se puede observar enlaces de 960 canales, de 300 canales, de 60 canales, de 24 canales y de 1 canal de voz, que son enlaces de microondas a través de estaciones repetidoras, unas con derivaciones y otras sin derivaciones, que distan entre ellas no más de 100 km, que es la distancia máxima permisible para establecer una buena calidad en la comunicación.

Existen también pequeños enlaces de cable coaxial, para distancias de no más de 10 km., que generalmente sirven para enlazar una estación terminal de radio, con la estación terminal mux, además de algunos enlaces de cable multipar y enlaces HF, que son para distancias mucho más largas (A Galápagos o al Oriente Ecuatoriano)

#### 4.1. Tipos de enlace.

Los accesos convencionales a la Red, circuitos punto a punto, se realizarán sobre enlaces a cuatro hilos, un circuito por terminal o por unidad de concentración de terminales. Los ordenadores de usuario, también a cuatro hilos, se conectarán a la Red por varios enlaces en función del tráfico o por la diversidad de entradas requeridas a fines de seguridad para caso de fallo o corte de un circuito.

En el caso de modalidad multipunto, varios terminales de usuario accederán a la Red sobre un mismo circuito, debiendo trabajar los terminales en modo normal de respuesta HDLC.

Los terminales que acceden a través de la red conmutada automática telefónica serán de modalidad arrítmica, y una puerta de entrada a la Red bajo este tipo de acceso servirá para varios terminales de usuario según el tráfico que generen.

Los enlaces de la Red de transporte e interconexión entre Nodos estarán duplicados y se dimensio-

narán de acuerdo con su tráfico, se aprovecharán los circuitos existentes en la Red telefónica.

En vista de la existencia de esta red, el estudio de la red de computadoras para la administración pública, debe centrarse en aprovechar los recursos existentes, puesto que éstos son más que suficiente en cuanto a capacidad se refiere. (480 canales de voz equivalen a aproximadamente 34 Mbits/seg. en transmisión de datos, lo que nos indica que con un poco más de un canal de voz puede suplirse el enlace de mayor capacidad de toda la Red, es decir Guayaquil-Quito, que tiene una capacidad asignada de 105440 bits/seg.).

Está de más indicar que la instalación de otros tipos de enlace, como los de fibra óptica, o algún otro enlace físico, si bien es cierto que tienen un ancho de banda muy grande y permiten una transmisión con una probabilidad de error bastante pequeña, arrojarían costos demasiado elevados considerando que están sobredimensionados con respecto a los resultados que se obtienen del presente Proyecto.

Inclusive, al terminar el presente estudio, se recomienda la instalación de nuevos enlaces que

actualmente no existen y que optimizarían el funcionamiento de la Red, pero cuyas capacidades son muy pequeñas para que el medio sea uno diferente al de transmisión por microondas.

En el mapa de la fig. 4.1 se detallan los recursos existentes aprovechables para la Red de Datos, especificando los tipos de enlace, los tipos de estación, las longitudes y las localidades.

En la fig. 4.2, se indican los enlaces existentes entre los nodos y los enlaces que recomienda este estudio que se materialicen para su óptimo funcionamiento.

Estas recomendaciones se las hace no sin antes realizar un profundo análisis de costos y conveniencias que se detallarán más adelante.

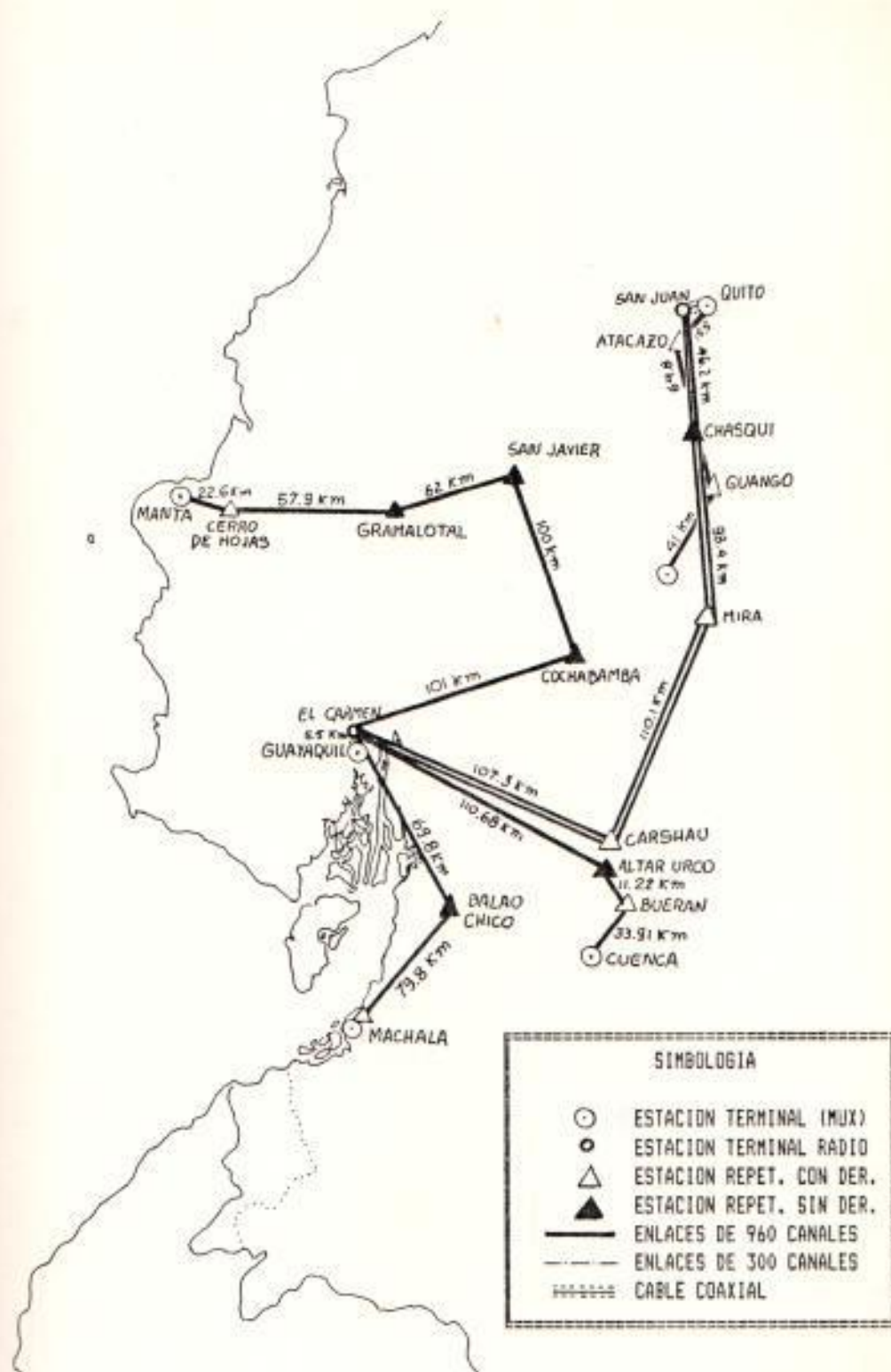


Fig. 4.1: Recursos Aprovechables para la Red de Datos.

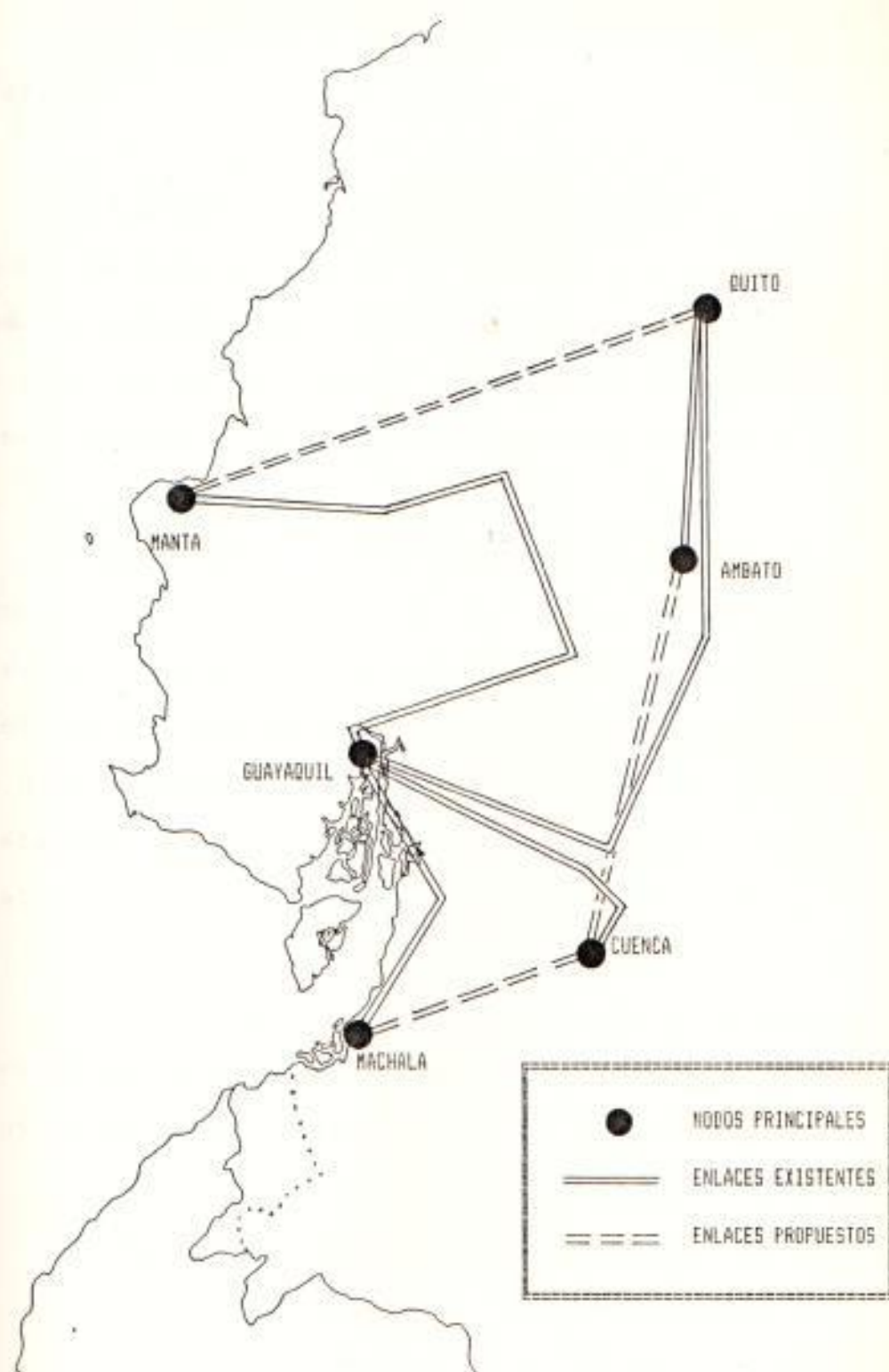


Fig. 4.2: Red Propuesta en el Presente Proyecto



#### 4.2. Tráfico.

Para establecer la matriz de tráfico entre los nodos, se toma en cuenta que en cada uno de ellos se generan mensajes para los demás nodos, y se los mide en  $r_{jk}$ , que es el número medio de mensajes/segundo que se genera en el nodo  $j$  con destino al nodo  $k$ .

Podemos tomar como indicativo de  $r_{jk}$  un número proporcional al producto de las poblaciones respectivas e inversamente proporcional a la distancia.

Esta es así una especie de ley de gravitación para la que parece más apropiado un decrecimiento con la distancia, en lugar de con el cuadrado de la distancia.

Si consideramos la población, como el número de terminales totales que acceden a cada nodo, y como distancias, las siguientes;

Quito-Guayaquil	362 km
Quito-Ambato	121.3 km
Guayaquil-Manta	180 km
Guayaquil-Cuenca	161.31 km
Guayaquil-Machala	155.1 km

Machala-Cuenca	120 km
Ambato-Cuenca	190 km
Guayaquil-Ambato	190 km
Machala-Ambato	280 km
Manta-Ambato	240 km
Cuenca-Manta	270 km
Manta-Quito	308 km
Quito-Machala	518 km
Quito-Cuenca	311 km
Machala-Manta	500 km

una matriz proporcional a la matriz de tráfico, sería la siguiente (Cuadro 4.1):

	Quito	Ambato	Gquil.	Machala	Manta	Cuenca
Quito	-	545	4243	118	556	240
Ambato	545	-	357	10	32	18
Gquil.	4243	357	-	405	977	475
Machala	118	10	405	-	14	26
Manta	556	32	977	14	-	32
Cuenca	240	18	475	26	32	-

Cuadro 4.1: matriz proporcional de tráfico entre nodos.

El cual puede dar una idea del porcentaje de información que cada nodo envía a otro. Estos porcentajes se los indica en el cuadro 4.2, después de reestructurarlos de acuerdo a la importancia socio-económica y política de cada población:

	Quito	Ambato	Gquil.	Machala	Manta	Cuenca
Quito	-	10	70	5	10	5
Ambato	50	-	35	5	5	5
Gquil.	60	5	-	10	15	10
Machala	20	5	60	-	5	10
Manta	30	5	55	5	-	5
Cuenca	30	5	55	5	5	-

Cuadro 4.2: Porcentaje de información a enviar desde los nodos de origen (verticales) a los de destino (horizontales)

Cabe recalcar que en el cuadro 4.2, las poblaciones que se encuentran en la primera columna corresponden a los nodos donde se origina el tráfico y las de la primera fila, a los nodos de destino del tráfico.

Con estos porcentajes, se puede realizar una matriz de la distribución de terminales que acceden a la red (cuadro 4.3):

	Quito	Ambato	Gquil.	Machala	Manta	Cuenca
Quito	-	122	865	62	122	62
Ambato	27	-	19	3	3	3
Gquil.	753	63	-	126	189	126
Machala	10	3	30	-	3	5
Manta	42	7	77	7	-	7
Cuenca	18	4	33	3	3	-

Cuadro 4.3: Matriz de distribución de terminales que acceden a la red.

De acuerdo al estimado de tráfico de las entidades bancarias sobre el número de terminales de cada organización, se ha supuesto que el tráfico por cada terminal será de 300.000 caracteres por día.

Se considera que en la hora punta del día se tramita el 20 % del total de transacciones generadas por el terminal, en consecuencia, tomando caracteres de 8 bits, el tráfico medio originado por un terminal en la hora cargada, será:

$$0.2 * 300.000 \text{ car} / 3600 \text{ seg} =$$

$$= 0.2 * B * 300.000 \text{ bits} / 3600 \text{ seg} =$$

$$133.33 \text{ bit/seg.}$$

Pero para aplicaciones de la administración pública, en que los terminales tienen un menor tiempo de trabajo, se va a asumir 100 bits/seg. por cada terminal.

El cuadro 4.4 muestra la matriz del tráfico que se cursaría entre nodos de la red en bits/seg.

	Quito	Ambato	Gquil.	Machala	Manta	Cuenca
Quito	-	12200	86500	6200	12200	6200
Ambato	2700	-	1900	300	300	300
Gquil.	75300	6300	-	12600	18900	12600
Machala	1000	300	3000	-	300	500
Manta	4200	700	7700	700	-	700
Cuenca	1800	400	3300	300	300	-

Cuadro 4.4: Matriz no simétrica de tráfico entre nodos, en bits/seg.

Se considerará que existirá simetría en los tráficos, para lo cual se tomará el mayor tráfico entre dos nodos como el tráfico de ida y de vuelta, para obtener una matriz como la del cuadro 4.5:

	Quito	Ambato	Gquil.	Machala	Manta	Cuenca
Quito	-	12200	86500	6200	12200	6200
Ambato	12200	-	6300	300	700	400
Gquil.	86500	6300	-	12600	18900	12600
Machala	6200	300	12600	-	700	500
Manta	12200	700	18900	700	-	700
Cuenca	6200	400	12600	500	700	-

Cuadro 4.5: Matriz simétrica de tráfico entre nodos en bits/seg.)

Suponiendo que cada mensaje tenga una longitud de 1000 bits, y si se numeran los nodos como se indica, se puede obtener la matriz de tráfico entre los nodos, en función de  $r_{jk}$ , como indica el cuadro 4.6:

Quito ==> 1  
 Ambato ==> 2  
 Guayaquil ==> 3  
 Machala ==> 4  
 Manta ==> 5  
 Cuenca ==> 6

	Quito	Ambato	Squil.	Machala	Manta	Cuenca
Quito	-	12.2	86.5	6.2	12.2	6.2
Ambato	12.2	-	6.3	0.3	0.7	0.4
Squil.	86.5	6.3	-	12.6	18.9	12.6
Machala	6.2	0.3	12.6	-	0.7	0.5
Manta	12.2	0.7	18.9	0.7	-	0.7
Cuenca	6.2	0.4	12.6	0.5	0.7	-

Cuadro 4.6: Matriz de tráfico entre nodos en men/seg.

Si se considera que la topología de la red es la que se indica en la fig. 4.3, y conociendo las distancias que existen entre cada nodo, se va a asignar capacidades a los enlaces dependiendo del tipo de enrutamiento que se recomiende. En este caso se va a recomendar el enrutamiento basado al camino más corto (ver capítulo 5), de donde, para ir un mensaje de un nodo a otro, escoge el camino más corto a través de los enlaces existentes.

Así, llamando  $\Omega_i$  al número medio de mensajes por segundo que atraviesa el canal  $i$ , con los canales numerados como en la fig. 4.3, tenemos que cada canal tiene un tráfico como el que se muestra en el cuadro 4.7.

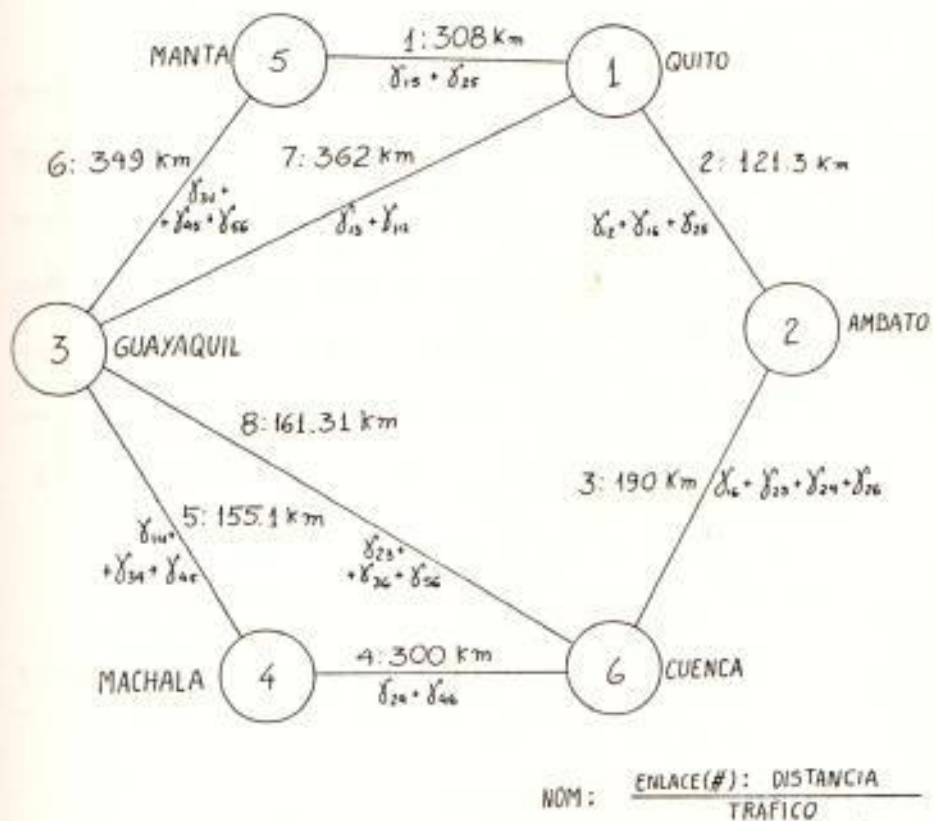


Fig.4.3: Diseño topológico para el CASO 1 de la red.

CANAL (i)	TRAFICO	$\Omega_i$ (men/seg)
1	$\gamma_{15} + \gamma_{25}$	12.9
2	$\gamma_{12} + \gamma_{16} + \gamma_{15}$	19.1
3	$\gamma_{16} + \gamma_{23} + \gamma_{24} + \gamma_{26}$	13.2
4	$\gamma_{24} + \gamma_{46}$	0.8
5	$\gamma_{14} + \gamma_{34} + \gamma_{46}$	19.5
6	$\gamma_{23} + \gamma_{24} + \gamma_{26}$	20.3
7	$\gamma_{13} + \gamma_{14}$	92.7
8	$\gamma_{23} + \gamma_{24} + \gamma_{26}$	19.6

Cuadro 4.7: Asignación de tráficos a para cada enlace, para el caso 1.



En base al diseño topológico de la figura 4.3, se va a determinar cuántos canales deberían fallar, para impedir o cortar la comunicación entre dos nodos importantes, por ejemplo, desde Quito a Guayaquil (del Nodo 1 al 3 respectivamente). Además se va a suponer que cada mensaje por segundo utilizará un canal, para que el cálculo sea mucho más preciso. Esta teoría se denomina la del corte mínimo.

La configuración de la red, con sus enlaces, es como indica la figura 4.4:

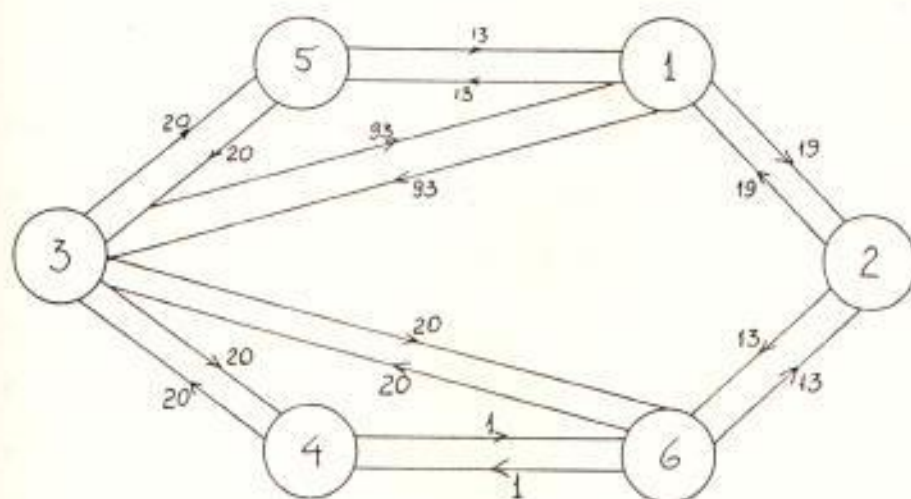


fig. 4.4: Configuración del caso I.

Para que se corte la comunicación de Quito a Guayaquil, deberían fallar 119 canales, quedando la configuración de la siguiente manera (fig. 4.5):

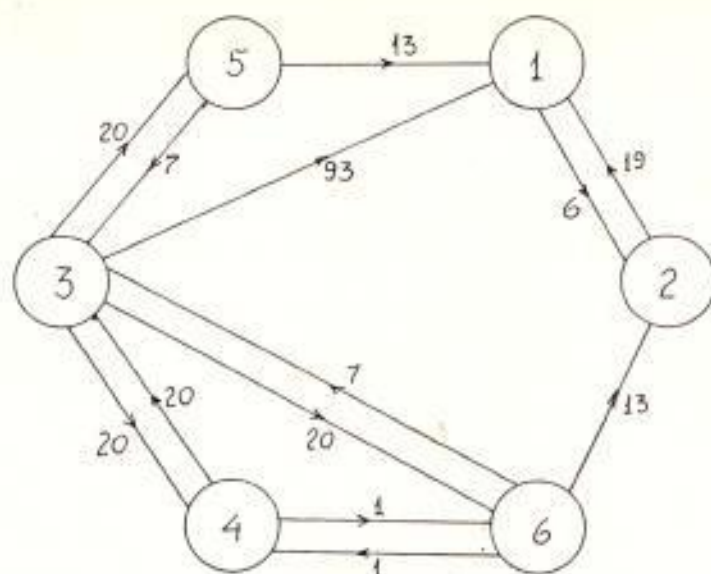


fig. 4.5: Configuración de la Red I con el mínimo número de fallos para impedir la comunicación entre Quito y Guayaquil.

Esto quiere decir que el corte es 119.

Ahora se podría tomar otra alternativa de diseño topológico, que sería el establecer un enlace directo entre Manta y Ambato, que se lograría con una línea entre la estación repetidora de Pachagrón (cerca de Guaranda), que está enlazada con la estación Cochabamba, que a su vez también está enlazada directamente a Manta, y la estación repetidora de Mira, a la que está enlazado el Nodo Principal de Ambato.

Esto se puede llevar a cabo con una repetidora en los alrededores del Chimborazo, que mantenga una distancia no mayor a los 100 km con ambas repetidoras.

A sabiendas del costo que puede representar la instalación de este nuevo enlace, se realizará el análisis de la conveniencia en la operación determinando cual es el corte de esta nueva configuración.

Nombrando al nuevo enlace como el número 9, se determina el tráfico asignado a cada enlace mediante el mismo método de la ley de gravitación, quedando esta asignación como indica el cuadro 4.9:

CANAL (i)	TRAFICO	$\Omega_i$ (men/seg)
1	$T_{15}$	12.2
2	$T_{12} + T_{16}$	18.4
3	$T_{16} + T_{23} + T_{24} + T_{25} + T_{26}$	13.9
4	$T_{24} + T_{26}$	0.8
5	$T_{14} + T_{34} + T_{45}$	19.5
6	$T_{35} + T_{45}$	19.6
7	$T_{13} + T_{14}$	92.7
8	$T_{23} + T_{36}$	18.9
9	$T_{25} + T_{26}$	1.4

Cuadro 4.8: Asignación de tráfico para cada enlace según caso II

La configuración de la red quedará como aparece en la figura 4.6:

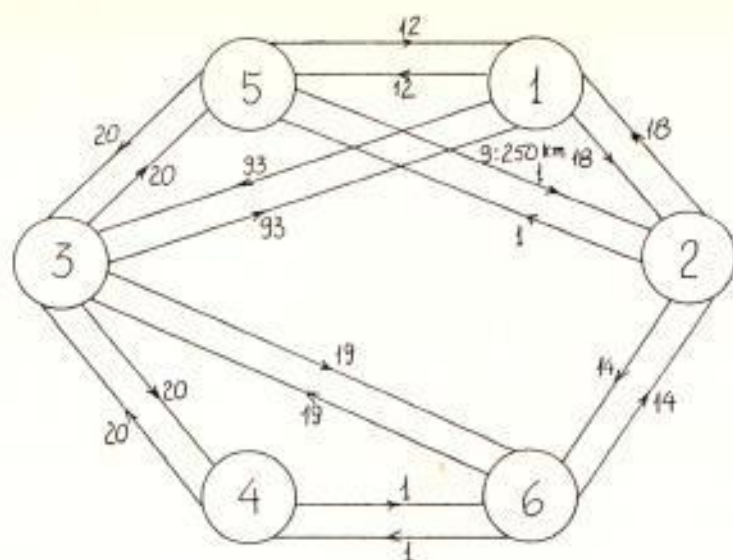


Fig 4.6: Configuración de la red II.

Utilizando el criterio anterior, se determina el corte en la comunicación del Nodo 1 al Nodo 3, como se indica en la figura 4.7:

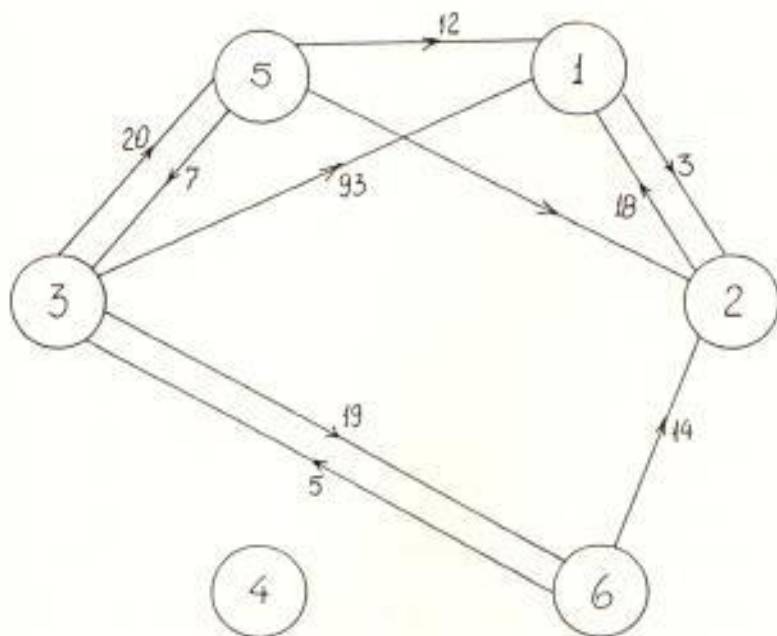


fig. 4.7: Efecto de corte en la red II

El corte en este caso es de 120 canales.

Finalmente se tomará una tercera alternativa de diseño topológico, cual es la de establecer un enlace directo de Ambato a Guayaquil de la misma forma, es decir, mediante una estación repetidora en el Chimborazo, pero habilitando nuevos canales desde Guayaquil a la estación Cochabamba (que también están interconectados).

En este caso, y aplicando los mismos criterios, nombrando al nuevo enlace como el # 9, el tráfico de los enlaces quedará como se indica en el cuadro 4.9:

CANAL (i)	TRAFICO	$R_i$ (men/seg)
1	$T_{15} + T_{05}$	12.9
2	$T_{12} + T_{14} + T_{16} + T_{25}$	25.3
3	$T_{16} + T_{26}$	6.6
4	$T_{46}$	0.5
5	$T_{14} + T_{24} + T_{34} + T_{45}$	19.8
6	$T_{35} + T_{45} + T_{55}$	20.3
7	$T_{13}$	86.5
8	$T_{36} + T_{56}$	19.6
9	$T_{14} + T_{23} + T_{24}$	12.8

Cuadro 4.9: Asignación de tráfico a los enlaces para el caso III.

La configuración de los enlaces y el número de canales, en esta tercera alternativa de diseño, se muestra en la fig. 4.8:

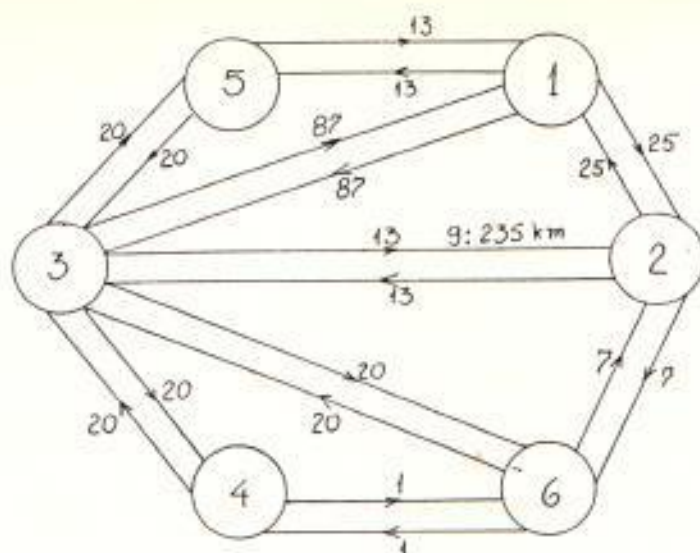


fig. 4.8: Configuración de la Red III.

Bajo el mismo criterio de número de cortes, la Red, con las posibles fallas de canales, se muestra como lo indica la fig. 4.9:

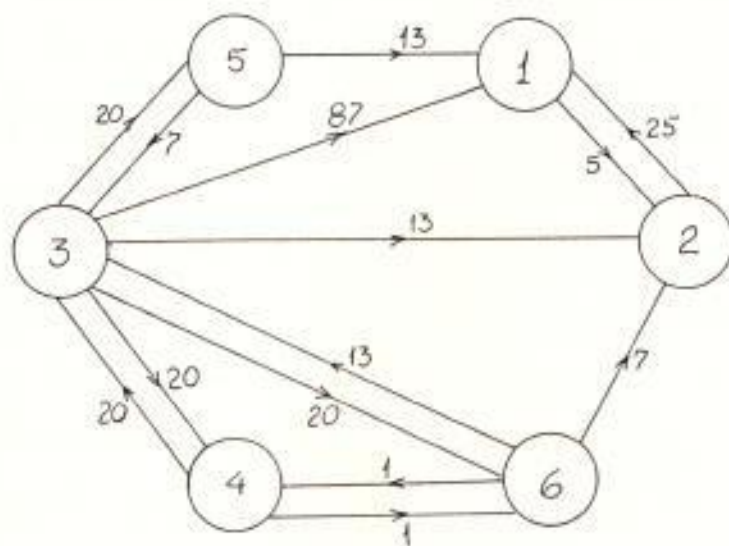


fig. 4.9: Efecto de corte en la red III.

Donde el corte es 120.

Comparando las tres topologías de Red, se po-

dria recomendar las dos últimas, porque requieren que fallen 120 canales para impedir la comunicación entre los Nodos escogidos, mientras que en la primera deberían fallar 119 canales. Pero se debe considerar que nunca un canal va a transmitir un sólo mensaje por segundo, sino muchos más, es decir, la diferencia en funcionamiento óptimo no es mucho en contraste con el costo que conllevaría instalar una repetidora y asignar nuevos canales a Guayaquil o a Manta.

En definitiva, la Topología que se recomienda por su costo más bajo y su funcionamiento bastante óptimo, es la de la primera alternativa.

Con respecto a la comunicación de HOST a HOST a través de la Red de Datos, o también llamada Subred, o simplemente Red X.25, la mayor parte del tráfico se da entre los dos nodos principales que son los ubicados en Guayaquil y Quito, pues según el análisis de mercado realizado, poseen cerca de un 90% de la capacidad total instalada en todo el Ecuador.

Las aplicaciones que mayormente producen el tráfico en este enlace se deducen de un análisis de las aplicaciones que se corren entre HOSTS del sector bancario, y en base a una experiencia general de aplicaciones que se corren en otras redes del globo.

Entre las más usuales se van a mencionar:

- Aplicaciones centradas en el acceso remoto a bases de datos, como son los servicios de información y financieros disponibles para los usuarios de microcomputadores y otros más especializados.
- Actualización remota de bases de datos, además del acceso a los datos. Es muy importante señalar la importancia de los sistemas en tiempo real.
- Otra aplicación de mucho uso es el correo electrónico entre usuarios de la Red.
- El uso de computadores remotos para otras tareas computacionales. Esto suele ocurrir cuando tales tareas no pueden realizarse en los Hosts locales.

Generalmente los dos primeros tipos de aplicación se ejecutan desde terminales, pero los dos últimos es de mucha utilidad entre computadores, especialmente cuando se trata de usuarios que accesan libremente a la Red a través de microcomputadores.

#### 4.3. Asignación de capacidades de los enlaces.

Existen varios métodos de asignación de capacidades de los enlaces, y para escoger el más apropiado, se observarán las características de la Red.

En primer lugar se definirán los significados de cada variable:



$C_i$  : Es la capacidad de cada enlace  $i$  que se va a fijar.

$\lambda_i$  : Es la cantidad promedio de mensajes por unidad de tiempo que atraviesa el enlace  $i$ . (mensajes/segundo).

$1/\mu_i$  : Cantidad promedio de bits/mensaje que llega al enlace  $i$ .

$T_i$  : Retardo promedio que sufren los mensajes al pasar por el enlace  $i$ .

El tráfico promedio total en un sentido, de la Red será:

$$\lambda = \sum_{k=1}^8 \lambda_k = 198.1 \text{ men/seg.}$$

El tráfico total promedio entrante a la red (en ambos sentidos), es:

$$\tau = \sum_{ij} \tau_{ij} = 354 \text{ men/seg}$$

El tráfico promedio entrante a la red en un sólo sentido es:

$$\tau' = \tau/2 = 177 \text{ men/seg.}$$

El número promedio de líneas atravesadas por un mensaje típico es:

$$\hat{\Omega}/\tau' = 1.12 \text{ líneas.}$$

Asumiendo una Distribución de POISSON para la velocidad de llegada de los mensajes con  $\hat{\Omega}_i$  (men/-seg) llegando, una Distribución Exponencial para la longitud de los mensajes con  $1/\mu_i$  (bits/men), y un Buffer con capacidad infinitamente grande, el retardo medio por enlace está dado por la fórmula:

$$T_i = \frac{1}{\mu_i C_i - \hat{\Omega}_i}$$

Que ayudará para escoger el tipo de asignación que requiere la Red.

#### 4.3.1. Método de Asignación basado en el Criterio de la Raíz Cuadrada.

En primer lugar se va a suponer que los mensajes tienen una longitud de 1000 bits;

$$1/\mu_i = 1/\mu = 1000 \text{ bits.}$$

Conociendo  $\lambda_i$  y  $1/\mu_i$ , se puede calcular la optima capacidad para cada enlace tratando de minimizar el Tiempo de retardo en cada uno de ellos.

Esto se logra mediante el Criterio de la Raíz Cuadrada, aplicando multiplicadores de La-Grange, obteniéndose:

$$C_i |_{opt} = \frac{\lambda_i}{\mu_i} + \frac{C(1 - \xi) \sqrt{\lambda_i / \mu_i}}{E_i \sqrt{\lambda_i / \mu_i}}$$

Donde  $\xi$  es el factor de intensidad de tráfico, y está dado por:

$$\xi = \frac{E_i \frac{\lambda_i}{\mu_i}}{C}$$

Si se sabe que  $C$  es la capacidad total disponible de la Red, que se la va a fijar en 300.000 bits/seg.; el valor de  $\xi$  de la red va a ser 0.6603333333

Las capacidades obtenidas para cada enlace serían:

$$C_1 = 23.219,7 \text{ bits/seg}$$

$$C_2 = 31.657,1 \text{ bits/seg}$$

$$C_3 = 23.639,02 \text{ bits/seg}$$

$$C_4 = 3.369,91 \text{ bits/seg}$$

$$C_5 = 32.187,91 \text{ bits/seg}$$

$$C_6 = 33.245,56 \text{ bits/seg}$$

$$C_7 = 120.363,85 \text{ bits/seg}$$

$$C_8 = 32.320,4 \text{ bits/seg}$$

Y el retardo promedio para cada enlace será:

$$T_1 = 96,90 \text{ mseg}$$

$$T_2 = 79,62 \text{ mseg}$$

$$T_3 = 95,79 \text{ mseg}$$

$$T_4 = 389,11 \text{ mseg}$$

$$T_5 = 78,80 \text{ mseg}$$

$$T_6 = 77,22 \text{ mseg}$$

$$T_7 = 36,15 \text{ mseg}$$

$$T_8 = 78,62 \text{ mseg}$$

El retardo promedio óptimo mínimo de la red, estará dado por la ecuación:

$$T_{\min} = \frac{(\sum_i \sqrt{\lambda_i / \mu_i})^2}{r C (1 - \xi)}$$

siendo éste:  $T_{\min} = 69,74 \text{ mseg.}$

#### 4.3.2. Método de Asignación Igual de Capacidades.

Para la Asignación Igual de Capacidades, simplemente se divide la capacidad total de la red (C) para el número de enlaces, es decir B:

$$C_i = C/B = 300.000/8 \text{ bits/seg.}$$

es decir, cada enlace tendrá asignada una capacidad de 37.500 bits/seg., pero como por el enlace que une Guayaquil con Quito, tiene un  $\lambda$  de 97,2 men/seg., sería necesaria una C = 800.000 bits/seg. para que al dividir para B, cada enlace tenga asignados 100.000 bits/seg.

Este inconveniente resulta en un gasto mucho más elevado, puesto que a más alta capacidad total que se asigne a la red, existirá un mayor costo de la Red, además de que se estarían sobredimensionando las líneas que no portan mucho tráfico.

Suponiendo que se opte por la asignación a 100.000 bits/seg., los retardos medios en cada enlace serian:

$$T_1 = 11.48 \text{ mseg.}$$

$$T_2 = 12.36 \text{ mseg.}$$

$$T_3 = 11.52 \text{ mseg.}$$

$$T_4 = 10.08 \text{ mseg.}$$

$$T_5 = 12.42 \text{ mseg.}$$

$$T_6 = 12.55 \text{ mseg.}$$

$$T_7 = 136.99 \text{ mseg.}$$

$$T_8 = 12.43 \text{ mseg.}$$

El retardo promedio total de la red será

$$T_{\text{prom}} = (1/r) (\sum_i \lambda_i T_i) = 79 \text{ mseg.}$$

Que en definitiva, es mayor que el de la asignación mediante el Criterio de la Raiz Cuadrada a pesar de que representa un mayor costo.

#### 4.3.3. Método de Asignación Proporcional de Capacidades.

En este método,  $C_i$  es proporcional a la demanda de tráfico  $\lambda_i$ , es decir:

$$C_i |_{prop} = C \hat{\Omega}_i / \hat{\Omega}$$

Obteniendo de esta forma:

$$C_1 = 19.535,59 \text{ bits/seg.}$$

$$C_2 = 28.924,79 \text{ bits/seg.}$$

$$C_3 = 19.989,90 \text{ bits/seg.}$$

$$C_4 = 1.211,51 \text{ bits/seg.}$$

$$C_5 = 29.530,54 \text{ bits/seg.}$$

$$C_6 = 30.742,05 \text{ bits/seg.}$$

$$C_7 = 140.383,65 \text{ bits/seg.}$$

$$C_8 = 29.681,20 \text{ bits/seg.}$$

Mientras que los tiempos de retardo serán:

$$T_1 = 150,83 \text{ mseg.}$$

$$T_2 = 101,73 \text{ mseg.}$$

$$T_3 = 147,28 \text{ mseg.}$$

$$T_4 = 2430,08 \text{ mseg.}$$

$$T_5 = 99,70 \text{ mseg.}$$

$$T_6 = 95,79 \text{ mseg.}$$

$$T_7 = 20,97 \text{ mseg.}$$

$$T_8 = 99,21 \text{ mseg.}$$

Y el retardo promedio total de la red será:

$$T_{prom} = 87.88 \text{ mseg.}$$

#### 4.3.4. Criterio de Chebyshev o Min-Max para Asignación de Capacidades.

Si se conoce que el costo de un enlace es proporcional a la capacidad que se le asigne a éste, se puede decir que:

$$D = \sum_{i=1}^N d_i C_i$$

Donde

$d_i$  es la constante de proporcionalidad para cada enlace.

$D$  es el costo total y

$d_i C_i$  es el costo de cada enlace.

Además, si se minimiza el retardo en la ecuación:

$$T^{(k)} = \left[ \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{v} (T_i)^k \right]^{1/k}$$



Se obtendrá una ecuación para la capacidad óptima por enlace:

$$C^{(k)}, i = \frac{\hat{R}_i}{\nu_i} + \left[ \frac{k \hat{R}_i}{\tau d_i \mu^{k,i} L^{(k)}, i} \right]^{1/(k+1)}$$

Donde

$$L^{(k)}, i = \frac{\sum_i \left[ \frac{k \hat{R}_i d^{k,i}}{\tau \mu^{k,i}} \right]^{1/(k+1)} \cdot (k+1)}{D_{\infty}}$$

Para  $k=0$  se obtienen las fórmulas correspondientes al criterio de la asignación proporcional de capacidades, para  $k=1$  se obtienen las fórmulas correspondientes a la asignación por criterio de la raíz cuadrada, y para  $k=\infty$ , el criterio de Chebyshev.

El parámetro

$$D_{\infty} = D - D^*, \quad \text{con} \quad D^* = \sum_i d_i \hat{R}_i / \nu_i$$

Es la porción del costo que se puede asignar libremente,  $D_{\infty}$  es el costo total, y  $D^*$  el es costo mínimo posible de la red.

Cuando  $k = \infty$ ;

$$C_i^{(\infty)} = \frac{\lambda_i}{\mu_i} + \frac{1}{\mu_i} \frac{D_m}{\sum_k (d_k/\mu_k)}$$

y

$$T_i^{(\infty)} = \frac{1}{D_m} \sum_k \frac{d_k}{\mu_k}$$

Que serian justamente los retardos máximos y mínimos de los enlaces, por esta razón, el retardo promedio total de la red es:

$$T^{(\infty)} = n' T_i^{(\infty)}$$

Con  $n' = \lambda/\tau$  el promedio de líneas atravesadas por un mensaje.

Tomando los coeficientes  $d_i = 1$ , y  $\mu_i = \mu$ , se obtiene:

$$\mu C_i^{(\infty)} = \lambda_i + \frac{\mu C (1 - \rho)}{N}$$

donde  $N$  es el número de enlaces de la red, y

$$T_i^{(\infty)} = \frac{N}{\mu C (1 - \rho)} = 78,51 \text{ mseg.}$$

Y como se había indicado;

$$T_{\text{prom}} = \lambda T_A / \gamma = 07.88 \text{ mseg.}$$

El valor de cada capacidad de enlace resulta:

$$C_1 = 25640 \text{ bits/seg}$$

$$C_2 = 31840 \text{ bits/seg}$$

$$C_3 = 25940 \text{ bits/seg}$$

$$C_4 = 13540 \text{ bits/seg}$$

$$C_5 = 32240 \text{ bits/seg}$$

$$C_6 = 33040 \text{ bits/seg}$$

$$C_7 = 105440 \text{ bits/seg}$$

$$C_8 = 32340 \text{ bits/seg}$$

#### 4.4. Recomendación del mejor método de asignación de capacidades.

Las asignaciones de capacidades, con sus correspondientes retardos de tiempo, se muestran en el cuadro 4.10;

		METODOS DE ASIGNACION					
		Raiz cuadrada		Asig. proporc.		min. max.	
EN LA CE	$\lambda_i$ men/ seg.	$\mu_{Ci}$ men/ seg.	$T_i$ mseg	$\mu_{Ci}$ men/ seg.	$T_i$ mseg	$\mu_{Ci}$ men/ seg.	$T_i$ mseg
1	12.9	23.2	96.9	19.5	150.8	25.6	78.5
2	19.1	31.7	79.6	28.9	101.7	31.8	78.5
3	13.2	23.6	95.8	20.0	147.2	25.9	78.5
4	0.8	3.4	389.1	1.2	2430.1	13.5	78.5
5	19.5	32.2	78.8	29.5	99.7	32.2	78.5
6	20.3	33.3	77.2	30.7	95.8	33.0	78.5
7	92.7	120.4	36.2	140.4	21.0	105.4	78.5
8	19.6	32.3	78.6	29.7	99.2	32.3	78.5
		$T_{min}=69.7mseg$		$T_{prop}=87.9mseg$		$T_{\alpha}=87.9mseg$	

Cuadro 4.10: Tabla de asignaciones de capacidades para cada método, con sus respectivos retardos de tiempo.

Si se comparan los diferentes métodos de asignación, se puede observar que, para enlaces no muy cargados (4), en la asignación basada al criterio de la raíz cuadrada, el retardo de tiempo es demasiado grande, ni que decirse de la asignación proporcional.

El fin que se persigue en el diseño de la red es que los retardos de tiempo en un enlace no sean

muy altos, y justamente el método de asignación de capacidades por Chebyshev, lo que hace es lograr retardos iguales para todos los enlaces, sin importar si este está cargado o no, es decir ecualiza entre enlaces cargados y no muy cargados, que es lo que necesita la Red Diseñada, que cuenta con un enlace bastante cargado como es el de Guayaquil-Quito, y uno escasamente sin mucha carga como es el enlace entre Cuenca y Machala.

En la fig. 4.10, se detallan los retrasos en mseg. en función del valor de  $k$ ; se toman los retrasos de tres enlaces típicos; los enlaces 4, 5, y 7, cuando  $k=0$  (asignación proporcional de capacidades), cuando  $k=1$  (asignación por método de la raíz cuadrada), y cuando  $k=\infty$  (método del min-max).

Nótese la mejora apreciable en el tiempo de retardo del enlace 7, sin apenas degradar el del enlace 4.

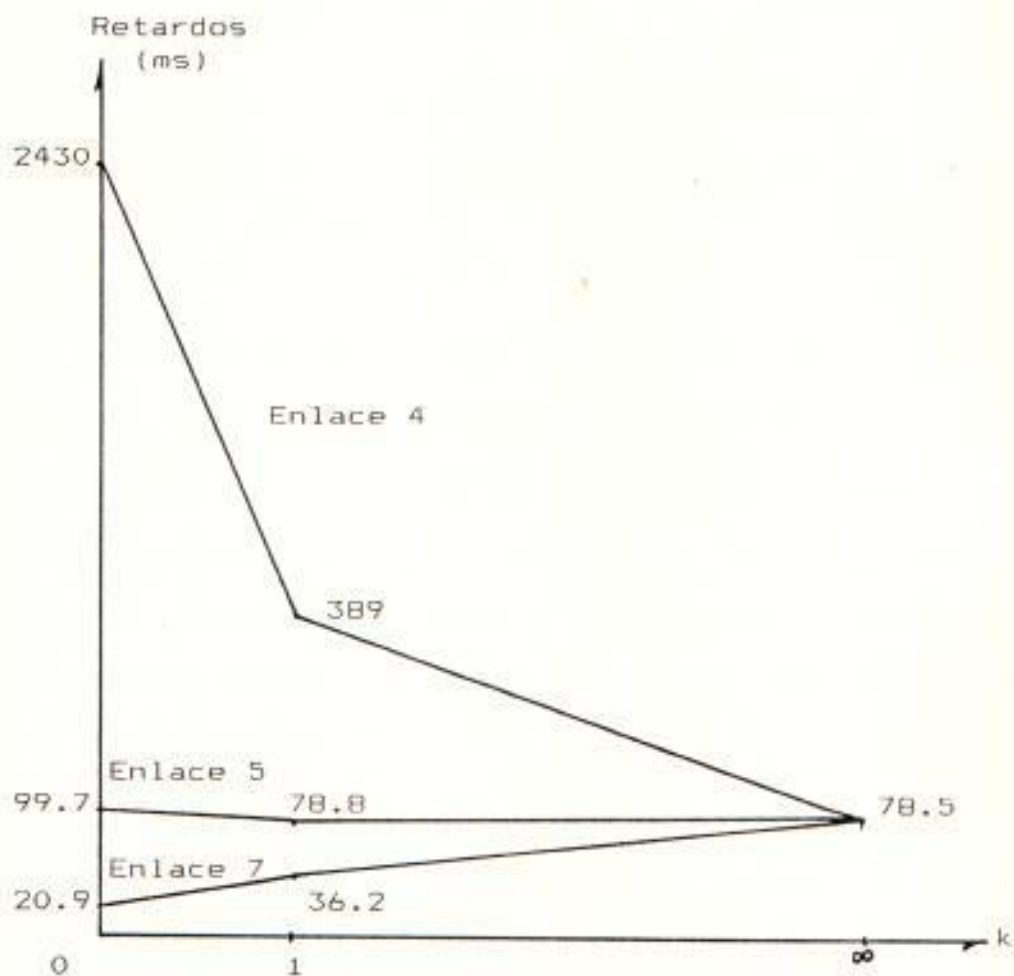


fig. 4.10: Característica de los retardos de tiempo en función del parámetro  $k$  de los enlaces 4, 5 y 7.

Asignación de Capacidades dependiendo de las Características de los Equipos de Acceso a la Red.-

Al nivel de la Red X.25, se ha escogido como Nodos de Comunicación en los nodos principales (Guayaquil y Quito), equipos de conmutación de paquetes que

tienen velocidades de línea (en lo que acceso a la Red se refiere) de 64 Kbps, que es precisamente la capacidad de cada canal de comunicación de la Red Nacional de IETEL.

En lo que se refiere a los nodos secundarios de la Red, se ha adoptado también capacidades de línea de 64 Kbps, a excepción de los enlaces entre Manta y Quito, entre Ambato y Cuenca, y entre Cuenca y Machala para los cuales se usará enlaces de microondas especiales para la Red de Datos, y que, es recomendable, deberán utilizar como medio de transmisión aquellos con cualidades digitales, y en lo posible con capacidades muy similares a las recomendadas en este proyecto.

Además, es importante anotar que los equipos de interface al la Subred o Red X.25, deben mantener la máxima compatibilidad posible con el parque actual y futuro de computadores al nivel de la Administración Pública y en todos los niveles del modelo OSI/ISO mencionados en el capítulo III.

Para estar acorde con lo mencionado, los equipos de interface debe cumplir con las siguientes características:

**Características de los Equipos de Conmutación de Paquetes de los Nodos Principales:**

Las especificaciones operacionales de dichos equipos deberían ser:

- Número de puertos: Mínimo 40 puertos
- Líneas de Red X.25: por lo menos 10
- Memoria: Mínimo 1Mb
- Velocidad de Líneas: 64 Kbps
- Interface de Línea: EIA/RS232C, CCITT V.35
- Soporte de protocolo de Red: LAPB.
- Codificación de caracter: ASCII, EBCDIC
- Arquitectura: Multi-microprocesador.

Además de por lo menos un CPU para procesar los datos de tráfico y realizar el interface, y para realizar la conmutación y el encaminamiento.

El software que debe manejar cada equipo de conmutación de paquetes debe tener las siguientes cualidades:

- Enrutamiento inteligente distribuido que selecciona las rutas óptimas y que permita la



continuidad de operación de la red cuando caigan otros nodos o enlaces de la misma.

- Control de congestión y un sistema de prioridades de tráfico de por lo menos cuatro niveles para minimizar los retardos

- Generación automática y reportes de control estadístico de conmutación.

- Reconfiguración dinámica del sistema mientras el conmutador está en operación.

- Facilidades de reconexión que re-establece automáticamente las llamadas virtuales si algún componente de la red falla.

- Debe realizar mensajes especiales para usuarios.

- Realizar direccionamiento mnemónico para fácil acceso a HOSTS.

- Nivelación de carga entre las líneas X.25

- Campo de direccionamiento de 14 dígitos para acceso a usuarios de todo el mundo.

- Poleo remoto y emulación local de Hosts o terminales.

- Realizar una rotación de fuente y destino para minimizar las condiciones de "ocupado"

- Soporte de Circuitos Virtuales Multiusuarios para balancear la carga de tráfico y asegurar el flujo suave de tráfico.

**Características de los Equipos de interface de los  
Nodos Secundarios:**

Las especificaciones operacionales de dichos equipos deberían ser:

- **Número de puertos:** Por lo menos 40 puertos, incluyendo sincrónicos y asincrónicos
- **Líneas de Red X.25:** mínimo 2
- **Memoria principal:** Mínimo 1Mb
- **Velocidad de Líneas:** 64 Kbps para X.25, 38.4 Kbps para DTE X.25 y 19.2 Kbps para líneas de acceso
- **Interface de Línea:** EIA/RS232C, CCITT V.35 y V.24
- **Soporte de protocolo de Red:** LAP o LAPB.
- **Codificación de caracter:** ASCII, EBCDIC
- **Arquitectura:** Multi-microprocesador.

Además debe tener un CPU, capacidad de memoria para entrada y salida de datos, memoria para inicialización, diagnóstico y otros utilitarios.

El software que debe manejar cada equipo debe realizar tareas como:

- Software de fácil reconfiguración que soporte protocolos como X.25, 3270 SNA, 3270 BSC, SDLC, 2780/3780 y comunicación asincrónica
- Emitir mensajes especiales para usuarios.
- Realizar direccionamiento mnemónico para fácil acceso a HOSTS.
- Nivelación de carga entre las líneas X.25
- Campo de direccionamiento de 14 dígitos para acceso a usuarios de todo el mundo.
- Poleo remoto y emulación local de Hosts o terminales.
- Realizar una rotación de fuente y destino para minimizar las condiciones de "ocupado"
- Soporte de Circuitos Virtuales Multiusuarios para balancear la carga de tráfico y asegurar el flujo suave de tráfico.

Además, ambos tipos de equipos deben poder trabajar en un medio de transmisión diferente al enlace microondas como el enlace satelital o transmisión a través de fibra óptica.

Adicionalmente, existen equipos de interface para conectarse a los equipos de conmutación, como son los procesadores de protocolo y los

concentradores de paquetes, los primeros que logran la compatibilidad de los diferentes computadores que accesan a la Red, con las especificaciones X.25, y los segundos para permitir el acceso de Computadores y Terminales que se encuentran a grandes distancias de los puertos de acceso a la red con el fin de ahorrar el número de líneas que necesitan para su conexión.

Sin olvidar que puede existir equipos que realicen ambas funciones, las cualidades generales que deben tener estos equipos son las siguientes:

#### Características de los Procesadores de Protocolos:

Las especificaciones operacionales deberían ser:

- Memoria principal: Mínimo 64 Kb RAM
- Velocidad de Líneas: 19.2 Kbps full duplex para X.25, 9.6 Kbps para líneas de acceso
- Interface de Línea: EIA/RS232C, CCITT V.24
- Soporte de protocolos: 3270 BSC, 3270 SNA, SDLC, 2780/3780, Comunicación Asíncronica
- Soporte de protocolo de Red: LAP o LAPB
- Codificación de caracter: ASCII, EBCDIC

El software debe soportar precisamente dispositivos con protocolos arriba mencionados, además de realizar algunas funciones como:

- Acceso a múltiples Hosts y aplicaciones en la misma Red.
- Emitir mensajes especiales para usuarios.
- Realizar direccionamiento mnemónico para fácil acceso a HOSTS.
- Campo de direccionamiento de 14 dígitos para acceso a usuarios de todo el mundo.
- Poleo remoto y emulación local de Hosts o terminales.
- Debe contener listas de privacidad para restringir la entrada de llamadas a un grupo de estaciones especificadas en la red.

#### Características de los Concentradores de Paquetes:

Las especificaciones operacionales de dichos equipos deberían ser:

- Número de puertos: 4 ó más
- Líneas de Red X.25: mínimo 2

- Velocidad de Líneas: 64 Kbps para X.25 y 19.2 Kbps para líneas de acceso
- Interface de Línea: EIA/RS232C, CCITT V.35 y V.24
- Soporte de protocolo de Red: LAP o LAPB; HDLC
- Codificación de caracter: ASCII, EBCDIC

El software que debe manejar cada equipo debe realizar tareas como:

- Concentración de líneas X.25 basadas en las recomendaciones OSI de CCITT
- Direccionamiento según recomendaciones X.121 para permitir acceso universal a Hosts y control de Red
- Nivelación de carga entre las líneas X.25
- Alarma integrada y reporte de eventos al Centro de Control de Red para alertar automáticamente a los operadores de la Red de funcionamientos inadecuados.

#### **El Centro de Control de Red.**

En uno de los Nodos Principales debería existir un Centro de Control de Red, o también llamado Centro de Control de Gestión, como se indica en la Fig. 4.11.

Entre las funciones del Centro de Control de Red se pueden mencionar la supervisión del funcionamiento de la misma, y el mantenimiento y prevención de eventuales fallas durante su operación.

La operación durante las 24 horas del día debe permitir el control de las operaciones en tiempo real, control de software de los centros de conmutación de paquetes, identificación de problemas para su rápida corrección además de otras funciones como:

- Servicio de respaldo para re-enrutar los datos en caso de caída de algún Host, de alguna línea o de una catástrofe natural.
- Control de acceso para proteger los recursos de los Computadores de usuarios inautorizados.
- Permitir el control de usuarios a la Red mediante un amplio rango de esquemas de identificación de usuarios.

Se ha escogido la ciudad de Quito como sede del Centro de Control de Red debido a razones estratégicas y por ser el centro de control de las actividades de la Administración Pública, aunque eso

no impide que se considere la posibilidad de mantener el Centro de Control de Red fuera del País, si es que un previo análisis de costos así lo recomienda.

Además, el Centro de Control de Gestión debe realizar el control de acceso de los usuarios para la tarificación del servicio (si es que ésta es implantada), o para la Asignación de Costos a las diferentes Empresas de la Administración Pública, como se describe en el siguiente apartado.

#### 4.5. Análisis de Costos.

Partiendo de la base de que este proyecto ha tomado como la asignación óptima de capacidades, la del min-max, y conociendo que ésta logra minimizar el costo de la red, para realizar el análisis de costos, existen dos alternativas, la primera se basa en una suposición de la cantidad de dinero inicial disponible, y la segunda, considerando las capacidades asignadas como fijas. Se escogerá la segunda alternativa puesto que no se conoce cual será la disponibilidad de dinero en el momento de estructurar la red.



Generalmente se supone una gama de capacidades entre las que hay que elegir, cada una de ellas con un gasto fijo (terminación) mensual, y un costo por km (línea), como los indicados en el cuadro 4.11.

Capacidad bits/seg.	Terminación S/. por mes	Línea S/.por km/mes
2400	32500	41
4800	42000	73
7200	66500	108
9600	76000	136
19200	142500	263

Cuadro 4.11: Costo de enlaces según las capacidades.

Haciendo la consideración de que el problema de seleccionar las capacidades de entre un conjunto finito de ellas, sin exceder un costo límite específico y minimizando a la vez los retrasos de extremo a extremo, es difícil de resolver analíticamente, se supone una gama de capacidades infinita, resolviendo el problema analíticamente y discretizando al final el resultado.

Es decir, se halla una fórmula que sintetiza la información contenida en el cuadro 4.11:

$$\text{Costo} = 13.550 + (6.8 + 0.0146 * I) * C$$

Un enlace de 500 km, por ejemplo, costaría usando líneas de 9600 bits/s., 144000 sucres/mes, mientras que con la fórmula aproximada, costaría 148910 sucres/mes.

En el cuadro 4.12, se encuentran todos estos precios con propósitos comparativos:

Capacidad bits/seg.	l = 500 km	
	Costo con Tabla [sucres/mes]	Costo con Fórmula [sucres/mes]
2400	53000	47390
4800	78500	81230
7200	120500	115070
9600	144000	148910
19200	274000	284270

Cuadro 4.12: Comparación entre costos de enlaces según el cuadro 4.11 y la fórmula.

El costo mínimo de cada enlace dependerá del tráfico mínimo que circulará por éste según los cálculos efectuados anteriormente; es decir

$$\text{COSTO MÍNIMO} = d_c + d_s \lambda / \mu$$

Donde  $d_0=13550$  y  $d_i=6,8+0,0146\hat{\rho}_i$ , y el de la red:

$$D^* = \sum_{i=1}^M (d_0 + d_i \hat{\rho}_i / \mu) = M d_0 + \sum_{i=1}^M d_i \hat{\rho}_i / \mu$$

De donde, el sobrante de dinero  $D_a = D - D^*$ , se lo reparte según la fórmula de asignación de capacidades del método del min-max así:

$$C_i = \hat{\rho}_i / \mu_i + D_a / (\sum d_j)$$

El Cuadro 4.13 muestra los valores de  $d_i$  para cada canal, con los respectivos costos mínimos:

CANAL	Distancias [km]	$\hat{\rho}_i$ [men/seg]	$d_i$	Costo Mínimo [sucres]
1	308,0	12,9	11,3	159.500
2	121,3	19,1	8,6	177.500
3	190,0	13,2	9,6	140.000
4	300,0	0,8	11,2	22.500
5	155,1	19,5	9,1	190.500
6	349,0	20,3	11,9	255.500
7	362,0	92,7	12,1	1'134.000
8	161,3	19,6	9,2	193.000
COSTO MINIMO TOTAL =				2'272.500

Cuadro 4.13: Costo mínimo de los enlaces de la Red.

Mientras que en el Cuadro 4.14 se detallan los enlaces con los costos respectivos, una vez asignadas las capacidades de cada uno de ellos:

CANAL	Capacidades (bits/seg.)	Costo do + diñiCi
1	25.640	303.500
2	31.840	286.500
3	25.940	262.000
4	13.540	165.000
5	32.240	306.000
6	33.040	407.000
7	105.440	1'288.500
8	32.340	310.000
COSTO TOTAL ==		3'328.500

Cuadro 4.14: Costos totales de los enlaces de la Red

Es de recalcar que la diferencia entre el costo total y el costo mínimo;  $D_a = S/. 1'056.000$ , es la que se usa en la fórmula de asignación de capacidades por el método del min-max., y en realidad es la que permite que se asigne a cada enlace una mayor capacidad, siempre tratando de minimizar el máximo tiempo de retardo.

## CAPITULO V

### ENRUTAMIENTO

Luego de realizar el diseño topológico, las alternativas de enlace entre nodos, y de asignar las capacidades a los enlaces, el estudio se ocupará de lo que se llama Enrutamiento de la red.

Como se vio en el primer capítulo, el ENRUTAMIENTO o también llamado Encaminamiento, junto con el Control de Flujo, y la Prevención de bloqueo son los mecanismos referidos a la subred de comunicaciones que protegen la red de una posible sobrecarga debida al intenso tráfico que supera la capacidad total de los recursos de la misma, y aseguran en todo instante el mayor flujo posible de información con el fin de obtener los mayores beneficios de la explotación.

Estos mecanismos permiten:

- Una asignación adecuada de recursos para satisfacer la demanda,

- Una distribución equitativa de estos recursos entre diferentes usuarios que compitan por ellos, y
- Una distribución de carga uniforme entre los distintos elementos de la red.

De esta forma, tales mecanismos, atacan el problema de la congestión de la red, aumentando la eficiencia de la transferencia de datos a lo largo de la red. Este problema, se lo analizará en este capítulo, para después entrar a analizar los diferentes algoritmos de redes distribuidas, que son los que interesan en el desarrollo de este trabajo, ya sean algoritmos basados en el camino más corto, a la optimización costo-retardo, y algunos otros más.

Finalmente se realizará una simulación del enrutamiento de la Red diseñada, con un algoritmo basado en la ruta más corta, utilizando lenguaje PASCAL.

### 5.1. Congestión de la red.

El gráfico de la figura 5.1, muestra las curvas típicas del caudal y el retardo en función de la utilización. Para una utilización baja, el caudal

y el retardo son bajos, sin presentar problema a la red. En la zona A, el retardo permanece constante, mientras que el caudal sube muy abruptamente, en la zona B, el retardo empieza a subir, mientras que el caudal va deteniéndose en su ascenso, debido a que los recursos de la red empiezan a congestionarse, y por último, en la zona C, algunos de los almacenamientos de la red se saturan con datos que esperan disponibilidad de líneas para ser transmitidos, produciéndose una baja en la eficiencia de la red, que, si aumenta el tráfico, más almacenamientos se saturan, hasta que la red queda bloqueada, sin existir caudal alguno.

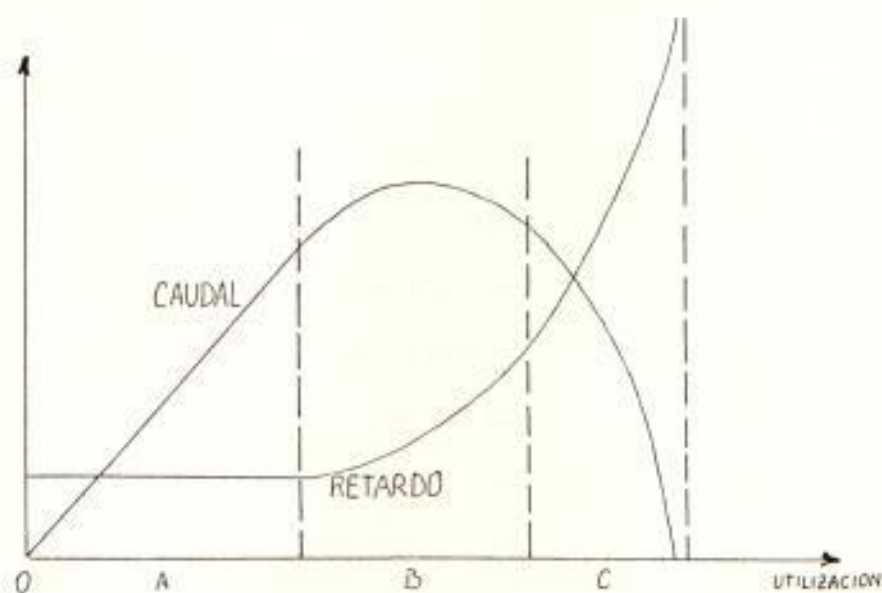


fig. 5.1: Curvas típicas de caudal y retardo en función de la utilización.

El mecanismo del encaminamiento mediante un algoritmo apropiado, debe tratar de conseguir que el tráfico que llegue a la red sea dirigido a través de ésta, desde su punto de origen hasta su punto de llegada, para que el número total de mensajes en la misma, para un determinado tráfico de entrada sea mínimo, es decir, trata de controlar el tráfico en la zona A. Si a pesar de esto, aumenta la demanda de servicios de la red, y el caudal se incrementa, se hace necesario el uso del Control de Flujo, y en el último de los casos, para evitar un posible bloqueo de toda la red, la Prevención de Bloqueo.

Generalmente, se utiliza en una red el encaminamiento y el control del flujo en forma conjunta, pues existen riesgos de tratar ambos en forma independiente, debido a que el comportamiento de ninguna red puede ser representado en forma matemática, lo que sí se puede hacer es aproximaciones estadísticas tomadas de la experiencia sacada de la observación de dicho comportamiento, y éstas son las que casi siempre se aprovechan para diseñar uno u otro algoritmo.



Existen dos tipos de procedimientos de encaminamiento, el fijo o estático y el dinámico adaptativo, el primero se utiliza cuando el tráfico es muy pequeño comparado con los recursos de la red, y el segundo, cuando el tráfico aumenta, llevando a la red a una zona B, y es necesaria una utilización más uniforme de estos recursos.

También existen los algoritmos de encaminamiento cuasiestáticos, que son algoritmos estáticos pero que tienen mecanismos para hacer una reoptimización ocasional debido a cambios de tráfico o caídas de nodos o líneas.

También existe otra clasificación de los algoritmos de enrutamiento que se mencionará: los algoritmos centralizados y los algoritmos distribuidos.

En los algoritmos centralizados, existe un nodo central que posee toda la información necesaria y realiza todos los cálculos relacionados con el algoritmo.

En los algoritmos distribuidos, existe una información centralizada y el cálculo necesario se

reparte entre los nodos de tal forma que cada uno hace la parte del cálculo que le es relevante.

Finalmente, en cuanto a clasificaciones, debido a que el problema del encaminamiento, es un problema de optimización, se puede hablar de funciones objetivo de esa optimización:

a) Retardo Mínimo:

Se persigue encaminar un tráfico de tal forma que llegue a su destino de la forma más rápida posible.

b) Camino más Corto:

Después de establecer unas longitudes de los enlaces de acuerdo con determinadas métricas, se decide enviar el tráfico por el camino más corto.

c) Caudal Máximo:

Se trata de encaminar el tráfico de tal forma que la red pueda cursar un caudal máximo, por lo que tiene muchas conexiones con las redes del transporte y la investigación operativa.

**d) Mínima Saturación Máxima:**

Se pretende distribuir el tráfico para que la saturación máxima, definida como el cociente entre el flujo y la capacidad del conjunto de líneas más cargadas, sea lo más pequeña posible.

**PROPIEDADES NECESARIAS:** Las propiedades más deseables que deben tener los procedimientos, son las siguientes:

- **Simplicidad:** El algoritmo debe responder a reglas sencillas y a programas pequeños y estructurados. Esta propiedad es especialmente deseable en redes grandes o muy cargadas.

- **Fiabilidad:** El algoritmo debe responder de forma adecuada en caso de fallos o errores en la transmisión.

- **Convergencia:** Dado un tráfico estático se debe alcanzar pronto un régimen permanente y no producir oscilaciones.

- **Adaptación:** Debe adaptarse a cambios en tráfico

y topología. Estos cambios deben ser rápidos, para poder funcionar en tiempo real, y producirse de manera uniforme y sin brusquedades ni oscilaciones.

- **Optimalidad:** El algoritmo debe llegar a soluciones óptimas globales.

- **Bajo consumo:** El costo de la implementación del algoritmo, debe ser bajo en necesidades de recursos de red, tanto de memoria y capacidad de cálculo como de recursos de comunicación para el intercambio de los mensajes necesarios en el algoritmo.

## 5.2. Algoritmo de la ruta más corta.

En casi todas las redes en existencia, se usa el método de algoritmo de la ruta más corta para el encaminamiento de éstas, ya sea como algoritmo principal, o como algoritmo perteneciente a algoritmos más complejos.

Al iniciar el análisis de estos algoritmos, se debe considerar que en toda red hay tres tipos de problemas de distancia mínima que son:

- Obtener los caminos de distancia mínima entre todos los pares de nodos.
- Obtener los caminos de distancia mínima desde un origen a todos los posibles destinos.
- Obtener el camino más corto entre un origen y un destino.

Desde el punto de vista de las redes de comunicaciones, los tres son de interés ya que el primero sería más útil en algoritmos centralizados mientras que los dos restantes lo serían para algoritmos distribuidos.

#### 5.2.1. Carencia de bucles.

Una de las características de este tipo de algoritmo, es que carece de bucles o ciclos, que originan una pérdida innecesaria de recursos de red y un aumento también innecesario de retardo.

Generalmente, se ocasionan en los algoritmos adaptativos o dinámicos en su proceso

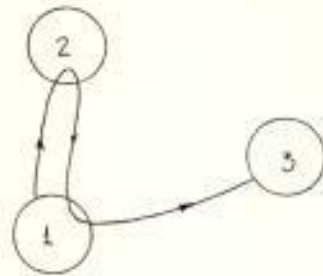
de adaptación a las variaciones de tráfico, aunque también se originan en los algoritmos estáticos.

La existencia de bucles en redes con un único tipo de tráfico es fácilmente detectable (fig. 5.2a).

Si observamos la fig. 5.2b, vemos que ni el tráfico de 1 a 3 ni el tráfico de 2 a 3 forman ningún bucle. Sin embargo, entre los nodos 1 y 2 hay un flujo de tráfico en ambas direcciones que se puede evitar por constituir tráfico hacia un mismo destino.

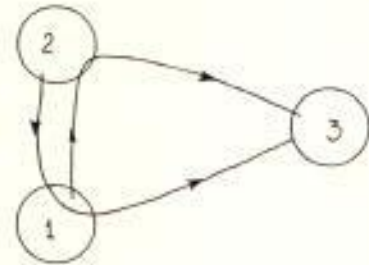
Es decir, con el encaminamiento de la figura 5.2c, se puede evitar ese doble tráfico sin alterar los requisitos del problema.

En la figura 5.2d no hay bucles a pesar de las apariencias.



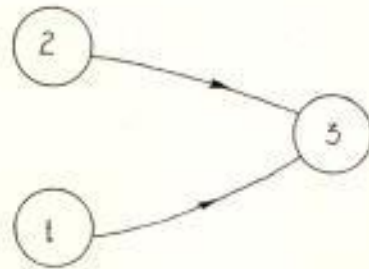
$$R_1(3)=1$$

(a)



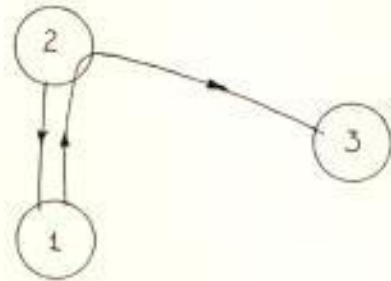
$$R_1(3)=1 \quad R_2(3)=1$$

(b)



$$R_1(3)=1 \quad R_2(3)=1$$

(c)



$$R_1(3)=1 \quad R_2(1)=1$$

(d)

$R_i(j)$  es el tráfico originado en el nodo  $i$  con destino al nodo  $j$ .

fig. 5.2: Existencia de bucles en una red.

En general, se puede decir que en una red con diferentes tipos de tráfico, el tráfico con destino al nodo  $k$  forma un bucle si existe un ciclo de nodos  $1, 2, 3, \dots, n, 1$ , tal que  $f(1,2)k > 0$ ,  $f(2,3)k > 0$ ,  $f(n,1)k > 0$ .

En redes más complicadas como las de la figura 5.3a, es casi imposible detectar los bucles del flujo total agregado por simple inspección. La figura 5.3b es la versión sin bucles.

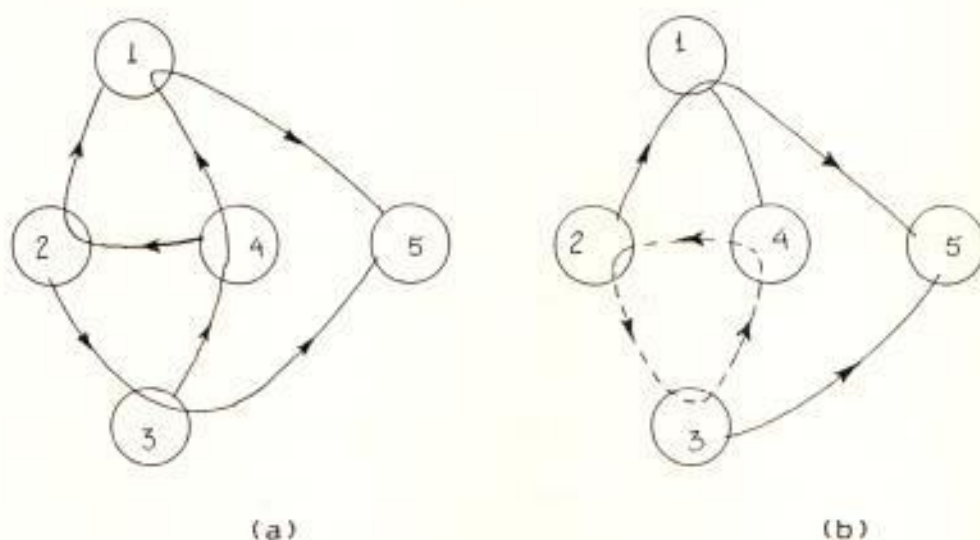


fig. 5.3: Bucles en red más complicada.

### 5.3. Algoritmos basados en el retardo medio.

Se supondrá que el tráfico de entrada llega a la red provenientes de unas fuentes externas que lo generan de acuerdo con unos procesos que pueden ser aproximados por procesos de Poisson. Así, el tráfico



externo total que entra a la red tiene un valor medio:

$$\tau = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N r(ij)$$

donde  $r(ij)$  es el tráfico medio que llega del exterior al nodo  $i$  con destino al nodo  $j$ .

Las longitudes de los mensajes se suponen extraídas de forma independiente de una distribución exponencial, cuyo valor medio es  $1/\mu$  (bits).

Usando terminología de colas, donde se tiene un proceso de llegada y un tiempo de servicio, esta distribución de las longitudes sería la que originaría la distribución de los tiempos de servicio, ya que si un mensaje tiene una longitud  $1/\mu$  bits, ocupará durante  $1/\mu C$  segs un enlace con capacidad  $C$  bits.

Así en un canal  $l$  con tráfico total agregado  $\lambda_l$  (mensajes/seg), capacidad  $C_l$  (bits/seg) y longitud media de los mensajes  $1/\mu$  (bits), el retardo medio por mensaje será:

$$T_1 = \frac{1}{C_1 - \hat{\lambda}_1} \text{ (segs)}$$

Si suponemos que los enlaces no tienen ruido y son perfectamente fiables, que los nodos tienen una capacidad ilimitada, superior al tamaño máximo de las colas que se esperan en la red, que se tiene un procedimiento de encaminamiento fijo o estático, que el tiempo de proceso en los nodos  $K$  es 0 y que el tiempo de propagación en el enlace  $P1$  es también nulo, entonces el retardo medio esperado por un mensaje que atraviese la red será:

$$T = \frac{1}{\tau} \sum_{l=1}^L \frac{\hat{\lambda}_l}{\mu(C_l) - \hat{\lambda}_l}$$

Que es la suma del tiempo de espera en cola y el tiempo de transmisión.

Una característica importante de esta expresión es el umbral que presenta; en la figura 5.4 se incluyen las dos magnitudes más relevantes de este efecto umbral, por un lado  $T_0$  que es el retardo

aproximadamente constante que todo mensaje experimenta en la red antes de que ésta llegue a la saturación, y por otro  $\tau^*$  que es la carga de saturación de la red, además,  $T_1$  es el retardo de un enlace, comparado con  $T$  que es el retardo de todos los enlaces sumados.

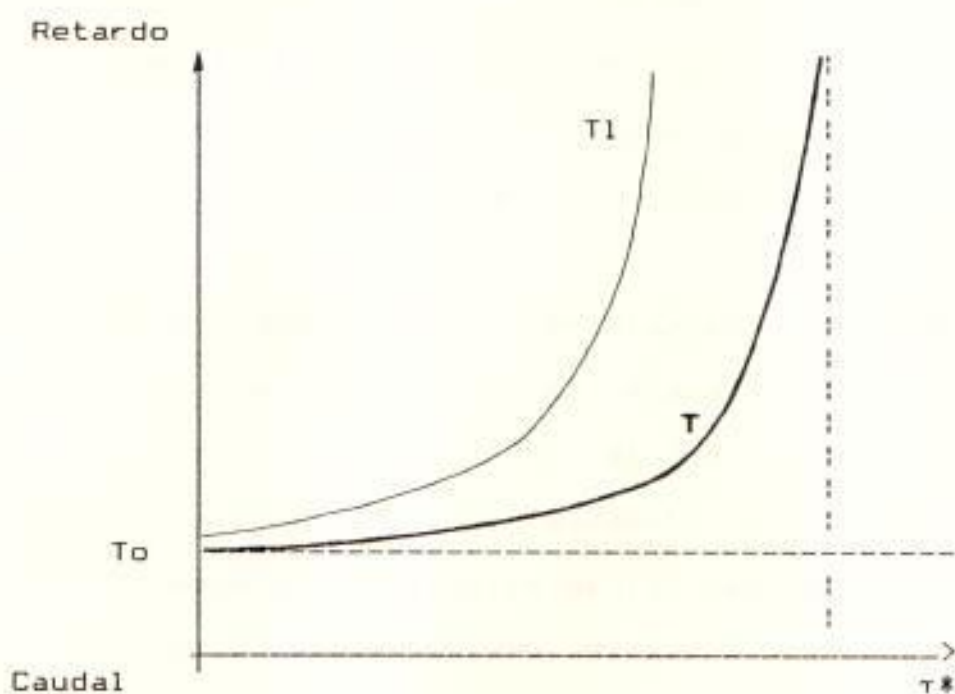


fig. 5.4: Característica de diversos retardos vs. la carga de saturación de la red.

El problema de encontrar el encaminamiento que hiciera mínimo el retardo medio es decir  $T$ , se puede enunciar así:

datos:

- a) la topología
  - b) la capacidad de los enlaces  $C_l$
  - c) el tráfico de entrada  $r(ij)$ ,
- hacer mínima la función del retardo medio.

Muchos son los algoritmos que tratan de lograr este propósito, entre los que se pueden mencionar los algoritmos centralizados de desviación de flujo (DF), de Bertsekas, de Bertsekas y Gafni y los algoritmos distribuidos de Gallager y Segall.

Como procedimiento de enrutamiento de la Red ya diseñada en este proyecto, se va a proponer un Algoritmo centralizado basado en el camino más corto, muy similar al de Floyd y Warshall, pero, que en un momento dado de utilización de la red, se lo puede convertir en distribuido, dinámico y basado a la optimización del retardo, además de escoger el camino más corto.

#### 5.4. Simulación del enrutamiento de la Red Diseñada mediante un algoritmo de camino más corto.

De entre todos los algoritmos enumerados, se ha escogido para la Red Nacional de Computadoras, uno

que sea basado en la ruta más corta, del tipo distribuido, y preferentemente, dinámico, para preveer una alta utilización de los recursos de la misma.

Pero para realizar una simulación, se escogió un algoritmo que es una variación del centralizado de Floyd, el mismo que, si lo hacemos adaptativo, necesita de señales que va recibiendo el nodo que envía el mensaje, desde otros nodos, convirtiéndose (este tipo de enrutamiento) en distribuido, y basado en optimización de retardo.

Los pasos, se detallan a continuación:

1.- Inicialización: Asignar a todos los nodos  $N_i$ , donde  $i=1,2,\dots,NN$ , etiquetas de la forma  $(.,d(i))$ , donde, con  $N_a$ , el nodo inicial:  $d(a)=0$  y  $d(i)=\infty$ , con  $i$  diferente de  $a$ . (El  $.$  representa un espacio temporal).

$l(i,j)$  está especificada, y conocida como la "longitud" entre  $N_i$  y  $N_j$ .

(Si  $l(i,j)$  está indefinida,  $N_i$  y  $N_j$  no se conectan).

2.- Etiquetar la distancia más corta de todos los nodos: Encontrar la ramificación de  $i$  y  $j$  de tal modo que:

$$d(i) + l(i,j) < d(j)$$

Si estos valores son encontrados, cambiar la etiqueta del nodo  $N_j$  a  $(N_i, d(i) + l(i,j))$ .

Repetir hasta que ninguna de las ramas analizadas, cumpla con esa condición.

Al final de esta parte del algoritmo todos los nodos son etiquetados con sus distancias más cortas con el nodo fuente  $N_a$  y con el nodo vecino próximo.

3.- Determinación de la ruta más corta: Para identificar la ruta más corta entre el nodo fuente  $N_a$  y el nodo destino  $N_b$ .

- a. Permitir que  $i = b$
- b. Identificar  $N_k$  a través de la etiqueta  $(N_k, d(b))$  asignado al nodo  $b$ . Si  $N_k$  no existe, entonces no hay ruta de  $N_a$  a  $N_b$  en la red.
- c. Colocar  $i = k$ . Si  $i = a$ , terminar. De otra forma, volver al paso b.

Esta parte del algoritmo esencialmente trabaja desde atrás, del nodo de destino, determinando la ruta más corta, hasta el nodo de inicio  $N_a$ .

```

Program Resuelve_una_red(input,output);
{
SIMULACION DEL ENRUTAMIENTO DE REDES DE COMPUTADORAS POR EL METODO DEL CAMINO MAS CORTO

    Este es un programa que simula el enrutamiento de redes distribuidas de com-
    putadoras, mediante la utilización de un algoritmo similar al centralizado de
    Floyd, basado al camino más corto.
}

const

    Infinito=maxint;
    maximo=20;

label

    10;

type

    Arreglo_1=array[1..maximo] of real;
    Arreglo_2=array[1..maximo,1..maximo] of real;
    Arreglo_3=array[1..maximo] of integer;

var

    Archivo           :text;
    Nombre            :string[100];
    num_nodos,i,j,na,nb,s,
    c,k,senal,sello,xl,yl,
    cont              :integer;
    caminos,etiqueta :arreglo_3;
    l                 :arreglo_2;
    nombre_nodo,salida :array[1..maximo] of string[100];
    distancia         :arreglo_1;
    temp              :real;
    cara               :string[30];
    car                :char;
    logic              :boolean;

Procedure Lectura;

begin
repeat
    clrscr;
    writeln;
    writeln;
    write('    INGRESE EL NUMERO DE NODOS EN LA RED ( 1 < 20 ) ? ');
    readln(cara);
    val(cara,num_nodos,senal);
    if (senal<>0) or (num_nodos<=0) or (num_nodos>20) then

```

```

begin
  writeln;
  writeln;
  writeln('          ENTRADA INVALIDA !! ');
  writeln(char(7));
  writeln;
  writeln;
end;
until (senal=0) and (num_nodos>0) and (num_nodos<20);
writeln;
writeln;
writeln;
for i:=1 to num_nodos do
  for j:=1 to num_nodos do
    lli,j:=0;
repeat
  repeat
    clrscr;
    writeln;
    writeln;
    write(' INGRESE EL NOMBRE DEL ARCHIVO QUE CONTIENE LAS DISTANCIAS ');
    readln(nombre);
    ($I-)
    assign(archivo,nombre);
    reset(archivo);
    sello:=ioresult;
    ($I+)
    if sello<>0 then
      begin
        writeln;
        writeln;
        writeln('          ARCHIVO NO EXISTENTE...INGRESE UN ARCHIVO EXISTENTE ');
        writeln(char(7));
        writeln(char(7));
        writeln;
        writeln;
      end;
until sello=0;
clrscr;
logic:=true;
for i:=1 to num_nodos-1 do
  if logic then
    begin
      for j:=i+1 to num_nodos do
        if logic then
          begin
            read(archivo,car);
            cara:=car;
            senal:=0;
            while (car<>' ') and (senal=0) do
              begin
                read(archivo,car);
                if not (car in ['0'..'9','.',',','E','-','+']) then senal :=1

```



```

        else
            cara:=concat(cara,car);
        end;
    val(cara,l[i,j],senal);
    if senal <>0 then
        begin
            writeln;
            writeln;
            writeln('          DATOS LEIDOS EN EL ARCHIVO NO CORRESPONDEN AL PROGRAMA !!');
            writeln(char(7));
            writeln(char(7));
            writeln;
            writeln;
            logic:=false;
        end;
    end;
    readln(archivo);
end;
until senal=0;
repeat
    clrscr;
    writeln;
    writeln;
    writeln('          INGRESO DE LOS NOMBRES DE LOS NODOS ');
    writeln;
    writeln;
    write('    INGRESO ARCHIVO CON NOMBRES DE LOCALIDADES DE NODOS PRINCIPALES ');
    readln(nombre);
    ($I-)
    assign(archivo,nombre);
    reset(archivo);
    sello:=ioresult;
    ($I+)
    if sello<>0 then
        begin
            writeln;
            writeln;
            writeln('          ARCHIVO NO EXISTENTE...INGRESE UN ARCHIVO EXISTENTE ');
            writeln(char(7));
            writeln(char(7));
            writeln;
            writeln;
        end;
    until sello=0;
    for i:=1 to num_nodos do
        begin
            readln(archivo,nombre_nodo[i]);
        end;
    for i:=2 to num_nodos do
        for j:=1 to i-1 do

```

```

    l(i,j):=l(j,i);
end;

Procedure Ingreso_de_nodos;

begin
  repeat
    clrscr;
    writeln;
    writeln;
    write('                               INGRESE EL NODO DE ORIGEN  ');
    gotoxy(40,5);
    readln(cara);
    senal:=0;
    i:=0;
    repeat
      i:=i+1;
    until (cara=nombre_nodo[i]) or (i)=num_nodos);
    if nombre_nodo[i]=cara then
      na:=i
    else
      begin
        val(cara,na,senal);
        if (senal<>0) or (na=0) or (na>num_nodos) then
          begin
            writeln;
            writeln;
            writeln('          ENTRADA INCORRECTA ... INGRESE EL NOMBRE O EL NUMERO DE NODO');
            writeln(char(7));
            delay(1500);
          end
        end;
      until (senal=0) and (na>0) and (na<=num_nodos);
      xl:=wherex;
      yl:=wherey;
      cont:=0;
      repeat
        cont:=cont+1;
        if cont>1 then
          begin
            gotoxy(xl,yl);
            writeln('                               ');
            for i:=yl+1 to 22 do
              begin
                gotoxy(i,xl);
                writeln('                               ');
              end;
            end;
          end;
        gotoxy(xl,yl);

```

```

writeln;
writeln;
writeln('                INGRESE EL NODO DE DESTINO ');
gotoxy(40,10);
readln(cara);
senal:=0;
i:=0;
repeat
  i:=i+1;
until (cara=nombre_nodo[i]) or (i)=num_nodos;
if nombre_nodo[i]=cara then
  nb:=i
else
  val(cara,nb,senal);
if (senal<>0) or (nb=0) or (nb>num_nodos) or (na=nb) then
  begin
    writeln;
    writeln;
    writeln('                ENTRADA INCORRECTA ... INGRESE EL NOMBRE O EL NUMERO DE NODO');
    writeln(char(7));
    delay(1500);
    end;
until (senal=0) and (nb>0) and (nb<=num_nodos) and (nb<na);
writeln;

end;

Procedure Inicializar;

begin

  for i:=1 to num_nodos do
    begin
      etiqueta[i]:=0;
      distancia[i]:=infinito;
    end;
  distancia[na]:=0;

end;

Procedure Opciones(nodo:integer;var dimension:integer;var Posible:arreglo_3);

var

  i1 :integer;

begin

  dimension:=0;
  for i1:=1 to num_nodos do

```

```

begin
  if l[i],nodo>0
    then
      begin
        dimension:=dimension+1;
        Posible[dimension]:=i;
      end;
    end;
end;

end;

Procedure Busqueda;

begin
  for i:=1 to num_nodos do
    begin
      Opciones(i,n,caminos);
      for j:=1 to m do
        for j:=1 to m do
          begin
            temp:=distancia[i]+l[i,caminos[j]];
            if temp<distancia[caminos[j]]
              then
                begin
                  etiqueta[caminos[j]]:=i;
                  distancia[caminos[j]]:=temp;
                end;
          end;
        end;
      end;
    end;
end;

Procedure Respuesta;

begin
  clrscr;
  for i:=1 to 21 do
    begin
      gotoxy(2,i);
      writeln(char(186));
      gotoxy(78,i);
      writeln(char(186));
    end;
  for i:=2 to 78 do
    begin
      gotoxy(i,1);
      writeln(char(205));
    end;
  end;
end;

```

```

gotoxy(i,7);
writeln(char(205));
gotoxy(i,9);
writeln(char(205));
gotoxy(i,11);
writeln(char(205));
gotoxy(i,21);
writeln(char(205));
end;
gotoxy(2,1);
writeln(char(201));
gotoxy(78,1);
writeln(char(187));
gotoxy(2,21);
writeln(char(200));
gotoxy(78,21);
writeln(char(188));
gotoxy(2,7);
writeln(char(204));
gotoxy(78,7);
writeln(char(185));
gotoxy(2,9);
writeln(char(204));
gotoxy(78,9);
writeln(char(185));
gotoxy(2,11);
writeln(char(204));
gotoxy(78,11);
writeln(char(185));
gotoxy(12,3);
writeln('          R E S U L T A D O S');
gotoxy(12,5);
writeln('  DISTANCIA MINIMA      :      ',distancia[nb]:10:2,' Km ');
gotoxy(6,8);
writeln('  NODO DE ORIGEN      : ',nombre_nodo[na]);
gotoxy(50,8);
writeln('  NODO # ',na);
gotoxy(6,10);
writeln('  NODO DE DESTINO     : ',nombre_nodo[nb]);
gotoxy(50,10);
writeln('  NODO # ',nb);
gotoxy(12,13);
writeln('          R U T A      C R I T I C A ');
i:=nb;
c:=0;
Repeat
  c:=c+1;
  salida[c]:=nombre_nodo[i];
  i:=etiqueta[i];

```

```

until (i=na) or (c)num_nodos);
c:=c+1;
salida[c]:=nombre_nodo[na];
x1:=12;
y1:=16;
for j:=c downto 1 do
begin
if x1<>12 then
begin
gotoxy(x1-2,y1);
write(char(26));
end;
gotoxy(x1,y1);
write(salida[j]);
x1:=x1+15;
if x1>60 then
begin
if j<>1 then
begin
gotoxy(x1-2,y1);
writel(char(26));
end;
x1:=12;
y1:=y1+1;
end
end;
end;

Begin (** principal **)

Lectura;
repeat
Ingreso_de_nodos;
Inicializar;
Busqueda;
Busqueda;
Respuesta;
gotoxy(1,22);
write('          DESEA OBTENER OTRA RUTA CRITICA ? (S/N) ');
readln(car);
until (car<>'s') and (car<>'S');

end.

```

## EJECUCION DEL PROGRAMA USANDO UNA RED DE 10 NODOS:

Se considerará la red de la fig. 5.5, suponiendo que el nodo N1, sea el de origen de información, y el nodo N10, el de destino.

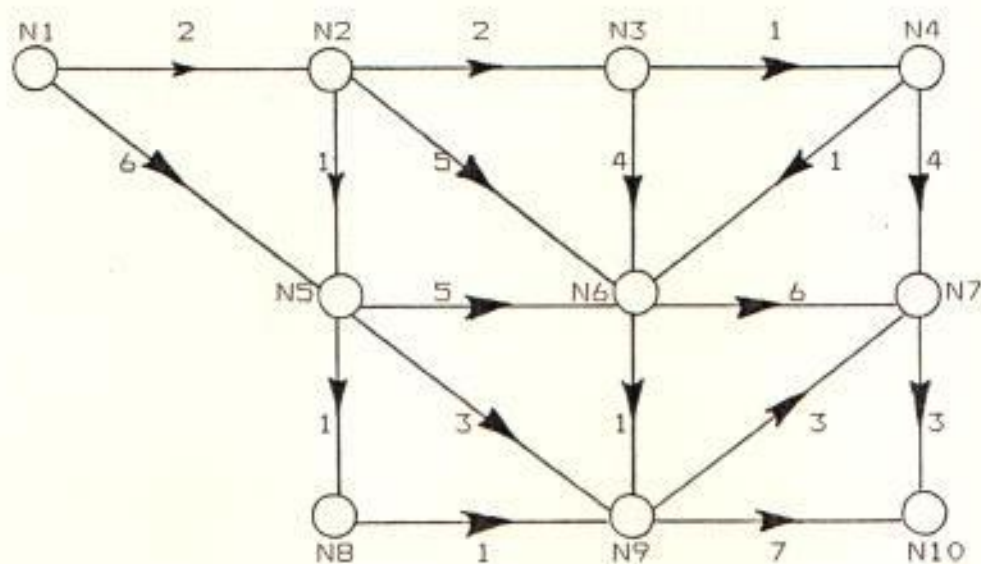


Fig. 5.5: Red de Ejemplo para el Programa.

El Programa utiliza dos archivos; el primero es una matriz de las distancias entre los nodos, y el segundo, es la lista de los nombres de los nodos; para el caso de la fig. 5.5 esta parte del programa se ejecuta llamando a tales archivos:

INGRESE EL NUMERO DE NODOS EN LA RED ( < 20 ) ? 10

...nueva pantalla...

NOMBRE DEL ARCHIVO QUE CONTIENE LAS DISTANCIAS

10datos.pas

En este caso, el archivo "10datos.pas" contiene las distancias entre los nodos, de la siguiente forma:

```

2 0 0 6 0 0 0 0 0
2 0 1 5 0 0 0 0
1 0 4 0 0 0 0
0 1 4 0 0 0
5 0 1 3 0
6 0 1 0
0 3 3
1 0
7

```

En la siguiente página se tiene:

INGRESO DE LOS NOMBRES DE LOS NODOS  
 ARCHIVO CON NOMBRES DE NODOS PRINCIPALES

nombre.pas

También en este caso se ingresan los nombres de los nodos mediante un archivo:



ARCHIVO nombre.pas:

Pascuales  
Guayaquil  
El Triunfo  
Samborondón  
Salinas  
Daule  
Salitre  
Machala  
Manta  
Zaruma

Que están debidamente ordenados. En la siguiente pantalla el programa solicita el ingreso de los nodos de origen y de destino

INGRESE EL NODO DE ORIGEN

Pascuales

INGRESE EL NODO DE DESTINO

Zaruma

En este caso se va a encontrar la Ruta más Corta, que el programa la llama RUTA CRITICA, entre el nodo N1 y el N10, que se ubican en Pascuales y Zaruma respectivamente.

Finalmente se muestra la pantalla de resultados, donde se especifica la distancia mínima, y la Ruta Critica, por donde el paquete a ser transmitido debe ir para llegar a su destino:

## R E S U L T A D O S

D I S T A N C I A M I N I M A : 11.00 Km

N O D O D E O R I G E N : Pascuales N O D O # 1

N O D O D E D E S T I N O : Zaruma N O D O # 10

## R U T A C R I T I C A

Pascuales => Guayaquil => Salinas => Machala =>  
 Manta => Salitre => Zaruma

D E S E A O B T E N E R O T R A R U T A C R I T I C A ? ( S / N )

n

El Programa ha servido para hallar el enrutamiento de las tres redes alternativas que se señalan en el capítulo IV, que ha servido para distribuir el tráfico que soportaría cada enlace, para cada caso.

Para terminar este capítulo, y la tesis, se mostrarán algunos de los resultados de la red definitiva, cuyos datos se han almacenado en dos archivos: rnd.pas, para las distancias entre nodos principales, y nodos.pas, para los nombres de las localidades de los nodos:

INGRESE EL NUMERO DE NODOS EN LA RED ( < 20 ) ? 6

INGRESE EL NOMBRE DEL ARCHIVO QUE CONTIENE LAS DISTANCIAS rnd.pas

INGRESO DE LOS NOMBRES DE LOS NODOS

INGRESE ARCHIVO CON NOMBRES DE LOCALIDADES DE NODOS PRINCIPALES nodos.pas

INGRESE EL NODO DE ORIGEN

Quito

INGRESE EL NODO DE DESTINO

Machala

R E S U L T A D O S

DISTANCIA MINIMA : 517.10 Km

NODO DE ORIGEN : Quito NODO # 1

NODO DE DESTINO : Machala NODO # 4

R U T A C R I T I C A

Quito => Guayaquil => Machala

DESEA OBTENER OTRA RUTA CRITICA ? (S/N) #

INGRESE EL NODO DE ORIGEN

Cuenca

INGRESE EL NODO DE DESTINO

Quito

R E S U L T A D O S	
DISTANCIA MINIMA :	311.30 Km
NODO DE ORIGEN : Cuenca	NODO # 6
NODO DE DESTINO : Quito	NODO # 1
R U T A C R I T I C A	
Cuenca => Ambato	=> Quito

DESEA OBTENER OTRA RUTA CRITICA ? (S/N)

9

INGRESE EL NODO DE ORIGEN

Manta

INGRESE EL NODO DE DESTINO

Cuenca

R E S U L T A D O S	
DISTANCIA MINIMA :	510.51 Km
NODO DE ORIGEN :	Manta NODO # 5
NODO DE DESTINO :	Cuenca NODO # 6
R U T A C R I T I C A	
Manta =>	Guayaquil => Cuenca

DESEA OBTENER OTRA RUTA CRITICA ? (S/N) 5

INGRESE EL NODO DE ORIGEN

Ambato

INGRESE EL NODO DE DESTINO

Manta

R E S U L T A D O S

DISTANCIA MINIMA : 429.30 Km

NODO DE ORIGEN : Ambato

NODO # 2

NODO DE DESTINO : Manta

NODO # 5

R U T A C R I T I C A

Ambato => Quito => Manta

DESEA OBTENER OTRA RUTA CRITICA ? (S/N)

5



INGRESE EL NODO DE ORIGEN

Guayaquil

INGRESE EL NODO DE DESTINO

Ambato

R E S U L T A D O S	
DISTANCIA MINIMA :	351.31 Km
NODO DE ORIGEN :	Guayaquil NODO # 3
NODO DE DESTINO :	Ambato NODO # 2
R U T A C R I T I C A	
Guayaquil => Cuenca	=> Ambato

DESEA OBTENER OTRA RUTA CRITICA ? (S/N)    n

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es muy conocido que la tasa de crecimiento de cualquier fenómeno está sujeta a condiciones impredecibles que se dan con el paso del tiempo, por esta causa, el crecimiento anual del 20% en lo que a adquisición de computadoras se refiere en la administración pública, puede resultar ridículo comparado con el crecimiento en el mismo campo por ejemplo en la ESPOL. Pero este crecimiento ha sido real hasta 1986, y ha hecho que se lo considere en este estudio hasta 1992, produciendo una capacidad estimada total de la red en 300.000 bits/seg, que es sumamente baja con respecto a otras redes similares, lo cual deja entrever el muy bajo nivel de técnica y, por lo que se describe en el segundo capítulo, de eficiencia que existe en las entidades dependientes del Estado.

Sin embargo, esto no impide que las condiciones impredecibles antes mencionadas alteren aquel 20% de incremento informático, en el caso de que, por ejemplo; se decida por fin combatir

la criminalidad mediante la adquisición de un gran volumen de computadoras que realicen funciones adecuadas para esto, o se decida descentralizar los trámites en el Ministerio de Finanzas mediante la interconexión de computadoras en todo el país, y lo hagan aumentar a un 40 ó 60%, por esto, se recomienda que, en el momento que se decida aplicar este estudio a la realidad, se verifique si los fenómenos se dan como hasta ahora, y si no, volver a realizar el cálculo de asignación de capacidades, que eso si, va a ser por el método ya recomendado: el del min-max.

Existen algunas decisiones tomadas por el autor de esta Tesis que no será necesario reconsiderar, como el recomendar como mejor método de asignación de capacidades al del min-max, porque nunca cambiará el hecho de que la capacidad del enlace entre Guayaquil y Quito es muchas veces mayor a la capacidad de cualquier otro enlace en todo el País. Tampoco será necesario reconsiderar el tipo de Red; distribuida, con conmutación de paquetes, ni el uso del protocolo HDLC, puesto que prevé los cambios y adelantos que se están produciendo en el mundo de la informática, y

porque una Red Digital de Servicios Integrados puede desarrollarse con estas especificaciones.

Existe también la opción de mejorar la red, en el caso de que IETEL incremente o cree nuevos recursos en su red telefónica nacional, como supuestamente lo está haciendo con el empleo de fibra óptica en la interconexión de centrales, o la creación de nuevos enlaces entre ciudades, y especialmente con el uso de tecnología digital en todos los equipos de telecomunicación.

## BIBLIOGRAFIA

1. M.SCHWARTZ. "Computer Communication Network, Design and Analysis": Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1977.
2. M.GERLA. y L.KLEINROCK. "On The Topological Design Of Distributed Computer Networks": IEEE Trans. Communications, pp. 48-60, Enero 1977.
3. J.P.GRAY. "Network Services in Systems Network Architecture": IEEE Trans. Communications, pp. 104-116, Enero 1977.
4. IETEL. "Actualización de los Sistemas de Telecomunicación": Quito, Mayo 1984.
5. COMPUTER NETWORKING SYMPOSIUM. "Proceedings": IEEE, New York, Diciembre 1978.
6. G.C.D.A. "Desarrollo Administrativo": Presidencia de la República, Boletín #1, Quito, Mayo 1985.
7. BIBLIOTECA GENERAL ESPOL. "Catálogo de Tesis de Grado de Ing. Mecánica": Guayaquil, 1986.

8. Registro Oficial # 346. "Presupuesto General del Estado 1986": Ministerio de Finanzas, Quito, Enero 1986.
9. MARCOMBO, BOIXAREU ED. "Teleinformática y Redes de Computadores. Serie Mundo Electrónico":, Barcelona, 1982.
10. J.ESPALLARGAS. IETEL. "Estudio de la Transmisión de Datos en Ecuador": ONU, Quito, Abril 1982.
11. "Ley de Regimen Administrativo": Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, Agosto 1986.
12. SNI. "Subsistema de Recursos Naturales y Medio Ambiente": Quito, 1986.
13. G.C.D.A. "El Sistema Nacional de Informática": Ediciones Libertad, Quito, Diciembre 1984.
14. N.ABRAMSON. F.KUD. "Computer Communication Networks": Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs N.J., 1973.

15. STALLINGS WILLIAM. "Handbook of Computer Communication Standards, Vol 1.- The OSI Model and OSI Related Standards": Mc. Millan, New Jersey, 1987.
  
16. STALLINGS WILLIAM. "Data & Computer Communication": Mc. Millan, New Jersey, 1984.