

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**“Diseño de una Red de Transmisión de Datos
utilizando Fibras Opticas, para la Región
del Litoral**

TESIS DE GRADO

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

ESPECIALIDAD: ELECTRONICA

Presentada por:

Iván Mauricio Flor Cadena

Guayaquil - Ecuador

1987

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi gratitud al Ing. Jaime Santoro Donoso, Director de esta Tesis. De igual forma a Cecilia, por todo su esfuerzo y apoyo, y a todos aquellos maestros, compañeros y amigos que, de una u otra manera, colaboraron en el desarrollo de la misma.

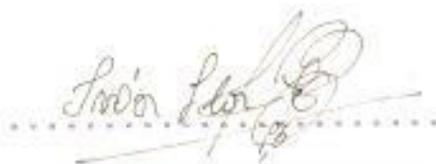
DEDICATORIA

Puesto que todo impulso, sacrificio y esfuerzo realizados nunca son vanos, dedico este triunfo a mi familia, y sobre todo a mis padres porque ellos, más que nadie, lo sabrán compartir conmigo.

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 Títulos Profesionales de la ESPOL).

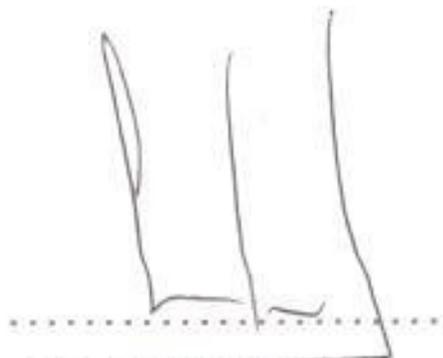

.....
IVAN MAURICIO FLOR C.

A large, stylized handwritten signature in black ink, featuring a prominent loop at the top and a cursive script below. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

ING. GUSTAVO BERMUDEZ F
SUB-DECANO DE LA FIE

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style with several loops and flourishes. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

ING. JAIME SANTORO D
DIRECTOR DE TESIS

A handwritten signature in black ink, consisting of three vertical strokes that curve at the bottom and meet a horizontal line. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

ING. CESAR YEPEZ F.
MIEMBRO PRINCIPAL

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style with a large initial 'P' and a horizontal flourish. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

ING. PEDRO CARLO P.
MIEMBRO PRINCIPAL

R E S U M E N

Este trabajo lleva a cabo el diseño de una red de datos en la Región del Litoral. Dicha red esta orientada a nivel interurbano, considerándose como medio de enlace entre los nodos, a enlaces de fibras ópticas.

La red esta orientada a evitar el congestionamiento futuro con redes de datos privadas, que ya en la actualidad poseen una gran influencia. Junto con esto también se puede indicar que se lograría evitar las dificultades de intercomunicación entre ellas, satisfaciendo la demanda de un servicio económico con tarifas en función de la utilización de la red. Junto a esto, se acercarian las facilidades del teleproceso a las regiones más distantes, así como a las menos favorecidas por el desarrollo.

En esta tesis se realiza un estudio bastante minucioso de la fibra óptica, con el fin de

orientar al lector en el conocimiento, utilización y cálculo, para la posterior determinación de la fibra óptica adecuada al sistema a diseñar, así como también para considerar las distancias entre los repetidores, de acuerdo a las características físicas de la fibra. Todo esto es realizado una vez que se ha llevado a cabo el correspondiente estudio comparativo con otros medios de comunicación, llegándose a establecer las ventajas respectivas que han motivado el desarrollo del trabajo.

Una vez realizado el estudio de la demanda de tráfico en la región antes indicada, se procede a determinar las respectivas capacidades de los enlaces de fibras ópticas, mediante diferentes procedimientos, lo que conduce a escoger la capacidad más adecuada de los enlaces en la red a diseñar.

Luego se realiza el diseño topológico que mostrará, a través de las diferentes alternativas señaladas, la topología más adecuada para la red.

En lo que se refiere al enrutamiento y control de flujo (que por cierto es requisito básico en el diseño de la red, porque su importancia radica en la optimización del uso de los enlaces de la red para disminuir el tiempo de retardo de los mensajes entre los nodos), es presentado en el último capítulo. Allí se indican los métodos de enrutamiento y control de flujo que se podrán usar, y que serán aplicables de acuerdo al desarrollo de las necesidades en la demanda de la red.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XVI
INTRODUCCION	18
CAPITULO 1	
GENERALIDADES	21
1.1 .- Principios generales de la transmisión de datos por fibras ópticas.	21
1.2 .- Ventajas del uso de la transmisión de datos por fibra óptica, con respecto al cable telefónico de cobre, cable coaxial y microondas.	45
1.2.1.- Elevada anchura de banda.	51
1.2.2.- Bajas pérdidas.	54
1.2.3.- Tamaño y flexibilidad.	54
1.2.4.- Factores ambientales y materia prima.	57

1.3 .-	Situación actual de la transmisión de datos en el sistema bancario, a nivel interurbano.	58
1.4 .-	Importancia de una red de datos en la región litoral, para el sistema bancario, comunicaciones militares, e información científica de alto nivel.	94

CAPITULO 2

PROPIEDADES, CARACTERISTICAS Y RECOMENDACIONES SOBRE LA FIBRA OPTICA, CONSTRUCCION Y EMPALMES.

		121
2.1 .-	Construcción.	121
2.1.1.-	Fabricación de vidrios de cuarzo por deposición a partir de la fase gaseosa.	121
2.1.2.-	Procesos de fabricación de preformas de fibras.	126
2.1.3.-	Técnica de estirado de fibras.	133
2.2 .-	Empalmes.	136
2.2.1.-	Empalme mecánico individual.	136
2.2.2.-	Empalme térmico individual.	140
2.2.3.-	Empalme térmico simple de fibras monomodo.	144

2.3 .-	Características físicas y mecánicas de cada tipo de fibra.	146
2.3.1.-	Ventajas y desventajas respecto a estas fibras en la red a crear.	155
2.3.1.1.-	Tiempo de rizado del sistema.	157
2.3.1.2.-	Cálculo de la distancia de los enlaces de fibras ópticas.	160
CAPITULO 3		
IMPLEMENTACION DE LA FIBRA OPTICA PARA LAS TRANSMISIONES DIGITALES, ASIGNACION DE CAPACIDADES EN LAS TOPOLOGIAS A USAR Y COMPARACION ENTRE ESTAS.		
		174
3.1 .-	Tipo centralizado.	176
3.2 .-	Tipo distribuido.	185
3.3 .-	Tipo híbrido.	192
3.4 .-	Ventajas de la aplicación de los diversos tipos de topologías en la red a desarrollar.	193
CAPITULO 4		
DISEÑO DE LA RED INTERURBANA, ASPECTOS DE PLANIFICACION E INSTALACION.		
		195
4.1 .-	Diseño topológico.	195
4.2 .-	Asignación de capacidades.	206
4.3 .-	Longitud, utilización, tipo y des-	242

cripción de los repetidores ópticos.	
4.3.1.- Emisores ópticos.	248
4.3.2.- Receptores ópticos.	255
4.4.- Estructura del sistema.	257
4.5.- Equipos terminales para centrales.	275
4.5.1.- Descripción, características.	275
4.5.2.- Ventajas y desventajas en la apli- cación de los diversos tipos.	277
4.5.3.- Recomendaciones en la aplicación de éstos en la red.	278
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	279
BIBLIOGRAFIA.	282

INDICE DE FIGURAS

Fig.		Pag.
1.1	Principio de la transmisión óptica de información.	23
1.2	Áreas de aplicación del espectro de ondas electromagnéticas.	24
1.3	Evolución en la capacidad de los sistemas de telecomunicación.	29
1.4	Refracción de la luz y reflexión total	31
1.5	Trayectoria de los rayos en una fibra óptica de índice en escalón.	36
1.6	Principales tipos de fibras ópticas.	37
1.7	Coefficiente de atenuación de una fibra de vidrio de cuarzo, en dependencia de la longitud de la onda lumínica.	38
1.8	Perfil del índice de refracción de una fibra óptica de índice gradual.	40
1.9	Trayectoria de los rayos en una fibra óptica de índice gradual.	41
1.10	Distancias entre amplificadores teóricamente posibles y tasas de bits en sistemas ópticos.	43
1.11	Comparación de la fibra óptica con los	46

	conductores coaxial y de cobre.	
1.12	Comparación de costos relativos por kilómetro, para sistemas de fibra óptica y sistemas convencionales.	48
1.13	Comparación entre la respuesta en banda base de las fibras ópticas y de varios cables metálicos convencionales.	53
1.14	Progresos durante una década en la atenuación de la fibras ópticas multimodo	56
	Pérdidas de las fibras monomodo según el método de fabricación.	
2.1	Refinación de sílica natural por conversión al estado gaseoso y posterior deposición de vidrio de sílica, a través de hidrólisis.	125
2.2	Preparación de un preformado por deposición exterior de vapor.	129
2.3	Preparación de un preformado por deposición axial.	132
2.4	Esquema del estirado de la fibra.	135
2.5	Atenuación de empalmes mecánicos, bajo condiciones de laboratorio.	139
2.6	Atenuación de empalme térmico.	142
2.7	Atenuación de empalme realizada con aparato de avance de fibra automático.	143

2.8	Parámetros del cable de fibra óptica.	148
2.9	Características de atenuación de cables de fibras ópticas.	153
2.10	Curvas de Potencia vs N.A.	154
3.1	Red de tipo centralizado.	178
3.2	Retardo de tiempo en los concentradores, modelo simplificado.	179
3.3	Ejemplo de una red distribuida.	186
4.1	Principio de operación de un repetidor regenerativo óptico.	245
4.2	Principio de operación de un equipo terminal óptico.	246
4.3	Fuentes de luz: a) láser, b) LED.	249
4.4	Formas de radiación: a) LED, b) láser.	252
4.5	Cambios de luz vs corriente, durante la vida del láser.	254
4.6	Organización de un enlace de fibras ópticas.	259
4.7	Nodo típico dentro de la red.	267
4.8	Tabla de retardo para el nodo X.	267
4.9	Tabla de enrutamiento para el nodo X.	269
4.10	Variación del tiempo de retardo promedio, con respecto a la constante carga de desvío.	274

INDICE DE TABLAS

TABLA.	Pag.
I Características de pérdidas altas, medias y bajas, en cables de fibras ópticas.	153
II Matriz de tráfico de la Red del Litoral, (mensajes por segundo).	207
III Asignación de capacidades a la Red de Transmisión de Datos del Litoral.	242
IV Estudio de mercado en Ecuador (año 1982): número de terminales para transmisión de datos.	75
V Número de terminales de transmisión de datos, estimados en 1982.	78
VI Número de terminales de transmisión de datos (excluyendo unidades de control), estimados en 1982.	80
VII Proyección de número de terminales para 1982-1986.	86
VIII Proyección del número de unidades de control locales, remotas y terminales punto a punto en 1982 - 1986 (incremento anual del 20%).	86
IX Número de terminales en la red especial	87

	lizada de transmisión de datos 1982 - 1986.	
X	Número de accesos y terminales conectados a la red especializada de transmisión de datos, estimación para el año 1984.	88
XI	Número de accesos y terminales conectados a la red especializada de transmisión de datos a través de fibras ópticas; estimación para el año 1986.	89
XII	Matriz de tráfico entre poblaciones, en Kcaracteres por día; estimación para el año 1982.	90
XIII	Matriz de tráfico entre poblaciones, en Kcaracteres por día; estimación para el año 1986.	91
XIV	Matriz de tráfico entre poblaciones para la red de transmisión de datos a través de fibras ópticas.	92
XV	Distribución del número de terminales en porcentajes en poblaciones para el año 1986.	93

INTRODUCCION

El objetivo de esta Tesis es el de dar un impulso a este tipo de redes en el país, debido a que presentan grandes ventajas, que se señalan a continuación:

- Protege el papel de la administración de IETEL en el campo de la transmisión de datos.
- Colaboración en la política nacional de teleinformática.
- Permitir la colaboración con otros países.
- Implementar sistemas más modernos, de mayor capacidad, menor costo y de gran velocidad en la transmisión de datos, como son los sistemas de transmisión por fibras ópticas.
- Participación de la industria nacional en la transmisión de datos.
- Tomar parte en la explotación de servicios públicos teleinformáticos de significado social para el país.

* Para el usuario las ventajas son:

- Permitir diálogos entre equipos de dife-

rentes marcas.

- Acceder a servicios públicos teleinformáticos y de otros usuarios, si se lo requiere.
- Reducir el costo de su aplicación, frente al uso de redes privadas.
- Desligarse de la problemática de equipos y personal, que supone la creación de una red particular.

A título de ejemplo, la implementación de redes especializadas públicas en Europa, se inició en España en el año 1971, continuando luego en el resto de países de la comunidad europea y existiendo en la actualidad disponibilidad de redes en la totalidad de los países de Europa Occidental.

Desde el punto de vista de política de tarifas, se sugiere que por servicio medido sean únicas para todo el país, sin importar la distancia. De este modo la competencia entre los suministradores de información surge en cualquier punto geográfico, con costos idénticos. Para IETEL, favorecería el mercado por facilitar iguales tarifas en zonas dispersas.

La cuantía de las tarifas debe ser suficiente como para cubrir los gastos de explotación y la consiguiente recuperación de la inversión. Este aspecto debe considerarse en forma global para los servicios ofertados y no en particular para cada uno de los servicios en especial.

C A P I T U L O 1

GENERALIDADES

1.1.- PRINCIPIOS GENERALES DE LA TRANSMISION DE DATOS POR FIBRAS OPTICAS.

Las ondas de luz, al igual que las de radio, son una forma de energía electromagnética. La idea de transmitir información por medio de las ondas de luz tiene ya más de un siglo de antigüedad. Hacia 1880, Alexander G. Bell construyó el fonógrafo, un dispositivo que enviaba mensajes vocales a través de la luz. Sin embargo, este tipo de dispositivo no pudo ser aplicable porque no se disponía de la fuente de luz adecuada y se tenía un medio de propagación de altas pérdidas. Los principios que ilustran la transmisión óptica de información son mostrados en la figura 1.1. Junto con lo anterior cabe mencionar que hasta hace poco no hubo grandes innovaciones.

Sólo con el desarrollo del láser semiconductor y de la fibra óptica, junto con la progresiva digitalización de redes en la década pasada, se inició una real transformación en las comunicaciones. Esto significó que las señales eléctricas fueran convertidas en señales ópticas y conducidas a lo largo de mayores distancias por medio de finísimas fibras de vidrio de cuarzo.

Los trabajos necesarios para la fabricación de vidrios de pureza elevada, que son condición para propagar la luz hasta mayores distancias, fueron realizados mediante nuevos procesos, que resultaron en la obtención de varillas de vidrio de cuarzo sintético, y de las cuales se pudo obtener fibras muy finas, de 0,1 mm de diámetro aproximadamente, hasta de varios kilómetros de longitud. Se agrega a esto el hecho de que construcciones sofisticadas de cables protegen las delgadas fibras de las sollicitaciones presentes durante el tendido y accionamiento de los cables.

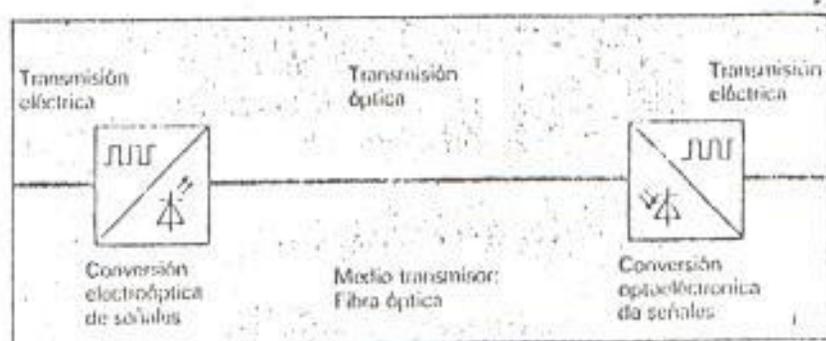


Fig 1.1 Principios de la transmisión óptica de información.

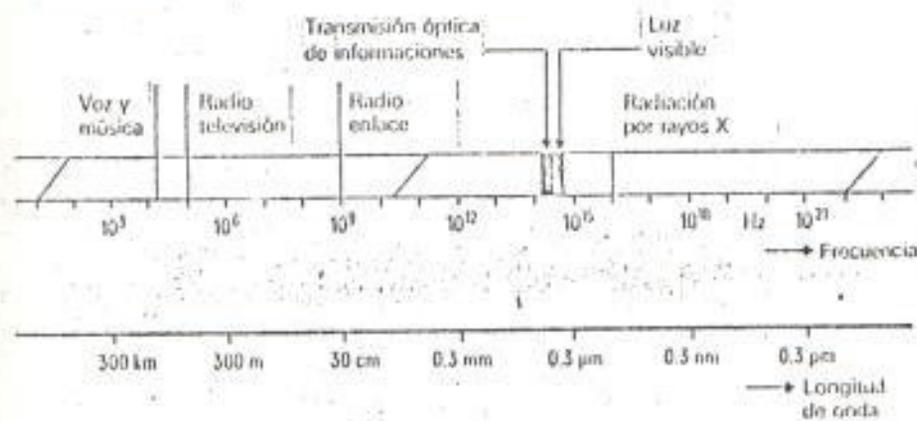


Fig 1.2 Areas de aplicación del espectro de ondas electromagnéticas.

Para la transmisión con ayuda de las ondas de luz, las señales eléctricas deben convertirse en señales luminicas y éstas nuevamente en señales eléctricas.

Esta tarea la realizan componentes semiconductores, como los conversores optoelectrónicos, en ambos extremos del tramo de transmisión; ciertos cristales como el arseniuro de galio (GaAs), por ejemplo, emiten luz durante el paso de corriente eléctrica, y su longitud de onda se encuentra apenas por encima de la parte visible del espectro.

Ventajas de la técnica de fibra óptica:

Actualmente se puede constatar la extensa área de aplicación del espectro electromagnético, como se muestra en la figura 1.3.

Con la fibra óptica se dispone hoy de un medio de transmisión que supera a los conductores metálicos en importantes aspectos:

Atenuación de línea muy escasa.

Mientras que en un cable coaxial, después de unos cientos de metros una señal de alta fre

Un diámetro de fibra muy pequeño (con capa sintética protectora de 0,25 hasta 0,5 mm de espesor, contra aproximadamente 10 mm en pares coaxiales de cobre) y un peso de cable reducido, con una flexibilidad mecánica considerablemente mayor, brindan una serie de ventajas para transporte, tendido y espacio requerido en tramos de líneas de cables.

Conductividad eléctrica nula, interacción entre ondas luminicas y ondas electromagnéticas y campos fuera de la fibra.

Debido a su no conductividad eléctrica, no se requieren instalaciones de puesta a tierra ni protecciones contra rayos. Una fibra en instalaciones de alta tensión, por ejemplo, puede salvar diferencias de potencia) como líneas de control.

Durante la transmisión sobre fibras ópticas no se generan campos perturbadores electromagnéticos y, de igual forma, los campos externos no pueden interferir en el comporta-

Capacidad de las vías principales de telecomunicaciones (bits por segundo)

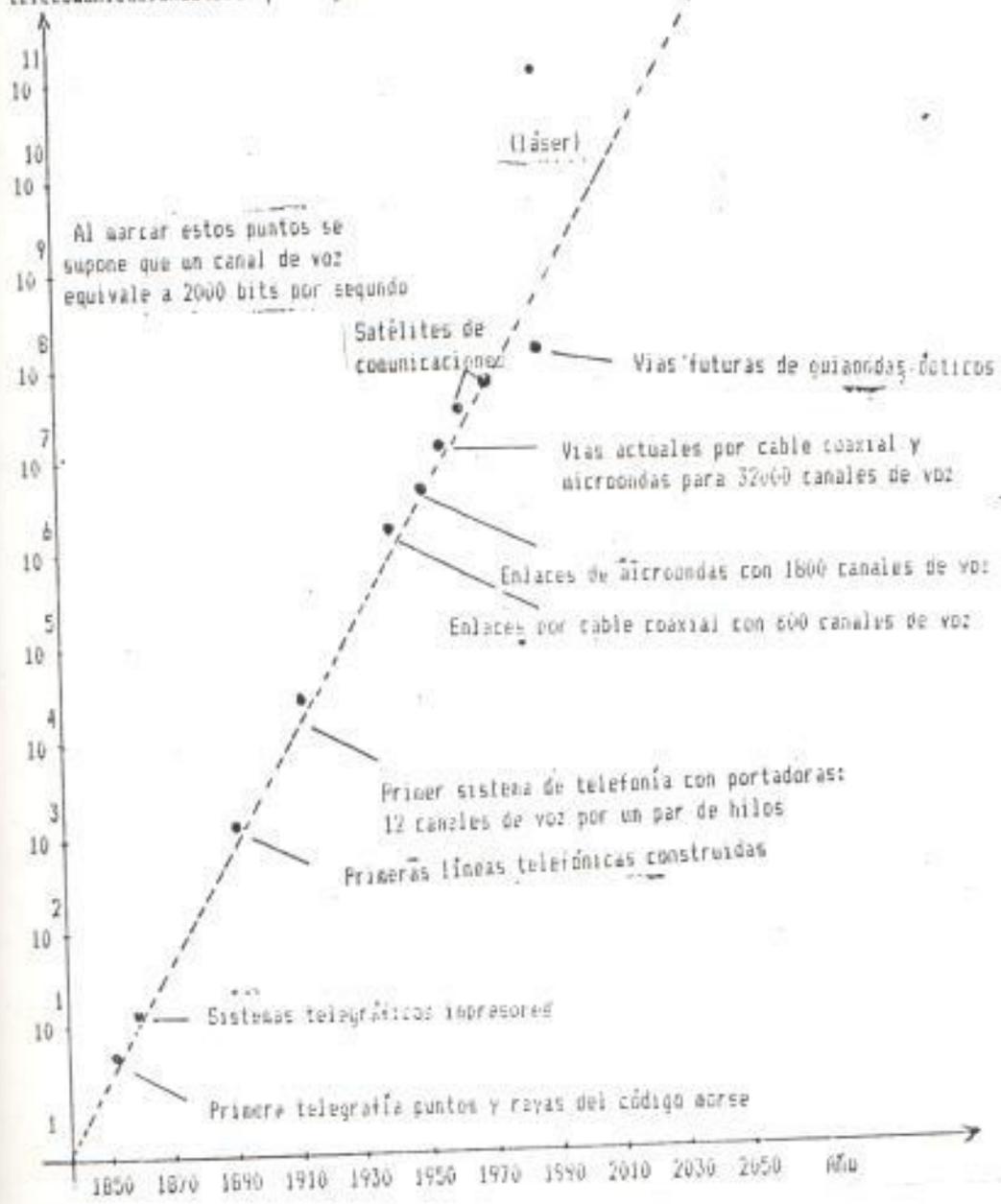


Fig 1.3 Evolución de la capacidad en los sistemas de telecomunicación.

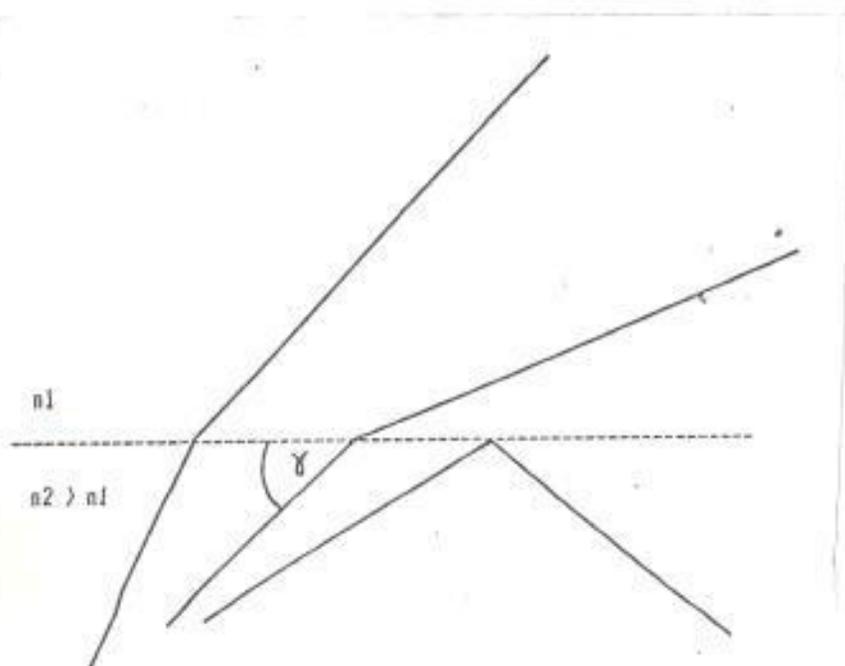
Conceptos físicos de los guía de ondas ópti- cos.

Optica de radiación de la fibra de vidrio:

Si se propaga luz en un vidrio de índice de refracción n , éste se desplazará por el factor n más lentamente que en el vacío, donde lo hace, como se conoce, a una velocidad de $c=300.000 \text{ Km/s}$. En consecuencia, en los vidrios observados con $n= 1.47$, la velocidad de la luz es $c/n= 200 \text{ m/us}$.

Si la luz de un vidrio con un índice de refracción mayor n_2 se refleja sobre un vidrio con índice de refracción menor n_1 , su dirección se desviará si es que incide en la superficie límite bajo un ángulo pronunciado. Si, por el contrario, el ángulo de incidencia es menor que el denominado ángulo límite γ_c , se producirá la reflexión total.

Dicha relación existente entre el ángulo incidente y el ángulo reflejado de la onda de luz, se muestra en la figura 1.4 que se da a continuación.



n_1, n_2 Índices de refracción
 γ Ángulo de incidencia en la superficie límite.

Fig 1.4 Refracción de la luz y reflexión total.

Es decir el ángulo límite depende de la diferencia de índices de refracción.

$$\cos \gamma_G = n_1/n_2$$

Toda luz que es acoplada en las fibras, de tal manera que su dirección de propagación no se desvie de la dirección del eje de la fibra más que el ángulo límite γ_G , es conducida mediante la reflexión total dada longitudinalmente por la fibra e incluso continúa su camino también cuando la fibra se encuentra curvada. Condición para ello es que durante el acoplamiento dentro del ángulo de aceptación θ_A , la luz incida sobre la superficie frontal de la fibra debido al cruce sobre la superficie frontal durante el paso de $n=1$ (aire) a n_k (núcleo).

$$\begin{aligned} \text{sen } \theta_A &= \frac{n_k \cdot \text{sen } \gamma_G}{\sqrt{n_k^2 - n_m^2}} \\ &= \frac{A_n}{n_k} \end{aligned}$$

En el tipo más simple, las fibras ópticas de INDICE ESCALONADO (Fig 1.5), un núcleo de

vidrio de sección circular, de 50 a 200 μ m de diámetro (según el modelo), está rodeado por un recubrimiento de vidrio cuyo índice de refracción n_M es aproximadamente 1% inferior al índice de refracción del núcleo. Dicha diferencia Δn es denominada apertura numérica de las fibras.

En la Fig. 1.6 se muestra el comportamiento de la onda luminosa en los principales tipos de fibras ópticas.

El costo de fabricación aumenta mientras mayor es el diámetro del núcleo. Con vidrios extremadamente bajos en atenuación, sólo se pueden lograr aperturas numéricas de más o menos 0,2 ($\theta \cdot A \approx \pm 12^\circ$), ya que para una gran diferencia en el índice de refracción, se necesitan vidrios de mayor atenuación. Es de anotar que una menor atenuación de fibra es más importante para un sistema de transmisión que una potencia luminica altamente a-

acoplada, puesto que la potencia luminica P , a lo largo de las fibras, disminuye según la siguiente ley:

$$-\alpha L/10 \text{ db}$$

$$P(L)=P(0) \cdot 10$$

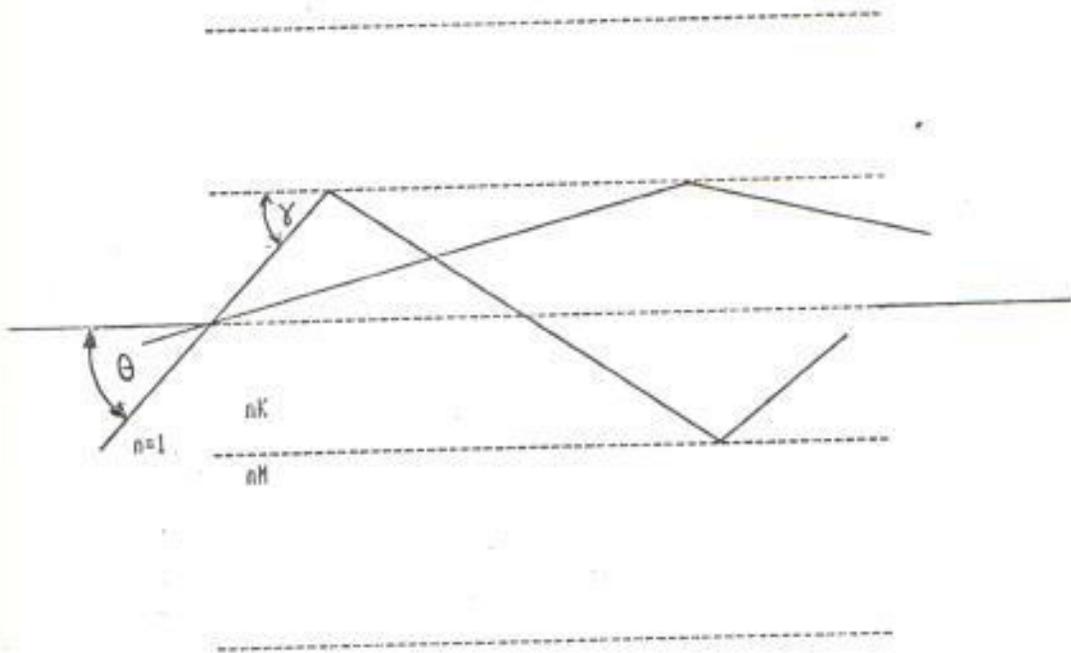
En consecuencia, la potencia luminica al final de la longitud L de la fibra, $P(L)$, disponible para el fotodetector, depende linealmente de la potencia luminica acoplada $P(0)$, pero exponencialmente del coeficiente de atenuación de la fibra.

La Fig 1.7 representa la relación entre el coeficiente de atenuación que se obtiene con modernas fibras de vidrio hechas de cuarzo dopado, y la longitud de onda luminosa. Se puede observar la abrupta caída que se produce para grandes longitudes de onda, debido a las pérdidas que resultan de la dispersión de la luz.

Entre las pérdidas luminicas se encuentran las ocasionadas por la absorción y la dis-

persión de la luz y las originadas por la presencia de impurezas indeseables en el vidrio.

Los valores de atenuación más bajos se producen para longitudes de onda que van desde 1300 a 1600 nm, y son los más apropiados para transmisiones hacia grandes distancias. Una desventaja de la fibra óptica de índice escalonado es que posee un reducido ancho de banda de transmisión.



nK Índice de refracción del núcleo
 nH Índice de refracción del revestimiento
 θ Angulo de dirección en el espacio libre
 γ Angulo de dirección en interior de la fibra.

Fig 1.5 Trayectoria de los rayos
en una fibra de índice
escalón.

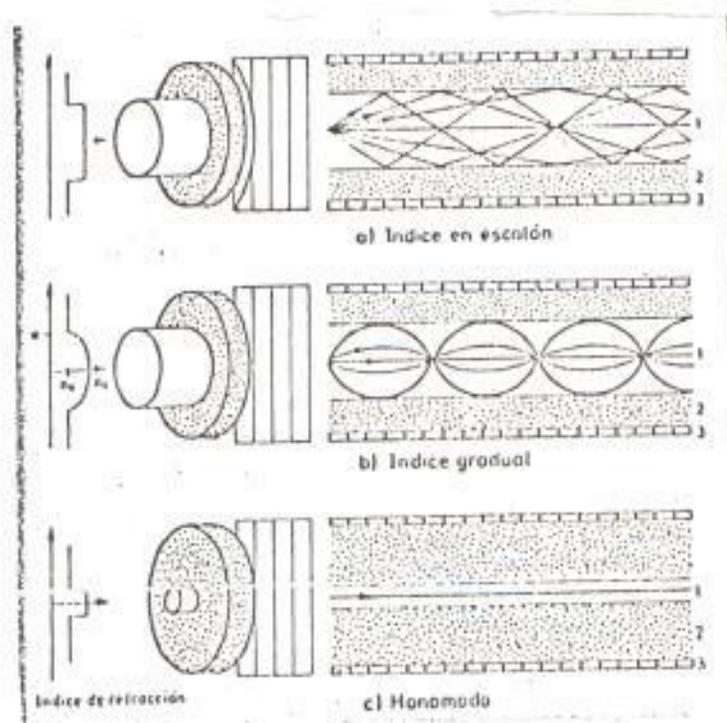


Fig 1.6 Principales tipos de fibra óptica
 ZONA 1 = núcleo; ZONA 2 = revestimiento; ZONA 3 = cubierta.

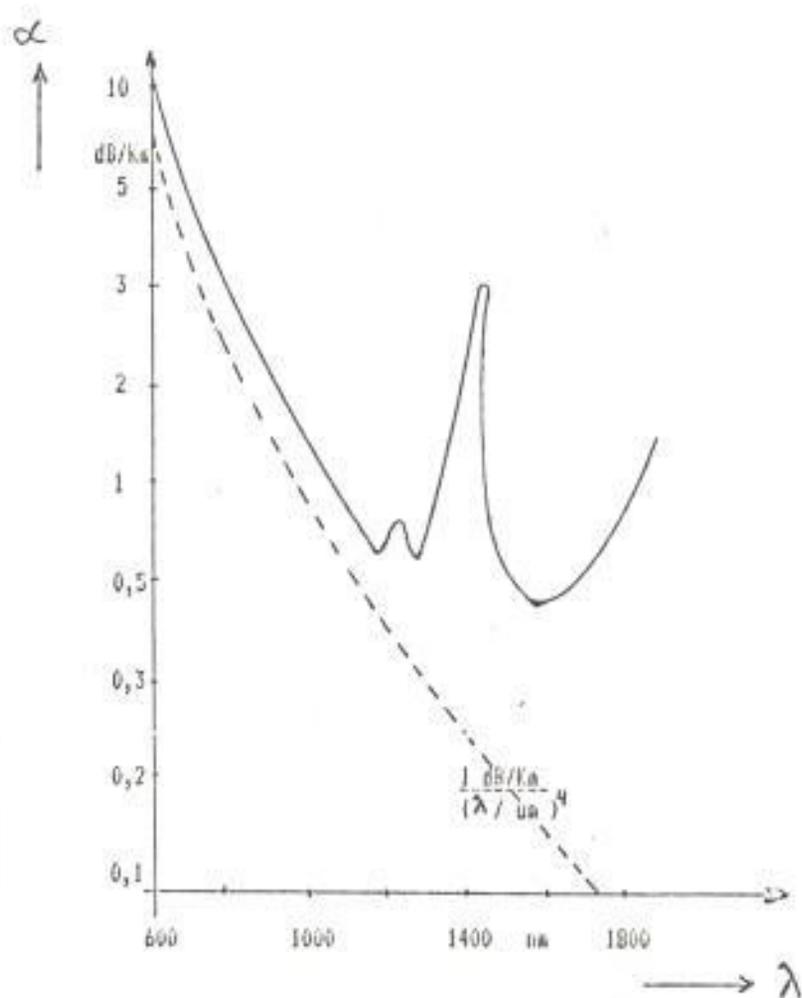
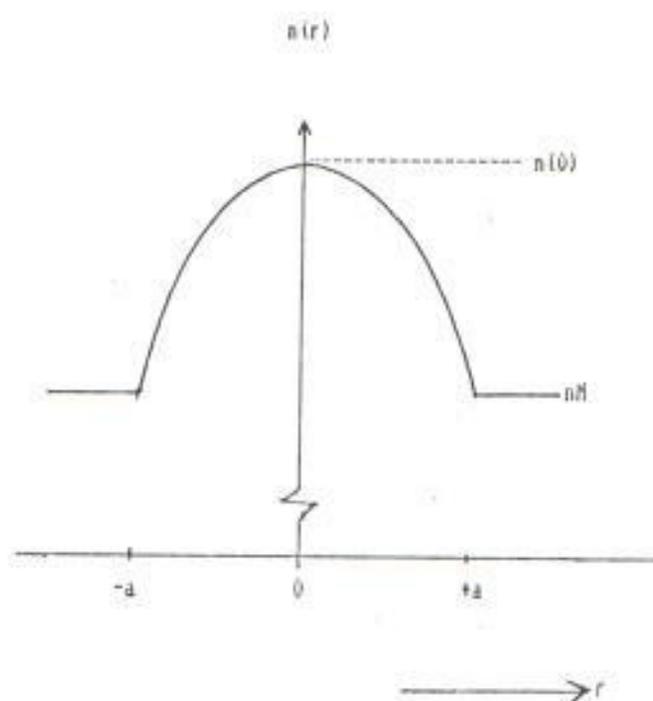


Fig 1.7 Coeficiente de atenuación de una fibra de vidrio de cuarzo, en relación con la longitud de onda luminosa.

Esa desventaja de la fibra óptica de índice escalonado se puede obviar en gran medida si el índice de refracción en el núcleo de la fibra se hace disminuir desde un valor $n(0)$ máximo, en el eje de la fibra (en forma de parábola hacia afuera), hasta el valor del índice de revestimiento n_M . La Fig. 1.8 muestra lo indicado.

En el tipo de fibra óptica de índice gradual la luz sigue una trayectoria en forma de ondas en lugar de hacerlo en zig-zag. Esto se muestra en la Fig. 1.9.



- a Radio del núcleo de la fibra
- nM Índice de refracción del revestimiento
- $n(r)$ Índice de refracción dependiente del radio

Fig 1.8 Perfil del índice de refracción de una fibra óptica de índice gradual.

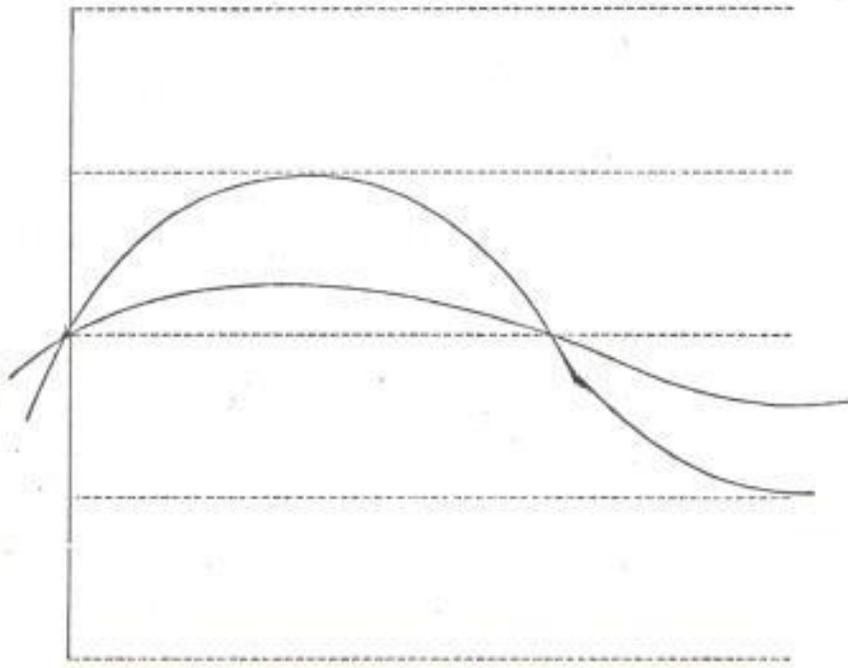


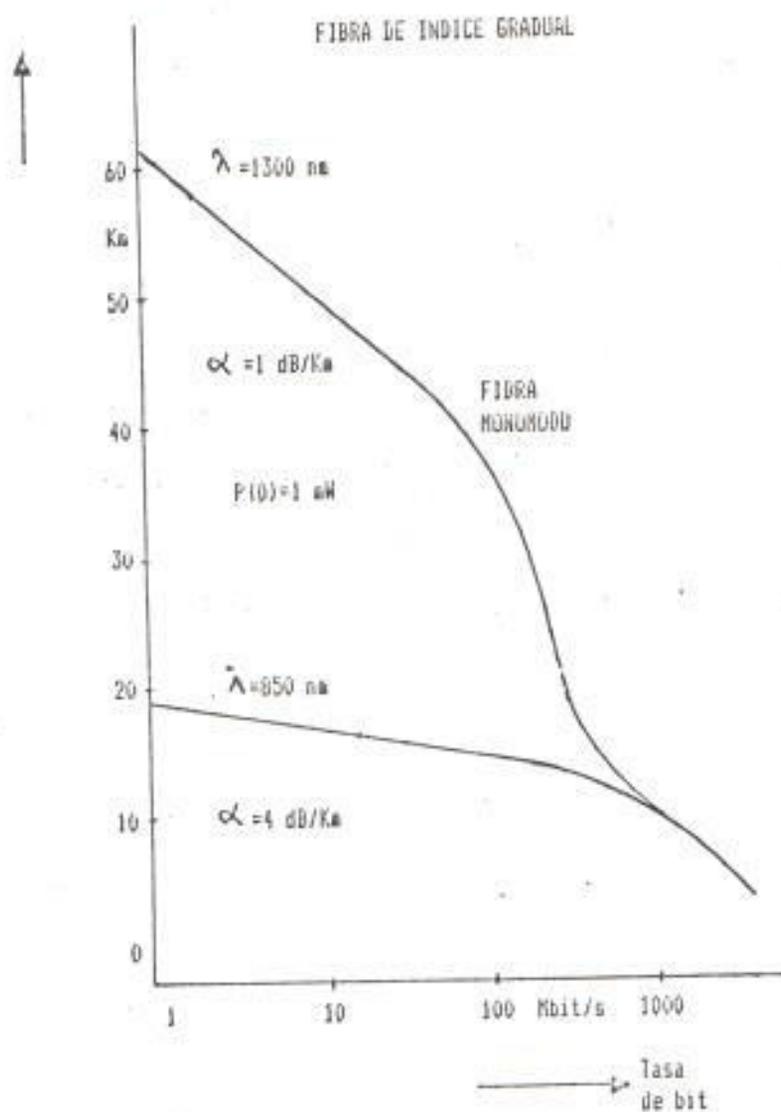
Fig 1.9 Trayectoria de los rayos en una fibra óptica de índice gradual.

Dispersión en fibras ópticas.-

Dispersión es un concepto general para todos los factores que ocasionan diferencias en el tiempo de propagación y, por ello, limitan el ancho de banda de transmisión de una fibra. Dos de estos factores son: el tiempo de propagación distinto de diversos modos y la dispersión debida al material.

En la práctica, las propiedades de las fibras descritas actúan en conjunto de manera compleja. Esto se puede observar claramente cuando se advierte su influencia sobre las aptitudes de un tramo de transmisión. En la Fig. 1.10 se muestra la relación entre la tasa de bits y la posible longitud del tramo, según el cálculo con valores numéricos reales. Tratándose de tasas de bits bajas, la dispersión de las fibras es despreciable y la longitud del tramo esta limitada únicamente por la potencia luminica acoplada por el emisor, por la atenuación de fibras y por la potencia luminica necesaria para el receptor.

Distancia entre
amplificadores



α Coeficiente de atenuación
(fibra, empalmes, conectores)

λ Longitud de onda lumínica

$P(0)$ Potencia lumínica del transmisor
(diodo láser)

Fig 1.10 Distancia entre amplificadores teóricamente posibles y tasas de bits en sistemas ópticos.

Dado que la atenuación de las fibras disminuye cuando se tienen longitudes de onda muy grandes, como se muestra en la Fig 1.10, la longitud de tramos en $\lambda = 1300 \text{ nm}$, es mucho mayor que en $\lambda = 850 \text{ nm}$.

La longitud de tramos posibles disminuye al principio en forma lenta, respecto a las tasas de bit mayores, puesto que los foto-receptores de ancho de banda mayores son más ruidosos y por ello requieren mayor potencia luminica.

A partir de una tasa de bits determinada se siente luego la influencia de la dispersión de la fibra, que finalmente reduce considerablemente la longitud de los tramos.

Durante la operación de fibras ópticas de índice gradual con diodos láser, este límite se encuentra en el orden de magnitud de 200 hasta 500 Mbit/seg; en la utilización de fibras monomodo es considerablemente mayor, sobre todo cuando estas son accionadas con $\lambda = 1300 \text{ nm}$, donde la dispersión del mate-

rial es extremadamente pequeña.

1.2.- VENTAJAS DEL USO DE LA TRANSMISION DE DATOS POR FIBRA OPTICA CON RESPECTO AL CABLE TELEFONICO DE COBRE , CABLE COAXIAL Y MICROONDAS.

Las ventajas prácticas de las fibras ópticas son variadas. Baste citar como ejemplos el peso que se eliminaría en un avión si reemplazaran a los cables de cobre, o su utilidad en el campo médico cuando se usan para iluminar pequeñas áreas del cuerpo de un paciente durante operaciones delicadas.

En la Fig. 1.11 se comparan, en la parte izquierda, la atenuación para cables coaxiales y fibras ópticas, mientras que en el lado derecho se describe la capacidad de conducción de un cable. Es equivalente a reemplazar por lo menos 80 veces el tamaño de pares de conductores de cobre.

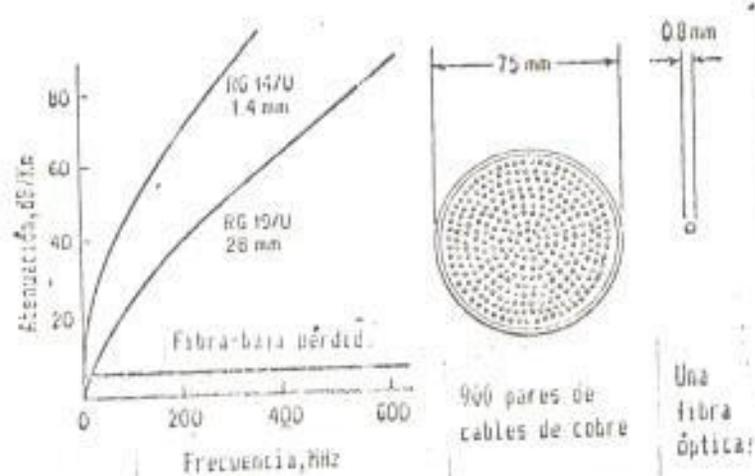


Fig 1.11 Comparación de la fibra óptica con los cables coaxial y de cobre.

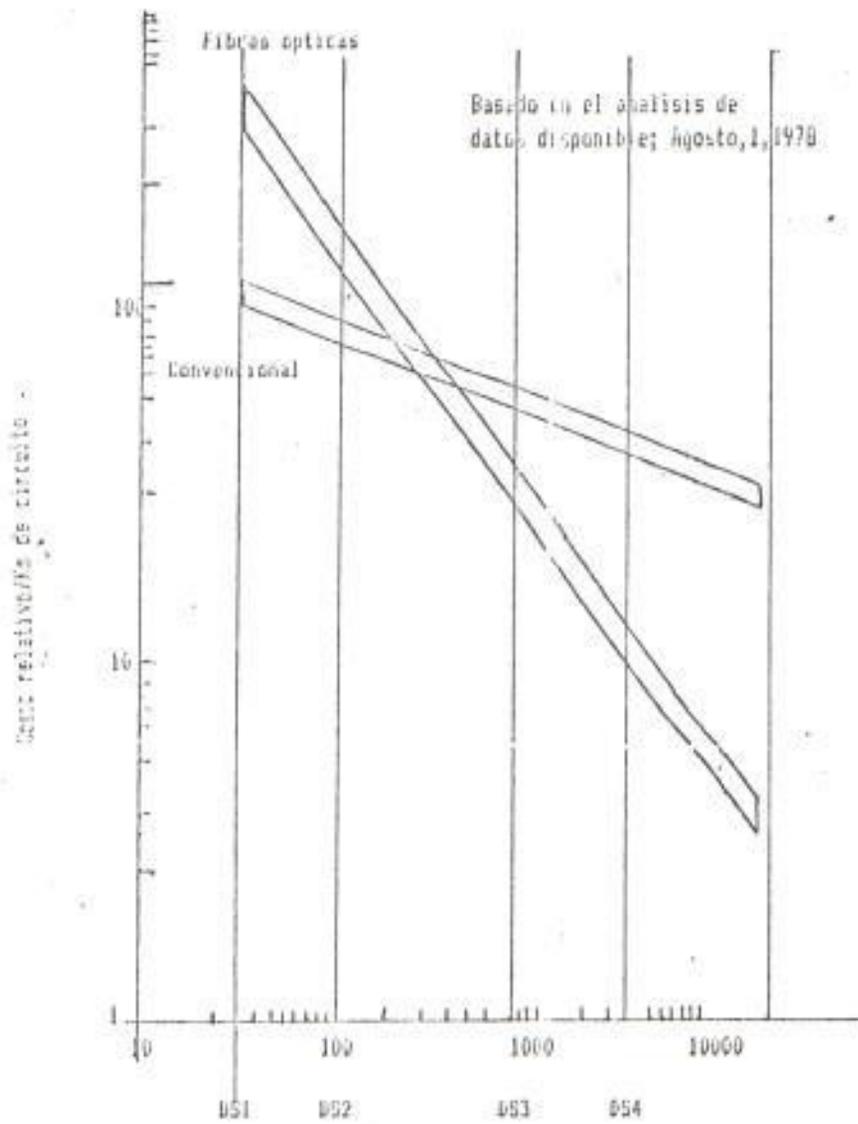
Se advierte que la fibra óptica se hace cada día más competitiva y sus efectos otorgan las ventajas de su utilización respecto a otras tecnologías. La competitividad del costo de los sistemas de fibras ópticas es digna de una consideración aún mayor, ya que estos sistemas pueden tener mayor importancia que los métodos de troncales convencionales.

La Fig. 1.12 muestra una comparación entre costos relativos por kilómetro para sistemas de fibra óptica y para sistemas convencionales.



Fig. 1.12 Comparación de costos relativos por kilómetro para sistemas de fibra óptica y para sistemas convencionales.

El costo relativo por kilómetro para sistemas de fibra óptica es menor que el costo relativo por kilómetro para sistemas convencionales.



Capacidad de los circuitos a frecuencia de voz

Fig 1.12 Costos comparativos por kilómetro, para sistemas de fibra óptica y sistemas convencionales.

VENTAJAS .-

- 1.- Capacidad para transmisión de datos a alta velocidad.
- 2.- Ahorro en el peso y tamaño y, por ende, en el costo del conductor.
- 3.- Relativa inmunidad ante interferencias electromagnéticas.
- 4.- Bajo crosstalk (transferencia no deseada de energía de un circuito a otro).
- 5.- Alto grado de seguridad en la comunicación: los sistemas son afectados por la inducción electromagnética o por superficies conductoras.
- 6.- La fibra óptica con LED puede transmitir 50000 canales de voz, mientras que los cables coaxiales pueden llevar sólo 5400 canales, y dos conductores telefónicos sólo tienen capacidad para llevar 48 canales de voz.

- 7.- Baja pérdida de energía en la señal, por lo que el uso de repetidores cercanos se hace innecesario.
- 8.- La transmisión de la señal puede ser vista a través de monitores, en algunos casos.
- 9.- En la generación de las señales de transmisión, la capacidad del canal de fibra sólo está limitada por la capacidad de la fuente de luz.
- 10.- Transmisores y receptores son aislados.
- 11.- La rotura de los conductores de fibra óptica no causa cortocircuitos debido a que el medio de transmisión conduce ondas de luz en lugar de ser un conductor de cargas eléctricas. Esto hace permisible su uso en lugares peligrosos.
- 12.- En presencia de corrientes elevadas, en líneas abiertas, no existe riesgo para los equipos del sistema de fibras ópticas.

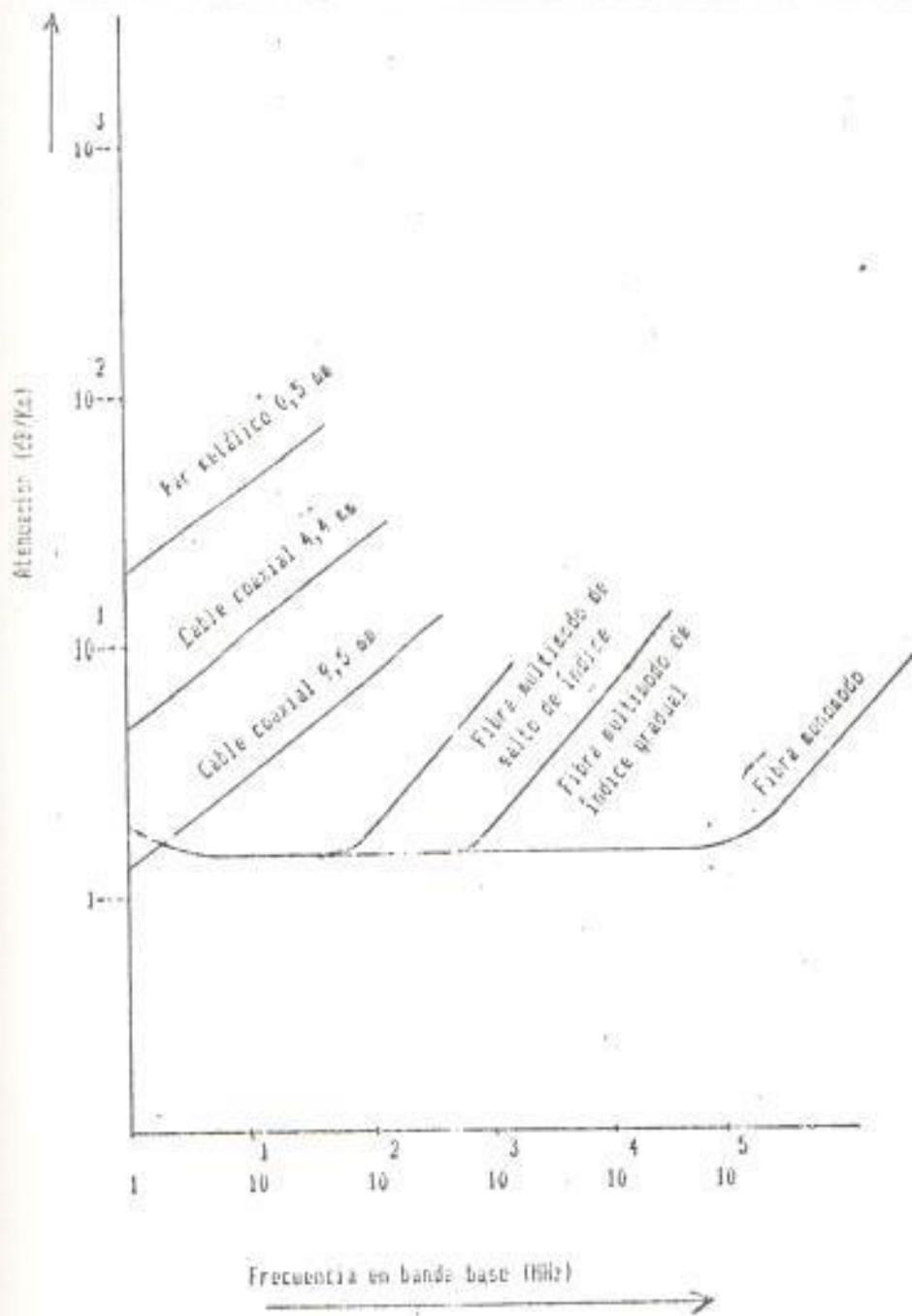


Fig 1.13 Comparación entre la respuesta en banda base de las fibras ópticas y de varios cables metálicos convencionales.

1.2.2.- Bajas Pérdidas.

Puesto que las pérdidas en las fibras son intrínsecamente bajas (menos de 2,5 db/Km a 0,85 μ m y 0,7 db/Km a 1,3 μ m en las que existen en el mercado), el distanciamiento entre repetidores resulta bastante grande, si se lo compara con lo requerido por los cables metálicos, en análogas condiciones de tráfico. La Fig. 1.14 muestra las continuas mejoras tecnológicas en la reducción de la atenuación de la fibra óptica.

En la actualidad, en muchos lugares se han superado los 200 Km entre los puntos de repetición, en condiciones experimentales y a velocidades de hasta 90 Mb/seg, y se han alcanzado más de 161 Km para 480 Mb/seg.

1.2.3.- Tamaño y Flexibilidad.

Un cable de diez fibras ópticas puede

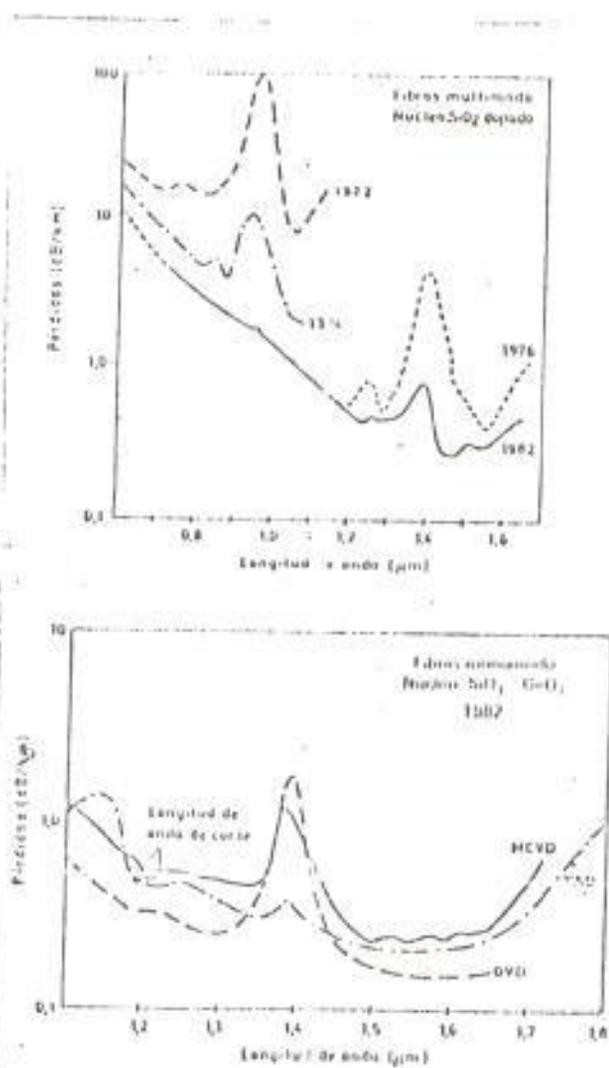


Fig 1.14 a) Progresos durante una década en la atenuación de las fibras multimodo.
 b) Pérdidas de las fibras monomodo según el método de fabricación.

1.2.4.- Factores ambientales y materia prima.

La evolución de la atenuación de las fibras con la temperatura depende en buena medida de la estructura del cableado. No obstante, hay diseños que permiten garantizar la total estabilidad de las pérdidas en un rango que va desde -60°C a $+80^{\circ}\text{C}$.

Por el contrario, las fibras de vidrio pueden sufrir degradaciones en medios radiactivos, aunque tienden a recuperarse cuando desaparece la radiación. Es necesario resaltar que las fibras con núcleo de Si-O_2 sin dopantes, son particularmente resistentes a las emisiones radiactivas.

Cabe indicar que las materias primas empleadas en la fibra óptica, son muy abundantes en la naturaleza y no están sujetas a variaciones de precios como las que presenta el cobre.

1.3.- SITUACION ACTUAL DE LA TRANSMISION DE TDS EN EL SISTEMA BANCARIO, A NIVEL INTERURBANO.

Es importante mencionar el desarrollo que ha tenido la transmisión de datos en los últimos tiempos. A continuación se podrá examinar la situación actual de la transmisión de datos a través del correspondiente estudio.

EVOLUCION DE LA TRANSMISION DE DATOS.

El número de equipos instalados en Europa Occidental es aproximadamente el doble del previsto en los estudios de mercado iniciales, llevados a cabo en 1971, y se espera que dicho número se cuadruplicue para fines de los años 80.

Basándonos en la evolución de la transmisión de datos en el continente europeo, se intentará enfocar la tendencia equivalente a la sociedad futura, dentro de las consideraciones presentadas en el presente apartado.

Desarrollo de la transmisión de datos.-

Según las fuentes de Eurodata, las principales magnitudes de crecimiento en la transmisión de datos, han sido las siguientes:

- Puntos de terminación de red: 1'620.000 en el año 1987, frente a 393.000 en 1979
- Número de terminales: 3'960.000 en el año 1987, frente a 625.000 del año 1979.
- Transacciones: 794 millones en 1987, frente a 136 millones en 1979.
- Tráfico en día medio: 9.820 miles de millones frente a 1.310 miles de millones en el año 1979.

Equipos Videotex:

En cuanto a la evolución de la transmisión de datos, el servicio videotex para uso doméstico se considera como el mayor mercado potencial. En el año 1983 el número previsto de terminales fué de 151.000 frente a los 2'720.000 estimados para el año 1987. Se prevee una cantidad cercana a 3'960.000 para terminales de las demás clases, en el mismo año.

Evolución por sectores:

En la mayoría de los países, se considera al SECTOR BANCARIO como el más importante en la transmisión de datos, con un porcentaje aproximado al 30% sobre los puntos de terminación de la red. Le siguen por sectores: Servicios de Proceso de Datos, Industria, Comercio y Gobierno.

Sector	AÑO_1979(%)	AÑO_1987(%)
Bancos	29,6	27,1
Fabric P.Discreto	10,9	10,9
Distribución	9,0	10,1
Varios	6,5	8,8
Gobierno	8,2	8,5
Fabric P.Continuo	9,1	8,2
Servicios	4,7	8,0
Proceso de datos	10,1	7,4
Educación	6,0	5,0
Transporte	1,8	2,2
Seguros	1,5	2,0
Sanidad	1,0	1,2
C. Aéreas	1,6	0,8
	<hr/> 100 %	<hr/> 100 %

Velocidades de Transmisión:

Respecto a la tendencia de las velocidades de transmisión en equipos de informática, se observa un desplazamiento hacia velocidades más altas en el periodo que va de 1979 a 1987, según información de Eurodata.

Este desplazamiento se debe a la reducción de costos al transportar mayor cantidad de datos sin un aumento proporcional en el costo de módem y comunicaciones.

La tabla siguiente refleja aproximadamente, en porcentajes, la tendencia de las velocidades de transmisión.

<u>Velocidad</u>	<u>Año 1979 (%)</u>	<u>Año 1987 (%)</u>
300 bit/seg	37	17
1200 "	31	23
2400 "	17	28
4800 "	10	11
9600 "	5	21

Tipo de servicios:

Sobre la modalidad de servicios de transmisión de datos, la estimación de puntos de terminación de la red, en el año 1987, queda fijada en los siguientes porcentajes:

Puntos de terminación de red: 1'620.000

Red automática conmutada.....20,0 %
 Red conmutada circuitos.....6,2 %
 Red conmutada de paquetes.....24,3 %
 Circuitos alquilados.....49,5 %

Clases de terminales:

El desarrollo de aplicaciones informáticas condicionará el tipo de terminales de datos usados. En la tabla que sigue se indicará el porcentaje de los tipos de terminales a utilizar en el año 1987, según previsiones del año 1979.

<u>Terminal</u>	<u>Año_1979(%)</u>	<u>Año_1987(%)</u>
Pantalla	52,2	59,2
Teleimpresor	20,7	13,8
Remoto Batch	20,4	14,7
Varios	6,7	12,3

Dentro del ítem VARIOS se destacan los terminales para facsimil digital, comunicaciones persona a persona y cajeros automáticos.

Aplicaciones:

Los porcentajes de desarrollo de aplicaciones, en los años 1979 y 1987, se indican a continuación.

Aplicación	Año_1979(%)	Año_1987(%)
Gerencia general	27,4	28,5
Persona a persona	12,0	19,6
Bancarias	21,4	13,4
Software	9,2	10,3
Cálculo	7,8	8,1
Control de inventario	10,3	7,3
Recuperación de inf.	1,8	4,8
Registro de clientes	4,0	3,9
Varios	2,2	2,5
Reservaciones	3,9	1,6

El descenso sufrido en aplicaciones bancarias es indicativo del alto desarrollo actual en aplicaciones de persona a persona.

donde se incluyen los servicios de teletex y facsimil.

ESTUDIO DE MERCADO.

Con el fin de analizar la demanda actual y futura de la red de transmisión de datos del Ecuador, enlazando, en nuestro caso, la región del Litoral, resulta imprescindible la realización de un ESTUDIO DE MERCADO que permita llevar a cabo un dimensionamiento adecuado de la red, de acuerdo con las necesidades informáticas de los usuarios en el territorio ecuatoriano.

En el momento de redactar el presente trabajo, sólo se disponía de un estudio de mercado que realizó IETEL hacia fines del año 1979. Considerando el crecimiento que ha experimentado el Ecuador en teleprocesamiento de datos, se ha considerado que dicho estudio es totalmente obsoleto, y se decidió considerar otro estudio que fue realizado en el año 1982. Este estudio tiene una extensión que permite llegar a conclusiones que corresponden al presente año y que nos in-

dicará la conveniencia de la construcción de la red de transmisión de datos por fibras ópticas en el Litoral y que agrupa la demanda actual de datos en el territorio nacional .

Los objetivos del estudio de mercado deberían contener los siguientes aspectos:

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

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

Los resultados del estudio deberían abarcar los puntos siguientes :

- Puntos de acceso a la red y ubicación de los terminales.

- Tráfico y duración de transacciones y mensajes.
- Elasticidad de la demanda.
- Correlación entre sectores.

Estas conclusiones, aportarían al IETEL la información necesaria para el desarrollo futuro de la transmisión de datos en el territorio nacional.

El estudio debería abarcar las fases socio-económicas, tecnológicas y de campo, con el objeto de conocer previsiones de la demanda, a corto y mediano plazo.

Partiendo del hecho que en Ecuador hay 420 empresas usuarias potenciales de los servicios de transmisión de datos, 120 del sector público y 300 del privado (según la Comisión Nacional de Informática), se puede establecer el número de encuestas a realizar en el estudio de mercado, tomando un coeficiente de fiabilidad de 95,5% y un error muestral de 16%, que son las condiciones más desfavo-

rables de muestreo:

- Coeficiente de fiabilidad del 95,5% (para desviación en la distribución de $\pm 2\sigma$).
- Error de muestreo 6% = $\epsilon = 2\sigma$.
- Condiciones desfavorables $p=q=50\%$

$$2\sigma = \epsilon = 2 \sqrt{\frac{pq}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}}, \text{ de donde}$$

$$n = \frac{4pqN}{\epsilon^2(N-1) + 4pq}, \text{ siendo } N \text{ el número de empresas igual a } 420.$$

$$n = \frac{4 * 50 * 50 * 420}{36 * 419 + 4 * 50 * 50} = 167 \text{ encuestas}$$

La realización del estudio se debería hacer por encuestas individuales y con personas especializadas, abarcando todos los sectores involucrados en la transmisión de datos en el país. El cuestionario debería tener el siguiente esquema de consulta:

- Características generales de la empresa.
- Aplicaciones actuales y futuras en transmisión de datos.
- Ordenadores: marca, modelo, cantidad, ubicación, aplicación, tipo de transmisión,

velocidad.

- Tráfico: Por equipos, por zonas, por aplicación, tipo de línea utilizada, volúmenes previstos.
- Causas que impiden el desarrollo de la transmisión de datos.

Por otra parte, bajo los estudios socio-económicos y tecnológicos, se analizarán particularidades sobre :

- Desarrollo de la economía del Ecuador y particularidades de cada sector.
- Desarrollo de las zonas geográficas de la nación.
- Producto Interno Bruto, su evolución, distribución.
- Indicadores económicos de las empresas.
- Estudio de aplicaciones teleinformáticas.

Para la realización de este estudio de mercado, que contiene las 167 encuestas previstas, serían necesarias 9 personas para la organización de encuestas , durante un período

total aproximado de cinco meses.

En la situación actual, el estudio de mercado llevado a cabo con el fin de actualizar el realizado en el año 1979, constó de las entrevistas realizadas a las siguientes entidades:

- Comisión Nacional de Informática.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
- I.B.M.
- CITIBANK.
- Banco de los Andes.
- Banco Central.
- Departamento de Procesamiento automático de datos del IETEL, Región I .
- Banco del Pichincha.
- Ministerio de Finanzas.
- Filanbanco.
- Banco de Descuento.
- Banco de Guayaquil.
- Banco del Pacífico.

Las entidades consideradas por IETEL, tienen su sede en Quito, excepto las cuatro últimas que están en Guayaquil.

Las conclusiones del estudio realizado, una vez depurado por las autoridades del IETEL, se reflejan en las siguientes conclusiones finales sobre la demanda de transmisión de datos en Ecuador.

Estudio de mercado de la transmisión de datos en el Ecuador (orientado al Litoral). -

Se procedió a la realización de un estudio de mercado, encaminado a analizar cuantitativamente el parque de equipos de transmisión de datos en Ecuador en el año 1982, así como obtener una proyección de la demanda sobre un horizonte de 5 años, que sirviera de análisis de partida para una posible implantación de una red especializada de transmisión de datos en el Litoral (que abarque el flujo de datos en el país).

Inicialmente se dividieron las entidades a encuestar entre los sectores público y privado, asumiendo que los datos del primer sector fuesen facilitados directamente por la Comisión Nacional de Informática.

Respecto al sector privado, fundamentalmente las entidades que actualmente trabajan en teleproceso, o tienen previsto hacerlo, pertenecen a organizaciones bancarias. En consecuencia se seleccionaron los ocho bancos más importantes del país, recabando datos sobre los estados actual y futuro, en materia de transmisión de datos.

A los datos obtenidos de dicho sector, se agregaron los de dos organizaciones privadas de ámbito nacional, así como los facilitados por la Comisión Nacional de Informática, que cubría 159 empresas del sector público, correspondientes a las siguientes poblaciones:

- | | |
|----------------|--------------------|
| - 67 Quito | - 25 Guayaquil |
| - 2 Salinas | - 2 Durán |
| - 3 Milagro | - 2 Babahoyo |
| - 3 Quevedo | - 5 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.

Por otra parte, I.B.M. facilitó datos sobre sus ventas en Ecuador. Durante el corriente año 1982, el número total de ordenadores instalados y pendientes de instalación suman 183, y abarcan a 170 clientes. Considerando que IBM cubre el 70% del mercado ecuatoriano de ordenadores, se estima que en la actualidad existen un total de 260 ordenadores. Hacia fines de 1982, los 183 ordenadores instalados por IBM, corresponderán a los siguientes modelos : 25 del tipo 4300 y 370, 150 del sistema 34 y 8 del sistema 38, siendo los 77 restantes de NCR, Olivetti, PRIME, General Automation, Data General, etc.

En cuanto al número de terminales de datos, en base a que IBM tiene instalados o pendientes de instalar, en 1982, un parque de 2300 terminales y supuesto el dato facilitado de que cubre el 70% del mercado, resultaría que el total de terminales de datos en Ecuador será 3300.

Comparando el número de terminales suministrados por IBM para teleproceso, con el nú-

mero obtenido en el estudio de mercado, indica que dicho estudio ha cubierto una muestra del 66% de la población. En lo que se refiere a terminales dependientes localmente de ordenadores, la muestra cubría el 20% del total.

Dentro del sector bancario, las configuraciones de terminales se basaban fundamentalmente en la instalación de unidades de concentración, que controlaban un cierto número de terminales, bien pantallas para aplicaciones de cuenta corriente, impresoras o terminales propiamente bancarios para aplicaciones de libreta de ahorro. Por esta razón, el análisis del estudio de mercado se ha concentrado en cuantificar el número de dichas unidades de control o concentración, ya sea locales (en la misma población donde se ubica el ordenador), denominadas aquí UCL o remotas, UCR. En la modalidad de circuitos punto-a-punto como enlace al ordenador principal, se ha advertido un número creciente de cajeros automáticos.

El modo de conexión al ordenador de la casi totalidad de los terminales bancarios, se

basa en la utilización de conversores de señal a 9600 bit/seg (multimodem), es decir, aprovechamiento de un único circuito de larga distancia para ser compartido en oficinas locales a base de cuatro circuitos de 2400 bit/seg.

El número de terminales de datos obtenido por el estudio de mercado, para el sector bancario, especificando terminales conectados al ordenador (locales), unidades de concentración locales y remotas con los terminales que atienden, así como los conectados punto-a-punto al ordenador, se indican en la tabla IV, mostrada a continuación, donde quedan reflejadas también las poblaciones que trabajan en teleproceso.

TABLA IV

ESTUDIO DE MERCADO EN ECUADOR AÑO 1982
 NUMERO DE TERMINALES PARA TRANSMISION DE DATOS.

CIUDAD	T.L.O	UC-L	TL	UC-R	TR	T-PP
QUITO	134	11	56	29	107	14
GUAYABUIL	135	48	125	9	49	19
CUENCA	9	52	4
AMBATO	9	44	4
TULCAN	1	6	--
MANTA	5	27	3
LIBERTAD	2	7	1
MILAGRO	3	11	1
BABAHYO	3	10	1
PORTOVIEJO	2	7	1
RIOBANDA	2	7	1
JIPIJAPA	2	5	1
MACHALA	8	34	5
SALINAS	2	3	1
AZOGUES	2	5	1
ESMERALDAS	2	7	1
GUARANDA	2	3	1
QUEVEDO	1	4	..
TOTAL	269	59	181	93	388	59

(EXPLICACION DE SIGLAS EN LA PAGINA SIGUIENTE)

donde:

- T.L.O TERMINALES LOCALES DEL ORDENADOR.
- UC-L UNIDADES DE CONTROL UBICADAS EN LA MISMA CIUDAD QUE EL ORDENADOR.
- TL TERMINALES DEPENDIENTES DE UC-L
- UC-R UNIDADES DE CONTROL REMOTAS, EN DISTINTA CIUDAD QUE EL ORDENADOR.
- TR TERMINALES DEPENDIENTES DE UC-R
- T-PP TERMINALES CONECTADOS PUNTO A PUNTO CON EL ORDENADOR.

La ampliación del estudio de mercado, se basó en aplicar factores de corrección a los datos obtenidos según los volúmenes de ventas facilitados por los fabricantes y agregar el parque de terminales pertenecientes al servicio público. En consecuencia, la tabla V refleja el número total de terminales de datos en Ecuador, a finales de 1982. En dicho cuadro, se hace indicación de poblaciones y número de terminales: locales con el ordenador, punto a punto remoto-dependientes de unidades de concentración locales y remotos. Debe entenderse que el factor correctivo se aplicó únicamente a terminales del sector bancario, incrementando esta can-

tividad en el número de terminales estimado en el sector público, globalizando un total de 3229 terminales de datos, cantidad coincidente con la estimada según porcentajes de los fabricantes.

TABLA V

NUMERO DE TERMINALES DE TRANSMISION DE DATOS
ESTIMADOS EN 1986.

CIUDAD	T.L.O	UC-L	TL	UC-R	TR	T-PP	No T
QUITO	1141	17	85	44	163	26	1415
GUAYAQUIL	1145	73	190	14	74	29	1438
CUENCA	5	..	...	14	79	6	90
AMBATO	....	..	...	14	67	6	73
TULCAN	....	..	...	2	9	..	9
MANTA	30	..	...	8	41	5	76
LIBERTAD	....	..	...	3	11	2	13
MILAGRO	....	..	...	5	17	2	19
BABAHYO	....	..	...	5	15	2	17
PORTOVIEJO	....	..	...	3	11	2	13
RIOBAMBA	....	..	...	3	11	2	13
JIPIJAPA	....	..	...	3	8	2	10
MACHALA	....	..	...	12	52	8	60
SALINAS	....	..	...	3	5	2	7
AZOGUES	....	..	...	3	8	2	10
ESMERALDAS	10	..	...	3	11	2	23
GUARANDA	....	..	...	3	5	2	7
BUEVEDO	....	..	...	2	6	..	6
TOTAL	2331	90	275	144	593	100	3299

En la tabla VI, se detalla en forma distribuida por poblaciones, el número total de terminales locales y remotos (3299) estimados para el término 1986. Se incluye en "LOCALES" los conectados en esta modalidad al ordenador, junto con los dependientes de unidades de concentración y por "REMOTOS", los conectados directamente punto a punto al ordenador, como los dependientes de unidades remotas de concentración.

TABLA VI

NUMERO DE TERMINALES DE TRANSMISION DE DATOS (EXCLUYENDO
UNIDADES DE CONTROL), ESTIMADOS EN 1986

CIUDAD	T.L.	T.R.	TOTAL
QUITO	1226	189	1415
GUAYAQUIL	1335	103	1438
CUENCA	5	85	90
AMBATO	....	73	73
TULCAN	....	9	9
NANTA	30	46	76
LIBERTAD	....	13	13
MILAGRO	....	19	19
BABAHOYO	....	17	17
PORTOVIEJO	....	13	13
JIPIJAPA	....	10	10
MACHALA	....	60	60
SALINAS	....	7	7
AZOGUES	....	10	10
ESMERALDAS	10	13	23
GUARANDA	....	7	7
QUEVEDO	....	6	6
TOTAL	2606	693	3299

La proyección de terminales de datos, durante el periodo 1982 a 1986 se refleja en la tabla VII, mostrada a continuación. Suponiendo un incremento anual del 20%, según datos obtenidos en las encuestas y estimados por el crecimiento respecto a años anteriores, se han considerado 4750 terminales en el año 1984, fecha en que eventualmente, podría explotarse una red especializada de transmisión de datos por el IETEL.

La tabla VIII, corresponde a la proyección del número de unidades de concentración locales y remotas, así como terminales punto a punto (considerando dicho conjunto como número de acceso a la red especializada) supuesto un incremento anual del 20%. Para el año 1984, se estiman 480 accesos totales para la extensión de 1391 terminales de datos.

Supuesta una penetración del 40% en los terminales existentes sobre la red especializada de transmisión de datos, contando únicamente como acceso los de unidades de concentración locales y remotas y de terminales punto a punto, para el año de 1984 se han es

timado 192 accesos, para atender 556 terminales. El detalle se muestra en la tabla IX.

De acuerdo con las suposiciones anteriores, la tabla X corresponde al número de accesos a la red especializada de transmisión de datos, distribuidos por poblaciones, entendiéndose por acceso a la red los circuitos punto a punto entre la propia red y las unidades de concentración de terminales conectados mediante enlaces directos. Para el año 1984 supuesto, corresponderán 207 accesos atendiendo 576 terminales de datos.

La tabla XI, corresponde a las mismas condiciones que en el caso anterior, pero referido al año 1986.

Hay que indicar que las cantidades que figuran en las tablas X y XI, no concuerdan exactamente con el número de terminales de la tabla IX, ya que al efectuar el cálculo para cada población, se ha considerado siempre un número entero de terminales tomando la cifra superior.

En relación al tráfico generado por cada ter

terminal, se ha supuesto que será de 300000 caracteres por día. Este valor se ha obtenido ponderando el tráfico facilitado por las entidades bancarias sobre el número de terminales de cada organización y aplicando un porcentaje de reducción para los casos en que los terminales dependientes de unidades de concentración o miniordenadores, conecten a éstos sin acceder al ordenador principal. Se considera que en la hora pico del día, se transmite 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 con más carga será:

$$0,2 \times 300000 \text{ car}/3600 \text{ seg} = 0,2 \times 8 \times 300000 / 3600 = 133,33 \text{ bit/seg.}$$

Es decir 134 bits/seg en un sentido.

En la tabla XII se observa la matriz de tráfico entre poblaciones previstas en transferencia de transmisión de datos, según estimación de la totalidad de terminales existentes en el año 1982. En conjunto se estiman 989700 Kcaracteres/día.

En la tabla XIII, en idénticas condiciones al caso anterior, se refiere al año 1986, habiendo previsto un tráfico unidireccional de 2052236 Kcaracteres/día.

La matriz de tráfico entre poblaciones que se ha previsto, que dispondrá de terminales de datos conectados a la red especializada en el año 1986, se indica en la tabla XIV. De igual forma refleja el número de terminales con acceso a la red en las mencionadas ciudades.

Se han mostrado en la tabla XV, los porcentajes distribuidos por poblaciones, del número estimado de terminales de datos en el año 1986 en Ecuador y la proporción de aquellos que accederían a la red especializada de transmisión de datos a través de fibras ópticas.

El presente estudio de mercado, no ha considerado previsiones relativas a nuevos servicios teleinformativos, tales como transferencia electrónica de fondos, conmutación de mensajes, videotex, etc., y por consiguiente no se ha supuesto ningún acceso a la red

especializada para estos servicios . En este sentido hay que destacar la idea planteada por la mayoría de las entidades bancarias consultadas, respecto a una futura implantación del servicio de transferencia electrónica de fondos, retrasado hoy en día por la variable calidad de las líneas telefónicas. Significa esto que una consideración de tal naturaleza habría que llevarla a cabo en un futuro próximo.

TABLA VII

PROYECCION DEL NUMERO DE TERMINALES 1982-1986

(Incremento anual del 20 %)

ANO	<u>T. LOCALES</u>	<u>T. REMOTOS</u>	<u>TOTAL</u>
1982	2606	693	3299
1983	3127	831	3958
1984	3752	998	4750
1985	4503	1197	5700
1986	5403	1437	6840

TABLA VIII

PROYECCION DEL NUMERO DE UNIDADES DE CONTROL LOCALES,
 REMOTAS Y TERMINALES PUNTO A PUNTO EN 1982-1986.

(Incremento anual 20 %)

ANO	<u>UC. LOCALES</u>	<u>UC. REMOTAS</u>	<u>I-PP</u>	<u>TOTAL</u>	<u>No TERMINALES</u>
1982	90	144	100	334	969
1983	108	172	120	400	1159
1984	129	207	144	480	1391
1985	155	249	173	577	1673
1986	187	299	207	693	2011

Se considera : 1 UC.LOCAL/ 3,06 Terminales

1 UC.REMOTA/4,12 Terminales.

TABLA IX

NUMERO DE TERMINALES EN RED ESPECIALIZADA DE
TRANSMISION DE DATOS EN 1982-1986

(Porcentaje de penetración del 40 %)

AÑO	UC. LOCALES	UC. REMOTAS	T-PP	TOTAL	No TERMINALES
1982	36	58	40	134	389
1983	43	69	48	160	463
1984	51	83	58	192	556
1985	62	100	69	231	670
1986	75	120	83	278	807

TABLA X

NUMERO DE ACCESO Y TERMINALES CONECTADOS A LA RED ESPECIALIZADA
DE TRANSMISION DE DATOS : ESTIMACION PARA EL AÑO 1984.

POBLACION	UC.L	UC.R	T.PP	TOTAL ACCESOS	TOTAL TERMINALES
QUITO	10	25	15	50	158
GUAYABUIL	42	8	17	67	170
CUENCA	..	8	4	12	50
AMBATO	..	8	4	12	43
TULCAN	..	2	..	2	6
MANTA	..	5	3	8	27
LIBERTAD	..	2	2	4	9
MILAGRO	..	3	2	5	12
BABAHOYO	..	3	2	5	11
PORTOVIEJO	..	2	2	4	9
RIOBAMBA	..	2	2	4	9
JIPIJAPA	..	2	2	4	7
MACHALA	..	7	5	12	35
SALINAS	..	2	2	4	5
AZOGUES	..	2	2	4	7
ESMERALDAS	..	2	2	4	9
GUARANDA	..	2	2	4	5
BUEVEDO	..	2	..	2	4
	----	----	----	----	----
TOTAL	52	87	68	207	576

TABLA XI

NUMERO DE ACCESOS Y TERMINALES CONECTADOS A LA RED ESPECIALIZADA
DE TRANSMISION DE DATOS A TRAVES DE FIBRAS OPTICAS; ESTIMACION
PARA EL AÑO 1986.

POBLACION	UC.L	UC.R	T.PP	TOTAL ACCESOS	TOTAL TERMINALES
QUITO	14	37	22	73	228
GUAYAQUIL	61	12	24	97	244
CUENCA	..	12	3	17	76
AMBATO	..	12	5	17	61
TULCAN	..	2	..	2	8
MANTA	..	7	5	12	64
LIBERTAD	..	3	2	5	11
MILAGRO	..	5	2	7	16
BABAHOYO	..	5	2	7	15
PORTOVIEJO	..	3	3	5	11
RIOBAMBA	..	3	2	5	11
JIPIJAPA	..	3	2	5	9
NACHALA	..	10	7	17	50
SALINAS	..	3	2	5	7
AZOGUES	..	3	2	5	9
ESMERALDAS	..	3	2	5	20
GUARAMBA	..	3	2	5	7
QUEVEDO	..	2	..	2	5
TOTAL	75	128	88	291	852

TABLA XII

MATRIZ DE TRAFICO ENTRE POBLACIONES; ESTIMACION

AÑO 1982 EN VECES / DIA.

POBLACIONES	QUITO	GUAYAQUIL	CUENCA	MANTA	ESMERALDAS	TOTAL
QUITO	367800	56700	....	....	....	424500
GUAYAQUIL	30900	400500	....	....	....	431400
CUENCA	7200	18300	1500	....	....	27000
AMBATO	3600	18300	....	....	....	21900
TULCAN	2700	....	....	....	....	2700
MANTA	2700	11100	....	9000	....	22800
LIBERTAD	....	3900	....	....	....	3900
MILAGRO	....	5700	....	....	....	5700
BABAHUYO	....	5100	....	....	....	5100
PORTOVIEJO	....	3900	....	....	....	3900
RIOBAMBA	....	3900	....	....	....	3900
JIPIJAPA	....	3000	....	....	....	3000
NACHALA	....	18000	....	....	....	18000
SALINAS	....	2100	....	....	....	2100
AZOGUES	....	3000	....	....	....	3000
ESMERALDAS	....	3900	....	....	....	6900
GUARANDA	....	2100	....	....	....	2100
QUEVEDO	....	1800	....	....	....	1800
TOTAL	414900	561300	1500	9000	3000	989700

TABLA XIII

MATRIZ DE TRAFICO ENTRE POBLACIONES ; ESTIMACION PARA

EL AÑO 1986, EN KCARACTERES / DIA.

POBLACION	QUITO	GUAYAQUIL	CUENCA	MANTA	ESMERALDAS	TOTAL
QUITO	762670	117573	.....	.....	.....	880243
GUAYAQUIL	64074	830476	.....	.....	.....	894550
CUENCA	14930	37947	3110	.....	.....	55987
AMBATO	7465	37947	.....	.....	.....	45412
TULCAN	5599	.....	.....	.....	.....	5599
MANTA	5599	23016	.....	18662	.....	47227
LIBERTAD	.....	8087	.....	.....	.....	8087
MILAGRO	.....	11820	.....	.....	.....	11820
BABAHUAYO	.....	10575	.....	.....	.....	10575
PORTOVIEJO	.....	8087	.....	.....	.....	8087
RIOBAMBA	.....	8087	.....	.....	.....	8087
JIPIJAPA	.....	6220	.....	.....	.....	6220
NACHALA	.....	37325	.....	.....	.....	37325
SALINAS	.....	4354	.....	.....	.....	4354
AZOGUES	.....	6220	.....	.....	.....	6220
ESMERALDAS	.....	8087	.....	.....	6220	14307
GUARANDA	.....	4354	.....	.....	.....	4354
QUEVEDO	.....	3732	.....	.....	.....	3732
TOTAL	860337	1163907	3110	18662	6220	2052236

TABLA XIV

MATRIZ DE TRAFICO ENTRE POBLACIONES , PARA LA RED DE TRANSMISION
DE TRANSMISION DE DATOS A TRAVES DE FIBRAS OPTICAS.

(TA = Número de terminales de abonado ; TF= tráfico en Kcar/día)

	QUITO		GUAYAQUIL		CUENCA		MANTA		ESMERALDAS		TOTAL	
	TA	TF	TA	TF	TA	TF	TA	TF	TA	TF	TA	TF
QUITO	71	21300	157	47100	..	.....	..	.....	..	.....	228	68400
GYE	86	25800	158	47400	..	.....	..	.....	..	.....	244	73200
CUENCA	10	3000	61	18300	5	1500	..	.....	..	.....	76	22800
AMBATO	11	3300	50	15000	..	.....	..	.....	..	.....	61	18300
TULCAN	8	2400	...	.....	..	.....	..	.....	..	.....	8	2400
MANTA	8	2400	31	9300	..	.....	25	7500	..	.....	64	19200
LIBERTAD.	....	....	11	3300	..	.....	..	.....	..	.....	11	3300
MILAGRO..	....	....	16	4800	..	.....	..	.....	..	.....	16	4800
BABAHOYO..	....	....	15	4500	..	.....	..	.....	..	.....	15	4500
PORTOVIEJO	....	....	11	3300	..	.....	..	.....	..	.....	11	3300
RIOBAMBA..	....	....	11	3300	..	.....	..	.....	..	.....	11	3300
JIPIJAPA..	....	....	9	2700	..	.....	..	.....	..	.....	9	2700
MACHALA ..	....	....	50	15000	..	.....	..	.....	..	.....	50	15000
SALINAS ..	....	....	7	2100	..	.....	..	.....	..	.....	7	2100
AZOGUES ..	....	....	9	2700	..	.....	..	.....	..	.....	9	2700
ESMERALDAS	....	....	11	3300	..	.....	..	.....	9	2700	20	6000
GUARANDA..	....	....	7	2100	..	.....	..	.....	..	.....	7	2100
QUEVEDO ..	....	....	5	1500	..	.....	..	.....	..	.....	5	1500
	194	58200	619	185700	5	1500	25	7500	9	2700	852	255600

TABLA XV

DISTRIBUCION DEL NUMERO DE TERMINALES EN PORCENTAJES:
EN POBLACIONES PARA EL AÑO 1986.

	Nº TOTAL TERMINALES	TERMINALES EN RED ESPECIALIZADA
QUITO	42,89 %	26,76%
GUAYAQUIL	43,59 %	28,63%
CUENCA	2,73 %	8,92%
AMBATO	2,21 %	7,15 %
TULCAN	0,27 %	0,93 %
MANTA	2,30 %	7,51 %
LIBERTAD	0,39 %	1,29 %
MILAGRO	0,56 %	1,87 %
BABAHYO	0,52 %	1,76 %
PORTOVIEJO	0,39 %	1,29 %
RIOBAMBA	0,39 %	1,29 %
JIPIJAPA	0,30 %	1,05 %
MACHALA	1,82 %	5,86 %
SALINAS	0,21 %	0,82 %
AZOGUES	0,30 %	1,05 %
ESMERALDAS	0,70 %	2,34 %
GUARANDA	0,21 %	0,82 %
QUEVEDO	0,18 %	0,58 %
TOTAL	100,00 %	100,00 %

1.4.- IMPORTANCIA DE UNA RED DE DATOS EN LA REGION LITORAL, DESTINADA AL SISTEMA BANCARIO, COMUNICACIONES MILITARES, E INFORMACION CIENTIFICA DE ALTO NIVEL.

El diseño topológico de la red está realizando para el Litoral, pero la red misma está orientada de manera que permita agrupar la demanda de la transmisión de datos a nivel nacional, ya que las necesidades así lo precisan. Es de anotar que redes con este tipo de diseño ya han sido desarrolladas en otros países. Tal es el caso de España, por ejemplo, donde la CTNE (Central Telefónica Nacional de España) puso al servicio la red pública de datos desde el año 1971.

De igual forma se puede mencionar el caso de redes de datos en los EUA, como el proyecto ARPANET, concebido hacia fines de la década de los 50 y, con menor importancia, se tiene el proyecto CYCLADES, en los años 70.

Los objetivos que reflejan la importancia de la red a realizar, son:

- a) Satisfacer la demanda de un servicio económico, con tarifas en función de la utilización de la red por parte de los usuarios.
- b) Llevar las facilidades del teleproceso a regiones menos favorecidas, contribuyendo así en su desarrollo.
- c) Evitar la proliferación de redes privadas, que podría acarrear dificultades de comunicación entre ellas en el futuro.

Dicha red de datos está concebida como red de transporte, en la que se transmiten y conmutan los datos en forma de paquetes. La red proporcionaría básicamente servicio de transporte de datos entre terminales y ordenadores de distinto tipo y modo de operación, y serviría de apoyo para servicios adicionales de comunicación de datos, tales como la transmisión de mensajes y el acceso a bases de datos.

Es importante considerar que dicha red, por ser exclusivamente para datos, permitiría a todos los bancos que constituyen el sistema bancario nacional, interconectarse con sus respectivas sucursales, por lo pronto en la región del Litoral. Como nos sitúa en un sistema público para la transmisión de datos, por consiguiente cualquiera podrá conectarse y dialogar con otro usuario de la red, aunque cada uno tendrá que desarrollar en su ordenador los controles necesarios para que sólo tengan acceso los terminales autorizados.

En el caso de aplicaciones militares, se le puede usar mediante el intercambio de información secreta (por ejemplo, información sobre el desplazamiento de unidades y equipos militares) a través de ordenadores sin peligro de que se llegue a interceptar este tipo de comunicaciones, cuyo acceso estará limitado por el propio ordenador.

Este tipo de beneficio es mayor que el actual modo de intercambio de información que se lo realiza vía radio, a través del cual existe la posibilidad de interferencia antes mencionada.

Dicha red especial es una infraestructura diseñada y dedicada específicamente para la transmisión de datos .

Los sistemas punto a punto y de red conmutada hacen uso de los medios ya existentes, adecuándolos a la transmisión de datos. Resuelven las necesidades de teleproceso, pero sólo hasta el punto en que, por su magnitud y las previsiones del crecimiento, se justifica planear la red como solución global. Los factores que hay que tomar en cuenta en su creación son:

a) TÉCNICOS.- Al ser una estructura especializada, se buscará la estructura más idónea basándose únicamente en la teleinformación y el teleproceso. El problema que se presentaría es entre sistemas diferentes, por lo que se debería ofrecer un planteamiento para la

estandarización de protocolos, de tal forma de llegar a conectar cualquier terminal a cualquier ordenador y poder así dar solución al problema planteado por la proliferación de redes privadas independientes.

b) ESPACIALES.- Geográficamente podrá abarcar, en un futuro cercano, todo el país, sin olvidar la posibilidad de interconexión con sistemas similares de otros países.

c) TEMPORALES.- Permitirá establecer la planificación temporal a largo plazo de los recursos necesarios, cubriendo las necesidades de transmisión para los diferentes servicios que se acoplen a la red en el futuro.

En dicha red pública se podrá contar con información científica, expresando con esto que los bancos de información bibliográfica y científica estarán disponibles para los diferentes institutos de educación, tanto de nivel superior como medio, permitiendo así que aún las regiones más alejadas tengan acceso a los medios provistos por la informática.

El presente sub-capítulo incluye una breve descripción de los servicios de transmisión de datos que ofrecen las administraciones, de acuerdo a la necesidad de los usuarios, y la tendencia que siguen los servicios teleinformáticos a nivel mundial.

Se citan aquí las modalidades actuales y futuras que la administración ecuatoriana, a través del IETEL, debería prestar a sus abonados. Se incluyen los servicios prestados en la actualidad (circuitos dedicados punto a punto), así como otras redes especializada y servicios teleinformáticos añadidos a las mismas, para lo cual debe estar preparada la infraestructura y tecnología requeridas para una buena oferta de dichos servicios.

Servicio Telex.-

El telex facilita la interconexión de múltiples usuarios, con el empleo de teleimpresoras y utilizando la técnica de conmutación de circuitos. Corresponde en similitud a un sistema telefónico, pero en lugar de transmitir la voz, se intercambian datos conver-

nientemente codificados, los cuales quedan registrados, en el emisor y en el receptor, bajo la forma de un soporte escrito.

No se amplía más esta modalidad de teleinformación, pues tanto el servicio telex como gentex son modalidades convencionales de cobertura nacional e internacional. Cabe únicamente la posibilidad de interconectar terminales telex con los de redes específicas, mediante el acceso a redes de conmutación de paquetes.

Servicios punto a punto .-

Los circuitos alquilados punto-a-punto se establecen, de acuerdo con la recomendación D-2 del CCITT, entre dos puntos de modo permanente y rígido, conectando a sus extremos equipos terminales, sin posibilidad de acceso a redes públicas o a otros circuitos alquilados. Dichos circuitos pueden dar servicio al mismo abonado, en los dos extremos, o a abonados distintos en cada extremo.

Los servicios que se ofrecen en la modalidad punto-a-punto, se clasifican según la velocidad de transmisión:

- Alquiler de circuitos por canal de impulsos, hasta 200 bit/seg.
- Alquiler de circuitos por canal telefónico de 300 a 9600 bit/seg.
- Alquiler de circuitos por canal de ancho de banda superior al telefónico, nominalmente hasta 64 kbit/seg.

Los circuitos alquilados se utilizan normalmente en aquellas aplicaciones en que se requiere enviar gran cantidad de información y una comunicación permanente. Para el usuario tienen la gran desventaja de su elevado costo, resultando a veces una ineficaz utilización de la capacidad del circuito. La tasa media de errores en circuitos dedicados punto-a-punto para transmisión de datos, debe corresponder a 1 unidad de información errónea por cada cien mil unidades transmitidas.

Alquiler de circuitos por canal de impulsos: Corresponden a los circuitos de ancho de banda inferior al del canal telefónico; se utilizan para telegrafía y transmisión de datos de baja velocidad. Se deben distinguir

dos modalidades:

a) Circuitos alquilados para telegrafía:

Se utilizan para interconectar instalaciones privadas de telegrafía a velocidades desde 50 a 75 baudios. Sus características más importantes son:

- No requieren conversores de señal.
- La transmisión hacia o desde el teletipo es con corriente continua a 160 voltios y 20 mAmp.
- Circuitos constituidos por 2 hilos, con vuelta por tierra, que pueden transmitir en duplex.
- No es posible la transmisión de voz.

Circuitos alquilados para transmisión de datos:

Se utilizan para aplicaciones de teleproceso a velocidades de 50, 75, 100 y 200 baudios.

Particularidades importantes:

- Los terminales de velocidades de 100 y 200 baudios incorporan interfaz V-24 del CCITT por lo que deben asociarse a los circuitos ciertos equipos convencionales de señal

(adaptadores de impulsos telegráficos), los cuales hacen de modems en los circuitos de impulsos.

El adaptador de impulsos (AIT), transmite en línea señales de ± 60 Volt y 20 mAmp.

- No es posible transmitir señales audibles por el circuito.
- Circuito a 2 hilos, duplex, con vuelta por tierra.

Alquiler de circuitos por canal telefónico.-

Los circuitos alquilados punto-a-punto, que requieren un ancho de banda correspondiente al canal telefónico, se deben facilitar según las modalidades de canal normal y especial. Estas calidades se fijan de acuerdo a las recomendaciones del CCITT, establecidas para los circuitos en consideración a los parámetros que puedan afectar a la correcta transmisión de datos (ruido, atenuación/frecuencia, etc.).

En cualquier caso, los circuitos requieren de la instalación en el sitio del abonado de equipos conversores de señal (modems) y admiten la posibilidad opcional del uso de la

alternativa voz/datos, por medio de la unidad central asociada al modem.

Las características de los circuitos deben ajustarse a los siguientes puntos:

a) Circuitos de calidad normal.

- Acordes a la recomendación M-580 del CCITT.
- Velocidades de transmisión de 300, 600 y 1200 bit/seg.
- Modalidades semiduplex o duplex a 2 o 4 hilos.
- En circuitos a 2 hilos, opción de canal de retorno a 75 baudios.
- Velocidad asincrónica con posibilidad de sincronismo a 600/1200 bit/seg.

b) Circuitos de calidad especial.

- Acordes a la recomendación M-1020 del CCITT.
- Velocidades de transmisión de 2400, 4800 y 9600 bit/seg.
- Modalidad a 4 hilos.
- Transmisión síncrona.

Alquiler de circuitos por canal de ancho de banda superior al telefónico.

- Previo al estudio que se está diseñando, IETEL proporcionará circuitos de banda superior al del canal telefónico, normalmente grupos de varios canales, aptos para modalidades de transmisión de hasta 64 Kbit/seg.

Este tipo de instalación se utilizará en aquellas aplicaciones que presenten alta cantidad de información a transmitir. Opcionalmente, se puede facilitar la posibilidad del servicio voz/datos.

Redes de uso privado. Multipunto.-

La conmutación y transmisión son funciones exclusivas de la Administración, indica la recomendación D-1 del CCITT. No obstante, en aquellos casos en que se justifique la instalación privada de equipos, dicha recomendación establece que la Administración no está sujeta a responsabilidad en cuanto a la calidad de transmisión con equipos privados, pudiendo exigir que los equipos de uso privado que formen parte de la red se instalen en locales propios de la Administración. Una red de este tipo deberá constituirse median-

te equipos y circuitos de conmutación, concentración y/o multiplexión, facilitados por IETEL.

El servicio multipunto deberá ser un caso de las redes de uso privado, con equipos proporcionados por IETEL.

El servicio multipunto deberá ser aplicable a velocidades de hasta 1200 bit/seg sobre circuitos de calidad normal para transmisión de datos. En caso de calidad especial, y mediante previo estudio del proyecto por parte de IETEL, se ampliará la viabilidad técnica a 2400 bit/seg, en base a la calidad de los circuitos a utilizar.

La modalidad de servicio multipunto se otorgará mediante el uso de amplificadores/concentradores/difusores, los cuales permiten obtener, sobre un circuito telefónico a 4 hilos (circuito principal), hasta 8 derivaciones (circuitos secundarios) también a 4 hilos. Por otra parte, no se facilitará el uso alternativo de voz/datos.

Transmisión de datos por red conmutada con-

vencional .-

La red telefónica automática es del tipo de conmutación de circuitos y permite, mediante el discado previo en un aparato telefónico, el acceso a cualquier otro teléfono conectado a la misma.

En transmisión de datos, se la utiliza principalmente cuando se van a enviar cantidades determinadas de datos agrupados en lotes, siempre y cuando las restricciones de funcionamiento que presenta esta modalidad de servicio lo permita.

Tiene la ventaja de permitir un gran número de posibilidades de acceso dada la extensa difusión del teléfono tanto a nivel nacional como internacional. Las conexiones a la red automática conmutada se realizan normalmente a 2 hilos, en modo semiduplex; ya que las conexiones a 200 o 300 bits/seg permiten el funcionamiento en modo duplex.

Las características propias de la red automática pública, tales como el ruido impulsivo producido por las centrales de conmuta-

ción, obliga a que las velocidades de transmisión sean solamente de 200/300, 600/1200 o 1200/2400 bits/seg. Sólo se puede contar con esta última velocidad siempre que las posibilidades técnicas lo permitan.

La transmisión de datos a través de la red automática conmutada exige la utilización de un teléfono, la unidad de control voz/datos, un modem y una caja de protección para el modem (elemento de unión entre los 2 hilos procedentes de la central y los 2 hilos procedentes del lado analógico del modem).

Entre las características y limitaciones de la red telefónica conmutada para transmisión de datos hay que destacar:

- Cada comunicación requiere una llamada previa mediante el discado en el teléfono.
- El tiempo para establecer la comunicación puede durar varios segundos en llamadas de larga distancia.
- Limitación de velocidad.
- Tasa de errores media: 1 unidad de información errónea por cada mil transmitidas.

- Posibilidad de transmitir, únicamente entre estaciones compatibles.
- Dependencia del ordenador a la hora de selección del tipo de terminal.

Red especializada de datos.-

Ante el uso del problema planteado por la proliferación de redes de uso privado y las limitaciones de la red automática telefónica conmutada para la transmisión de datos, muchas administraciones han decidido impulsar el establecimiento de redes públicas conmutadas, orientadas específicamente a la transmisión de datos. La red que se diseña pretende ser una opción moderna y efectiva para este problema.

Dentro de las redes públicas de datos, se pueden usar básicamente dos tecnologías: conmutación de circuitos y de paquetes. La Conmutación de Paquetes, que es la red que se va a diseñar, presenta las ventajas de una mayor flexibilidad para la conexión de distintos tipos de equipos con protocolos diversos, mejor aprovechamiento de la infra-

estructura de planta, siendo las inversiones para esta tecnología más reducidas que para la conmutación de circuitos.

En las redes de Conmutación de Paquetes, la información de datos se transmite en cantidades discretas llamadas paquetes, con un formato máximo predeterminado. Un paquete de datos consta de cabecera (control y dirección de destino), sección de datos (información), y el sector de cola (comprobación de errores). Los mensajes se descomponen en un número variable de paquetes.

Por un enlace físico se pueden transmitir múltiples comunicaciones simultáneas en base al intercambio de paquetes mediante circuitos virtuales, subdividiéndose el enlace físico en canales lógicos .

Este tipo de red ofrece modalidades de comunicación mediante circuitos virtuales permanentes y conmutados. En los primeros no se necesita la base del establecimiento de la comunicación ya que la red posee información

del enrutamiento; en los segundos se permite seleccionar el terminal de destino dentro del grupo de usuarios.

La forma de red, mediante centros de conmutación, se establece mediante enlaces de alta velocidad, duplicados por razones de seguridad. Las posibilidades de conexión de los terminales de abonado, se realizan directamente a los centros de conmutación o a través de concentradores conectados a aquellos. La red admite terminales que operan en modo paquete (ordenadores) o no (terminales simples). Los terminales se conectan a la red mediante circuitos dedicados punto-a-punto o a través de las redes de telefonía o telex. A estas características se unen las de economía de funcionamiento y de confiabilidad de una red de uso privado.

Servicio de Conmutación de Mensajes.-

Permite el intercambio de mensajes entre terminales de baja velocidad por medio del almacenamiento y retransmisión. Los terminales se conectan directamente a un ordenador central o a través de concentradores, ofrecien-

do la configuración de redes privadas, conversión de códigos, niveles de prioridad, validaciones, recuperación de los mensajes, etc.

Dadas las características de una red pública de conmutación de paquetes, este tipo de red resulta ser un medio idóneo para soportar el servicio de conmutación de mensajes, como un valor añadido a la red especializada que se diseñará. El ordenador de este servicio, se considera como un centro de cálculo conectado a la red especializada, quedando conectados los centros de conmutación de mensajes a los centros de la red de paquetes, permitiendo de este modo el intercambio de los mensajes constituidos en paquetes sobre la red.

Por otra parte, al quedar conectados los terminales telex y de comunicación de mensajes a la red especial de transmisión de datos por conmutación de paquetes, queda facilitado el intercambio de información de terminales pertenecientes a dichas redes.

Consecuentemente, si en el futuro la red de

transmisión de datos por conmutación de paquetes, mantuviere conexión con terminales telex de conmutación de mensajes y los servicios Telex, Videotex, Facsimil, Bases de Datos, facilitaría la interconexión de todos los terminales entre sí, según las condiciones que se estipulasen en cada caso.

Las características más importantes del servicio público de conmutación de mensajes se resumen a continuación:

- Conexión de teletipos de respuesta automática, semiduplex, doble paridad + 60 volt, equipos transmisores-receptores que trabajan en modo 2 0 5 del CCITT.
- La red realiza la conversión de códigos y velocidades de los teletipos, así como la validación del formato.
- Almacenamiento de la información cursada, para su eventual recuperación.
- Posibilidad de crear grupos de abonados.
- El sistema acepta la totalidad de los mensajes transmitidos y transmite cuando el receptor está dispuesto.
- El servicio rechaza mensajes incorrectos, almacenando los correctos en archivos mag-

- néticos, otorgando órdenes de prioridad.
- Posibilidad de recuperar mensajes y facilidades para archivo histórico y para tener estadísticas de los mensajes cursados, facturación por abonado, etc.
 - Retención de mensajes para terminales ocupados hasta que queden libres.
 - La velocidad de los terminales es normalmente hasta de 200 baudios.
 - Interconexión con el servicio telex.
 - Un mensaje único de entrada puede enviarse a diferentes terminales de destino.

Servicio Teletex.-

El servicio Teletex facilitará a los abonados la transmisión de textos alfanuméricos con el tipo de comunicación terminal-terminal, de modo que el receptor obtenga un texto idéntico al del emisor respecto a su contenido, presentación y formato.

El terminal reunirá las funciones de máquina de escribir, procesador de textos y teleimpresor. La transmisión entre dos terminales se realiza de memoria a memoria, sin interrumpir el trabajo en local, debiendo utili-

zar el tipo de caracter normalizado por el CCITT.

Este servicio se deberá establecer en explotación automática y en régimen de red abierta, pudiendo constituir grupos cerrados de usuarios. Deberá tener cobertura nacional e internacional.

La velocidad de terminales Teletex se ha fijado en 2400 bit/seg, requiriendo identificación entre terminales para evitar errores de comunicación.

Servicio Facsimil.-

Entre las modalidades de este servicio cabe mencionar:

- a) Modalidad Telefax : comunicación directa entre los equipos, a través de la red telefónica automática. Posibilidad de acceder a una red de conmutación de paquetes, a un ordenador central para obtener facilidades de conversión de tiempo, entrega diferida, grupos cerrados de usuarios, multidestino, etc.
- b) Modalidad Datafax : similar al caso anter-

rior, incluyendo equipos facsimiles digitales, permitiendo a través de una red de conmutación de paquetes la interconexión de equipos analógicos y digitales, disponiendo de las facilidades adicionales arriba indicadas.

- c) Modalidad Buropax: Comunicación entre terminales facsimil ubicados en las oficinas públicas de la administración de correos.

Servicio Videotex.-

Mediante un receptor común de televisión, el abonado accesa mediante la red telefónica automática (y, si se desea, a través de una red de conmutación de paquetes) a un ordenador que contenga bases de datos sobre servicios generales.

El sistema consta de centros Videotex, red o medios de telecomunicaciones y terminales.

Los centros Videotex (ya que pueden ser distintos ordenadores conteniendo información), se encargan de controlar las bases de datos en archivos de mediana potencia, en

función del servicio ofrecido . El ordenador tiene un número de puertas inferior al número de terminales pertenecientes al servicio.

La red se encarga de mantener la comunicación entre ordenadores y terminal, debiendo interconectar las bases de datos distribuidas por el país y procurando una filosofía de conexión, que no perjudique al abonado distante del ordenador.

Los terminales son televisores a color, dotados de un adaptador/teclado (equipo del usuario) que permite decodificar y almacenar en memoria las señales recibidas por la red, permitiendo su visualización en la pantalla del televisor (información gráfica y alfanumérica), además de enviar mensajes confeccionados por teclado.

Servicio Público de Bases de Datos.-

Servicio para la recuperación de información de tipo científico, técnico y económico, sobre terminales de tipo pantalla o similar, accediendo a grandes bases de datos contenidas en ordenadores de organismos públicos

o privados, situados tanto en el Ecuador como en el extranjero.

El o los ordenadores podrían conectarse a la red especializada de conmutación de paquetes y los terminales acceder directamente a la red (si su volúmen es grande).

Servicio de Transferencia Electrónica de Fondos.-

Este servicio se basa en la utilización de un terminal, DATAFOND, constituido por un teléfono común que incorpora un lector de bandas magnéticas de tarjetas de crédito, posibilitado para transmitir y recibir datos, complementado con una impresora de caracteres alfanuméricos.

Su campo de aplicación se centra en operaciones de puntos de venta y oficinas bancarias, los cuales acceden a través de la red de ordenadores de centros de procesos de datos de instituciones financieras, permitiendo la conformidad y correspondiente cargo en la cuenta del cliente por el importe de la compra efectuada.

La extrapolación de estas posibilidades, lleva al concepto de transferencia electrónica de fondos y la aparición del dinero electrónico.

Servicio de telecontrol y alarmas .-

El servicio se basa en la transmisión automática de alarmas, a través de la red automática conmutada de telefonía, en base a facilitar el envío de información, procedente de sensores de alarmas, instalados por empresas de seguridad.

El sistema se basa en el envío de señales codificadas por un equipo transmisor, instalado en casa del abonado; al accionar el sensor, la señal de alarma llega a un receptor común via red telefónica, interrumpiendo incluso la conversación que pudiese mantener en ese momento.

EQUIPOS DE ABONADOS PARA TRANSMISION DE DATOS.

- a) Modem.
- b) Adaptador de impulsos telegráficos.
- c) Cajas conmutadoras de protección.

c) Unidades de control voz-datos.

d) Amplificador-concentrador-difusor.

CAPITULO 2

PROPIEDADES , CARACTERISTICAS Y RECOMENDACIONES DE LA FIBRA OPTICA , CONSTRUCCION DE ESTA Y EMPALMES .

2.1.- CONSTRUCCION .

Hace más de diez años la firma Corning Glass Works de los E.E.U.U. fabricó por primera vez una fibra óptica con una atenuación de 16 db/km, un valor inferior en magnitud para la atenuación luminica que se obtenia en aquel entonces en las fibras de vidrio. Este hecho condujo a extensas actividades de investigación y desarrollo que dieron como resultado fibras con atenuaciones tan bajas como 0,16 db/km.

2.1.1.- Fabricación de vidrios de cuarzo por deposición a partir de la fase gaseosa.

Las fibras ópticas para la transmisión óptica de información constan principalmente de vidrio de cuarzo (dióxido de silicio), que en el núcleo de conducción óptica de la fibra está dopado además con aditivos como germanio y fósforo, para lograr un aumento en el índice de refracción y, eventualmente, con flúor y boro para la disminución del índice de refracción.

Es importante anotar que es óptima la aptitud del SiO_2 para la fabricación de vidrio muy puro y de alta transparencia, propiedad acompañada además de la escasa absorción propia (que también se encuentra en vidrios policomponentes de silicatos) y del hecho que el vidrio de cuarzo, tanto dopado como no dopado, sea factible de obtenerse por deposición de la fase gaseosa pura, mezclada homogéneamente. El dióxido de silicio natural, desintegrado como cuarzo cristalino o como arena de sílica, no se aplica directamente en

la fabricación de fibras de vidrio debido a su contenido de óxidos metálicos. Por lo tanto es preciso efectuar un rodeo a través del tetracloruro de silicio (SiCl_4), líquido fácilmente evaporable que se obtiene a partir del cuarzo por reducción y transformación del carbono con cloro (reacción 1 en la figura 2.1). Por medio de la destilación fraccionada, se obtienen de manera ultrapura los cloruros de silicio originados durante la cloración, mientras que los cloruros metálicos como el cloruro de hierro, quedan en el lodo de destilación. Cloruros de silicio son utilizados por ejemplo para la química de siliconas y para la elaboración de silicio purísimo en los semiconductores.

Del tetracloruro de silicio se recupera, por deposición a partir de la fase gaseosa el dióxido de silicio puro deseado y para dopar los vidrios SiO_2 se mezclan los cloruros correspon

dientes (GeCl_4 , POCl_3) al tetracloruro de silicio.

El cloruro o la mezcla de cloruros, se hidroliza en una llama de gas (ver la reacción 2 de la figura 2.1), o es oxidado en una corriente oxigaseosa provocando una reacción térmica a 1300°C aproximadamente (reacción 3 en la figura 2.1) con lo cual el polvo SiO_2 de grano fino de condensación, se desarrolla sobre un sustrato apropiado de forma altamente porosa.

Mediante enjuague con gas cloro, puede eliminarse efectivamente los restos acuosos (por ejemplo de los gases de llama) del dióxido de silicio originado, dado que a temperaturas alrededor de 1000°C , se genera gas clorhídrico volátil del agua y cloro, (reacción 4 en la figura 2.1). Mediante este procedimiento de secado, la transmisión luminica del vidrio aumenta considerablemente.

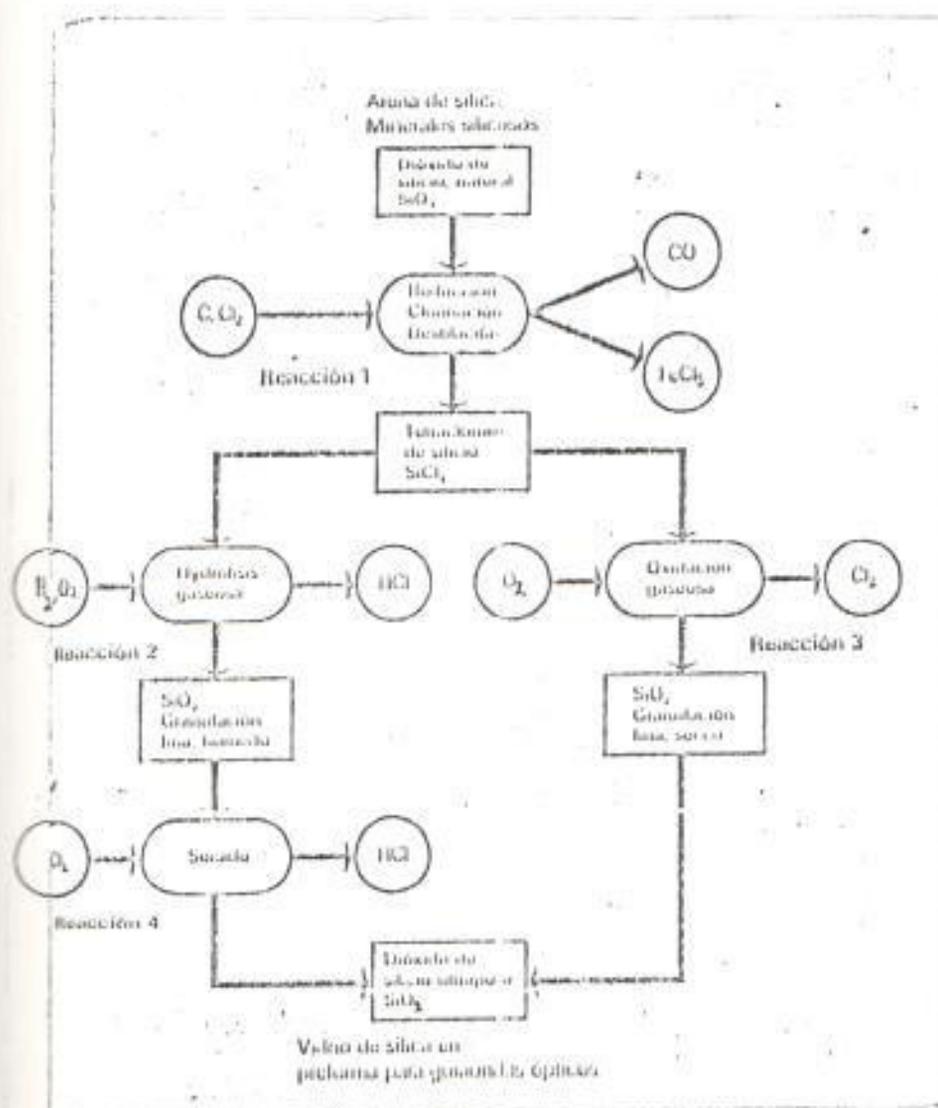


Fig 2.1 Refinación de silica natural por conversión al estado gaseoso y posterior deposición de vidrio de silica, mediante hidrólisis u oxidación en estado gaseoso.

2.1.2.- Procesos de Fabricación de Preformas de Fibras Ópticas.

*DEPOSICION INTERIOR; sobre la parte interna de un tubo de vidrio de cuarzo.

*DEPOSICION EXTERIOR; sobre la parte exterior de la varilla.

*DEPOSICION AXIAL; sobre la superficie frontal de una varilla.

Proceso de Deposición Interior:

Aquí el SiO_2 dopado es depositado por etapas, comenzando por la capa vítrea del revestimiento y finalizando con la capa vítrea del núcleo, sobre la pared interna de un tubo giratorio (figura 2.2) que es calentado localmente, desde afuera, con un quemador a temperaturas de alrededor de 1.600°C .

Simultáneamente con la deposición, tiene lugar el sinterizado de cada capa individual para el vidrio compacto,

desplazando el quemador en dirección de la corriente gaseosa, a lo largo del tubo, y se funde el polvo colocado delante del quemador.

Luego de la deposición, el tubo es colapsado hasta obtener una varilla redonda, a temperaturas elevadas, por calentamiento reiterado con el quemador. Así el tubo se contrae paulatinamente, lográndose de este modo una preforma maciza constituida por material sintético puro destinado para el núcleo de fibra y el revestimiento interior. La preforma cuenta con material original en el área del revestimiento exterior del tubo vítreo de cuarzo comercial empleado. Variando el espesor elegido, la cantidad y composición o índice de refracción de las capas, pueden elaborarse así preformas para diferentes tipos de fibras.

Comúnmente el tamaño de la preforma en la fabricación, corresponde a una lon-

gitud de fibra de 10 Km. Los valores de atenuación de 1 db/Km con $\lambda = 1300$ nm, que se logran en promedio, pueden reducirse actualmente ya a 0,5 db/Km en fibras de elevada calidad.

Proceso de Deposición Exterior.

En el OVD (Outside Vapor Exterior), desarrollado y utilizado por la Corning Glass Works, se introducen los cloruros de salida en estado de vapor en la llama de un quemador de gas y luego se condensan los óxidos. La llama se aplica contra una varilla con sustrato de cerámica que se desplaza radialmente hacia el quemador, como se muestra en la figura 2.2. También aquí se aplican varios cientos de capas, empezando por la composición del vidrio del núcleo y colocando luego el vidrio del revestimiento completo; el tubo envolvente no es necesario en este caso. Una vez depuesta y retirada la varilla del sustrato, se procede

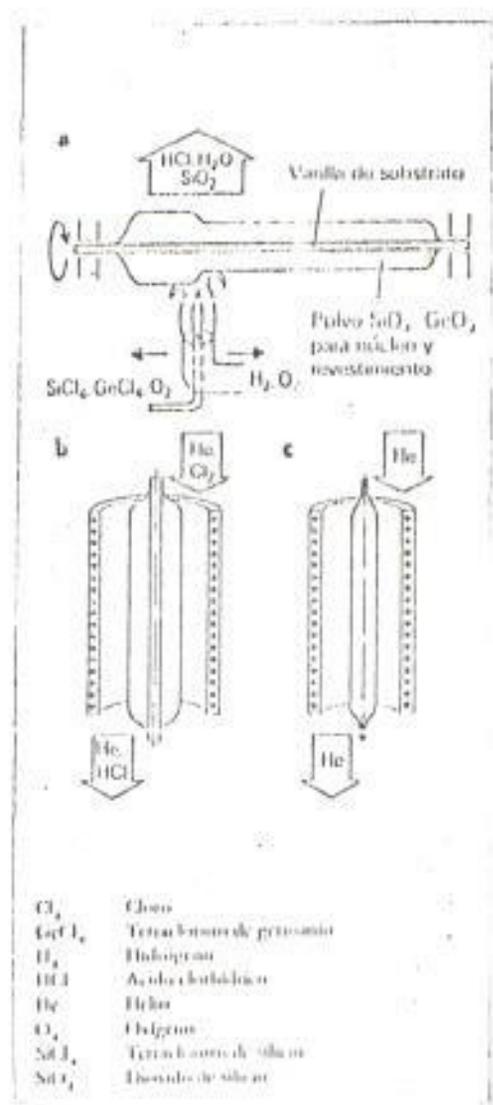


Fig 2.2 Preparación de una preforma por deposición exterior de vapor (A) con subsecuente secado (B) y sinterizado (C).

al secado con cloro gaseoso en un horno separado y a continuación el cuerpo poroso es sinterizado para obtener una varilla maciza.

Puesto que la secuencia cronológica de los pasos del proceso (deposición, secado y sinterizado) permite optimizar cada paso separadamente, mediante la optimización del secado se pueden obtener fibras de baja atenuación, que corresponden a las fibras según la deposición anterior.

Proceso de Deposición Axial :

El VAD (Vapor Axial Deposition), emplea también la hidrólisis por llama. La varilla es soplada en dirección axial o ligeramente inclinada, como puede verse en la figura 2.3, con lo cual se logra un aumento de la pieza porosa en bruto porosa. En lugar de una secuencia temporal, como en el caso

de la deposición exterior, ahora el perfil es conformado en la secuencia especial de polvos SiO_2 depositados en dotaciones diferentes. Debe cuidarse que en el área coaxial, sea depositado comparativamente más dióxido de germanio que en la periferia, lo que es posible ajustando con precisión varios parámetros del proceso.

El cuerpo de vidrio poroso es desprendido de acuerdo a su tasa de crecimiento y posteriormente conducido por la misma instalación a través de zonas de secado-sinterizado ulteriores, de manera que pueden estirarse varillas comparativamente largas. En estos procesos se necesita el substrato. Menos ventajoso, comparativamente, es la reducción del área de deposición frontal que limita la tasa de crecimiento.

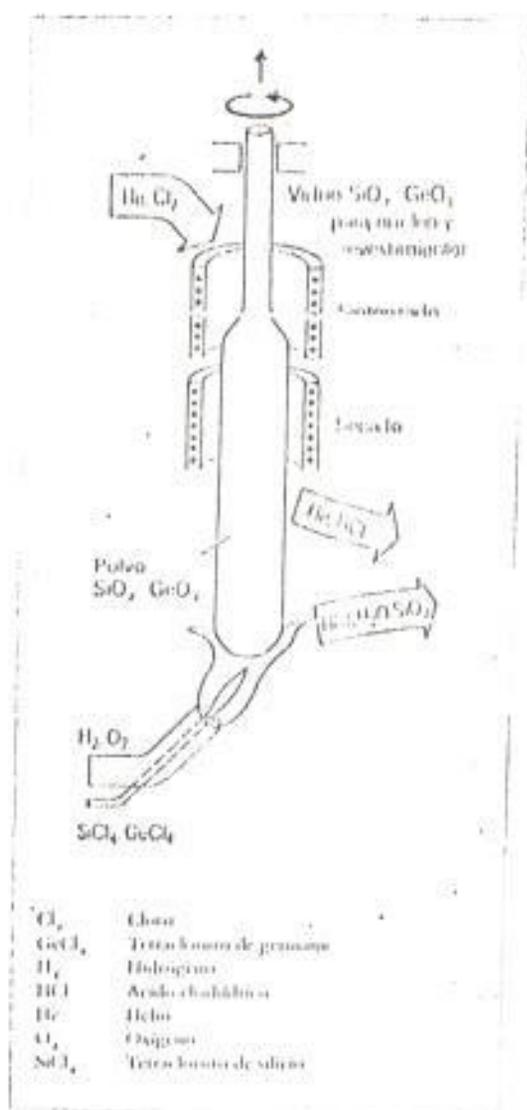


Fig 2.3 Preparación de una preforma por deposición axial.

2.1.3.- Técnica de Estirado de Fibras.

De la preforma puede estirarse mediante un proceso libre de contacto en un horno tubular de temperatura elevada a 2000°C, una fibra cuya geometría y cuyas cualidades ópticas corresponden esencialmente a las de la preforma.

Para mantener las variaciones del diámetro de la fibra en valores pequeños, hay que controlar muy bien la constancia del estiramiento y la ausencia de corrientes de convección en la atmósfera del horno. Además de eso debe evitarse que partículas provenientes del elemento calefactor (grafito u óxido de circonio) contaminen la superficie vítrea, ya que cuerpos extraños en la superficie de la fibra caliente, ocasionan generalmente microfisuras que causan roturas en la fibra.

Antes de la recepción de las fibras en el dispositivo de estirado, se aplica una capa de material sintético para

proteger la superficie de las fibras contra deterioros mecánicos y además evite que se produzcan microcurvaturas en las mismas.

Para la aplicación de prepolimerizado viscoso son necesarios procesos de recubrimiento apropiados que posibiliten que, con altas velocidades de estirado (aproximadamente de 1 hasta 3 m/seg), se obtenga una capa uniforme, centrada y libre de burbujas. El endurecimiento para obtener una capa de polímero elástica se realiza térmicamente a veces, por lo general mediante la reacción fotoquímica (radiación ultravioleta).

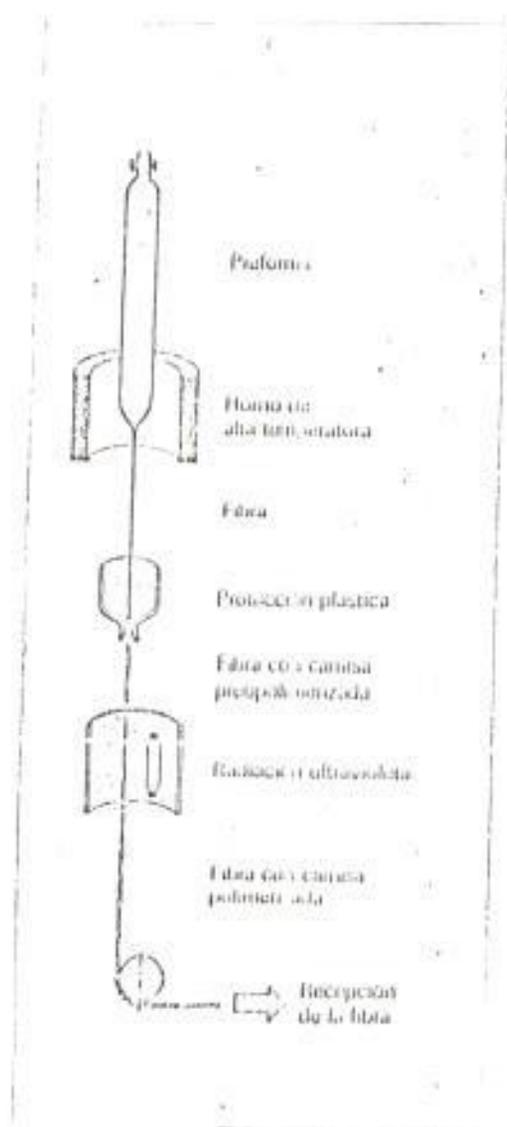


Fig 2.4 Esquema del estirado de la fibra.

2.2.- EMPALMES

En la red interurbana se debe alcanzar la mayor distancia posible entre los regeneradores para cables de fibras ópticas con gran ancho de banda. Hay que luchar por cada décimo de decibel de atenuación adicional. Es en esta situación donde adquieren mayor relevancia las fibras monomodo. También serán mayores las exigencias respecto a la calidad del empalme. Ciertamente se justifica en este caso una mayor inversión para un solo empalme, si se considera que una atenuación de empalme de 0,3 corresponde aproximadamente a la atenuación de 1 kilómetro de fibra monomodo.

2.2.1.- Empalme Mecánico Individual.

El equipo empalmador mecánico sirve para el empalme de fibras ópticas de índice gradual, individuales sobre el tramo.

Puesto que para empalmar no se requier

re llama abierta, el equipo se adapta muy bien para trabajos de empalme en una zona expuesta a peligros de explosiones. El principio de empalme radica en el autocentrado de las fibras, conducida en una chapa en forma de V.

Dos brazos abatibles fijan las envolturas del cable así como también las fibras ópticas, las que una vez cortadas al largo exacto son llevadas a la posición de empalme y juntadas bajo tensión previa en la chapa en forma de V del conector empalmador.

Una fijación permanente de los extremos de la fibra, se logra con el auxilio de un pegamento de inmersión de endurecimiento rápido y mediante una segunda chapa en V, prensada con fuerza elástica sobre los lugares de empalme. Un enlace resistente a la tracción se obtiene apretando el conector de empalme en V, en ambas envolturas del conductor.

En el empalme de las fibras ópticas

el equipo empalmador mecánico se puede alcanzar, en condiciones normales, atenuaciones de empalme inferiores a 0,1 db. No obstante, debido al posicionamiento en una ranura en V, las desviaciones diametrales pueden ocasionar pérdidas de atenuación más elevadas.

La figura 2.5, muestra atenuaciones de empalme típicas, logradas bajo condiciones de laboratorio, realizadas con el equipo empalmador mecánico.

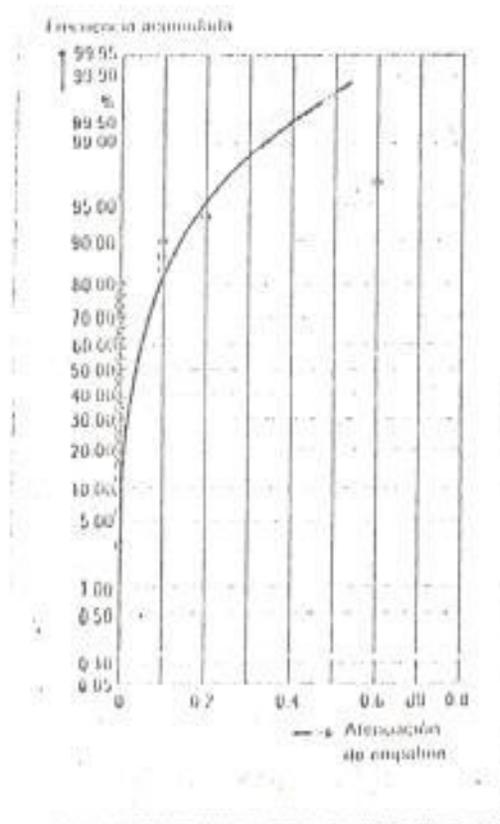


Fig 2.5 Atenuación de empalmes mecánicos, hecha bajo condiciones de laboratorio. (Fibra de índice gradual 50/125 μm).

2.2.2.- Empalme Térmico Individual.

Para la fusión de fibras ópticas de cuarzo o vidrio policomponente individuales, SIEMENS ha desarrollado un equipo empalmador térmico.

Un voltaje alterno de alta frecuencia, genera el arco voltaico necesario para el empalme. Este arco voltaico produce una elevada tensión superficial en el vidrio fundido, lo cual a su vez origina un buen autocentrado de las superficies a empalmar. Un desplazamiento de fibras de hasta 10 μm , es compensado automáticamente sin atenuación adicional. Las corrientes para la pre-fusión (para la limpieza y redondeo de las superficies terminadas) y para la fusión propiamente dicha, pueden ajustarse independientemente una de otra; ambas operaciones son controladas por temporizadores separados.

La figuras 2.6 y 2.7, muestran lo

reducidas que son las atenuaciones de empalme que se pueden alcanzar con el equipo empalmador de alta precisión. En forma particularmente clara, puede advertirse la superioridad del avance automático de la fibra.

Al efectuar el empalme se protegen los conductores en la forma antes citada, con un conector metálico de empalme que es colocado sobre ambas envolturas del conductor y, luego, para volver a recubrir el lugar del empalme, se llena totalmente el conector de empalme con una silicona que se endurezca al aire.

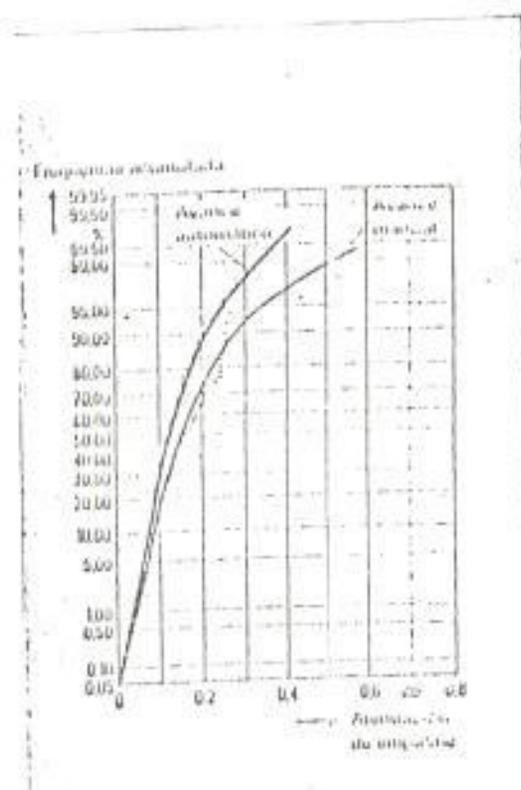


Fig 2.6 Atenuación de espalme térmico (fibra de índice gradual 50/125 μm ; cantidad de espalmes : 50).

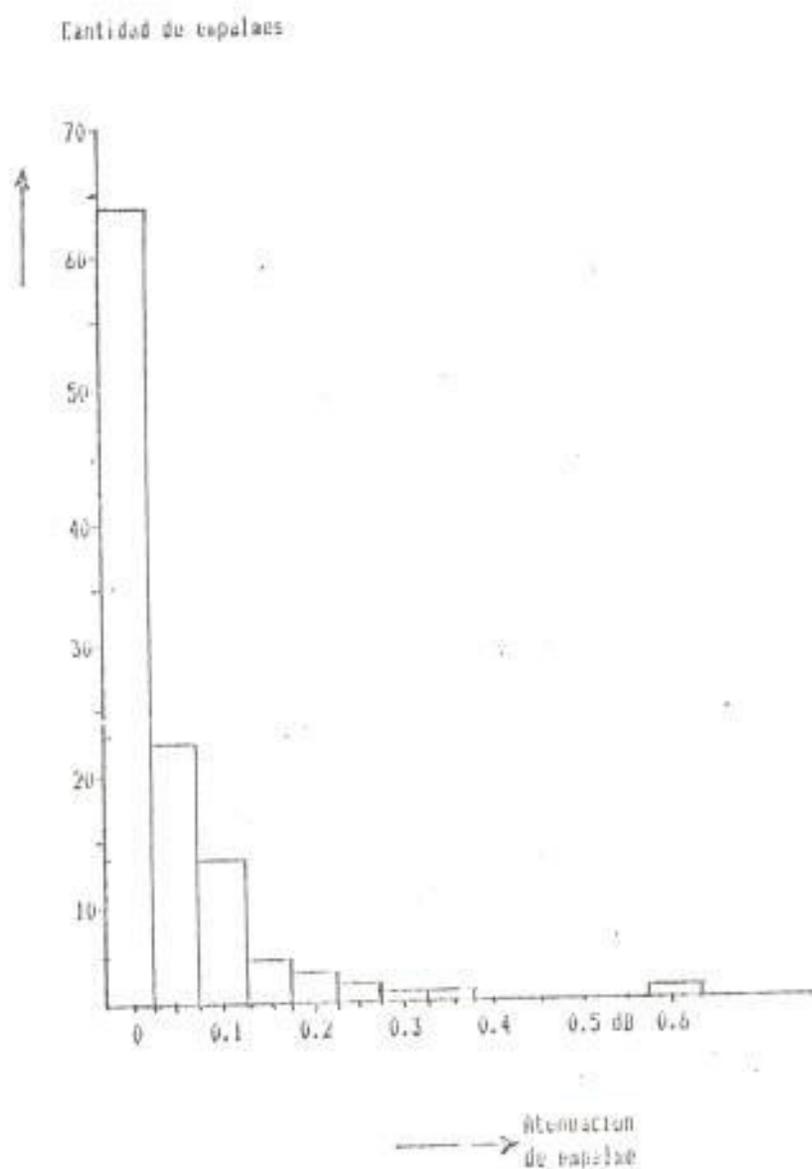


Fig 2.7 Atenuación de empalme realizado con un aparato de avance de fibra automático. (Fibra de índice gradual 50/125 μm ; cantidad de empalmes: 113)

2.2.3.- Empalme Térmico Simple de Fibras Monomodo.

Para cables de larga distancia, ya se utilizan en forma creciente fibras monomodo. Sin embargo, las pequeñas dimensiones del núcleo, de 10 μm de diámetro, requieren una exactitud y cuidado tan elevados al efectuar el empalme, que la precisión de los equipos empalmadores usuales concebidos para fibras ópticas de índice gradual ya no es suficiente, por lo cual se ha creado un empalmador térmico especial para las fibras monomodo.

El efecto del autocentrado, es decir, la compensación automática del diámetro exterior respecto al más mínimo desplazamiento, deseado en las fibras ópticas de índice gradual, no se desea en las fibras monomodo, puesto que después del ajuste los diámetros de los núcleos ya no deben moverse relativamente entre sí, si se trabaja con la

técnica de fusión, adaptada especialmente y en un recorrido muy pequeño (menos de 2 μm) durante el empalme. Es de notar que los requerimientos a los dispositivos de corte de las fibras son muy elevados: el error de ángulo de las superficies de corte de las fibras no debe exceder de 0.5 $^\circ$, además, las superficies finales deben estar completamente limpias.

2.3.- CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DE CADA TIPO DE FIBRA.

Una fibra óptica es una guía de onda dieléctrica usada para la propagación de energía electromagnética a frecuencias ópticas. La transmisión de información es activada por la modulación de flujo óptico. Cables de fibras ópticas, en su forma más simple, son mostrados en la Fig. 2.8. Estos tienen un núcleo circular de diámetro d , con un índice de refracción uniforme n_1 , rodeado por una capa (cladding) de índice de refracción n_2 . La luz que es lanzada a ángulos θ_1 y podrá ser propagada a ángulos θ_2 con respecto al eje. La luz que es lanzada a ángulos mayores que θ_1 no podrá ser reflejada internamente, pero se refractará dentro de la capa (cladding), o abandonará ésta para ir al exterior. Los máximos ángulos de lanzamiento y propagación están relacionados matemáticamente a la apertura numérica NA, un número que representa la demanda de energía de luz de un cable de fibra óptica.

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = \text{sen } \theta_1 = n_1 \text{sen } \theta_2$$

Tal como en cualquier guía de onda electromagnética, solamente ciertos modos pueden propagarse dentro del cable de fibra óptica. El número de modos está relacionado con la longitud de onda de luz de la manera siguiente:

$$M = 0,5 \cdot (\pi \cdot d \cdot NA / \lambda)^2$$

donde d = diámetro del núcleo. Así, para un NA, índice de refracción o longitud de onda dados, el número M disminuye a medida que el diámetro del núcleo se reduce. Cuando el diámetro del núcleo se aproxima a la longitud de onda de la luz, solamente puede propagarse el modo simple (single mode).

Las fibras ópticas pueden clasificarse en monomodas o multimodas (modo simple o modo múltiple).

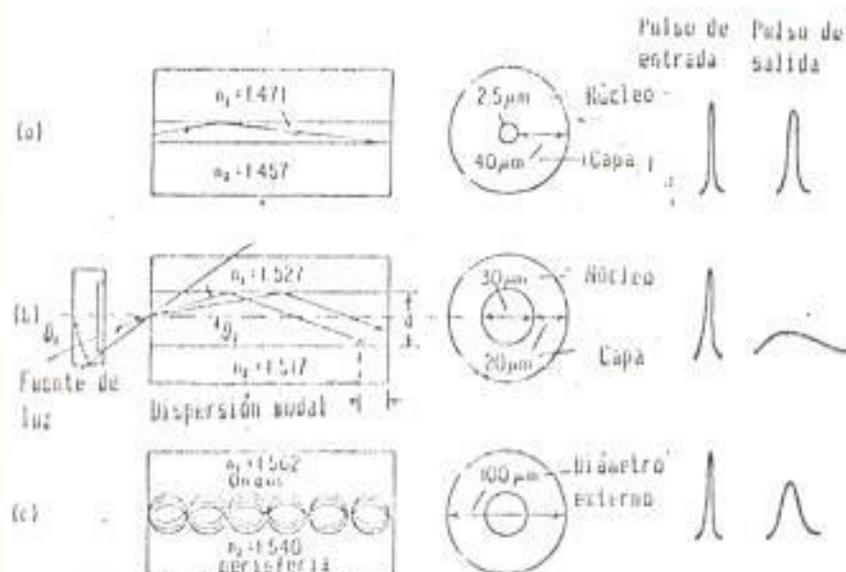


Fig 2.8 Parámetros del cable de fibra óptica
 a) monomodo, b) multimodo de índice de paso,
 c) multimodo de índice gradual

$$n \text{ (índice de refracción)} = \sqrt{V_{\text{vacío}}/V_{\text{medio}}}$$

$$n_{\text{aire}} = 1$$

$$n_{\text{agua}} = 300.000(\text{K/s})/225.000(\text{K/s})$$

$$n_1 = \text{índice de refracción del núcleo}$$

$$n_2 = \text{índice de refracción de la capa}$$

$$\theta_1 = \text{máximo ángulo de aceptación de la fibra}$$

$$\theta_2 = \text{ángulo de propagación en el núcleo de 1}$$

Modo simple o monomodo: ofrecen la ventaja de una banda bastante ancha, con muy pocas pérdidas. Por tal motivo para activar la propagación de un solo modo, el núcleo de la fibra no debe ser mayor que 2 a 4 μm en el diámetro.

Modo múltiple o multimodo: el diámetro del núcleo es lo suficientemente grande como para permitir la propagación en diferentes modos, cada uno con sus características de velocidad y tiempo de propagación.

Cuando una señal óptica viaja a lo largo de la fibra, ésta sufre reducciones en amplitud y ancho de banda.

La reducción del ancho de banda es causada por dos fuentes: la dispersión del modo y la dispersión del material.

La dispersión modal es un pulso que se propaga debido a las varias formas de longitud de los rayos de luz en una fibra multimodo. La dispersión del material llega de la

dependencia no lineal del índice de refracción del núcleo sobre la banda de longitud de onda de la fuente. La dispersión del material es obviamente peor, con fuentes de línea ancha.

Dispersión o reducción del ancho de banda se incrementa con la longitud de la fibra y está usualmente expresada en megahertz por kilómetro (MHz/Km). Esta se incrementa linealmente con la longitud hasta aproximadamente 1.5 km, y con la raíz cuadrada de la longitud más allá de ese punto.

Para señales de pulso, la dispersión resulta en una extensión de tiempo, el que está dado en nanosegundos por kilómetro (ns/km).

Las fibras multimodo se caracterizan como de índice de paso o de índice de grado. En las fibras de índice de paso el núcleo tiene un índice de refracción uniforme, previniendo un cambio abrupto en el índice de refracción de la interfase núcleo-cubierta. Estas fibras tienen una dispersión relativamente alta, permitiendo una reducción del ancho de banda de aproximadamente 30 ns/km.

En fibras de índice gradual, el índice en el núcleo disminuye parabólicamente desde el centro al exterior. En estas fibras, los rayos de luz son propagados en refracción, es decir, son dirigidos como una curva sinusoidal alrededor del eje de la fibra (dentro de la región de menor índice), compensando de esta manera el incremento en la longitud del espacio y tendrá como resultado una dispersión mucho menor.

De esta forma, los valores de dispersión en fibras de índice gradual varían en cierta extensión para diferentes fibras. En fibras especiales se pueden obtener valores como 1 ns/km.

Las señales que viajan a través de la fibra también sufren una pérdida de amplitud. Esta atenuación es causada particularmente por el esparcimiento debido a los iones del metal y por la absorción debido al agua en la forma de radical OH. La atenuación depende bastante de la longitud de onda y está dada usualmente en decibeles por kilómetro, para una longitud de onda específica.

El rango de atenuación en las fibras abarca desde pérdidas altas (mayores a 100 db/km), para las de tipo plástico, hasta pérdidas bajas (menores a 20 db/km), para las fibras de sílica de índice gradual, fabricadas mediante el proceso químico de deposición de vapor.

El índice gradual es activado por la variación del nivel de dopantes en las capas sucesivas de vapor del material depositado.

En la Fig. 2.9 y la Tabla I se muestran las características típicas de pérdidas altas, medias y bajas en las fibras.

La transferencia de energía luminica dentro de un cable de fibra óptica, debido a una fuente, es función de la apertura numérica de la fibra. Un gráfico que ilustra la energía de la fuente, en función de la NA, se muestra en la Fig. 2.10.

Tipo de fibra:	Atenuación dB/km	Transición longitud, μ	n.º.
Vidrio plástico o comercial, índice de paso.	alta: 100-1000	< 30	0,5
Vidrio de plástico-cubierto de salita y vidrio, índice de paso.	Media: 20-100	30-300	0,25-0,5
Silica, índice gradual.	Baja: 1-20	500-10000	0,1-0,25

Tabla 1 Características de pérdidas altas,
medias y bajas, en cables de fibras
ópticas.

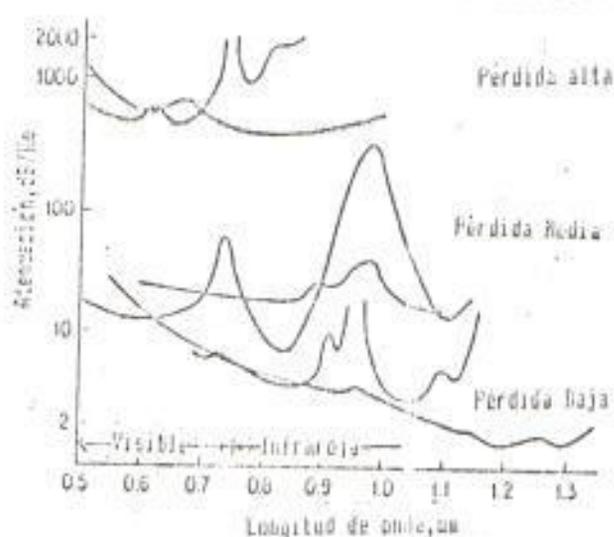


Fig 2.9 Características de atenuación de
cables de fibras ópticas.

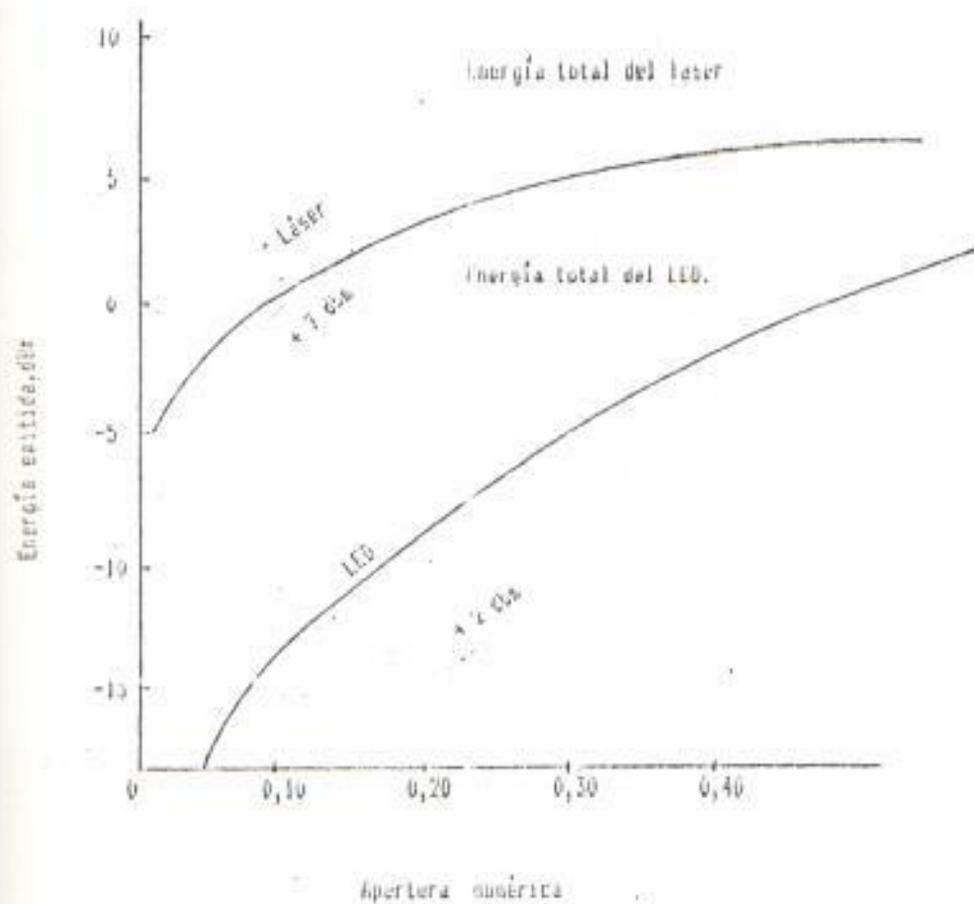


Fig 2.10 Curvas potencia vs NA

2.3.1.- Ventajas y desventajas respecto a estas fibras en la red a crear.

El modo de propagación de los rayos de luz que inciden en la fibra, determina el tipo de fibra de que se trata: monomodo o multimodo.

La fibra monomodo usualmente se caracteriza por su baja pérdida óptica, debido a su núcleo pequeño (que varía entre 5 y 9 μm de diámetro), lo cual se aproxima a la longitud de onda de la fuente de manera que sólo es posible la propagación en un solo modo.

Para señal de entrada es preferible el láser como fuente, porque la apertura es muy pequeña y permite valores bajos de atenuación óptica y un mayor ancho de banda en la transmisión que en las las fibras multimodo. Por otra parte, la fibra monomodo es ligeramente más costosa. En cambio, las fibras multimodo poseen un núcleo más grande que las monomodo (típicamente tienen 50 μm de diámetro), permitiendo varios modos

de propagación en el núcleo. Además de esto, el nivel de atenuación es mayor que en las fibras monomodo y por esto obliga tener tramos más cortos que en las fibras monomodo.

Por otro lado, el mayor diámetro del núcleo permite un uso más eficiente con LEDs y puede ofrecer soluciones económicas para cortas distancias.

A partir de estas definiciones se puede concluir que, para el diseño de una red de datos en el Litoral, será necesario considerar fibras monomodo, pues se cubrirán mayores distancias junto con un menor número de enlaces, con la ventaja de tener menores pérdidas y, por lo tanto, requerir menos repetidores entre los nodos de la red. Todo esto implica que el costo de instalación de la red disminua.

Para ello será necesario entrar al diseño de los enlaces de fibra óptica, considerando de antemano la existen-

cia de ciertos parámetros, que serán de gran importancia para el cálculo de las respectivas distancias de los enlaces en la red.

2.3.1.1.- Tiempo de rizado del sistema.

La dispersión material y modal causan distorsión en los pulsos esparcidos en sistemas digitales. Con emisores LED, la dispersión media está alrededor de 3,5 ns/Km, pero este factor se desestima cuando se usa un ILD (diodo láser de inyección). El pulso esparcido, debido a la dispersión modal de la fibra, es de alrededor de 15 ns/Km, para la fibra de índice de paso, pero solo de 2,5 ns/Km para la fibra de índice gradual. Rizado de emisores y fotodetectores deben ser considerados porque ellos pueden también distor-

sionar la forma de onda de la señal. Típicamente el rango va de 5 a 15 ns para LEDs, y de 0,1 a 2 ns para ILDs. PINs y APDs tienen un rizado 1 a 4 ns respectivamente.

El rizado total para un sistema debe incluir los tiempos de rizado del emisor, del cable de la fibra óptica y del fotodetector. Y una vez determinado el tiempo de rizado debido a la dispersión modal y a la dispersión del material, esto contribuirá a la dispersión total del sistema.

El método para verificar la dispersión límite en sistemas analógicos y digitales es el siguiente: El tiempo de rizado para un sistema estará dado

por:

$$T_{sis} = 1,1 \cdot \sqrt{(T_f^2 + T_{mod}^2 + T_{mat}^2 + T_{det}^2)}$$

donde:

T_f = tiempo de rizado del emisor.

T_{mod} = tiempo de rizado del modo.

T_{mat} = tiempo de rizado del material.

T_{det} = tiempo de rizado del detector.

Todos los valores bajo la raíz cuadrada se colocan entre 10 al 90 % del rizado. El ancho de banda de 3 db, para un sistema análogo, es calculado por:

$$BW(\text{ancho de banda}) = \frac{0,35}{T_{sis}(\text{ns})} \text{ MHz}$$

Los límites superiores del T_{sis} , podrán ser menores al

70% de intervalos de bits para NRZ (código de pulsos no retornables a cero) y menores al 35% para el formato RZ (retornables a cero) en sistemas digitales.

2.3.1.2.- Cálculo de las distancias de los enlaces de fibras ópticas.

Para el caso actual se va a utilizar un sistema para línea de fibra óptica producido por ALCATEL, que posee diferentes equipos para escoger, entre los cuales se seleccionó el TF 8, que es un sistema para líneas de fibra óptica de 8 Mbit/seg, que puede admitir hasta 120 canales de voz o un equivalente a 64 Kbit/seg en datos.

Para este sistema se pueden tener dos tipos de fibra: multimodo de índice gradual o fi-

bras monomodo que sean en conformidad con las recomendaciones de la CCITT.

Se usarán en el sistema emisores y detectores optoelectrónicos cuya longitud de onda esté entre 850 y 1320 nanómetros. Es de observar que los repetidores para este sistema pueden estar colocados desde 10 hasta 22 Km dependiendo, claro está, del tipo y calidad de fibra a usar, ya que de acuerdo a esto se podrían ampliar o acortar las distancias entre los repetidores ópticos, siempre y cuando se encuentren entre los límites arriba mencionados.

El sistema TF B, es un típico enlace que comprende, además del cable de fibra óptica, el equipo terminal de línea.

Hay diversos sistemas de línea de fibra óptica, y se pueden mencionar los de 2 Mbit/s, con capacidad de hasta 30 canales de voz o el equivalente a 64 Kbit/seg (en datos), los sistemas de línea de 8 Mbits/seg con una capacidad de 120 canales y, si se tratara de un sistema de línea de 34 Mbits/s la capacidad sería de 480 canales.

En nuestro caso mencionaremos como alternativa de uso, el sistema TF 8 de 8 Mbit/s que equivale a 120 canales, en el cual se podría transmitir en forma conjunta con los canales telefónicos, para poder satisfacer la gran capacidad del sistema de enlace fibra óptica junto con la fibra como tal cuya menor capacidad es de 34 Mbit/s.

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES.-**VELOCIDAD DE DIGITOS:**

$8.448 \pm 30 \times 10^{-6}$

CAPACIDAD DE CANAL:

120 VF o el equivalente en
datos que es de 64 Kbit/seg

CODIGO:

HDB3 .

IMPEDANCIA:

75 ohmios. coaxial.

**REGENERACION DE PERDIDAS DE
INTERFASES :**

6 db a 4224 MHz .

**INTERFASES OPTOELECTRONICAS.-
COMPONENTE DE EMISORES:**

InGaAs/Inp B.H Diodo emisor
de luz (LED) o diodo láser.

RANGO DE LONGITUD DE ONDA:

810-880 nm o 1.275-1.325 nm.

RIZADO / TIEMPO DE CAIDA:

1 ns

CODIGO DE LINEA:

CMI

VELOCIDAD DE MODULACION DE LINEA:

16.896 MBd en CMI

COMPONENTES DEL RECEPTOR:

Fotodiodo de avalancha de Silicón (APD) a 850 nm, APD de Germanio o diodo PIN-III-V a 1300 nm.

MÁXIMO NIVEL EN EL RECEPTOR DE ENTRADA:

- 18 dBm .

LINEA DE TRANSMISION:

Pueden ser dos fibras monomodo o fibras multimodo de indice gradual.

SUMINISTRO DE ENERGIA:

Voltaje = 48 volt dc

CONDICIONES EXTERNAS:

Rango de temperatura = + 5 C
a + 45 C.

Humedad relativa = 85%

Para escoger el tipo de fibra a usar, es de importancia realizar las consideraciones siguientes: los gastos de pérdida y los gastos de ancho de banda. Tomando como base esas consideraciones, junto con el transmisor, receptor y la serie de dispositivos situados entre ambos, se podrá establecer, mediante el procedimiento siguiente, si se cumple con las condiciones necesarias para la conformación del enlace requerido.

Es de recalcar que la distancia entre cada repetidor depende de las propiedades de los elementos que conforman dicho enlace y, a pesar que el equipo mencionado en estos cálculos puede alcanzar hasta 22 kilómetros, los elementos que

estuvieron a mi disposición (fibras ópticas), funcionaron hasta una distancia considerablemente buena de 22 Km, bajo condiciones de pérdida media de 1,2 db/Km, y un mínimo ancho de banda de 1300 MHz.Km.

DESARROLLO DE LOS CALCULOS:

Considérese un equipo con una Velocidad de B Mb/seg y una fibra de 1,2 db/Km; el código del cable es escogido de acuerdo al Boletín de Productos de Aplicación para cables de Fibra Óptica de la AT&T (Julio de 1986), siendo dicho código el LGA4HB-Y--036AA, que cumple con las características del cable CROSSPLY SHEATH; puede ser colocado mediante enlaces aéreos o bajo tierra (sin necesidad de colocar conductores especiales para éste) ya que

posee una protección especial contra roedores, ahorrando así en el costo de instalación.

Velocidad de los bits = $B \frac{\text{Mbit}}{\text{seg}}$

Distancia máxima posible =

$$1300/B = 162 \text{ Km}$$

Mediante la relación $1300/B$ se puede verificar en forma preliminar si existe necesidad de colocar repetidores en el sistema de línea, tomando también en consideración la fibra que se utilizará. Esto se podrá constatar en el procedimiento que se desarrolla a continuación.

Mínimo ancho de banda =

$$1300 \text{ Mhz.Km}$$

BER (tasa de errores por cada 1000 bits) = 10^{-9}

Relación S/N = 12 db (óptico).

SOLUCION :

a.- Fuente

	ILD	LED
Energía promedio de salida a 300 mA	10 dba	- 3 dba
Pérdida por acoplamiento	8 dba	15 dba
Energía acoplada	2 dba	-18 dba

b.- Detector

APD (fotodiodo de avalancha).

NEP (energía equivalente de ruido para 59 MHz) =

$$-57,6 \text{ dbm}$$

S/N para el BER requerido =

$$+ 12 \text{ db}$$

Pérdida por acoplamiento de fibra =

$$+ 1 \text{ db}$$

Sensitividad del receptor =

$$-57,5 + 12 + 1 = -44,6 \text{ dbm}$$

c.- Cable de fibra de vidrio

Atenuación del cable =

$$1,2 \text{ db/Km}$$

Pérdida del cable =

$$1,2 \times 22 = 26,4 \text{ db}$$

Pérdida de conectores =

$$1,0 \text{ db}$$

Pérdida de acoples =

$$0,4 \text{ db}$$

Pérdida total del enlace =

$$27,8 \text{ db}$$

d.- Márgenes permitidos.

	TEMPERATURA	TIEMPO	RADIACION
Fuente	2 db	3 db	1 db
Receptor	1 db	3 db	0,5 db
Fibra	0,5 db	1 db	0,5 db
	-----	-----	-----
	3,5 db	7 db	2 db

Margen total = 12,5 db .

e.- Cálculo del exceso de energía.

Nivel de energía óptica en el receptor =

$$a - c - d = 2 - 27,8 - 12,5 = -38,3$$

Sensitividad del receptor = $-(-44,6)$ dbm

Exceso de energía = 6,3 db

Del cálculo hecho para el diseño, se puede concluir que existe un exceso de energía de 6,3 db, recibidos a 8 Mbits/s. Esto producirá un incremento de la relación S/N desde 12 db hasta un valor de 18,3 db y el BER (razón de error de bits) se reducirá desde su valor de 10^{-9} a un valor menor.

CALCULO DEL TIEMPO DE RIZADO
DEL SISTEMA.

TIEMPO DE RIZADO		
	ns/Ka	Total
Fuente ILD .	-	1
Tiempo de rizado debido a la dispersión monoacodo.	0,3	6,6
Tiempo de rizado debido a la dispersión del material (típico es 3,5 para LED o 0 para ILD).	0	0
Detector APD.	-	1

$$T_{\text{sis}} = 1,1 \times \sqrt{1^2 + 6,6^2 + 1^2}$$

$$= 7,42 \text{ ns .}$$

La T_{sis} debe ser menor al 70% del intervalo de bits para NRZ

$$22 \times (70/100) = 15,4 \text{ ns}$$

$$7,42 \text{ ns} < 15,4 \text{ ns}$$

Donde T_{sis} , que equivale a 7,42, es menor que 15,4 ns, lo cual indica que es menor que el porcentaje de referencia, satisfaciendo así los requerimientos de diseño del enlace para el tiempo de rizado del sistema.

C A P I T U L O 3

IMPLEMENTACION DE LA FIBRA OPTICA PARA LAS TRANSMISIONES DIGITALES: ASIGNACION DE CAPACIDADES EN LAS TOPOLOGIAS A USAR Y COMPARACION DE ESTAS.

¿Cómo asignar cuánta capacidad en bits por segundo (bps) se va a usar en cada enlace de la red de tal forma de lograr un grado específico de servicio? En la mayoría de los casos se podrá asumir una estructura especificada de manera tal que se puedan discutir los efectos del cambio en la topología de la red. Se asumirá un tráfico estadístico conocido como, por ejemplo, longitud de los mensajes, razón de ocurrencia de éstos y, además, el número de mensajes que fluyen entre dos puntos de la red. Es de anotar que la capacidad es lo primero que se debe escoger, debido a la gran importancia que ésta posee en el diseño y, además, porque provee una pauta para encontrar los otros elementos de la red. Las preguntas más complejas, al realizar el diseño topológico de la conexión entre los concentradores y la determinación

del enrutamiento de los mensajes, se presentan justamente en el contexto de la capacidad de asignación.

Existen varias aproximaciones para la determinación de la capacidad de asignación, muchas de las cuales están basadas en el trabajo de L. Kleinrock. En el primero y más simple de los casos, se asumirá que el costo es linealmente proporcional a la capacidad. O sea, mantener el costo fijo en toda la red será equivalente a mantener la capacidad total fija. Para proceder luego a realizar la mejor determinación de la capacidad, enlace por enlace, en el sentido de lograr hacer mínimo el retardo promedio de tiempo, se llevará a cabo la determinación de la asignación de las capacidades por medio de tres métodos: la estrategia de asignación de capacidades por el criterio de la raíz cuadrada, la estrategia de igual asignación de capacidades y la estrategia de asignación proporcional de capacidades, en la cual la capacidad es asignada en forma proporcional al flujo del enlace.

Asumir que existe una relación linealmente proporcional costo-capacidad no es realmente verdadero, puesto que se presentan otros parámetros del sistema, como son el caso de la dependencia no lineal del costo de los componentes del computador principal, capacidad de éste, tipo de servicio en la línea dedicada, longitud de la línea, etc. Por tal motivo, es una aproximación razonable la que se podrá llevar a consideración. Un criterio de importancia es el de lograr escoger la capacidad del enlace de tal forma que se minimice el mayor retardo de tiempo en un lugar esperado, en cualquier sitio dentro de la red. Este efecto, como se lo podrá observar, es el de igualar los tiempos de retardo, que es equivalente a asignar el mismo servicio a los usuarios tanto de pequeña como de gran capacidad.

3.1.- TIPO CENTRALIZADO.

En la determinación de las capacidades para una red del tipo centralizado, se tomará el ejemplo más simple posible, que se muestra a continuación, en la figura 3.1, y en cual se

señalan 7 ciudades, cada una con un número específico de terminales. Estas serán conectadas a un computador central (denominado CPU) que se encuentra localizado en la ciudad de Guayaquil. De igual manera, se asumirá que cada terminal produce un mensaje promedio cada 30 segundos, y que cada mensaje posee una longitud de 120 bits. El objetivo será, por lo tanto, determinar la capacidad del enlace interurbano.

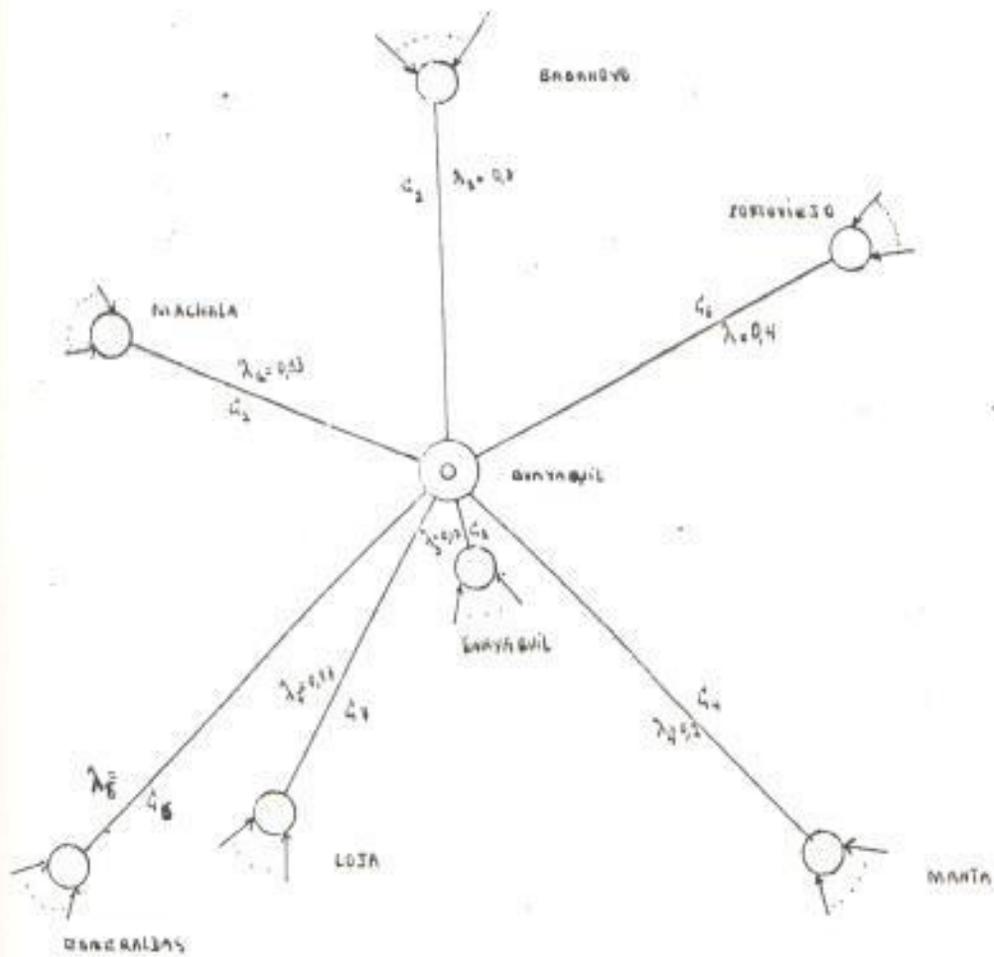


Fig 3.1 Red de Tipo Centralizado

En el ejemplo más simple se asume que todos los puertos son muestreados en forma instantánea y que los mensajes útiles, a la entrada de éstos, son los primeros en ser descargados y, por lo tanto, son también los primeros en ser colocados en sus buffers respectivos. Esto es mostrado en el gráfico dado a continuación:

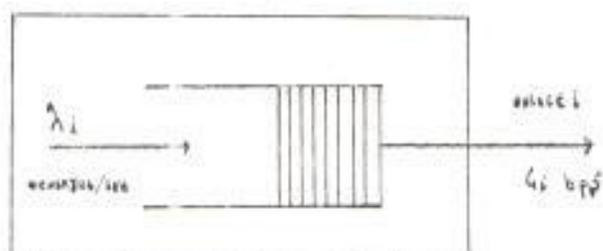


Fig 3.2 Retardo de tiempo en los concentradores, modelo simplificado.

Como el interés es determinar la capacidad de los enlaces, no se tomarán en cuenta los detalles de las operaciones de concentración y almacenamiento. Se asumirá que el proceso de retardo nodal es despreciable en comparación con la espera a la salida del enlace. La razón promedio de mensajes λ_i destinada para el enlace i , es la suma de todos los mensajes enrutados que están entrando al enlace. Tal es el caso de la red ejemplo, en

cada terminal tendrá una misma razón promedio de mensajes: 1/30 mensajes/seg; luego λ_i para el enlace i es el número de terminales conectados 1/30 veces.

Para el ejemplo $\lambda_1 = 10/30 = 0,33$ mensajes por segundo, que es el promedio relacionado a los terminales en el concentrador de Esmeraldas.

Asumiendo una razón de llegada de los mensajes mediante el proceso probabilístico de Poisson, una distribución exponencial de la longitud de los mensajes con $1/u_i$ por bits por mensaje y un buffer de capacidad infinita, el tiempo de retardo promedio en los mensajes estará dado por:

$$T_i = 1 / u_i * C_i - \lambda_i$$

Aquí la C_i está dada en bps que es la capacidad indicada anteriormente; además, este retardo incluye el tiempo que toma en transmitir un mensaje promedio $1/u_i * C_i$ seg, más el retardo de almacenamiento (buffer). Al asumir buffers infinitos, en forma inmediata se elimina la posibilidad del bloqueo de los mensajes por el llenado de los buffers; por tal razón, al tener buffers sufi-

cientemente grandes, mantendrán una probabilidad de bloqueo menor a 10^{-6} o 10^{-7} .

La ecuación que muestra la característica del retardo QUELLE (lo primero que se almacena es lo primero en salir) de construcción como i , la razón promedio del flujo de tráfico, $u_i * C_i$ aproximado. Esto es definido por los parámetros de intensidad de tráfico:

$$\rho_i = \lambda_i / u_i * C_i < 1$$

que queda en los siguientes términos:

$$T_i = 1 / u_i * C_i (1 - \rho_i)$$

Para $\rho_i \ll 1$, $T_i = 1 / u_i * C_i$, que es el tiempo justo requerido para transmitir un mensaje promedio.

Para $\rho_i \rightarrow 1$, T_i se vuelve muy grande.

Como ejemplo podemos hacer que $\lambda_i = 0,33$ mensajes por segundo y $1/u_i = 120$ bits por mensaje, para el nodo 1 de la figura anterior; también sabemos que $C_i = 100$ bps, lo que producirá un retardo de tiempo promedio por mensaje transmitido de 2 segundos a la salida del enlace. De esto podremos concluir que $1/u_i * C_i = 1,2$ segundos es el tiempo requerido para transmitir 120 bits a través

de una línea de 100 bps y que 0,8 seg es el retardo promedio de almacenamiento (buffer). De igual forma, aplicando la fórmula anterior se obtiene que el parámetro de intensidad de tráfico es $\rho_i = 0,4$.

Con estas ecuaciones para el cálculo del retardo de tiempo, se podrá empezar a resolver la cuestión de determinar las capacidades de los enlaces en la red. Es de recalcar que en la red se tendrá como objetivo hacer mínimo el tiempo de retardo promedio en toda la extensión de la red entera, con una capacidad asumida fija. Especificando las variables a continuación tendremos γ como la proporción total de los mensajes que están ingresando a la red; para este ejemplo muestra $\gamma = 1,7$ mensajes/segundo. El retardo promedio de los mensajes que están ingresando a la red estará definido por :

$$\bar{T} = 1/\gamma (\sum_i \lambda_i * T_i)$$

donde tenemos la suma sobre todos los enlaces de la red. Esta expresión para el tiempo de retardo, fue usada por Kleinrock en sus

estudios para la asignación de capacidades.

Asumiendo la capacidad total $C = \sum_1 C_i$ fija, se podrá escoger C_i de tal forma de llegar a minimizar T promedio; esto se llevará a cabo convenientemente mediante de los multiplicadores de Lagrange, encontrándose a través de esto una solución óptima dada por:

$$C_{i-opt} = \lambda_i / u_i + C(1-\beta) \sqrt{\lambda_i / u_i} / \sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}$$

En esta fórmula la constante βC equivale a $\sum (\lambda_i / u_i)$ con el parámetro β el cual juega el papel de la intensidad de tráfico para la red entera. Escogiendo la capacidad, enlace por enlace, a través de la ecuación de T_i , se podrá hallar el retardo correspondiente a dicho enlace i . Finalmente, por medio de la siguiente ecuación se obtendrá el mínimo retardo promedio:

$$\bar{T}_{min} = (\sum_i \sqrt{\lambda_i / u_i})^2 / \gamma * C(1-\beta)$$

Las definiciones anteriores, que sirven para la asignación de las capacidades, se las co-

noce como Regla de la Raíz cuadrada, debido a que el término C_i es proporcional a $\sqrt{\lambda_i}$.

Es de observar también que el mínimo tiempo de retardo \bar{T}_{\min} varía inversamente con la capacidad σ , como también se puede decir, el costo, ya que se partió del criterio que la capacidad es linealmente proporcional al costo.

Aplicando las fórmulas expuestas se obtiene la tabla que se muestra a continuación. Se asume que el valor de $u_j = u = 1/120$ para todos los enlaces, ya que la cantidad de bits por mensaje puede variar en cada enlace considerado en la red.

ENLACE	caso óptimo		caso discreto		
	Ci opt (bps)	Ti (seg)	Ci (bps)	Ti (seg)	Costo (\$/mes)
1	767	0,165	900	0,140	1000
2	726	0,174	900	0,139	650
3	471	0,264	450	0,284	450
4	588	0,212	450	0,282	1288
5	588	0,212	450	0,282	1288
6	845	0,150	900	0,141	388
7	471	0,264	450	0,284	948

$T_{\text{min}}=0,19 \text{ seg}$ $T_{\text{discreto}}=0,192$
 costo total = \$6814mes

3.2.- TIPO DISTRIBUIDO.

La estrategia a seguir para la determinación de la capacidad de asignación en este tipo de red, es muy similar a la indicada en la asignación de capacidades de tipo centralizado, pero en este caso es distribuido. Una vez más se invocará el principio de independencia. Se considerará la red hipotética mostrada a continuación, en la Fig 3.3.

El ejemplo a continuación también ha sido tomado del libro de L. Kleinrock que fue indicado previamente. Con el tráfico, sus características estadísticas y las rutas tomadas por los mensajes entre los pares de ciu-

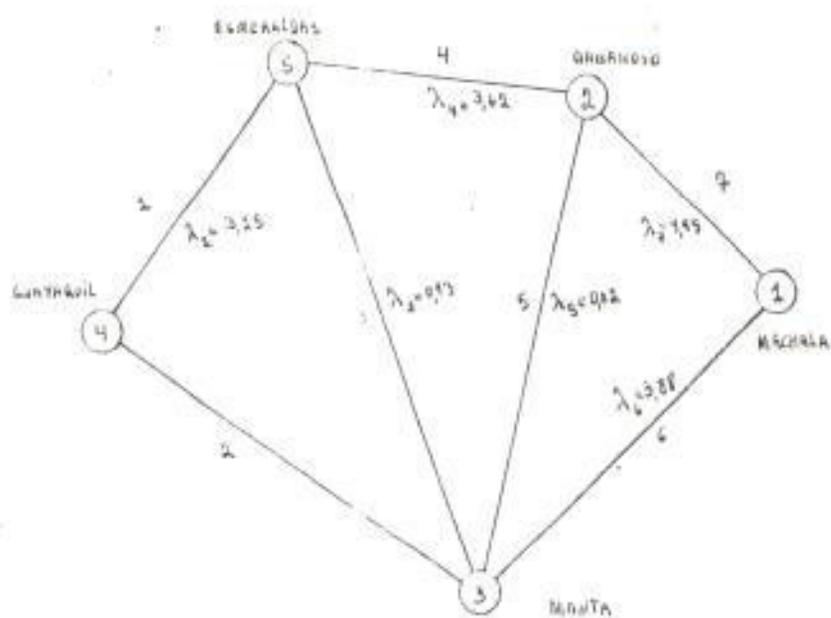


Fig 3.3 Ejemplo de una Red Distribuida .i's
(mensajes/segundo) son mostrados.

dades mostradas, se podría repetir la aproximación del ejemplo anterior, indicando de esta manera cómo asignar óptimas capacidades a cada uno de los siete enlaces de la red mostrada. De esta manera y aplicando el criterio de capacidad de la raíz cuadrada, se minimizará el tiempo de retardo y se comparará con los otros dos tipos de asignaciones mencionados: el criterio de igual asignación y el criterio de asignación proporcional.

Es de indicar que la asignación de capacidades podría depender del tipo de enrutamiento pues ciertos algoritmos de enrutamiento tienen un efecto importante en dicha asignación y otros ninguno.

Para determinar las capacidades de este tipo de red, se debe conocer el tráfico que fluye entre las ciudades y también la ruta que es asignada a los mensajes que están entrando a la red por una ciudad pero que están destinados a otra. Como ejemplo se tiene la tabla a continuación, en la cual se muestra la variación promedio del flujo de mensajes entre las diferentes ciudades.

Es de recalcar que los datos son solamente asumidos para efectos de cálculo.

Además, asumimos que el tráfico entre dos ciudades es simétrico, para efectos de simplificar el cálculo, aunque el procedimiento es el mismo si los flujos no fueran simétricos. El tráfico total enviado por cualquier ciudad es el mostrado en la respectiva fila horizontal, mientras que el número de mensajes que llegan a una ciudad en particular, es el hallado en la columna apropiada, y la suma de todas las entradas de la tabla es el total del tráfico que está ingresando a la red.

Todos los enlaces en la red se asumen full duplex. Así la capacidad en cualquier dirección es la misma y, en adición a la naturaleza simétrica del tráfico de flujo que se muestra, es aparente que las características del tráfico promedio en cualquier dirección del flujo podrán ser los mismos, así como también el retardo QUEUE al final de los nodos de cualquier enlace en particular. Esto enfocará nuestra atención en una sola

dirección para el tráfico, reduciendo el problema de calcular los retardos QUEUE para los 14 enlaces, porque se limita sólo a 7.

Asimismo se puede enfocar el flujo de los mensajes a través de sólo 7 enlaces.

MATRIZ DE TRAFICO

Origen	Destino				
	Machala 1	Babahoyo 2	Manta 3	Guayaquil 4	Esmeraldas 5
1.Machala	-----	9,34	0,935	2,94	0,610
2.Babahoyo	9,34	-----	0,820	2,40	0,628
3.Manta	0,935	0,820	-----	0,608	0,131
4.Guayaquil	2,94	2,40	0,608	-----	0,753
5.Esmeraldas	0,610	0,628	0,131	0,753	-----

En la determinación de la capacidad para cada uno de los 7 enlaces, se asumirá nuevamente que los enlaces son independientes y que el tráfico QUEUE en la transmisión, para cualquier enlace, será estadísticamente independiente del tráfico aparecido en cualquier otro lugar de la red. También se procederá a determinar la razón promedio de mensajes que fluyen en cada enlace, pero para dicha aplicación se asumirá el enruta-

miento de los mensajes a través de la ruta más corta.

Estas rutas (asumidas más cortas) serán :

-Tráfico Guayaquil-Babahoyo, a través de Esmeraldas.

-Tráfico Guayaquil-Machala, a través de Mantata.

-Tráfico Esmeraldas-Machala, a través de Babahoyo.

Se especifica al valor de γ_{jk} , dado en mensajes/segundo, como la entrada apropiada a la matriz en la tabla de tráfico indicada anteriormente y que muestra los mensajes que entran a una ciudad j y que están destinados a una ciudad k ; por lo tanto, la razón promedio de los mensajes dirigidos en una sola dirección será:

$$\lambda_1 = \gamma_{45} + \gamma_{42} = 3,15 \text{ mensajes/seg.}$$

$$\lambda_2 = \gamma_{43} + \gamma_{41} = 3,55 \text{ mensajes/seg.}$$

$$\lambda_3 = \gamma_{53} = 0,13 \text{ mensajes/seg.}$$

$$\lambda_4 = \gamma_{52} + \gamma_{42} + \gamma_{51} = 3,64 \text{ mensajes/seg.}$$

$$\lambda_5 = \gamma_{23} = 0,82 \text{ mensajes/seg.}$$

$$\lambda_6 = \gamma_{31} + \gamma_{41} = 3,88 \text{ mensajes/seg.}$$

$$\lambda_7 = \gamma_{21} + \gamma_{51} = 9,95 \text{ mensajes/seg.}$$

El tráfico total de un enlace, en una dirección, estará dado por:

$$= \sum_{i=1}^7 \lambda_i = 25,12 \text{ mensajes/seg}$$

El número total de mensajes/segundo, que entran a la red global está dado por:

$$\gamma = \sum_{jk} \gamma_{jk}$$

que es la suma de todas las entradas en la matriz, lo que dará un valor de 38,3 mensajes/segundo; el tráfico en una dirección será entonces $\gamma' = \gamma/2 = 19,5$ mensajes por segundo. El número de enlaces cruzados por un mensaje típico será:

$$25,12 / 19,15 = 1,3$$

De la misma manera y con las mismas fórmulas establecidas para una red de tipo centralizado, se enfrentará la red de tipo distribuido para la determinación de la máxima capacidad por enlace y el mínimo tiempo de retardo. Esto dará la tabla descrita a continuación.

TABLA

CAPACIDADES ASIGNADAS PARA LA RED FULL
DUPLEX DE TIPO DISTRIBUIDA

ENLACE	Demanda i	igual				
	una vía mensj/seg	Raíz cuadrada	$T_{i \text{ asigna-}}$ (mseg)	ción	$T_{i \text{ propor-}}$ (mseg) cional	
1	3,15	28	40,4	27,4	41,3	24
2	3,55	30	37,8	27,4	41,9	27,5
3	0,13	5	296	27,4	36,6	1
4	3,64	30	38	27,4	42,1	28
5	0,82	13,5	78,8	27,4	37,6	6,3
6	3,88	31,5	36,2	27,4	42,5	30
7	9,95	54	22,6	27,4	57,3	76,5
		$\bar{T}_{\text{min}}=42$ mseg	$\bar{T}_{\text{igual}}=57,6$		$\bar{T}_{\text{pro}}=54,8$	

3.3.- TIPO HIBRIDAS.

Para este tipo de asignación de capacidades es necesario llevar a cabo los cálculos mediante una combinación de los dos métodos anteriores, es decir, de acuerdo a las distancias a las que se encuentren localizados los concentradores o nodos, se implementará alrededor de éstos el mejor tipo de estruc-

tura requerida, de tal forma que su uso represente una ventaja, tanto en costos como en tiempo de retardo de la información que va a ser procesada.

3.4.- VENTAJAS DE LA APLICACION DE LOS RESPECTIVOS TIPOS DE TOPOLOGIAS EN LA RED A DESARROLLAR.

Al proceder al diseño de la red, una pregunta que se debe responder es si la red continuará siendo funcional al ocurrir una falla en cualquiera de sus enlaces. Para ese caso, se debe proveer a la red de rutas alternativas que eliminen dicho peligro. En el caso especial de una red de tipo centralizado (tipo estrella o tipo árbol), se deberá proveer de rutas alternativas en la misma dirección, lo cual será causa, en primer lugar, de un mayor costo en la colocación de los enlaces y, en segundo lugar, debemos anotar que las distancias desde los nodos al CPU, que debería estar situado en Guayaquil, son bastante considerables. Esto último motivaría un incremento en los enlaces de una

magnitud bastante grande, al igual que su costo. Por otro lado, si la ventaja de dicha red es la de disminuir el tiempo de procesamiento, por estar directamente conectada al CPU, este factor no disminuiría en forma muy notoria el incremento de costo debido a la causa anterior.

Para el caso de la topología de tipo distribuida, si bien por un lado se reducirían las distancias entre los enlaces debido a que se limitarían únicamente a la distancia entre los nodos (concentradores), por otro lado no habría que realizar el doble gasto de la colocación de un enlace adicional en la misma dirección, ya que en el caso de presentarse una falla en el enlace entre los nodos (ciudades), este tipo de red posee estrategias de enrutamiento que canalizan los mensajes hacia una ruta alternativa y los conducen hasta el mismo destino deseado.

Esto es denominado doble conectividad puesto que cada nodo de la red está conectado a otros dos nodos.

CAPITULO 4

DISEÑO DE LA RED INTERURBANA, ASPECTOS DE PLANIFICACION E INSTALACION.

4.1.- DISEÑO TOPOLOGICO.

CIUDADES A INTERCONECTAR A TRAVES DE LA RED:

- (1) GUAYAGUIL
- (2) MACHALA
- (3) BABAHUYO
- (4) MANTA
- (5) ESMERALDAS



$L(i,j)$ = Es el número mínimo de enlaces que debe fallar para impedir la transmisión del nodo i al nodo j .

$V^+(i)$ = Es el número de enlaces que salen del nodo i .

$V^-(j)$ = Es el número de enlaces que entran al nodo j .

$L(i,j) \leq \min \{ V^+(i), V^-(j) \}$

Si : $V^+(i) = V^-(i) \Rightarrow$ que el número de enlaces que entran es igual al número de enlaces que salen.

Para realizar el diseño topológico a continuación se harán las siguientes consideraciones: imaginar sólo por un momento que poseen una capacidad equivalente de 1 bps y que para ir del nodo i al nodo j no existe una ruta prefijada, de manera que se puede seguir cualquiera de las rutas. Por lo tanto es intuitivamente claro que el número máximo de bits/seg que pueden desplazarse del nodo i al nodo j será el mínimo tamaño de todos los cortes i - j .

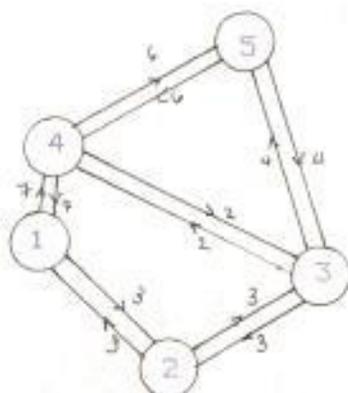
Por lo tanto, en vez de hallar $L(i,j)$, se calculará el flujo máximo de i a j , denominándose este proceso como **TEOREMA DEL FLUJO MÁXIMO Y EL CORTE MÍNIMO**.

El cálculo para el diseño de la red se lo realizará a través del teorema del flujo máximo y, básicamente, consiste en desarrollar un camino entre los dos nudos en cuestión y luego, a través del mismo, un flujo que sea compatible con las capacidades.

ALTERNATIVA 1:

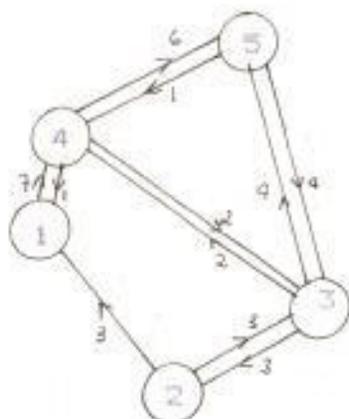
Supóngase que los valores de las ramas son valores proporcionales a las capacidades de los enlaces. En esta alternativa y en las sucesivas, nos limitaremos a determinar el flujo máximo desde el nudo 5 al nudo 2, para de esta manera poder llegar a concluir cual es el mejor diseño topológico.

a)

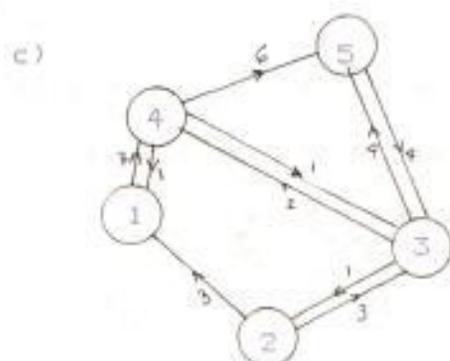


Paso (a) .- El camino inicial $5 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$, el flujo asociado es = 3 (que es el mínimo entre 6,7,3), procediendo a eliminar tal camino de la red original.

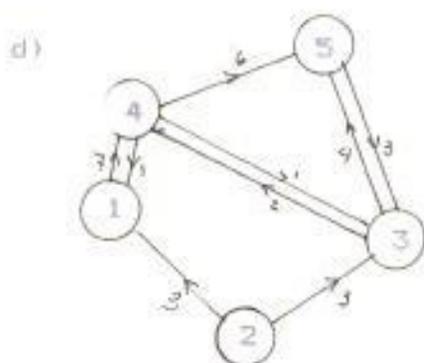
b)



Paso (b).- El camino escogido es $5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2$, que tiene un flujo asociado de 1 (mínimo entre 1, 2 y 3) y se eliminan tales caminos de la red original.



Paso (c).- El camino escogido es $5 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ y el flujo asociado con este camino es de 1 (que es el mínimo entre 4 y 1).

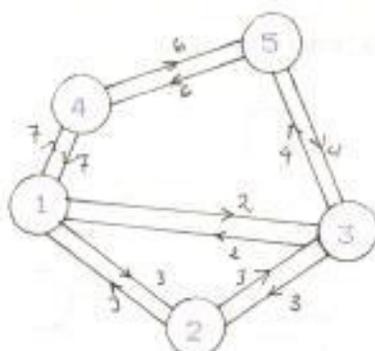


Paso (d).- El flujo final es de $3+1+1=5$ que, para este caso, es el máximo.

ALTERNATIVA 2 :

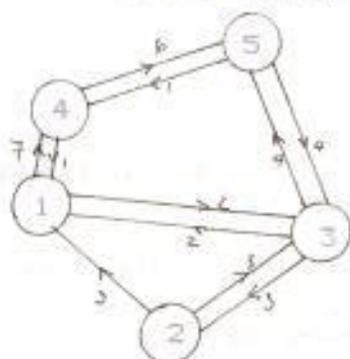
Para esta alternativa se escogerá la configuración que se muestra a continuación y, de igual manera que con la alternativa 1, se procederá a calcular el flujo máximo. Si éste es mayor que el anterior, el enrutamiento aplicado en esta alternativa tendrá preferencia con respecto a la anterior.

a)

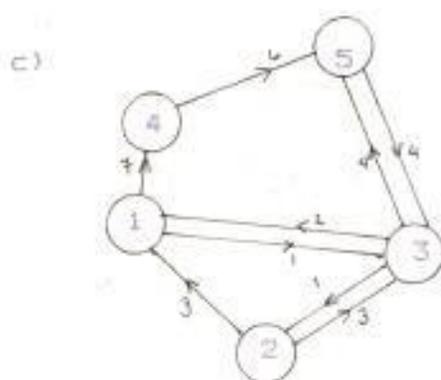


Paso (a).- Ruta $5 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$, el flujo asociado con esta ruta es 3 (que es el mínimo entre 6,7,3).

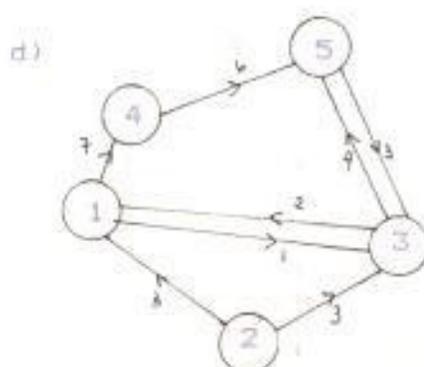
b)



Paso (b).- La ruta a seguir es $5 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$, cuyo flujo asociado es de 1 (siendo el mínimo entre 1, 1, 2, y 3).



Paso (c).- La ruta a seguir es de $5 \rightarrow 3 \rightarrow 2$, cuyo flujo asociado es de 1 (el mínimo entre 1 y 4).

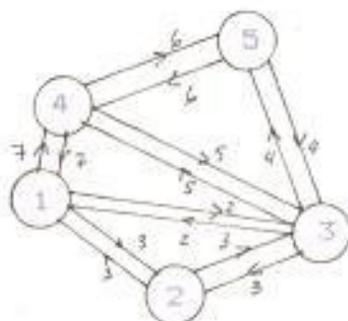


Paso (d).- El flujo máximo es igual a $3 + 1 + 1 = 5$.

ALTERNATIVA 3 :

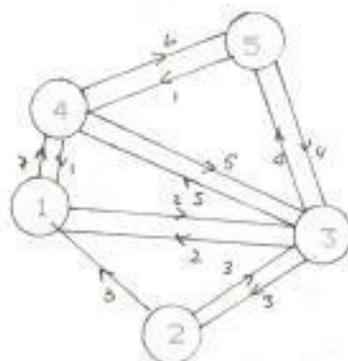
Para esta alternativa se agregará un enlace, de tal forma de obtener un mejor flujo total asociado con el nuevo diseño topológico a probar.

a)



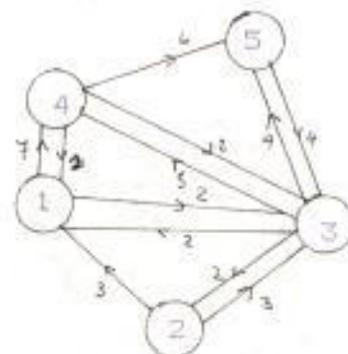
Paso (a).- El camino inicial es : 5 → 4
 → 1 → 2, cuyo flujo asociado es
 3 (que es el mínimo entre 6, 7, 3).

b)



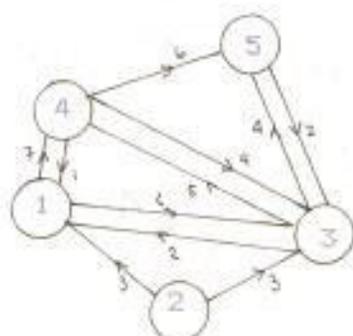
Paso (b).- La ruta a seguir es 5 → 4 → 3
 → 2, cuyo flujo asociado es de 1
 (que es el mínimo entre 1, 5 y 3)

c)



Paso (c).- El camino escogido a seguir es $5 \rightarrow 3 \rightarrow 2$, cuyo flujo asociado es 2 (que es el mínimo entre 4 y 2).

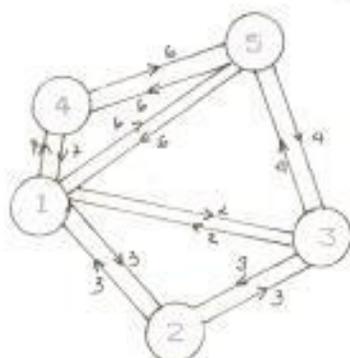
d)



Paso (d).- El flujo total máximo para la alternativa 3 es equivalente a 6, lo que indica que el aumento en dicho enlace y las modificaciones introducidas llevan positivamente al aumento del flujo, que es precisamente el objetivo en este método a desarrollar.

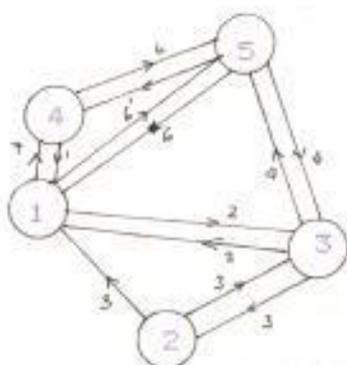
ALTERNATIVA 4 :

a)



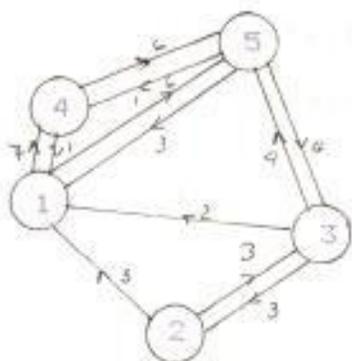
Paso (a).- Escogiendo la ruta $5 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$, el flujo es de 3 (que es el menor entre 6, 7 y 3).

b)



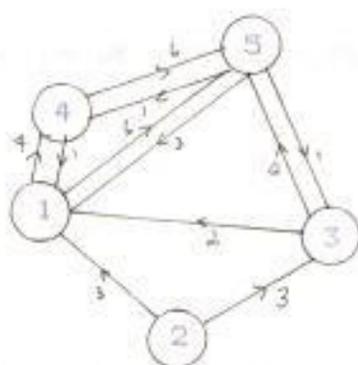
Paso (b).- El camino escogido es $5 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ cuyo flujo asociado es de 2 (que es el mínimo entre 6, 2 y 3).

c)



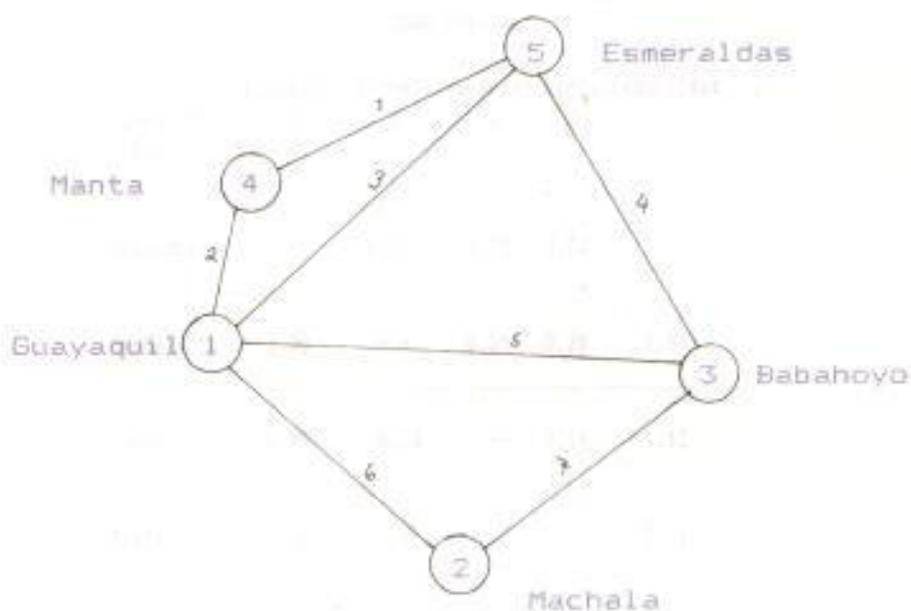
Paso (c).- El camino escogido es: $5 \rightarrow 3 \rightarrow 2$, cuyo flujo asociado es de 3 (siendo éste el mínimo entre 4 y 3).

d)



Paso (d).- En este paso se llega a comprobar que el flujo obtenido con esta última alternativa es superior a los que se obtuvieron con las alternativas anteriores; el flujo es $3 + 2 + 3 = 8$, con lo cual se concluye que ésta es la mejor alternativa para el diseño de la red a realizar.

4.2.- ASIGNACION DE CAPACIDADES .



Asignación de capacidades para la red distribuida:

Consideraciones:

- 1.- Conocer el tráfico que fluye entre ciudades.
- 2.- Ruta asignada a los mensajes, que entran a la red en una ciudad y están destinados a otra.

TABLA II

MATRIZ DE TRAFICO DE LA RED (mensajes/seg)

CIUDAD DE ORIGEN	CIUDAD DESTINO				
	Guayaquil 1	Machala 2	Babahoyo 3	Manta 4	Eseeraldas 5
Guayaquil	---	1,50	0,75	0,75	6,75
Machala	1,90	---	0,25	0,25	1,81
Babahoyo	0,99	0,28	---	0,14	1,12
Manta	1,08	0,41	0,13	---	0,81
Esmeraldas	7,76	1,41	0,71	0,71	---

- 3.- Se debe observar que el flujo de tráfico entre ciudades es asimétrico y como tal se deberá analizar el flujo en cada dirección.
- 4.- Los siete enlaces en la red serán full duplex y la capacidad en cualquier dirección será la misma, como lo será también el retardo QUEUE en los nodos de cualquier salida de un enlace particular.
- 5.- Para determinar la asignación de capacidades en cualquiera de los siete enlaces se va a usar como primera observación el

criterio de independencia, es decir, el retardo QUEUE (retardo de los datos en una cola, en que el primer dato en entrar será el primero en salir de ésta) a transmitir sobre un enlace cualquiera, es estadísticamente independiente del tráfico que aparece en cualquier lugar de la red.

6.- Hay que determinar la razón de mensajes promedio sobre cada enlace; para este caso se asumirá un enrutamiento de mensajes que tome la ruta geográfica mas corta .

- a) Esmeraldas-Guayaquil (a través de Manta)
- b) Manta-Machala (a través de Guayaquil)
- c) Esmeraldas-Machala (a través de Babahoyo)
- d) Machala-Manta (a través de Guayaquil)
- e) Guayaquil-Esmeraldas (a través de Manta)
- f) Machala-Esmeraldas (a través de Babahoyo)

Conceptos y Consideraciones aplicados:

Para dicho cálculo se tomó en consideración la demanda de datos, tanto de origen público como privado, en la cual tuvo una notable incidencia el sector de la banca privada.

El mensaje procedente del computador principal (host) es transmitido al controlador de comunicaciones (IMP), para el procesamiento y envío a través de la sub-red. Estos mensajes son segmentados en el controlador de comunicaciones en 8 paquetes que poseen un máximo de 1008 bits cada uno.

En la mayoría de los casos, la mayor parte de los mensajes son transmitidos en un solo paquete. Los caracteres de control y destino son agregados en el controlador de comunicaciones IMP, antes de que dicho paquete alcance la red.

El esquema de sincronización estandar de 8 bits, es usado para señalar el comienzo y el fin del paquete. Dos caracteres, DLE y STX (de 8 bits c/u), son usados para indicar el comienzo y el fin de la construcción de cada paquete. Es de indicar que todo lo anterior será generado por el hardware del sistema.

Se muestran dos niveles de encabezamiento, que no incluyen protocolo de bits de alto nivel de computador principal a computador

principal. El nivel 0 es usado para el control de transmisión de paquetes entre procesadores nodales adyacentes (un detector de errores con acknowledge positivo es usado en esta red). El chequeador de suma de 24 bits es generado para el envío, por el hardware de la interface origen, y es chequeado por el hardware del interface en el receptor, lo cual sirve para detectar los errores de línea.

El programa también posee un chequeador de suma de 16 bits en la memoria del paquete, pero éste es generado por el software de la interface antes de ser enviado, y lo chequea después de ser almacenado en la memoria del receptor, para detectar si existen errores de programa (software) en la memoria.

El chequeo de suma es pasado a través de la red entera y, si no existe error alguno de línea en el nodo receptor, un mensaje de acknowledge es depositado en un paquete de salida en dirección contraria (es el acknowledge de 16 bits mostrado).

El nivel 1 muestra un encabezamiento de 80 bits, usado para el control de transmisión entre los controladores IMP-origen e IMP-destino; entre otros datos, éste contiene: dirección del origen y del destino, control de secuencias y ubicación de los bits de memoria.

Una vez recibido el mensaje completo en el controlador de comunicaciones IMP, los paquetes son enrutados individualmente hacia el nodo destino; luego es pasado al computador principal apropiado HOST, para recibir finalmente un mensaje de 118 bits, que significa: listo para el mensaje siguiente RFNM (ready for next message).

Es importante recalcar que los ACKNOWLEDGE son usados para codificar la entrega correcta de paquetes, mientras que el RFNM indica la entrega completa de mensajes al computador principal (HOST), al que están destinados.

DESARROLLO:

La tabla XIV corresponde al estudio de mercado para la aplicación de la red de datos que se llevará a cabo a través de fibras ópticas.

Dicha tabla fue modificada por el IETEL, considerando que no reflejaba una realidad futura, ya que ciertas ciudades de expansión económica acentuada se veían eliminadas. En consecuencia se optó por distribuir el 100% del tráfico generado en cada nodo preestablecido de la red, sobre los seis nodos pero con distintos porcentajes. De esta manera se consideraba una matriz completa en porcentajes de tráfico. De acuerdo a esta nueva distribución, los porcentajes que resultan corresponden a la siguientes cifras:

(1)	ESMERALDAS	BABAHYO	GUAYAGUIL	MANTA	MACHALA
ESMERALDAS	25	5	55	5	10
BABAHYO	40	10	35	5	10
GUAYAGUIL	45	5	35	5	10
MANTA	30	5	40	10	15
MACHALA	35	5	40	5	15

Teniendo en cuenta el número de terminales de datos disponibles en cada población, cido en la tabla XIV, después de reconsiderar su número en posterior revisión del estudio de mercado y añadiendo los nuevos terminales existentes en las ciudades de Latacunga, Ibarra y Loja, resultan los siguientes valores sobre el número de terminales:

(2)

-QUITO	300	-RIOBAMBA	18
-GUAYAQUIL	322	-JIPIJAPA	2
-CUENCA	79	-MACHALA	54
-AMBATO	65	-SALINAS	2
-TULCAN	8	-AZOGUES	2
-MANTA	67	-ESMERALDAS	24
-LIBERTAD	2	-GUARANDA	2
-MILAGRO	2	-IBARRA	8
-BABAHOYO	18	-LATACUNGA	8
-PORTOVIEJO	16	-LOJA	8

Este total de 1007 corresponde al número de terminales dependientes de la red, accedendo a través de circuitos punto a punto, o unidades de control locales o remotas.

Ya que la matriz de tráfico contemplará los

cinco nodos de la red, los valores de la tabla XIV se condensan en el cuadro siguiente que muestra la correspondiente anexión de poblaciones:

- ESMERALDAS concentra a QUITO, TULCAN e I-BARRA.
- BABAHUYO concentra a AMBATO, LATACUNGA Y RIOBAMBA.
- GUAYAQUIL concentra a LIBERTAD, MILAGRO, SALINAS Y GUARANDA.
- MANTA concentra a JIPIJAPA Y PORTOVIEJO.
- MACHALA concentra a LOJA, CUENCA Y AZOGUES.

Por consiguiente el número de terminales se resume en el siguiente cuadro.

(3)

ESMERALDAS	340
BABAHUYO	91
GUAYAQUIL	348
MANTA	85
MACHALA	62
CUENCA	81

1007 TERMINALES.

A los 1007 terminales indicados, hay que incrementar los 50 terminales internacionales y el número de accesos por vía telefónica conmutada.

Se tiene previsto que accederán a la red especializada, a través de la red automática conmutada telefónica (RAC), un 10% de terminales considerados punto a punto.

Teniendo en cuenta que una puerta RAC en cada nodo, admite de 10 a 15 terminales de esta modalidad, el número total de accesos que se deberán prefiar en los nodos de la red será :

<u>NODO</u>	<u>Nº ACCESOS</u>	<u>Nº TERMINALES</u>
ESMERALDAS	3	30 a 45
BABAHOYO	1	10 a 15
GUAYAQUIL	4	40 a 60
MANTA	1	10 a 15
MACHALA	2	20 a 30
	<u>11</u>	<u>110</u> <u>165</u>

El número de accesos para cada nodo será:

(4)	T.	T. I.	A. RAC	T. TOTAL
ESMERALDAS	340	50	3	393
BABAHOYO	91	..	1	92
GUAYAGUIL	348	..	4	352
MANTA	85	..	1	86
MACHALA	62	..	1	63
CUENCA	81	..	1	82
	<u>1007</u>	<u>50</u>	<u>11</u>	<u>1068</u>

Por efectos de tráfico, según la matriz de distribución, el número de terminales quedaría distribuido del modo siguiente:

(5)	ESMERALDAS	BABAHOYO	GUAYAGUIL	MANTA	MACHALA
ESMERALDAS	98	20	215	20	40
BABAHOYO	36	9	32	5	10
GUAYAGUIL	157	18	123	18	36
MANTA	26	4	34	9	13
MACHALA	52	7	53	7	26

De los cuadros mostrados (número de terminales en conexión punto a punto y dependientes de unidades de control locales y remotas), se deduce el cuadro siguiente, diferenciando ambas modalidades y considerando

la relación de terminales mostrada, revisada sobre el estudio de mercado.

(6)	TERMINALES DE V DE CONTROL	I. P-PUNTO LOCALES	REMOTOS	TERMINALES LOCALES
QUITO	278	8	14	300
GUAYAQUIL	298	9	15	322
CUENCA	74	0	5	79
AMBATO	60	0	5	65
TULCAN	8	0	0	8
MANTA	62	0	5	67
LIBERTAD	0	0	2	2
MILAGRO	0	0	2	2
BABAHYO	16	0	2	18
PORTOVIEJO	148	0	2	16
KIOBANGA	16	0	2	18
JIPIJAPA	0	0	2	2
NACHALA	47	0	7	54
SALINAS	0	0	2	2
AZOGUES	0	0	2	2
ESMERALDAS	22	0	2	24
GUARANDA	0	0	2	2
IBARRA	8	0	0	8
LATACUNGA	8	0	0	8
LOJA	8	0	0	8

Incorporando todas las poblaciones a los cinco nodos de la red tendremos:

(7)	T.U. DE CONTROL	T.P-PUNTO	T.TOTAL
ESMERALDAS	316	24	340
BABAHOYO	84	7	91
GUAYAQUIL	314	34	348
MANTA	76	9	85
MACHALA	129	14	143

Del cuadro (1), la distribución de tráfico entre nodos, nos dará el cuadro (7) que nos indica el número de terminales dependientes de unidades de control.

(8)	ESMERALDAS	BABAHOYO	GUAYAQUIL	MANTA	MACHALA
ESMERALDAS	78	16	174	16	32
BABAHOYO	34	8	30	4	8
GUAYAQUIL	140	16	110	16	32
MANTA	25	4	31	7	11
MACHALA	47	7	47	7	21

Para conocer el número de accesos a la red procedentes del número de terminales reflejados en el cuadro (8), se tendrá en cuenta la media de terminales dependientes de

cada unidad de control local o remota.

Para calcular dicho valor, se tomó como base el número de terminales deducidos de las entrevistas mantenidas en el estudio de mercado, extrapolando al año 1986, según un incremento previsto del 20%; los coeficientes aplicados a la relación anterior son los siguientes, dependiendo de la ubicación de la unidad de control o concentración:

(9)	No TERMINALES/UC	No TERMINALES/UC
	LOCAL	REMOTA
ESMERALDAS	4,06	3,10
BABAHOYO	3,20	3,45
GUAYAQUIL	2,21	4,30
MANTA	3,20	3,99
MACHALA	3,20	4,60

Aplicando los coeficientes obtenidos en el cuadro anterior, a la distribución de terminales dependientes de unidades de control locales o remotas, indicada en el cuadro (8), resultará para cada nodo el siguiente número de accesos:

(10)	ESMERALDAS	BABAHOYO	GUAYAQUIL	MANTA	MACHALA
ESMERALDAS	20	6	56	6	12
BABAHOYO	10	3	9	2	4
GUAYAQUIL	33	4	50	4	8
MANTA	6	1	8	3	3
MACHALA	12	2	13	2	8

Por consiguiente el número de accesos locales y remotos que dispondrá será:

	ACC. LOCALES	ACC. REMOTOS
ESMERALDAS	20	80
BABAHOYO	3	25
GUAYAQUIL	50	49
MANTA	3	18
MACHALA	5	32

A estos accesos habrá que añadir los correspondientes a punto a punto, de terminales internacionales y los prefijados para la red automática conmutada telefónica. En una fase posterior dichos accesos se verán incrementados por los pertenecientes a los ordenadores de abonado, así como los enlaces de la propia red (accesos a otros nodos y al centro

gestión). El número inicial de accesos resulta:

(12)	ACCESOS U-C		ACCESOS P-P		ACCESOS		ACCESOS TOTAL
	LOCAL	REMOTO	LOCAL	REMOTO	INTR.	RAC	
ESMERALDAS	20	80	8	16	50	3	177
BABAHOYO	3	25	0	7	0	1	36
BUAYAGUIL	50	49	9	25	0	4	137
NANTA	3	18	0	9	0	1	31
NACHALA	5	32	0	14	0	2	53
	--	--	--	--	--	--	--
	81	204	17	71	50	11	434

Al número de accesos en cada nodo de la red se le sumará el correspondiente a los ordenadores de abonado previstos en la red.

Debe entenderse que cuando una población ofrece tráfico dentro de la misma, es que dispone al menos de un ordenador, y cuando el tráfico se dirige a otras poblaciones, éstas disponen también de ordenadores.

Con esta particularidad se determinó que los ordenadores conectados a la red, estarían en las siguientes localidades, de acuerdo al

La relación anterior de ordenadores existen-
tes en la red, de acuerdo con la concentra-
ción de puntos geográficos en los cinco
nodos, quedará resumida de la forma siguien-
te:

su grupo.
ellos con ordenadores que no pertenezcan a
do, pero no los terminales entre sí, ni
el ordenador, dependiente de su grupo corre-
a la red. Los terminales podrán dialogar con
Siendo un total de 35 ordenadores conectados

QUITO	12	ORDENADORES.
GUAYABIL	10	"
CUENCA	3	"
AMBATO	2	"
MANTA	1	"
BABAHYO	1	"
PORTOVIEJO	1	"
RIOBAMBA	1	"
MACHALA	2	"
ESMERALDAS	2	"

número que se indica.

ESMERALDAS:	14	ORDENADORES:
BABAHOYO	3	"
GUAYAQUIL	11	"
MANTA	2	"
MACHALA	5	"

35

Ya que cada ordenador estará conectado a su nodo dependiente por dos enlaces, el número resultante de éstos deberá agregarse al número de accesos previstos por terminales de las diferentes modalidades consideradas expuestas en el cuadro (12), resultando el siguiente total de accesos:

(13)	ACCESOS PARA TERMINALES	ACCESOS PARA ORDENADORES	ACCESOS TOTAL
ESMERALDAS	177	28	205
BABAHOYO	36	6	42
GUAYAQUIL	137	22	159
MANTA	31	4	35
MACHALA	53	10	63
	----- 434	----- 70	----- 504

Para determinar el número de terminales en la red, se aplicarán los valores mostrados en el cuadro 8 para unidades dependientes de control local y remoto, el cuadro 12 para terminales conectados punto a punto local o remoto, cuadro 12 para terminales a través de la red conmutada (1 enlace para 15 terminales) y los terminales internacionales. El resumen se detalla en el cuadro siguiente:

(14)	T.DE UC LOCAL	T.DE UC REMOTO	T.P/P LOCAL	T.P/P REMOTO	TERM. RAC.	TERM. INTERM	TERM. TOTAL
ESMERALDAS	78	238	8	16	45	50	435
BABAHOYO	8	76	0	7	15	0	106
GUAYABUIL	110	204	9	25	60	0	408
MANTA	7	69	0	9	15	0	100
MACHALA	12	117	0	14	30	0	173
	215	704	17	71	165	50	1222

- Se considera conexión local aquellos terminales ubicados en la misma población o muy cercanos a ésta.
- Se considera conexión remota a aquellos terminales ubicados en otras poblaciones o

ciudades, conectados mediante unidades de de control remotas.

- Se considera de conexión punto a punto aquellos terminales conectados a la red por circuito directo único; se refiere principalmente a cajeros automáticos.

El número de accesos indicados para cada población se refiere al número de entradas a la red; se da esta distribución ya que su número es distinto al de terminales por depender varios terminales de cada unidad de control concentradora o acceso por RAC.

Como resumen de esta parte del diseño de la red, el número total de accesos, terminales de dichos accesos y número de ordenadores de cada nodo principal y secundario, se reflejan en la distribución del siguiente cuadro.

(15)	Nº Accesos	Nº Terminales	Nº Ordenadores
ESMERALDAS	177	435	14
BABAHOYO	36	106	3
GUAYABUIL	137	408	11
MANTA	31	100	2
MACHALA	53	96	5
	434	1222	35

Se supone un total de 434 accesos para 1222 terminales de abonados (919 dependientes de unidades de control, 88 sobre circuitos punto a punto, 50 internacionales y 165 a través de 11 enlaces de red automática conmutada telefónica).

Los valores del cuadro siguiente, representan el número de terminales que atenderán los ordenadores conectados a cada uno de los nodos de la red. A este concepto de terminal se le denominará en adelante "terminal ficticio" (TF).

(16)	ESMERALDAS	BABAHOYO	GUAYAQUIL	MANTA	MACHALA	TOTAL
ESMERALDAS	97	19	212	19	36	385
BABAHOYO	43	11	37	5	10	106
GUAYAQUIL	185	20	143	20	40	408
MANTA	30	5	40	10	15	100
MACHALA	60	9	64	9	31	173
	415	64	496	63	132	1172

Para efectos de tráfico se consideró que cada terminal generaría como término medio un total de 288 Kcaracteres por día. Se supone

que en la hora punta se transmita el 20% del total emitido por el terminal.

El número de accesos se deduce del cuadro 2 (para accesos HDLC y RAC), del cuadro 13 para accesos de ordenadores y el número de terminales ficticios del cuadro 16.

Nos dará el siguiente cuadro:

(17)	Nº DE ACCESO			Nº TERMINALES		
	HDLC	RAC	ORD	IR	IE	II
ESMERALDAS	174	3	28	435	415	850
BABAHOYO	35	1	6	106	64	170
GUAYAGUIL	133	4	22	408	496	904
MANTA	30	1	4	100	63	163
MACHALA	51	2	10	173	134	307
	<u>243</u>	<u>11</u>	<u>70</u>	<u>1222</u>	<u>1172</u>	<u>2394</u>

Para poder considerar los volúmenes de tráfico, los valores anteriores se agrupan por nodos, incluyendo el número total de terminales (reales y ficticios) que proceden de cada nodo.

Tomando en cuenta los porcentajes de tráfico citados en el cuadro 1 y según el número de terminales de cada nodo indicado en el cuadro 17, se obtienen los siguientes valores

de tráfico total.

ESMERALDAS	850	total de terminales x 134 b/s = 113900
BABAHOYO	170	total de terminales x 134 b/s = 22780
GUAYAGUIL	904	total de terminales x 134 b/s = 121136
MANTA	163	total de terminales x 134 b/s = 21842
MACHALA	307	total de terminales x 134 b/s = 41138
	-----	-----
	2394	320796

En consecuencia, aplicando los porcentajes del cuadro 1 se tendrá la matriz de tráfico a considerar para el diseño que se desarrollará aquí

Sea γ_{jk} mensajes/seg, que representa la entrada apropiada en la matriz de la tabla II, ésta nos indica que los datos entran en la ciudad j y que tienen como destino la ciudad k .

La razón promedio de mensajes en una dirección, en cada uno de los 7 enlaces es:

$$\lambda_1 = \gamma_{54} + \gamma_{51} = 0,71 + 7,7 = 8,47 \text{ msj/seg}$$

$$\lambda_2 = \gamma_{41} + \gamma_{51} + \gamma_{42} = 1,08 + 7,7 + 0,41 = 9,24 \text{ "}$$

$$\lambda_3 = \gamma_{51} = 7,76 \text{ "}$$

$$\lambda_4 = \gamma_{53} + \gamma_{52} = 0,71 + 1,41 = 2,12 \text{ "}$$

$$\lambda_5 = \gamma_{13} = 0,751 \text{ "}$$

$$\lambda_6 = \gamma_{12} + \gamma_{42} = 1,50 + 0,41 = 1,91 \text{ "}$$

$$\lambda_7 = \gamma_{32} + \gamma_{52} = 0,28 + 1,41 = 1,69 \text{ "}$$

En la dirección contraria, para el enlace 1 será: $\lambda_1 = \gamma_{45} + \gamma_{15} = 0,81 + 6,75 = 7,56 \text{ msj/seg}$

El tráfico total del enlace en una dirección es:

$$\gamma = \sum_{i=1}^7 \lambda_i = 31,99 \text{ msj/seg}$$

y en la contraria: $\gamma = \sum_{i=1}^7 \lambda_i = 30,19 \text{ msj/seg}$

El número total de mensajes que entran a la red entera es: $\gamma = \sum_{jk} \gamma_{jk} = 29,51 \text{ msj/seg}$

De acuerdo a lo anterior, el tráfico en una dirección será:

$$\gamma' = \gamma/2 = 14,75 \text{ msj/seg}$$

El promedio de enlaces que atraviesa un men-

por un mensaje común es:

$$31,99 / 14,75 = 2,16$$

La capacidad de asignación del enlace, en bps (bits por segundo) no sólo depende del tráfico en el enlace (la demanda o la oferta de carga en mensajes/segundo), sino también de la longitud del mensaje.

Sea T_i el tiempo de retardo promedio en el enlace i , debido a la transmisión y almacenamiento mientras espera comenzar a transmitir; está dado por:

$$T_i = 1 / (u_i * C_i - \lambda_i)$$

Dicha fórmula tiene las características de Poisson para la llegada de los mensajes y está distribuido exponencialmente, además se asume un buffer infinito para el QUEUE. Al problema de qué valor se puede usar para $1/u_i$ (longitud media del mensaje en bits), se deberá asumir que todos los mensajes de la red poseen la misma longitud promedio $1/u$, lo que habilitará a obtener rápidamente un número razonable. En situaciones más complejas, por un enlace dado pueden estar flu-

yendo diferentes tipos de mensajes. De ese modo pueden tomarse algunas variaciones. Una posibilidad es la de considerar el valor de la longitud del mensaje en el enlace i (para un número relativo de mensajes) de una longitud particular fluyendo a través del enlace. Así se podrá definir :

$$1/u_i = \sum_{\text{enlace } i} [(\gamma_{jk} / \mu_{jk}) / \lambda_i]$$

Dicha suma muestra, sobre el enlace i , los mensajes que se originan en J y cuyo destino es K . Considérese, por ejemplo, el enlace 7 Babahoyo-Machala. Si se asume que el promedio de mensajes desde Esmeraldas a Machala posee 300 bits de longitud y los de Babahoyo a Machala poseen 400 bits de longitud, usando junto a esto el tráfico dado en la tabla II, se obtendrá:

$$\begin{aligned} 1/u_7 &= \\ &= \frac{\gamma_{32}(1/u_{32}) + \gamma_{52}(1/u_{52})}{\gamma_{32} + \gamma_{52}} = \frac{0,28(400) + 1,4(300)}{1,69} \\ &= \frac{112 + 423}{1,69} = \frac{535}{1,69} = 316,56 \text{ bits} \end{aligned}$$

Pero generalmente se tendría que estimar para diferentes longitudes de mensajes en las

dos distintas direcciones.

Para líneas duplex, se podrían escoger capacidades para hacer la estimación en la dirección de tráfico más fuerte.

Con los dos factores, demanda de tráfico del enlace λ_i y la longitud promedio de los mensajes $1/u_i$, definidos en un caso típico, se está en posición de determinar el efecto de la capacidad del enlace en el retardo de tiempo del mensaje.

Para la aplicación de las ecuaciones de la red, establecidas en el capítulo anterior, se considerará primero que todos los mensajes poseen la misma longitud promedio $1/u$, de lo que se concluye que sobre toda la red, la capacidad en mensajes/seg está fijada en $uC=449,29$ mensajes/seg. Por lo tanto, para la red se tendrá una intensidad de tráfico igual a:

$$\rho = \lambda / u * C = 31,99 / 449,294 = 0,0712$$

Lo cual indica que la red está levemente cargada ya que $\rho \ll 1$.

Para el desarrollo de las capacidades correspondientes a los enlaces, la constante denominada $\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j} = \sqrt{\lambda_1 / u_1} + \dots + \sqrt{\lambda_7 / u_7} = 363,2$

ASIGNACION DE CAPACIDADES PARA CADA ENLACE EN FUNCION DEL TRAFICO, PARA LUEGO DETERMINAR LA CAPACIDAD OPTIMA Y EL TIEMPO MINIMO DE DICHO ENLACE.

PRIMER METODO (Método de la raiz cuadrada).

$$C_i \text{ opt} = \frac{\lambda_i}{u_i} + \frac{C \cdot (1 - \rho)}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}} \sqrt{\lambda_i / u_i}$$

$$T_i = \frac{1}{u_i * C_i - \lambda_i} ; \bar{T}_{\text{min}} = \frac{(\sum \sqrt{\lambda_i / u_i})^2}{\sum (C - C_i)}$$

De acuerdo al tráfico hallado en el estudio anterior:

$$C = \sum_{i=1}^7 C_i = 320,796 \text{ Kbits/seg.}$$

Se considera la misma $1/u$ para los mensajes.

$$1/u = 714 \text{ bits/mensaje}$$

$$u \cdot C = 320796 \frac{\text{bits}}{\text{seg}} * \frac{1}{714} \frac{\text{mens}}{\text{bits}} = 449,294 \frac{\text{mens}}{\text{seg}}$$

Sea el tamaño de los paquetes en la red.

$$1/u_1 = 800$$

$$1/u_2 = 1000$$

$$1/u_3 = 300$$

$$1/u_4 = 850$$

$$1/u_5 = 400$$

$$1/u_6 = 1000$$

$$1/u_7 = 650$$

$$1/u = (1/u_1 + 1/u_2 + 1/u_3 + 1/u_4 + 1/u_5 + 1/u_6 + 1/u_7) / 7 = 714,28$$

Factor de intensidad de tráfico:

$$\rho = \frac{\lambda}{u * C} = \frac{31,99}{449,29} = 0,071 = 0,1$$

Por lo tanto está levemente cargada.

ENLACE 1 .

$$C1_{opt} = \frac{8,47 \text{ msj} * 800 \text{ bit} + 320796 (1-0,1) \sqrt{8,47 * 800}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}} \\ = 6776 + 65424,157 = 72200,524$$

C1 opt= 72,200 Kbits/seg.

ENLACE 2 .

$$C2_{opt} = \frac{9,24 * 1000 + 320796 (0,9) \sqrt{9,24 * 1000}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}} \\ = 9249 + 76399,37 = 85648,385 \\ = 85,648 \text{ Kbit/seg.}$$

ENLACE 3 .

$$C3 \text{ opt} = 7,7 \cdot 300 + \frac{320796(0,9) \sqrt{9,24 \cdot 1000}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}}$$

$$= 40,525 \text{ Kbit/seg}$$

ENLACE 4 .

$$C4' \text{ opt} = 2,93 \cdot 850 + \frac{320796 \cdot (0,9) \sqrt{2,93 \cdot 850}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}} =$$

$$= 2490 + 39769,6 = 42260,14$$

$$= 42,260 \text{ Kbit/seg.}$$

ENLACE 5 .

$$C5' \text{ opt} = 0,99 \cdot 400 + \frac{320796 \cdot 0,9 \sqrt{0,99 \cdot 400}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}} =$$

$$= 396 + 15804,42 = 16200,42$$

$$= 16,200 \text{ Kbit/seg}$$

ENLACE 6 .

$$C6 \text{ opt} = 1,90 \cdot 1000 + \frac{320796 \cdot 0,9 \sqrt{1,905 \cdot 1000}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}} =$$

$$= 1905 + 34689,766 = 36594,766$$

$$= 36,594 \text{ Kbit/seg}$$

ENLACE 7 .

$$C7_{opt} = 1,6 * 650 + \frac{320796 * 33,14 * 0,9}{\sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j}}$$

$$= 27379,43 \text{ bit/seg} = 27,37 \text{ Kbit/seg.}$$

Para el caso en que los mensajes viajen en sentido contrario, las capacidades de los enlaces serán:

$$\text{Sea: } \sum_j \sqrt{\lambda_j / u_j} = 363,53 .$$

$$C1' = \frac{7,56 * 800 + 320796(0,9) \sqrt{7,56 * 800}}{363,53} = 67805,17$$

$$C2' = \frac{7,75 * 1000 + 320796(0,9) \sqrt{7,75 * 1000}}{363,53} = 77666,8$$

$$C3' = \frac{6,75 * 300 + 320796(0,9) \sqrt{6,75 * 300}}{363,53} = 37764,108$$

De igual forma se desarrollará, para el caso del cálculo de las capacidades de los enlaces en sentido contrario, pero se tomará sólo una de las dos direcciones para simplificar el desarrollo del diseño.

Los resultados anteriores, correspondientes al cálculo de las capacidades en una de las direcciones, se mostrarán en la TABLA III.

Una vez determinadas las capacidades por el método señalado se procede a calcular el re-

tardo de tiempo producido por la transmisión del mensaje y el almacenamiento (tiempo de espera para transmitir).

$$T_i = \frac{1}{u_i * C_i - \lambda_i}$$

$$T_1 = 1 / (1/800 * 72200 - 8,47) = 0,01222 \text{ seg msj}$$

$$T_2 = 1 / (1/1000 * 85648,3 - 9,24) = 0,0130 \text{ seg msj}$$

$$T_3 = 1 / (1/300 * 40527,6 - 7,76) = 0,0078 \text{ seg msj}$$

$$T_4 = 1 / (1/850 * 42260,1 - 2,12) = 0,0210 \text{ seg msj}$$

$$T_5 = 1 / (1/400 * 16200,4 - 0,75) = 0,0251 \text{ seg msj}$$

$$T_6 = 1 / (1/1000 * 36594,7 - 1,90) = 0,0288 \text{ seg msj}$$

$$T_7 = 1 / (1/650 * 27379,4 - 1,69) = 0,02473 \text{ seg msj}$$

SEGUNDO METODO.

Se asume que los mensajes poseen la misma estrategia de asignación, o sea la misma longitud promedio:

$$\frac{1}{u} = \sum_{i=1}^7 \frac{1}{u_i} = 714 \frac{\text{bits}}{\text{mensaje}}$$

$$u = 1/714 \frac{\text{mensajes}}{\text{bit}}$$

La capacidad total simplemente es dividida por igual entre todos los enlaces, independientemente del tráfico del enlace.

$$C = \sum_{i=1}^7 C_i = 320796 \frac{\text{bits}}{\text{seg}}$$

$$\Rightarrow u * C = \frac{1}{714} \frac{\text{msj}}{\text{bit}} * 320796 \frac{\text{bit}}{\text{seg}} = 449,29 \frac{\text{msj}}{\text{seg}}$$

$$\begin{aligned} \text{luego: } u * C_i &= u * \left(\frac{C}{7} \right) = \frac{449,29}{7} = 64,18 \frac{\text{msj}}{\text{seg}} \\ &= 64,18 * 714 = 45,82 \text{ Kbit/seg} \end{aligned}$$

$$T_i = \frac{1}{u_i * C_i - \lambda_i}$$

Desarrollando para cada enlace se tendrá:

$$T_1 = 1 / (64,18 - 8,47) = 0,0179 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

$$T_2 = 1 / (64,18 - 9,25) = 0,01820 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

$$T_3 = 1 / (64,18 - 7,76) = 0,01772 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

$$T_4 = 1 / (64,18 - 2,12) = 0,01611 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

$$T_5 = 1 / (64,18 - 0,75) = 0,01576 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

$$T_6 = 1 / (64,18 - 1,91) = 0,01605 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

$$T_7 = 1 / (64,18 - 1,7) = 0,01605 \frac{\text{seg}}{\text{msj}}$$

TERCER METODO.

Por asignación proporcional

$$C_i \text{ prop} = \frac{C * \lambda_i}{\lambda}$$

$$C_1 = \frac{320796 * 8,47}{31,99} = C * \frac{\lambda_1}{\lambda} = 84,93 \text{ Kbits/seg}$$

$$C_2 = \frac{320796 * 9,24}{31,99} = 96,658 \text{ Kbit/seg}$$

$$C_3 = \frac{320796 * 7,76}{31,99} = 77,817 \text{ Kbit/seg}$$

$$C_4 = \frac{320796 * 2,12}{31,99} = 21,259 \text{ Kbit/seg}$$

$$C_5 = \frac{320796 * 0,75}{31,99} = 7,521 \text{ Kbit/seg}$$

$$C_6 = \frac{320796 * 1,91}{31,99} = 19,153 \text{ Kbit/seg}$$

$$C_7 = \frac{320796 * 1,69}{31,99} = 16,947 \text{ Kbit/seg}$$

CALCULO DEL TIEMPO DE RETARDO MINIMO Y MEDIO EN CADA UNO DE LOS METODOS DESARROLLADOS.

PRIMER METODO.

$$\bar{T}_{\min} = \frac{7}{\lambda * C * (1 - P)} \sqrt{\sum \lambda_i / u_i}$$

$$\gamma = \sum_i \lambda_i = 31,99 \text{ msj/seg.}$$

$$\bar{T}_{\min} = \frac{[(82,3+96,1+48,2+42,4+17,3+43,6+33,1)]^2}{31,99 (320796) (0,9)}$$

$$\bar{T}_{\min} = 0,01426 \frac{\text{seg}}{\text{msj}} = 14,26 \frac{\text{mseg}}{\text{msj}}$$

SEGUNDO METODO .

$$\gamma = \sum_i \lambda_i = 31,99$$

$$\sum_i \lambda_i * T_i = 8,47(0,0179) + 9,25(0,01820) + 7,76(0,0177) + 2,12(0,01611) + 0,75(0,01576) + 1,91(0,016059) + 1,7(0,016005) = 0,56124.$$

$$\bar{T}_{\text{igual}} = \frac{1}{\gamma} \sum_i \lambda_i * T_i = \frac{0,56124}{31,99} = 17,54 \frac{\text{mseg}}{\text{msj}}$$

TERCER METODO .

$$\bar{T}_{\text{prop}} = \frac{1}{\gamma} \sum_i \lambda_i * T_i =$$

$$\text{donde } T_i = 1/\mu_i * C_i - \lambda_i$$

$$T_1=0,01023 ; T_2=0,01198 ; T_3=0,00397 ; T_4=0,04368 ; T_5=0,05539 ; T_6=0,05795 ; T_7=0,041$$

luego aplicando ; $\sum_i \lambda_i * T_i = 8,47(0,01023) + 9,24(0,01198) + 7,76(0,00397) + 2,12(0,04368) + 0,75(0,05539) + 1,91(0,05795) + 1,69(0,041) = 0,542114 ;$

$$\bar{T}_{\text{prop}} = 0,542114/31,99 = 0,01694 \frac{\text{seg}}{\text{msj}} = 16,94 \frac{\text{mseg}}{\text{msj}}$$

TABLA III

RED DE DATOS PARA LA REGION DEL LITORAL

Asignación de capacidades(Full Duplex)

CAPACIDAD AÑADIDA (Kbit/seg)

ENLACE	DEMANDA		IGUAL			
	DEMANDA VIA	RAIZ CUADRA DA	Ti aseg	ASIG NACION	Ti aseg	PROPOR CIONAL
1	8,47	72,20	12,2	45,82	17,9	84,93
2	9,24	85,64	13,1	45,82	18,2	92,65
3	7,76	40,52	7,9	45,82	17,7	77,81
4	2,12	42,26	21,0	45,82	16,1	21,25
5	0,75	16,20	25,2	45,82	15,7	7,52
6	1,90	36,59	28,8	45,82	16,1	19,15
7	1,69	27,37	24,7	45,82	16,0	16,94

 $\bar{T}_{igual}=17,54\text{aseg}$ $\bar{T}_{ain}=14,26\text{aseg}$ $\bar{T}_{prop}=16,94\text{aseg}$

4.3.-LONGITUD, UTILIZACION, TIPOS (DESCRIPCION) DE LOS REPETIDORES OPTICOS.

El repetidor es usado a lo largo del enlace, y cabe indicar que la señal sólo puede ser regenerada si se encuentra en su forma eléc-

trica. Por eso el receptor óptico acepta la señal de línea para convertirla en su forma original que es la forma eléctrica y, de esta manera, enrutarla hacia el receptor '3R', cuya función es reformar, resincronizar y regenerar la señal.

Después de la amplificación, la señal regenerada es convertida otra vez a su forma óptica, mediante las interfaces ópticas, para su posterior transmisión.

Un repetidor bidireccional regenerativo admite la regeneración en sus dos direcciones de transmisión separadamente.

En algunos sistemas, los repetidores simplemente consisten de dos terminales ópticos, dispuestos en una configuración de sentidos opuestos (uno de espaldas al otro).

La Fig. 4.1 muestra los principios operativos de un repetidor óptico que está instala-

do a lo largo de un enlace, con un cable óptico cualquiera y con sus respectivas facilidades de supervisión remota .

Para el caso del presente diseño, los repetidores ópticos podrán ser colocados a una distancia de 38 Km, que fué la distancia obtenida debido al tipo de fibra así como a los emisores y receptores ópticos. En la actualidad hay resultados de pruebas experimentales según los cuales, con los nuevos componentes de fibras ópticas, se podrán colocar repetidores para distancias de hasta 200 Km. Esto demuestra la gran eficiencia la utilización de estos sistemas hoy en día.

PROCESAMIENTO DE ALARMAS.

Varios tipos de alarmas se tienen para asegurar la indicación de una falla en una señal o la desincronización del reloj. Una señal de indicación de alarma (AIS), o señal azul, es introducida al convertidor de códigos de algunos sistemas ópticos, y la unidad de alarmas habilita el procesamiento de alarmas generadas por uno o más terminales.

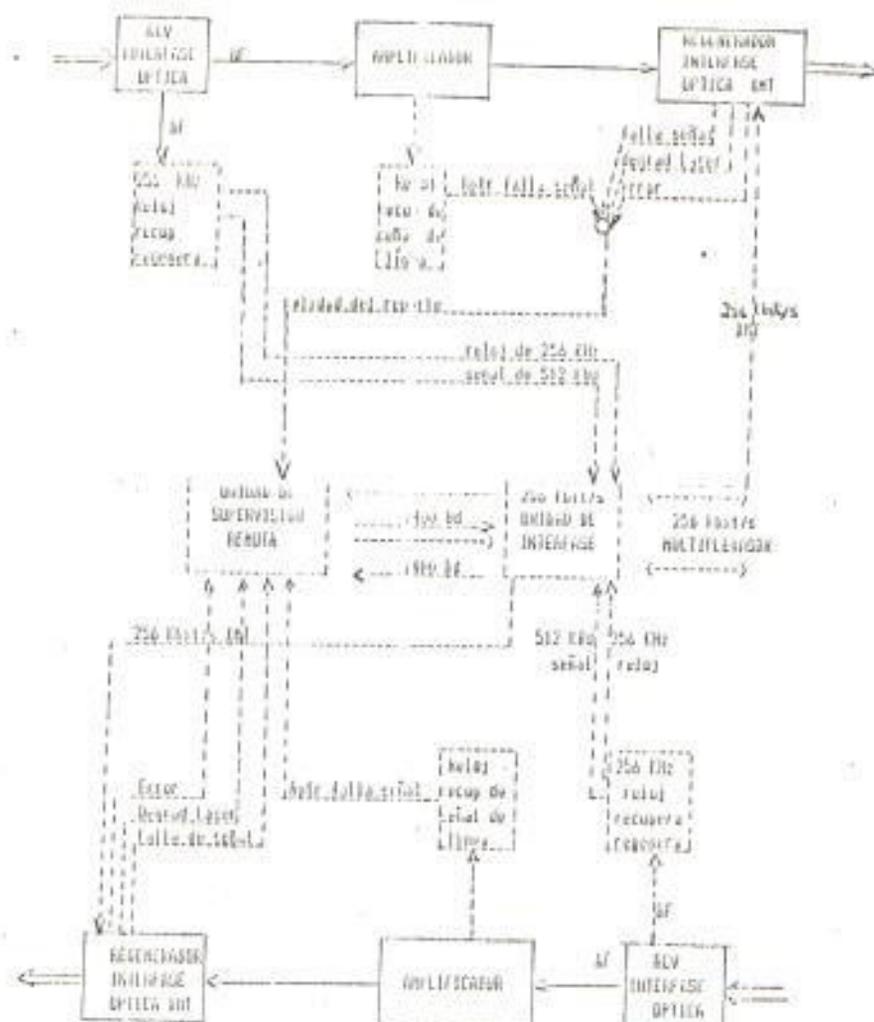


Fig 4.1 Principios de funcionamiento de un repetidor regenerativo óptico.

La figura superior muestra los principios operativos de un típico repetidor óptico, instalado a lo largo de un enlace equipado con arreglo de información y facilidad de supervisión remota. La señal de 256 Kbit/seg, de acarreo y mantenimiento de información, es separada de la señal de línea y enviada a una interfase de 256 Kbit/seg. El último envío de la información de supervisión remota y señal de arreglo de información a las unidades de procesamiento apropiadas.

La unidad de supervisión realiza un reporte del estado de calidad, basado en alarmas recibidas de otras unidades dentro del repetidor. La calidad del reporte del repetidor es enviada a través de una interfase de 256 Kbit/seg, la que la agrupa con las señales de arreglo de información y las envía a través de la línea de transmisión.

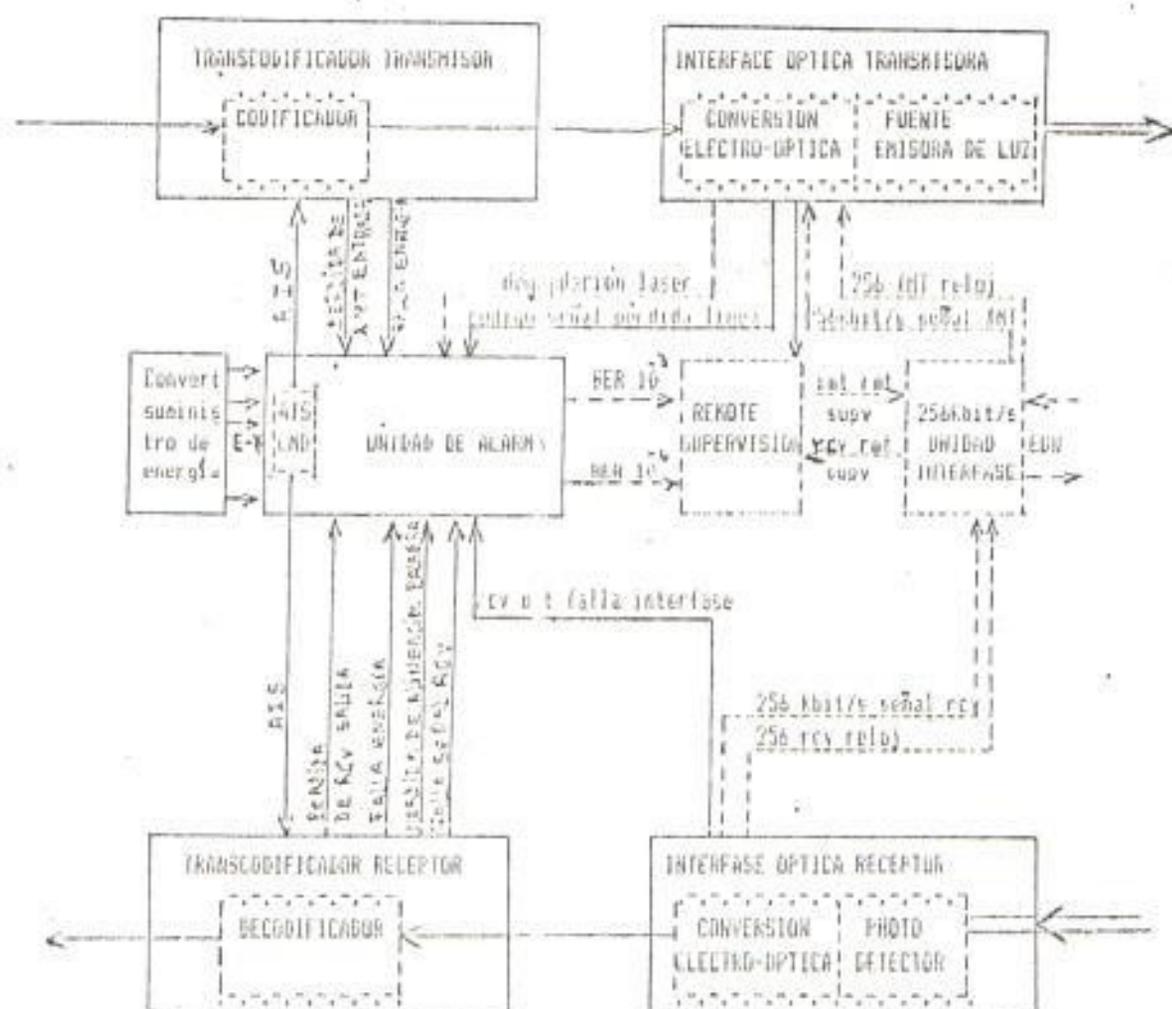


Fig 4.2 Principio de operación de un equipo terminal óptico.

les. En enlaces con equipos de supervisión remota, el equipo de alarma envía esta información junto con el BER (razón de error de bit) mayor a 10^{-3} o que esté entre los valores de 10^{-6} y 10^{-3} . Luego, el equipo de supervisión remota va a desarrollar el estado de calidad de los reportes emitidos sobre todo el sistema.

MANTENIMIENTO Y OPERACION DE LOS ENLACES.

Para facilitar la operación y mantenimiento de los enlaces, varias unidades y subsistemas de manejo de enlaces proveen también medios de comunicación para el manejo de la red.

4.3.1 EMISORES OPTICOS.

Los diodos emisores de luz (LEDs) y los diodos de inyección láser (ILDs), son las fuentes de luz más comúnmente usadas. Tanto los LEDs como los ILDs usan GaAs como material semiconductor básico que, con los dopantes apropiados, activa el rango de emisión desde 800 nm a 1000 nm. Dentro de la doble heterounión de la estructura del láser, el láser activo GaAs es rodeado por la capa del tipo P, GaAlAs, y una capa tipo N de GaAs que es depositado por un crecimiento epitaxial. La emisión de luz toma lugar en la unión PN, cuando un voltaje externo maneja los pares de electrones y huecos dentro de la unión. Estos electrones y huecos se recombinan rápidamente por transición de la banda de conducción, recombinándose dentro los electrones que son emitidos. Estos son emitidos a una longitud de onda proporcional a la caída de energía.

La luz emitida por un LED posee un ancho espectral de alrededor de 40 nm.

Dentro de un ILD, las capas finas o la heterounión que rodea la región activa poseen un índice de refracción más bajo, creando una cavidad resonante al plano de la unión PN.

Las figuras 4.3 y 4.4 muestran los tipos de fuentes de luz y sus respectivas formas de radiación.

Los rayos de luz viajan de un lado a otro de la cavidad simulando varias transiciones hasta que la luz es orientada en la misma dirección.

El ancho de la heterounión es bien mantenida bajo $1 \mu\text{m}$, para restringir la operación de los modos fundamentales transversos. Una banda de contacto geométrica es usada para confinar la radiación lateral y limitar la operación de uno a varios modos laterales. Un típico ILD, operando en varios modos longitudinales, tiene un ancho de línea espectral de sólo 1 a 3 nm. Ambos, tanto los LEDs como los ILDs, son modulados por la corriente de inyección. Por eso los ILDs emiten un nivel mayor de energía con pequeños cambios en la corriente de manejo, arriba de la de sostenimiento. La eficiencia cuántica para láseres de doble heterounión está en el rango de 10% a 50%, en contraste con el valor del 3% para los LEDs.

La eficiencia cuántica es la relación entre

los fotones emitidos con respecto a los electrones inyectados.

Po (potencia óptica) / If (corriente de manejo)



THE POLYMER RESEARCH CENTER
UNIVERSITY OF MICHIGAN

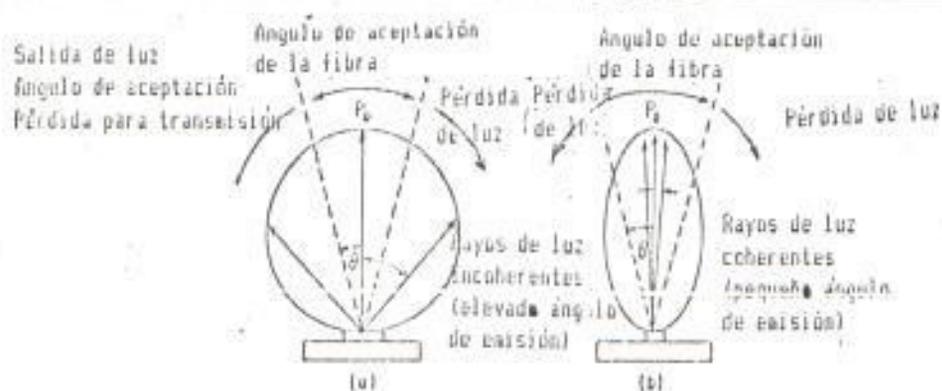


Fig 4.4 Formas de radiación de (a) Led y (b) Láser.

Mediante continuos mejoramientos en su fabricación, se ha logrado obtener LEDs de características de fuente de luz más viable para aplicación en comunicaciones de rango medio. Un LED de InGaAsP, que puede emitir 1,27 μm , ya está desarrollado, y se encuentra en la mínima región de atenuación de la fibra de sílica; el efecto por variación del dopamiento del diodo sirve para emitir longitudes de onda entre 1,05 a 1,35 μm con una energía de salida promedio de 500 μW y una modulación que puede ocurrir a unos 50 MHz.

La vida de los ILDs y los LEDs se extiende sobre las 10000 horas bajo condiciones de operación normal.

Los cambios de luz vs corriente, durante la vida del láser, son mostrados en la Fig. 4.5

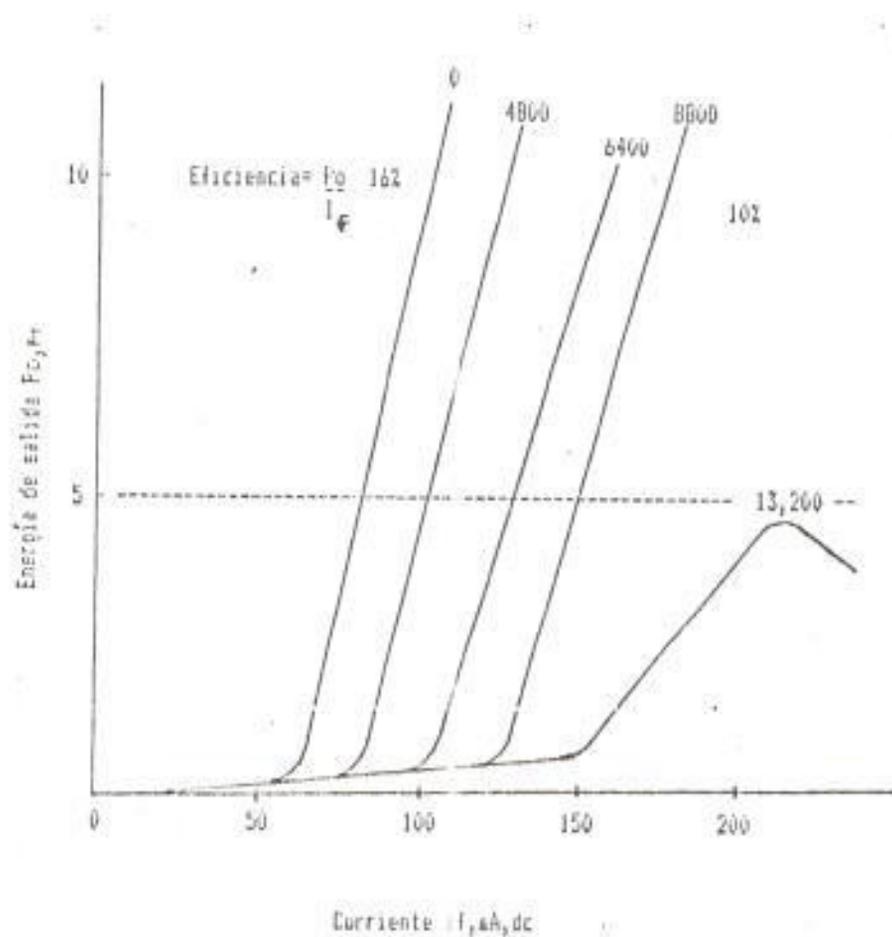


Fig 4.5 Cambio de Luz vs Corriente durante la vida del láser.

4.3.2 RECEPTORES OPTICOS.

Cuando se ilumina una unión de semiconductores y se hace una conexión a ambos lados de la unión, por dicha unión circulará una corriente durante el periodo en que esté iluminada. Tal efecto es denominado efecto fotovoltaico, que es el mismo que opera en el caso de las celdas solares. En este caso la celda genera un FEM cuando es iluminada.

Una corriente de oscuridad fluye a través del circuito del fotodiodo, cuando no hay luz incidente en éste. Si un voltaje externo es aplicado en dirección inversa en la unión PN, la corriente también fluirá bajo iluminación. La corriente generada está compuesta por corriente de luz y corriente de oscuridad (inversa). La corriente de oscuridad podría permanecer constante, para voltajes fijos y condiciones de temperatura estables.

La fotocorriente podría variar linealmente con la intensidad de luz incidente.

Una buena aproximación para el coeficiente de temperatura de la corriente de oscuridad

es que éste se duplica cada 10 grados centígrados que aumente la temperatura de operación.

La figura a continuación muestra una respuesta espectral típica en un fotodiodo PIN (positivo-intrinseco-negativo), bajo condiciones de operación normal. El rango espectral está desde 0.35 a 1.13 μm , que va de lo más cerca de ultravioleta a lo más cerca de infrarrojo. La sensibilidad (respuesta) con un pico típico de 0.9 μm , es de aproximadamente 0.5 $\mu\text{A}/\mu\text{W}$.

La eficiencia cuántica en un típico PIN es de:

$$\text{Q.E.} = 124 \frac{S}{\lambda} \%$$

donde S = sensibilidad, ($\mu\text{A}/\mu\text{W}$)

y λ = longitud de onda, (μm)

La energía de ruido (NEP), es una fórmula importante que define la energía requerida para generar una fotocorriente igual a la corriente ocasionada por el ruido del fotodiodo de avalancha.

La fórmula es:

$$\text{NEP (W/Ancho de banda)} = \frac{\text{corriente ruido}}{\text{sensitividad}}$$

$$= \frac{(A/\sqrt{\text{ancho de banda}})}{(A / W)}$$

Donde el ancho de banda está en Hertz.

Los detectores ópticos desarrollados operan en sistemas de longitud de onda de 800-1200 nm y son de dos tipos: el PIN y el APD (fotodiodo de avalancha).

4.4.- ESTRUCTURA DEL SISTEMA.

El sistema se encuentra estructurado en dos partes: los procesadores de comunicación, que reciben la información de las computadoras conectadas al sistema y realizan la función de cambiar la codificación que está entrando al mismo (procesarla), y enrutarla de acuerdo a procedimientos de enrutamiento y control de flujo escogidos para el sistema a usar; mientras que la otra parte del sistema se encarga de convertir la señal codificada del conductor de cobre en las in-

terfaces ópticas, o sea, hacer la conversión de señales eléctricas a señales ópticas en dichas interfaces. La segunda parte del sistema es indicada en la figura que se muestra a continuación:



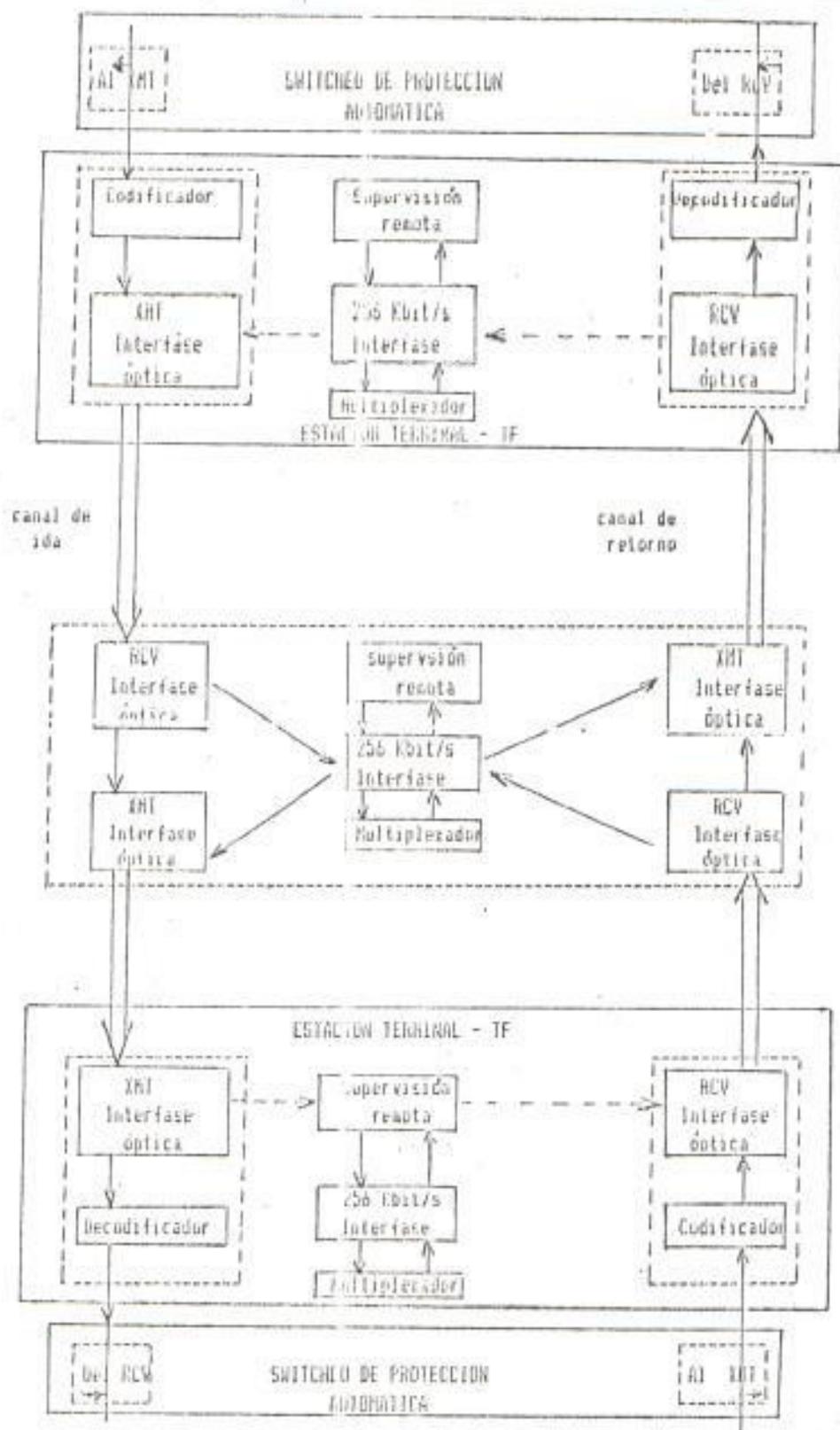


Fig 4.6 Organización de un enlace de fibras ópticas.

En la figura anterior se muestra que el enlace típico está compuesto por dos estaciones terminales junto con una estación intermedia opcional.

El terminal óptico codifica la señal que está entrando y se asegura de convertir las señales eléctricas en ópticas para su posterior transmisión. Si un subsistema de supervisión remota es asociado con los terminales de fibras ópticas, éste envía un reporte a un interface de 256 Kbit/seg para ser transmitido con la señal de línea; dicho terminal asegura que la recepción también funcione.

Una estación intermedia típica está compuesta por repetidores regenerativos que tienen una triple función: convertir la señal eléctrica en una señal óptica, regenerar la señal de línea, y volver a convertirla en señal luminosa para la transmisión óptica. En caso de falla, en cada estación terminal el APS (no mostrado) conmuta el tráfico hacia un enlace de reserva.

PRINCIPIO DE OPERACION DE UN EQUIPO TERMINAL OPTICO.

Un enlace de fibra óptica está equipado con supervisión remota y facilidades de manejo del cableado. Estos terminales son instalados en ambos extremos del enlace e incluyen una supervisión remota y unidades de interface de 256 Kbits/seg. Esta interface acepta señales acarreadas del ordenador y del informador de supervisión remota para que, en la línea activa, sean enviadas al transcodificador de transmisión donde son multiplexadas con la señal de línea y del transcodificador, o a la interface del transmisor óptico donde son sobremoduladas sobre el estado 1 del láser, así el canal de 256 kbit/seg es transmitido en la misma portadora de la señal de luz.

El equipo interno de supervisión remota asegura el mantenimiento y manejo de todo el equipo a lo largo del enlace. Este puede interrogar sobre cualquier unidad individual e indicar el actual estado de calidad.

ENRUTAMIENTO Y CONTROL DE FLUJO.

En los diversos tipos de redes que existen, cada uno usa diferentes técnicas de enrutamiento de los mensajes provenientes de un origen y dirigidos a un destino especificado. Por ejemplo, en el caso del sistema TYMNET, un sistema de supervisión central establece la ruta de los mensajes cada vez que el usuario se conecta a la red, y además se puede agregar a éste un algoritmo de enrutamiento de menor costo. Para el caso del sistema SITA, se usa una técnica de enrutamiento fijo que posee rutas entre todos los pares origen-destino, y que están especificadas bajo el algoritmo del camino más corto. Las opciones de las rutas que están siendo usadas en este caso son escogidas en base a una prioridad especificada. Estas rutas son modificadas varias veces al año.

Finalmente, en la red a diseñar, en cuyos equipos y en el propio diseño posee una gran similitud con la red ARPA, se usarán algoritmos de enrutamiento local adaptativo, en el que cada nodo toma su propia decisión con

respecto a los enlaces de salida para asociarlos a sus respectivos destinos. Esto se hará a través del intercambio de información con sus vecinos más cercanos, en intervalos de un segundo.

Es de anotar que los tres ejemplos mencionados cubren una variedad de aproximaciones para el establecer el enrutamiento de los mensajes y para su almacenamiento y envío dentro de la red. Las rutas pueden ser clasificadas en enrutamiento tipo CENTRAL, como es el caso de las redes TYMNET y SITA, o de tipo LOCAL, como es el caso de nuestra red y de la red ARPA; estas redes también pueden ser fijas y determinísticas, en que se escoge sobre la base de un promedio de tráfico estadístico (como la red SITA), o pueden ser fijadas durante los intervalos de entrada de los mensajes, y así varían con la demanda (como la red TYMNET), o siguen una estrategia de control estadístico (como es el caso de nuestra red y de la red ARPA).

Por tal motivo, se puede observar que no existe una única forma de enrutar los mensajes. Es de anotar que el estudio comparativo del enrutamiento de los mensajes esta recién en desarrollo, y trabajos en esta área se han llevado a cabo por investigadores para satisfacer la gran demanda de este tipo de redes. Para nuestra red únicamente se hará un estudio analítico del enrutamiento adaptativo.

El problema básico de enrutamiento es el de establecer caminos, usualmente incorporados en los diferentes enlaces de la red. La implementación de las rutas escogidas consiste en colocar cada nodo a lo largo de un camino, en una tabla de enrutamiento de los mensajes con una dirección de destino y en el enlace de salida apropiado del nodo en cuestión. Dicha tabla y la tabla de procedimientos registrados, son almacenados en la memoria y en los programas del computador del nodo que está procesando.

Técnica Determinísticas:

Este tipo de algoritmo no se adapta a los cambios en el tráfico, pero puede ser diseñado para proveer un funcionamiento satisfactorio en un promedio que se encuentre sobre el rango de la intensidad de tráfico. Opcionalmente puede ser diseñada de una forma muy simple, de tal forma que requiera pocos cálculos y muy pocas señales de información. Aquí las rutas son escogidas para minimizar el tiempo de retardo promedio, de tal forma que los algoritmos asumen la matriz de tráfico de la red que han sido dados, y luego halla el camino que represente el menor tiempo. Estas tablas pueden ser actualizadas cada cierto tiempo (periódicamente), o cada vez que la red sufra cambios de consideración. Para esto se requiere un control central, que estime continuamente el tráfico de la red, lleve a cabo cálculos de enrutamiento, y transmita las tablas de enrutamiento adecuadas a los nodos en cuestión.

Enrutamiento Aleatorio:

Como en el caso determinístico, existe una

variedad de algoritmos de enrutamientos que pueden ser considerados bajo la categoría de aleatorios. Estos algoritmos pueden agruparse en: control local (distribuidos) o control central. Estas pueden de igual forma agruparse en estrategias fijas con o sin ningún cálculo, o estrategias más complejas adaptativas, tales como las usadas en nuestra red, la red ARPA y otras redes.

Como hemos mencionado varias veces, nuestra Red de Datos en el Litoral, llevaría consigo una estrategia de enrutamiento aleatorio adaptativo, este es un ejemplo de dichos algoritmos de enrutamiento en el cual cada nodo lleva consigo una estimación y decisión del menor tiempo, sobre bases determinadas en forma local o descentralizada para las salidas de los enlaces, estimando de esta manera el menor tiempo de retardo a un destino dado.

Un típico nodo X con sus nodos vecinos es mostrado en la figura a continuación.

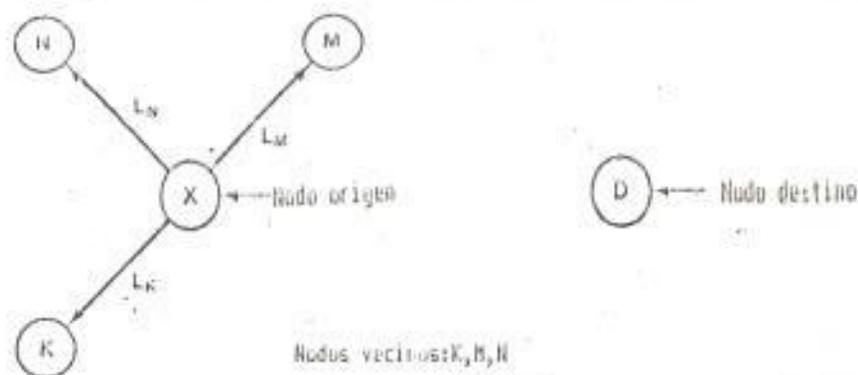


Fig 4.7 K, M, N son nodos vecinos del nodo típico dentro de la red.

		Caminos de salida		
		L_K	L_M	L_N
D ↓	1	0.5	0.4	0.6
	2	0.3	0.6	0.7
	⋮	⋮	⋮	⋮
	10	0.4	1.0	0.5

* Tabla de retardo

Fig 4.8 Tabla de retardo para el nodo X, en los 10 nodos de la red.

Asumamos que el nodo X , realiza un estimado $T(X,D,L_n)$ del tiempo tomado para que el mensaje viaje desde el nodo actual X al nodo destino D , a través del nodo vecino N , esto podrá ser almacenado en la tabla de retardo como se muestra a continuación.

Donde para cualquier destino D , la mínima entrada dentro de la tabla de retardo, provee el enlace de salida apropiado sobre el cual el mensaje enrutado es destinado hacia D . Estos son mostrados encerrados en círculos.

A routing table for node X. It consists of a vertical column of nodes (1, 2, ..., 10) and a vertical column of corresponding distances (L₁, L₂, ..., L_X). A downward-pointing arrow labeled 'D' is positioned to the left of the node column, indicating that the values represent distances.

1	L ₁
2	L ₂
⋮	⋮
10	L _X

Fig 4.9 Tabla de enrutamiento para el nodo X, en los diez nodos de la red.

Las correspondientes líneas de salida son mostradas en las tablas de enrutamiento mostrado a continuación. Tres nodos destinos de entrada son solamente mostrados en éste ejemplo, mientras que la red asume tener 10 nodos en conjunto.

El tiempo mínimo de retardo estimado, para ser colocado en la tabla de enrutamiento, es tá dado matemáticamente por:

$$T(X,D)/\min = \min_{Ln} T(X,D,Ln)$$

La forma como son estimados los tiempos de retardo $T(X,D,Ln)$ que van a ir en la tabla de retardo será:

Un procedimiento particularmente simple consiste en usar como tiempo de retardo estimado del número de mensajes esperando en la pila (queue) para una línea de salida en particular. Este es denominado como algoritmo de la pila mas corta mas cero. El tiempo estimado aquí, es así el retardo de la pila en el nodo en cuestión. Otra variación es la de alinear varias pilas de salida, seleccionando

entre las ordenadas a la que esté libre. Si ninguna está libre, el mensaje esperará hasta que la línea se vuelva a desocupar, esta última corresponderá a la de la pila más corta.

Otra técnica de enrutamiento local de tipo adaptativo, que posee nodos en la vecindad transmitiendo información de uno a otro, en un esfuerzo de mejorar el tiempo estimado de la ecuación $T(X,D) / \min$, es el que tenemos en el algoritmo de la red ARPA, donde los vecinos intercambian en tiempos periódicos, sus mínimos tiempos estimados que son requeridos para alcanzar sus destinos particulares. El nodo cuestionado, adiciona a su valor estimado el tiempo requerido para trasladarse a su nodo vecino (específicamente el retardo de pila sobre el enlace de salida apropiado). Específicamente el nodo N podrá transmitir a todos sus vecinos, la cantidad $T(N,D) / \min$, como es el caso de la ecuación $T(X,D) / \min$, que representa el mínimo tiempo estimado para alcanzar el destino D. El nodo X podrá adicionar a este $T(X, Ln)$, su

retardo de pila estimado sobre el enlace Ln. Por lo tanto, el tiempo estimado para ir del nodo X , hacia el nodo destino D , a través del enlace de salida N; estará dado por:

$$T(X,D,Ln) = T(X,Ln) + T(N,D)/\min + Dp$$

Este retardo estimado será el colocado, en la tabla de retardo del nodo X.

Es de observar el término Dp que esta siendo adicionado, al valor estimado del nodo N. Esto fue hallado necesario para reducir los efectos del enlazamiento . Esta técnica mencionada, es denominada Algoritmo de enrutamiento del tiempo más corto mas carga de desvío.

El término de desvío Dp , ha sido adicionado como un valor óptimo , normalmente hallado a partir de estudios de simulación, que existe y es realmente demostrado. Si el valor de Dp es muy pequeño , los efectos del enlazamiento existirán como fue observado anterior

mente, con el correspondiente incremento del retardo de tiempo. Por otro lado asumiremos un D_p grande comparado con el retardo de pila en cada nodo. Cada nodo en el envío a sus vecinos, estima un incremento esencial sobre el estimado, en un valor D_p . Por lo tanto el tiempo de retardo desde un nodo típico como es el caso de X , hacia un destino D vía L_n , será:

$$T(X,D,L_n) = M \cdot D_p$$

Donde M es el número de enlaces estimados entre X hacia D , vía L_n .

Una típica curva de simulación, mostrando las variaciones del retardo de tiempo promedio para un paquete, con respecto a determinados D_p , es mostrado en la figura a continuación, donde el valor óptimo de D_p , está determinado alrededor de los 60 mseg.

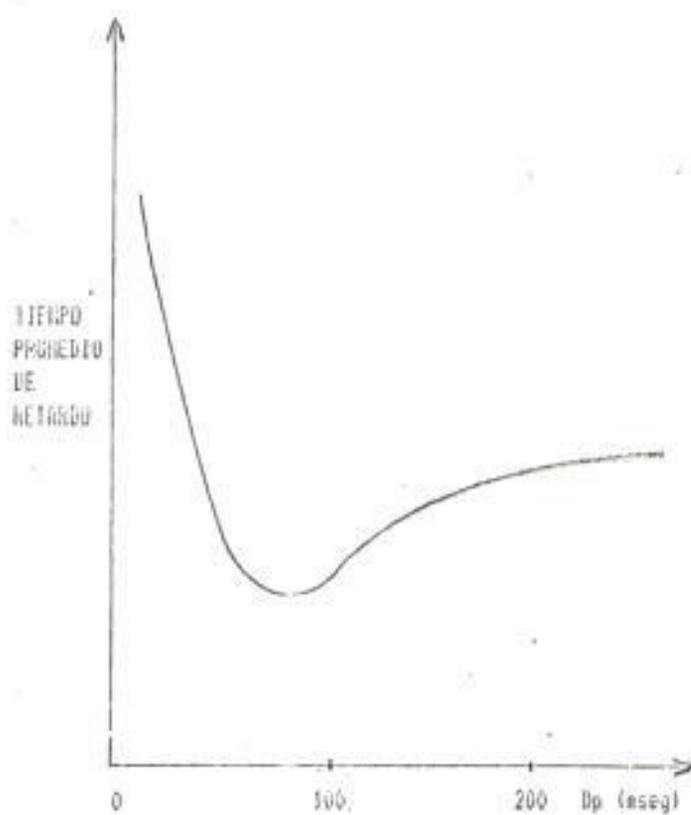


Fig 4.10 Algoritmo de enrutamiento del tiempo más corto, más carga de desvío. Variación con respecto a la constante carga de desvío.

4.5 EQUIPOS TERMINAL PARA CENTRALES.

4.5.1 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS.

La función de comunicar es llevada a cabo por una minicomputadora nodal de procesamiento de comunicaciones, llamada IMP (interface de procesamiento de mensajes) en la red. Esta es una versión modificada de la máquina DDP-516 de HONEYWELL.

Además se ha creado un sistema de función similar al anterior, pero que posee la ventaja de poder conectar terminales en forma directa al procesador de comunicaciones, sin tener que pasar necesariamente a través del computador principal (HOST). Para este uso se cambió el anterior IMP por el TIP (interface de procesamiento de mensajes de terminales), que es introducido en la red como un concentrador nodal de la misma forma. Este equipo está basado en el computador HONEYWELL H - 316. Tanto los IMPs como los Tifs agrupan la sub-red de comunicaciones que está conectada con líneas de comunicación de

banda ancha o enlaces primarios de 64 Kbps de capacidad.

Es de anotar que en caso que en el futuro se quiera interconectar la región insular con esta red, eso se podrá realizar a través de enlaces vía satélite. Los IMPs poseen una capacidad de conexión de hasta cinco HOST o cinco líneas de computadores principales diferentes.

En el caso del equipo convertidor a señales ópticas, el equipo usado es el TF 8, que es un sistema de línea de fibra óptica de 8 Mbit/seg, sistema cuya característica es la de proveer transmisiones digitales a 8 Mbit/seg, que pueden soportar hasta 120 VF (canales de voz) o el equivalente en datos. El medio de transmisión en este caso puede ser fibras de índice gradual multimodo o fibras ópticas monomodo. Su principal característica es que los enlaces pueden estar colocados desde 10 hasta 22 Km sin necesidad de utilizar repetidores (en el caso de que los nodos se encuentren colocados a distancias en tal

rango). Para distancias mayores a 22 Km, si será necesaria la colocación de repetidores.

4.5.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN LA APLICACION DE UNO CON RESPECTO A DTRQ .

En nuestro caso se recomienda usar el sistema TF 8, que es un sistema de línea y que enlazará los nodos DDP-516 o los del tipo H-316; la capacidad del TF 8 es de 120 canales. Cabe indicar como punto importante que con el sistema TF 8 existirá una capacidad muy superior a la requerida actualmente, ya que por enlace de transmisión exclusiva de datos se necesitará a lo sumo 2 canales de los 120 (de 64 Kbit/s). Por lo tanto, el sobrante de canales podrá ser acoplado a la demanda de canales telefónicos, a través de un sistema llamado ISDN (sistema de red digital integrada). Con esto se podrá compensar la instalación de un sistema con tal ca-

capacidad de transmisión.

Los otros sistemas de línea de fibra poseen una capacidad mayor aún, por lo cual no sería justificado implementarlos.

4.5.3.-RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE ESTOS SISTEMAS EN LA RED DISEÑADA.

Es importante recalcar que la capacidad de los enlaces que interconectan la red será suficiente para satisfacer el flujo de datos entre los concentradores. Por lo tanto, los algoritmos desarrollados para el enrutamiento y control del flujo, en caso de acumulación de información, no se llegarán a aplicar puesto que la capacidad de los enlaces es superior al flujo de datos a través de éstos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .

A través de esta tesis es posible observar el notable incremento en el desarrollo de la informática y la gran demanda de datos que se está creando a nivel Nacional, siendo ya necesaria una red exclusiva para datos que evite las dificultades que se presentan en la interconexión entre la gran cantidad de redes de tipo privado que actualmente existen y continúan desarrollándose.

Es necesario anotar que la enorme capacidad del medio formado por la fibra óptica, junto con los correspondientes sistemas de enlace, constituyen factores fundamentales para evitar que se produzca un bloqueo del flujo de datos entre los nodos de la red y, además, considerando la existencia de una capacidad sobrante en el enlace de fibra óptica, este medio podría ser utilizado en las comunicaciones de otros tipos de información como son la telefonía, video, etc.

Conociendo que ya se puede considerar cercana la implementación de enlaces vía radio entre ciertos nodos principales de la red, la instalación de enlaces de fibra óptica

ría en cierto modo condicionada a la existencia de los dichos enlaces, de tal forma de originar una capacidad excesiva en los enlaces instalados.

Los datos utilizados en el cálculo de las capacidades de los enlaces, constituyen datos reales obtenidos de IETEL y que pertenecen a estudios actuales facilitados por la COMISION NACIONAL DE INFORMATICA. Estos fueron confrontados con informes actualizados de la banca privada, confirmando la veracidad de la proyección. Los datos originales se indican en la Tabla II, y de ahí se obtienen los resultados de las capacidades de los enlaces que se presentan en la Tabla III, que muestran la demanda actual de datos a nivel nacional (tanto pública como privada).

Una red de esta naturaleza permitirá concretar una de las aspiraciones de nuestro país que es la de contar con una red nacional de información pública, como también poder interconectar las redes de datos a través de un acceso veloz, continuo y cuyo costo estaría en función del uso de la red. Además, el solo hecho de llegarse a concretar, permiti-

ría llevar información actualizada y acoplar
en el desarrollo al conjunto de las regiones
del país.

BIBLIOGRAFIA

- 1 DATA NETWORK DESIGN STRATEGIES;
" McGraw Hill ".
- 2 DATA COMMUNICATIONS CONCEPTS;
" IBM ".
- 3 DESIGNING AND IMPLEMENTING LOCAL AREA
NETWORK ;" Dimitri N. Chorafas ".
- 4 THE LOCAL AREA NETWORK HANDBOOK ;
" McGraw Hill ".
- 5 ESTUDIO DE LA TRANSMISION DE DATOS EN
EL ECUADOR -1982- ; " Joaquín Espa-
llargas (experto UIT), Grupo de Trabajo
de IETEL " .
- 6 OPTICAL FIBRE COMMUNICATIONS ;
" McGraw Hill ".
- 7 COMPUTER COMMUNICATION NETWORK, DESIGN
AND ANALYSIS ; " Mischa Schwartz " .
- 8 DATA TRANSMISSION, ANALYSIS, DESIGN,
APPLICATIONS ; "Dogan Tugal/Osman Tugal
- 9 COMPUTER COMMUNICATION NETWORK ;
" Norman Abramson/Franklin F.Kuo ".
- 10 ALCATEL FIBER OPTIC SYSTEMS .
- 11 1978 - COMPUTER NETWORKING SYMPOSIUM.

- 12 COMUNICACIONES OPTICAS ;
" Siemens ".
- 13 COMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA ;
" Marcombo ".
- 14 TELEINFORMATICA Y REDES DE COMPUTADORA ;
" Marcombo ".