

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

DISEÑO DE UN ENLACE INTERCENTRAL LOS CEIBOS-URDESA,
UTILIZANDO UN CABLE TELEFONICO CON FIBRA OPTICA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIDAD: ELECTRONICA

PRESENTADA POR:

JOSE FERNANDO OLLAGUE TORRES

GUAYAQUIL-ECUADOR

1982

A G R A D E C I M I E N T O

Hago público mi agradecimiento a la Comunidad Politécnica, Maestros, compañeros estudiantes y amigos que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

Mi agradecimiento de manera especial al ING. FREDDY VILLAGO Q. mentalizador del Tema y Director de la misma.

DEDICATORIA

A mis Padres y a mi Hermano,
en agradecimiento por todo
el esfuerzo, apoyo y cariño
que me han brindado.

ESUNCA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA

Inv. No. ELEC. - 003-1

Freddy Villao Q

.....
ING. FREDDY VILLOO QUEZADA

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR - POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

.....
Nombre y firma del autor

RESUMEN

Este trabajo realiza el estudio y diseño de un nuevo sistema de enlace telefónico con fibra óptica entre las centrales Los Ceibos y Urdesa.

Se realiza un estudio comparativo de la calidad de transmisión entre el cable intercentral de cobre actualmente utilizado y el de fibra óptica, estableciendo las ventajas de ésta sobre el cable de cobre.

Se evalúan las características y propiedades físicas de la fibra y la construcción del cable telefónico adecuado, para proceder al diseño de la red de canalización más apropiada, del equipo terminal que las centrales deben llevar de acuerdo a la configuración del sistema, de las pérdidas derivadas del enlace, y consecuentemente, el uso de repetidores ópticos.

Se efectúa un análisis del costo aproximado del proyecto, surgiendo el tipo de programa requerido para su ejecución.

Se establece la compatibilidad del proyecto con el Plan Quinquenal de Telecomunicaciones de IETEL (Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones) en la Ciudad de Guayaquil, que proyec-

ta la instalación de varias centrales digitales y la interco
nexión de éstas con las centrales analógicas existentes.

INDICE GENERAL

| | Pag. |
|--|------|
| RESUMEN | VI |
| INDICE GENERAL | VIII |
| INDICE DE FIGURAS | XII |
| INDICE DE TABLAS | XV |
| INDICE DE PLANOS | XVI |
| INTRODUCCION | 17 |
| | |
| CAPITULO I | 18 |
| GENERALIDADES | |
| 1.1. Principios básicos de la transmisión por fibras ópticas. | 18 |
| 1.2. Ventajas de la utilización del cable te- lefónico de fibra óptica con relación al cable convencional telefónico de cobre. | 22 |
| 1.3. Situación actual del enlace intercentral Los Ceibos - Urdesa. | 25 |
| 1.3.1. Características del cable. | 25 |
| 1.3.2. Características del pupin. | 25 |
| 1.3.3. Medidas realizadas en el cable de cobre actual. | 26 |

CAPITULO II

Propiedades y Características Físicas de la Fibra Óptica.

2.1. Atenuación.

2.2. Dispersión.

2.2.1. Dispersión material.

2.2.2. Dispersión del impulso.

2.2.3. Dispersión modal.

2.2.4. Apertura numérica.

2.3. Características mecánicas.

CAPITULO III

Cable Telefónico con Fibra Óptica.

3.1. Construcción.

3.1.1. Por deposición química de vapor (CVD).

3.1.2. Por doble crisol (DC).

3.1.3. Formación del cable.

3.1.4. Características del cable.

3.2. Empalmes.

3.2.1. Empalme por el método de soldadura o fusión.

3.2.2. Empalme por el método de encola-

| | |
|--|-----|
| do. | |
| 3.3. Componentes semiconductores optoelectrónicos. | 84 |
| 3.3.1. Transmisor. | 84 |
| 3.3.2. Receptor. | 97 |
| | |
| CAPITULO IV | 100 |
| Diseño del Enlace Intercentral. | |
| 4.1. Ruta de canalización. | 100 |
| 4.2. Mejoramiento de la capacidad de enlace. | 103 |
| 4.3. Longitud del tramo y utilización de repetidores ópticos. | 105 |
| 4.3.1. Repetidores ópticos. | 108 |
| 4.4. Conformación del sistema. | 111 |
| 4.5. Equipo terminal en las centrales. | 114 |
| 4.5.1. Multiplexador 30 CH PCM MUX. | 114 |
| 4.5.2. Multiplexador 8M. | 120 |
| 4.5.3. Multiplexador 34M. | 124 |
| 4.5.4. Equipo de conmutación y equipo terminal de línea óptica (OLTE). | 129 |
| 4.5.5. Bastidores de distribución. | 132 |

CAPITULO V

134

Costo Aproximado del Proyecto y Programación -
 para su Ejecución.

CAPITULO VI

139

Compatibilidad del Proyecto con el Plan Quin -
 quenal para la Ciudad de Guayaquil.

6.1. Características generales de las centra -
 les digitales a instalarse.

139

6.2. Plan de enlace intercentral.

140

CONCLUSION.

143

BIBLIOGRAFIA.

145

INTRODUCCION

Debido a que está constituida solamente por vidrios y polímeros, la fibra óptica es un material dieléctrico que en los últimos años se ha perfeccionado notablemente encontrando aplicaciones en muchos campos técnicos tales como: sistemas de potencia eléctrica, regulaciones de tráfico, sistemas de control en plantas, computación, naval, sistemas de información de video y en sistemas de enlaces telefónicos, muy usados recientemente en Europa, EEUU, Japón y países de Sud América como: Brasil y Argentina.

Su uso permite obtener una mayor capacidad de enlace, mejorar notablemente la calidad de transmisión y evitar problemas de inducción eléctrica en el cable telefónico. No obstante las innumerables ventajas que la aplicación de ésta nueva tecnología de transmisión ofrece, su instalación requiere solamente equipos y procedimientos normales con ligeras modificaciones.

Esta Tesis, diseña un enlace por fibra óptica entre las centrales Los Ceibos y Urdesa, que actualmente presenta el índice más elevado de inducción eléctrica de todos los enlaces intercentrales de la red telefónica de la Ciudad de Guayaquil.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. PRINCIPIOS BASICOS DE LA TRANSMISION POR FIBRAS OPTICAS

Desde que se introdujo, y se realizaron con éxito pruebas de campo de un nuevo medio de transmisión -las vías de transmisión de fibras ópticas- se ha iniciado una revolución silenciosa en la industria de las telecomunicaciones.

El uso de la luz para la transmisión de información dista de ser una idea nueva. Hace más de un siglo, los experimentos de ALEJANDOR GRAHAM BELL le permitieron desarrollar el fotofono, un dispositivo que transportaba la voz de un punto a otro por medio de espejos vibratorios y una haz de luz solar, (Figura 1.1).

Aunque el fotofono nunca tuvo éxito comercial, demostró sin embargo la factibilidad de las comunicaciones por ondas luminosas. No obstante, la técnica fue dejada de lado y prácticamente olvidada, de no haber surgido un nuevo dispositivo llamado Laser. El nombre es una -

sigla correspondiente a las iniciales de la expresión - inglesa por amplificación de luz por emisión estimulada de radiación.

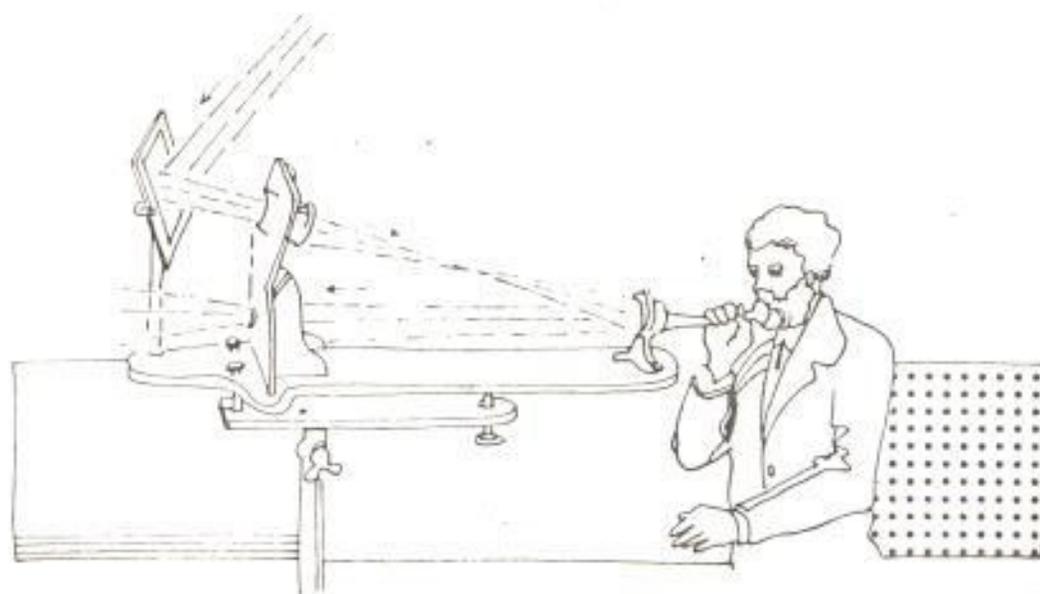
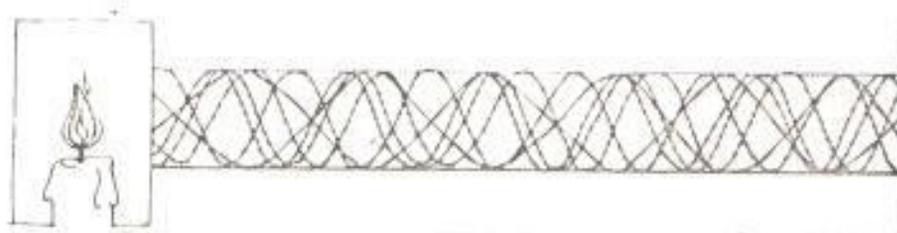


FIGURA 1.1 FOTOFONO

En pocas palabras, el Laser es un dispositivo que produce un tipo único de radiación: una luz muy brillante - que se puede enfocar en un haz muy angosto de longitud de onda precisa. La enorme energía del laser resulta del hecho de que éste dispositivo produce lo que los científicos llaman luz coherente.

La luz coherente es muy diferente a la luz con la que

estamos más familiarizados. La luz que llega del sol, por ejemplo, o de una vela o una bombilla incandescente se llama luz incoherente, (Figura 1.2). Está compuesta de muchas longitudes de onda (colores) relativamente cortas y diferentes, que juntas parecen ser blancas. Se las envía en impulsos breves de energía en distintos momentos y direcciones. Estas ondas de luz incoherentes interfieren la una con la otra, por lo que su energía se debilita, deforma y dispersa.



Fuente de luz

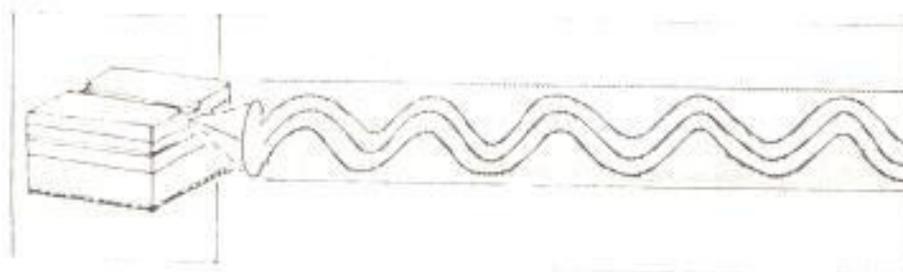
FIGURA 1.2 LUZ INCOHERENTE

El Laser, en cambio, emite ondas de luz de la misma longitud de onda, en fase, y que es posible enfocar en un haz preciso y cerrado para que se desplacen en la misma dirección atravesando grandes distancias casi sin dispersión ni pérdida de fuerza.

En 1968, por ejemplo, se apuntó un rayo laser a la luna

a unos 400.000 Km de distancia. El haz formó un círculo de luz de unos 3 Km de ancho sobre la superficie lunar. Si hubiera sido posible proyectar el haz de un proyector eléctrico a esa distancia, al llegar a la luna su ancho hubiera superado varias veces el diámetro de la luna de unos 3.500 Km.

Aunque todavía no se han establecido todos los usos posibles del Laser en la industria, la física, la medicina, la ingeniería, y las investigaciones espaciales, una aplicación que ha despertado mucho interés desde un primer momento es el uso del laser como ondas portadoras en comunicaciones. La frecuencia extremadamente alta de la luz coherente (Figura 1.3) prometía la posibilidad de enviar señales con tasas muy altas de información a lo largo de un recorrido extremadamente angosto.



Fuente de luz Laser

FIGURA 1.3 LUZ COHERENTE

De los distintos tipos de técnicas de comunicaciones por ondas luminosas concebidos durante la década de los 60, se comprobó que el más promisorio era el sistema de fibra óptica, en el cual un Laser emite luz dentro de la fibra de vidrio. Los progresos iniciales fueron lentos. Las mejores fibras disponibles contenían tantas impurezas y defectos que las señales perdían más del 90% de su energía original al desplazarse a través de apenas 10 metros de fibra. Esta pérdida de energía hubiera exigido el uso de amplificadores de luz (repetidores) cada pocos metros a lo largo de líneas de comunicaciones de larga distancia.

En la primera mitad de los 70, los fabricantes de fibra de vidrio lograron mejorar notablemente sus productos. Llegaron a retirar casi todas las impurezas y ofrecieron un producto con bajas pérdidas de transmisión. En la actualidad, las fibras ópticas están tan mejoradas que pueden transmitirse comunicaciones con una atenuación de 3,5 dB/Km.

1.2. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL CABLE TELEFONICO DE FIBRA OPTICA CON RELACION AL CABLE CONVENCIONAL TELEFONICO DE COBRE

Entre las principales ventajas tenemos:

- ✓ Gran capacidad de enlace y transmisión a alta velocidad:
El amplio ancho de banda de las fibras ópticas asegura la transmisión a alta velocidad. Una sola fibra puede llevar muy grandes cantidades de información.
- ✓ Transmisión sin repetidoras sobre una distancia amplia:
Las fibras ópticas ofrecen bajas pérdidas, transmisión de largo alcance. Esta característica minimiza el número de repetidores sobre la línea, la cual por otra parte ofrece grandes ventajas al salvar tiempo y labor en el mantenimiento, mientras aumenta la calidad de transmisión, confiabilidad y disminuye el valor económico.
- ✓ Señal de transmisión de alta calidad: Siendo un aislador, las fibras ópticas, todas ellas reflejan luz y llevan señales limitadas dentro del núcleo. De éste modo la gufa de onda de fibra óptica es completamente libre de ruido o conversaciones cruzadas, ésta puede transmitir señales de alta calidad sin problemas los cuales son encontrados en cables de cobre.
- ✓ La no inducción de corrientes eléctricas: Por el mismo

motivo de que la fibra óptica es un aislador, los cables de alta tensión no inducen corrientes eléctricas en las fibras, pudiendo ir éstas dentro de los cables de alta tensión, lo cual no ocurre con los de cobre, siendo ésta la principal desventaja en nuestro sistema telefónico.

Equipo de transmisión de peso liviano y compacto: Teniendo un amplio ancho de banda, las fibras ópticas eliminan la compensación del grosor del cable debido al ancho de banda. Esto ayuda a que el equipo de transmisión rinda más, siendo más liviano y compacto.

Ahorro del espacio del ducto: Una fibra óptica tiene un diámetro tan pequeño como 0,1 - 0,2 mm, llegando a tener el cable de 8 fibras un diámetro de 10,8 mm, con lo cual se ahorra mucho espacio del ducto.

El peso liviano del cable de fibra óptica: El peso liviano del cable de fibra óptica facilitan su instalación y a la vez disminuye el personal de instalación.

Ahorro de recursos: En vez de usar cobre, las fibras ópticas son materiales basados en silicónes que abundan

en toda la tierra. El uso de fibras ópticas ofrece un gran beneficio desde el punto de vista económico, ya que cada año los precios disminuyen debido a la gran demanda de las fibras.

1.3. SITUACION ACTUAL DEL ENLACE INTERCENTRAL LOS CEIBOS-URDESA:

1.3.1. Característica del cable

El cable que une las centrales Los Ceibos con Urdesa consta de 200 pares telefónicos, pupinizado (2 pupin), subterráneo.

Longitud del cable = 3053 metros.

Diámetro del cable = 0,6 milímetros.

Tipo de revestimiento = Papel.

1.3.2. Característica del pupin

La pupinización significa la adición de una inductancia (74 mH) a un par de cables telefónicos. Su principal finalidad es reducir la atenuación en la banda de frecuencia vocal, pero al mismo tiempo también elimina, prácticamente,

la distorsión de frecuencia dentro de la banda transmitida. Esto se logra colocando bobinas de inductancia a ciertos intervalos de distancia.

Los valores de reducción de atenuación de acuerdo al diámetro del hilo de cobre están dados en la Tabla 1.1.

| Diámetro del conductor (mm) | Reducción en la atenuación (dB) |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 0,32 | 0,20 |
| 0,4 | 0,37 |
| 0,5 | 0,41 |
| 0,6 | 0,41 |
| 0,7 | 0,37 |
| 0,8 | 0,35 |
| 0,9 | 0,33 |

TABLA 1.1 REDUCCION EN LA ATENUACION DEBIDO AL PUPIN

1.3.3. Medidas Realizadas en el Cable de Cobre Actual

Para determinar la calidad de transmisión en el enlace Los Ceibos - Urdesa, considré necesario efectuar mediciones eléctricas que permitan establecer los valores de: díafonía, inducción eléctrica, atenuación y retardo de grupo. Para tales efectos utilicé los equipos de mediciones siguientes:

El Telemeter T 08/3: Es utilizado principalmente para encontrar la distancia donde se encuentra la falla del par telefónico (corto circuito o circuito abierto), también es utilizado para verificar la existencia de inducción eléctrica y díafonía.

La representación de la reflexión del largo de la línea, es presentada en la pantalla por una imagen como una visión general, junto con resoluciones en secciones. Una característica del medidor, es una alta exactitud al determinar la distancia de la falla, la misma que se logra utilizando una técnica digital moderna, midiendo el tiempo de tránsito del pulso. Las varias conexiones posibles que el aparato ofrece, hace

que se factible medir la distancia a donde se encuentra la falla: desde una sola línea, con la medida comparativa de dos líneas entre ellas y la presentación diferencial de la imagen reflejada de dos líneas. El máximo alcance en la medición es de 125 Km. Debido al uso de componentes de alta calidad, el aparato puede ser operado en un amplio margen de temperatura (-15°C a +50°C).

El Medidor de Retardo de Grupo y Atenuación LD-30: Este equipo como su nombre lo dice es utilizado para medir el retardo de grupo y la atenuación.

El LD-30 es diseñado para ofrecer una operación simple y un fácil servicio.

Es posible elegir medidas de frecuencias en alcances de 200 Hz a 4 KHz (útil especialmente para medidas de circuitos telefónicos) y de 200 Hz a 20 KHz. La frecuencia de referencia es ajustable en incrementos de 100 Hz sobre el alcance completo de frecuencia. Las frecuencias

de envío y recepción después de ser cambiados pueden ser leídos en un display de 4 dígitos. La medida de frecuencia puede ser barrida hasta los límites de frecuencias establecidas digitalmente de antemano.

Los alcances de niveles de envío y recepción son desde -50 dBm a +10 dBm; sin necesitar un cambio en la sensibilidad del receptor.

Para valores de impedancia de entrada y de salida de 600 ohms, un segundo valor puede ser elegido adicionalmente. Los resultados de las pruebas para retardo de grupo, atenuación, y el nivel de entrada pueden ser indicados en un contador analógico, cuando se aplasta los botones deseados.

Una autocapacidad de expresión capacita conversaciones sin que se requiera un canal de voz adicional entre los extremos, cuando las medidas de extremo a extremo se hacen.

Posibilidades adicionales ofrecidas por el apa-

rato LD-30 son: Retransmisión del resultado de la medida, aplicaciones a nivel de A.F. y aparato de medida de frecuencias barridas, tono de marca de bloqueo y circuito D.C. de lazo.

Además las medidas pueden ser grabadas en un graficador X-Y. Todas las ventajas mencionadas más la capacidad de fácil operación se suman para hacer del aparato de medida LD-30 un aparato de servicio verdadero de medida.

Los resultados obtenidos de las mediciones efectuadas son las siguientes:

Medidas realizadas en el cable de cobre actual entre las centrales Los Ceibos y Urdesa.

| REG. EFA | Num. Par. | ρ m. m. | Tipo Cable | Vel. m/us | Dist. Mts. | Pes. OHM. | ATENU. | | | "O"ds | | | RETARDO GRUPO | | | OBSERVACIONES |
|----------|-----------|---------|------------|-----------|------------|-----------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|---------------|-------|--------|----------------|
| | | | | | | | 500cs | 820cs | 1000cs | 500cs | 820cs | 1000cs | 500cs | 820cs | 1000cs | |
| 001 | 077 | 1 | 0.6 EPBL | 2 | 117 | 3053 | 300 | 2,50 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Diferencia |
| | | 2 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 3 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 4 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Imp. Eléctrica |
| | | 5 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 6 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 7 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 8 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Imp. Eléctrica |
| | | 9 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 10 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 11 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 12 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 13 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Imp. Eléctrica |
| | | 14 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Imp. Eléctrica |
| | | 15 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 16 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 17 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 18 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 19 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 20 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | | 21 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |

fm
(Continuación)

| RECIETA | Num. Par. | Ø m. m. | Tipo Cabo | S | Vel. m/seg | Dist. Mts. | Res. OHM. | ATENU. | | G ^o dB | | REF. | RETARDO GRUPO (ms) | | | | OBSERVACIONES |
|---------|-----------|---------|-----------|------|------------|------------|-----------|--------|--------|-------------------|---------|------|--------------------|--------|---------|---------|----------------|
| | | | | | | | | 500c/s | 820c/s | 1000c/s | 1800c/s | | 500c/s | 820c/s | 1000c/s | 1800c/s | |
| 01 | 077 | 47 | 0.6 | EP6L | 2 | 117 | 3053 | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,035 | 0,045 | | |
| | 48 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,035 | 0,046 | | |
| | 49 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 50 | | | | | | | 215 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Ind. Electrica |
| 02 | 078 | 1 | 0.6 | EP6L | 2 | 117 | 3052 | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Ind. Electrica |
| | 2 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 3 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 4 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 5 | | | | | | | 220 | 2,55 | 2,50 | 3,50 | 3,50 | 0 | 0,033 | 0,050 | | |
| | 6 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,20 | 3,30 | 3,30 | 0 | 0,033 | 0,035 | | |
| | 7 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,043 | | |
| | 8 | | | | | | | 210 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Ind. Electrica |
| | 9 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 10 | | | | | | | 210 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 11 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 12 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 13 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,043 | | |
| | 14 | | | | | | | 235 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,043 | | |
| | 15 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 16 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Ind. Electrica |
| | 17 | | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,043 | | |

| REGLETA | Num Par. | Ø m. m. | Tipo Cable | Vel. m/us | Dist. Mts. | Res. OHM. | ATENU. | | 'D'dB | | REF. | RETARDO GRUPO (ms) | | | | OBSERVACION |
|---------|----------|---------|------------|-----------|------------|-----------|--------|-------|--------|--------|------|--------------------|-------|--------|--------|------------------------|
| | | | | | | | 500cs | 820cs | 1000cs | 1800cs | | 500cs | 820cs | 1000cs | 1800cs | |
| 002 | 18 | 0.6 | EPBL | 217 | 3053 | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,035 | 0,045 | | |
| | 19 | | | | | 225 | 2,40 | 1,90 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 20 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 21 | | | | | 225 | 2,40 | 2,10 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Tas. Eiference |
| | 22 | | | | | 225 | 2,40 | 2,10 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,030 | 0,043 | | Diferencia, Tas. Eifer |
| | 23 | | | | | 225 | 2,40 | 2,10 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,030 | 0,043 | | |
| | 24 | | | | | 225 | 2,40 | 2,10 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,030 | 0,045 | | |
| | 25 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,035 | 0,045 | | |
| | 26 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 27 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,030 | 0,043 | | Tas. Eiference |
| | 28 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,030 | 0,045 | | Tas. Eiference |
| | 29 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,030 | 0,045 | | Tas. Eiference |
| | 30 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 31 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,030 | 0,045 | | |
| | 32 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 33 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 34 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 35 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Tas. Eiference |
| | 36 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 37 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | Tas. Eiference |
| | 38 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 39 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 40 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 41 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |
| | 42 | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | |

(Continuación)

| REGLETA | Num. Par. | Ø m. m. | Tipo Cable | Σ L | Vel. m/seg | Dist. Mts. | Res. OHM. | ATENU. | | 1' C'DB | | REF. | PERDIDO GRUPO (ms) | | | | OBSERVACIONES |
|---------|-----------|---------|------------|-----|------------|------------|-----------|--------|-------|---------|--------|--------|--------------------|-------|--------|--------|-----------------------|
| | | | | | | | | 500cs | 820cs | 1000cs | 1800cs | | 500cs | 820cs | 1000cs | 1800cs | |
| 002 | 43 | 0.6 | EPBL | 2 | 117 | 3053 | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Distancia. Ins. ELEC. |
| | 44 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 1000cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 45 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 500cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Ins. ELEC. TAPCA |
| | 46 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 820cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 47 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 48 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1000cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 49 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 500cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Distancia. Ins. ELEC. |
| 003 | 50 | | | | | | 225 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 1 | 0.6 | EPBL | 2 | 117 | 3053 | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 1000cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Distancia. Ins. ELEC. |
| | 2 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 500cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 3 | | | | | | 325 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 820cs | 0 | 0,037 | 0,045 | 0,045 | |
| | 4 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 5 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 1000cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 6 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 500cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 7 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 8 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1000cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Ins. ELEC. TAPCA |
| | 9 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 500cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 10 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | Ins. ELEC. TAPCA |
| | 11 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 1000cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 12 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 500cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |
| | 13 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 1800cs | 0 | 0,033 | 0,045 | 0,045 | |

| REG. LIA | DE | Num. Par. | Ø m. m. | Tipo Cabo | Vel. m/us | Dist. Mts. | Res. OHM. | ATENU. | | | α ⁰ /dB | | | REF. | RETRAZO GRUPO (ms) | | | | OBSERVACIONES | | |
|----------|-----|-----------|---------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|--------|---------|--------------------|---------|---------|------|--------------------|--------|---------|---------|---------------|-------|----------------|
| | | | | | | | | 500c/s | 820c/s | 1000c/s | 820c/s | 1000c/s | 1800c/s | | 500c/s | 820c/s | 1000c/s | 1800c/s | | | |
| 003 | 073 | 14 | 0.6 | EPBL | 2 | 117 | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 15 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 16 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 17 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 18 | | | | | 240 | 2,40 | 3,00 | 3,00 | 2,40 | 2,05 | 3,00 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 19 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 20 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 21 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 22 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 23 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 24 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 25 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 26 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 27 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 28 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 29 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 30 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 31 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 32 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 33 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 34 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 35 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 36 | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 37 | | | | | 240 | | | | | | | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |
| | | 38 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,20 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | 0,033 | 0,046 | Tubo ELÉCTRICA |

| REGLETA | Num. Par. | Ø m. m. | Tipo Cable | S | Vel. m/us | Dist. Mts. | Res. OHM. | ATENU. "C" dB | | | RETARDO GRUPO (ms) | | | OBSERVACION | | |
|---------|-----------|---------|------------|------|-----------|------------|-----------|---------------|--------|---------|--------------------|---------|--------|-------------|---------|---------------------|
| | | | | | | | | 500c/s | 820c/s | 1000c/s | 1800c/s | 500c/s | 820c/s | | 1000c/s | |
| 003 | 079 | 33 | 0.6 | EP6L | 2 | 117 | 3053 | 240 | 2,40 | 2,05 | 1,20 | 1800c/s | 0,033 | 0,041 | | |
| | 40 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,043 | | |
| | 41 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,041 | | Tubo Ficticio |
| | 42 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,041 | | Tubo Ficticio |
| | 43 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,041 | | |
| | 44 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,046 | | |
| | 45 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,046 | | |
| | 46 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,045 | | Tubo Ficticio |
| | 47 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,045 | | |
| | 48 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,045 | | |
| | 49 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,045 | | |
| | 50 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,045 | | Distrib. Tubo Fict. |
| 004 | 080 | 1 | 0.6 | EP6L | 2 | 117 | 3053 | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 1800c/s | 0,033 | 0,045 | | |
| | 2 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,047 | | |
| | 3 | | | | | | 240 | 6,40 | 6,05 | 4,70 | | | 0,005 | 0,037 | | |
| | 4 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | | | 0,033 | 0,046 | | |
| | 5 | | | | | | 240 | 6,30 | 6,00 | 4,50 | | | 0,002 | 0,033 | | Tubo Ficticio |
| | 6 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,046 | | |
| | 7 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | | | 0,033 | 0,045 | | |
| | 8 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | | | 0,033 | 0,043 | | |
| | 9 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | | | 0,033 | 0,045 | | |

(Continuación)

| REGLETA | Num. Par. | Ø m. m. | Tipo Cobia | Vel. m/us | Dist. Mis. | Res. OHM. | ATENU. | | | °O" dB | | | REF. | REIARDO GRUPO (ms) | | | | OBSERVACIONE | |
|---------|-----------|---------|------------|-----------|------------|-----------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|------|--------------------|---------|-------|-------|--------------|-------------------------|
| | | | | | | | 500c/s | 821c/s | 1000c/s | 1800c/s | 500c/s | 820c/s | | 1000c/s | 1800c/s | | | | |
| 004 | 10 | 0.6 | EP6L 2 | 117 | 3053 | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | Tras. E.L.E.C.T.R.I.C.A |
| | 11 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | Tras. E.L.E.C.T.R.I.C.A |
| | 12 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 13 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 14 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 15 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 16 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | Tras. E.L.E.C.T.R.I.C.A |
| | 17 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 18 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 19 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 20 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 21 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | Tras. E.L.E.C.T.R.I.C.A |
| | 22 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | Tras. E.L.E.C.T.R.I.C.A |
| | 23 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 24 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 25 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 26 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 27 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 28 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 29 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 30 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 31 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | Tras. E.L.E.C.T.R.I.C.A |
| | 32 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 33 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |
| | 34 | | | | | 240 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 2,05 | 2,30 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | |

(Continuación)

| REGLETA | Num. Par. | Ø m. m. | Tipo Cable | S | Vel. m/us | Dist. Mts. | Res. OHM. | ATEND. | | | REF. | | | RETARDO GRUPO (ms) | | | | OBSERVACIONES | |
|---------|-----------|---------|------------|---|-----------|------------|-----------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------------------|--------|--------|--|---------------|---------------|
| | | | | | | | | 500cs | 820cs | 1000cs | 1000cs | 1800cs | 500cs | 820cs | 1000cs | 1800cs | | | |
| DE | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 204 | 35 | 0.6 | EPGL | 2 | 117 | 3053 | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,031 | 0,045 | | | | | |
| | 36 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,048 | | | | | |
| | 37 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,045 | | | | | |
| | 38 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | | | | |
| | 39 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | | | | |
| | 40 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | | | | | |
| | 41 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,046 | | | | | Tap Electrica |
| | 42 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | | | | | Tap Electrica |
| | 43 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | | | | | Tap Electrica |
| | 44 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,034 | 0,045 | | | | | |
| | 45 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | | | | |
| | 46 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,045 | | | | | |
| | 47 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,046 | | | | | |
| | 48 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,30 | 2,30 | 0 | 0,033 | 0,047 | | | | | |
| | 49 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,20 | 2,20 | 0 | 0,033 | 0,047 | | | | | |
| | 50 | | | | | | 240 | 2,40 | 2,05 | 2,10 | 2,10 | 0 | 0,033 | 0,045 | | | | | |

Conclusiones a las Mediciones: De acuerdo a las mediciones realizadas podemos concluir:

1. Que existe un elevado índice de inducción eléctrica, el cual llega al 24% del cable de enlace de 200 pares telefónicos de cobre, entre las centrales Los Ceibos - Urdesa. Cabe mencionar que la ruta del cable pasa al pie de la Subestación de Energía Eléctrica de Los Ceibos.
2. La resistencia máxima individual del hilo de cobre dado por el fabricante es de 65 ohm/Km y la obtenida en las mediciones realizadas es de 75 ohm/Km; ésta diferencia se debe a los empalmes del cable que existen entre las centrales.
3. Para poder estar dentro del rango de atenuación dado por el fabricante (0,8 dB/Km a 800 Hz), IETEL tubo que colocar 2 bobinas de pupinización, para reducir la atenuación en 0,8 dB, logrando así el valor deseado.

4. Se observa un 3,5% de diafonía en el cable, debido a la alta humedad existente y al mal estado del aislamiento del conductor.

CAPITULO II

PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS FISICAS DE LA FIBRA OPTICA

2.1. ATENUACION

La premisa más importante para la comunicación óptica es poder disponer de un material de fibras con baja atenuación para la luz.

La atenuación en una fibra depende de su absorción y de la difusión de la luz.

La luz es absorbida en el vidrio, principalmente por iones de impurezas, que se convierten en calor. Los iones OH de agua de constitución del vidrio dan una absorción con máximos a 950 y 1400 nm. Los iones de ciertos metales como hierro, cobre, cromo, manganeso, níquel y cobalto, dan absorciones muy diferentes según sea la longitud de onda luminosa y la composición del vidrio. Estas pérdidas se dan en función de la longitud de onda y de la concentración ya sea parte por millón (ppm) o por billón (ppb) las cuales están recopiladas en la Ta

Tabla 2.1.

| Impureza | Concentración | Pérdidas dB/Km | λ um |
|------------------|---------------|----------------|--------------|
| OH ⁻ | 1 ppm | 1,0 | 0,95 |
| | | 2,4 | 1,13 |
| | | 50,0 | 1,38 |
| Fe ⁺² | 1 ppb | 0,7 | 1,10 |
| Cu ⁺² | 1 ppb | 0,4 | 0,85 |
| Cr ⁺³ | 1 ppb | 1,0 | 0,65 |

TABLA 2.1 PERDIDAS POR ABSORCIÓN DE IMPUREZAS

Por difusión se entiende que la luz es reflejada de la dirección deseada. La difusión de Rayleigh tiene lugar desde centros de difusión de las mismas dimensiones que la longitud de onda luminosa y depende de variaciones locales, difíciles de evitar, en la composición del vidrio. La difusión decrece en función de la longitud de onda proporcionalmente a λ^{-4} .

La difusión independiente de la longitud de onda tiene lugar por inhomogeneidades de mayor dimensiones que la longitud de onda luminosa, por ejemplo, burbujas de ai-

re y por defectos de tensiones mecánicas.

La señal de la luz es atenuada en todo el trayecto de la fibra por varios mecanismos. El vidrio mismo y diminutas impurezas absorben luz. Las pequeñas variaciones en las dimensiones de la fibra y las propias características del vidrio causan pérdidas, tomando luz de la señal.

Otra fuente importante de atenuación son las microfisuras, las cuales se encuentran a lo largo de la fibra, las que ocurren cuando se ejercen fuerzas contra su superficies rugosas, produciendo pérdidas en la señal, éstas pérdidas son controladas en parte por el plástico que recubre la fibra y por los cuidadosos diseños mecánicos de los cables para minimizar los esfuerzos en las fibras.

Los problemas prácticos que envuelven la fabricación en guías de luz se muestran en el esquema de la Figura 2.1. La selección de dopado de sílice en el vidrio toma ventajas de los espacios entre las regiones de absorción del infrarrojo y ultravioleta como se muestra en la Figura 2.2.

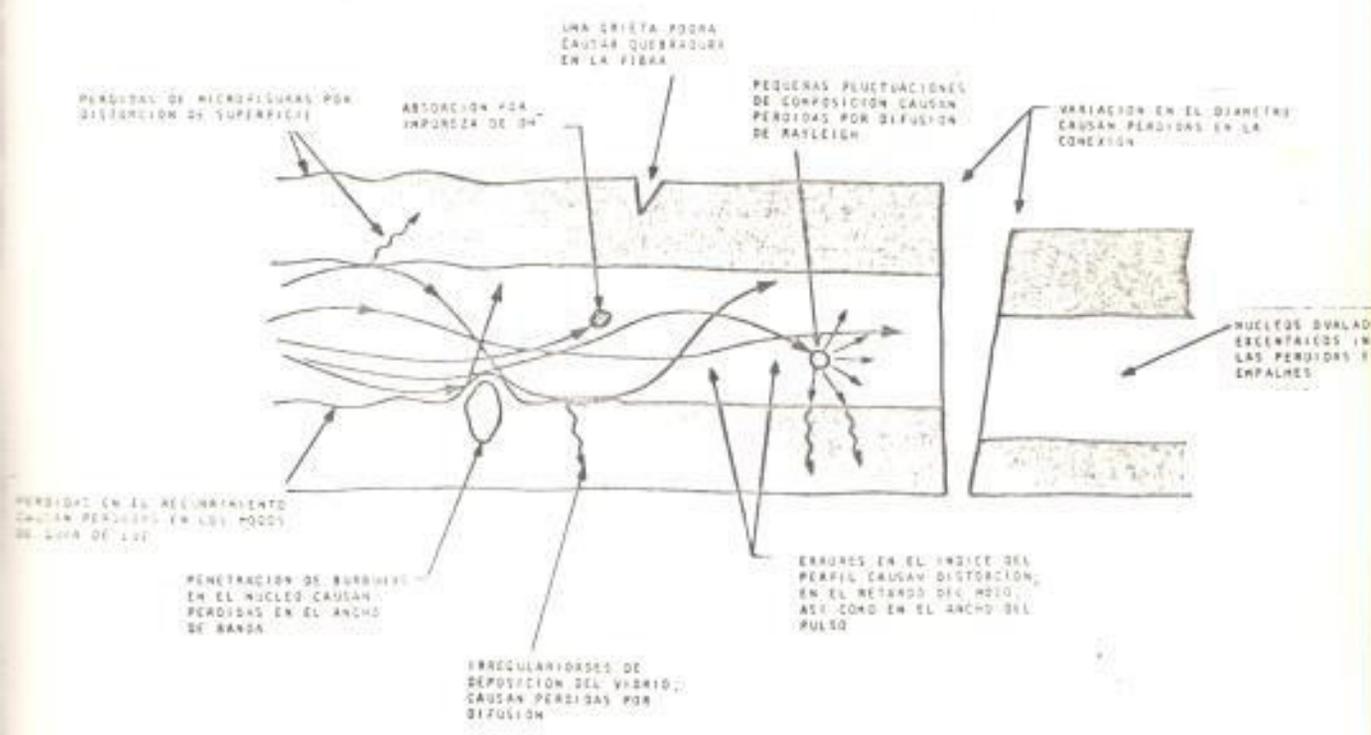


FIGURA 2.1 PROBLEMA DE COMPOSICION Y ESTRUCTURA QUE AFECTAN A LA GUIA DE LUZ

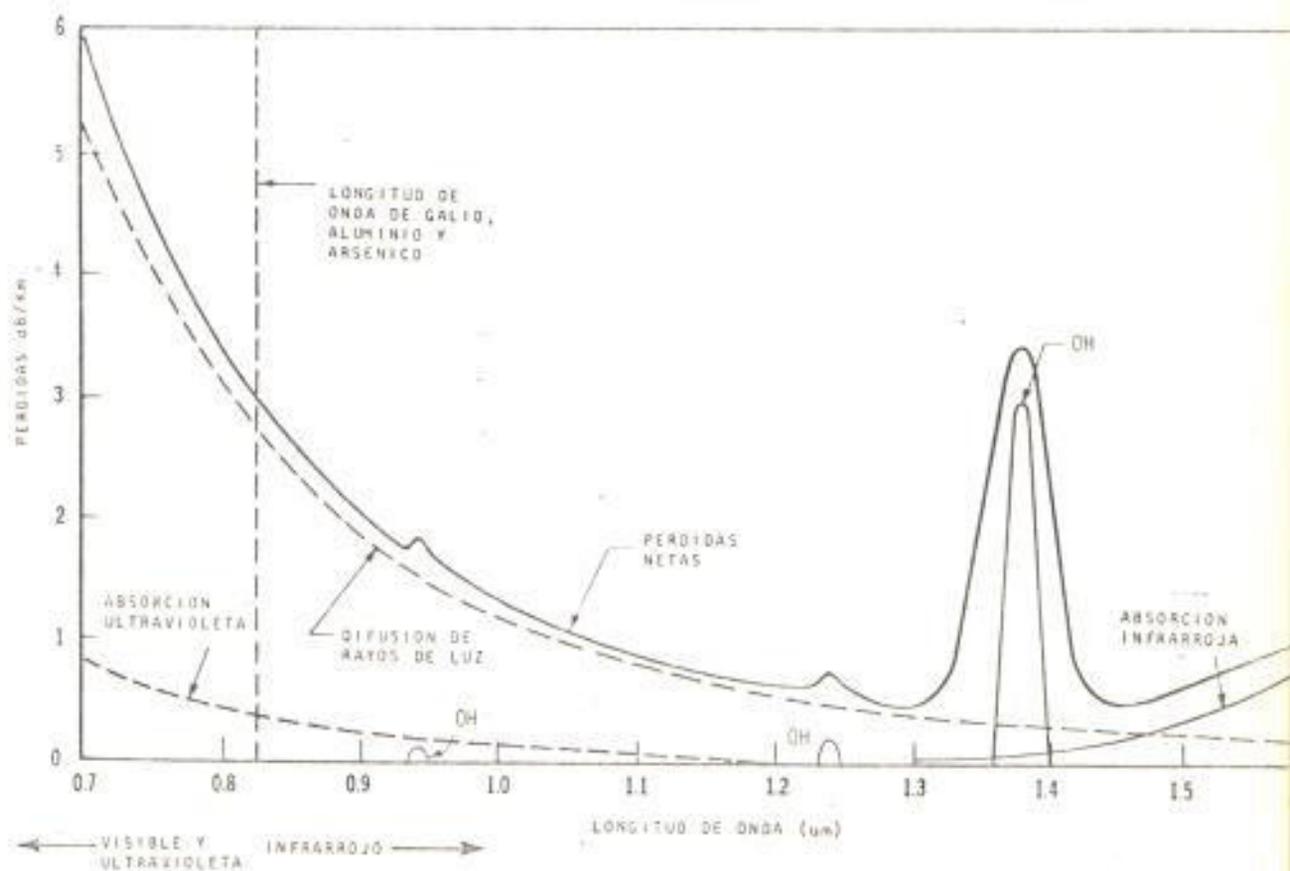


FIGURA 2.2 CURVA DE LAS PERDIDAS NETAS EN EL NUCLEO DE LA FIBRA

Para conseguir una baja atenuación se requiere un material de fibra extremadamente puro y libre de inhomogeneidades de cualquier clase.

De acuerdo al método de construcción de la fibra, ya sea el método CVD (Deposición de Vapor Químico), o por el método DC (Doble Crisol), la atenuación varía en función de la longitud de onda de la transmisión. En la Figura 2.3 se dan los valores de atenuación que se pueden conseguir con la técnica actual.

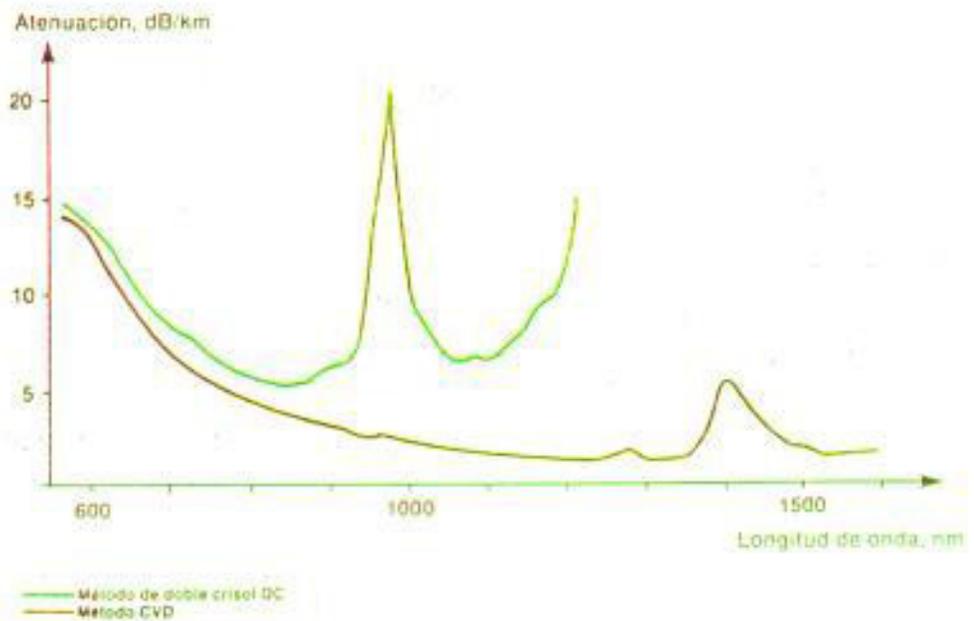


FIGURA 2.3. CURVAS DE ATENUACION EN FIBRAS

Además de la atenuación producida por la propia fibra, los empalmes y los conectores producen una atenuación del orden de los 0,3 dB y 1,0 dB respectivamente.

2.2. DISPERSIÓN

La dispersión a prolongación de pulsos decide la densidad con que los pulsos pueden emitirse en serie por una fibra óptica y por tanto la cantidad de información que puede transmitirse por unidad de tiempo. La dispersión se calcula a partir de la anchura de los pulsos de entrada y salida a la mitad de la altura de la amplitud, como lo muestra la Figura 2.4. La anchura de banda disminuye al aumentar la dispersión. La distorsión se produce por varios mecanismos dispersivos.

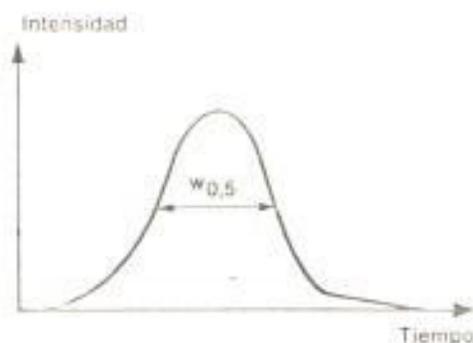


FIGURA 2.4 DEFINICIÓN DE LA DISPERSIÓN DE PULSOS

2.2.1. Dispersión Material

Las ondas luminosas se desplazan a lo largo de la fibra en haces que consisten en una serie de ondas de luz aproximadamente paralelas, cada una de las cuales tiene una longitud de onda ligeramente diferente. Salvo en un vacío, la luz de distintas longitudes de onda se desplaza a velocidades diferentes. Por lo tanto, en un medio óptico, el haz de luz se disemina o dispersa a medida que se desplaza. Esta característica se llama dispersión material. El grado en que ésta dispersión se produce depende de la gama de frecuencias incluidas dentro del haz de luz. Como la diferencia de longitudes de onda de la fuente de luz es mínima, el efecto de la dispersión material no es muy significativo.

Una fuente luminosa para uso con fibras ópticas debe de emitir una luz que pueda ser aceptada en forma eficaz por la fibra óptica. Esto significa que la luz debe de ser emitida en un haz angosto para reducir al mínimo las pérdidas de energía al entrar en la fibra. Además la fuente

te de luz debe de tener una muy alta intensidad a fin de aumentar al máximo la distancia que la luz puede atravesar por la fibra.

Hay dos tipos de fuentes luminosas, ambos basados en la tecnología de semiconductores, que ofrecen el tipo de luz adecuado para el uso con fibras ópticas: el diodo luminoso (LED-DL) y el Laser de diodo semiconductor.

De las dos fuentes de luz la que más se utiliza es la del diodo Laser ya que su ancho espectral típico es de 20 angstrom, y el del diodo LED-DL es de 350 angstrom. Como consecuencia de ésto, cuando se utilizan fuentes luminosas de Laser hay menos dispersión material. Y como hay un haz angosto con baja dispersión, la luz entra la fibra en forma más eficaz, tal como lo presenta la Figura 2.5.

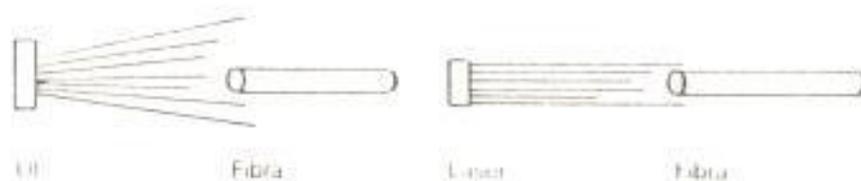


FIGURA 2.5 DISPERSION MATERIAL

2.2.2. Dispersión del Impulso

Las señales del diodo LED-DL y Laser se envían en forma de ráfaga de luz llamada impulso, y cada impulso representa un bit de información. Como el impulso consiste en luz que se dispersa como consecuencia del efecto de dispersión material, el impulso también se dispersa a medida que se desplaza. Esto se llama dispersión del impulso. Cuando los impulsos se dispersan tanto que ya no son reconocibles, pierden su valor de transporte de información y hay que reducir el régimen de modulación para tener en cuenta la dispersión del impulso.

Sin embargo, como el impulso de luz del Laser tiene un ancho espectral más angosto, hay menos dispersión del impulso, como se ilustró en la Figura 2.6. Esto permite enviar los impulsos del Laser a un régimen más rápido, y por lo tanto, aumenta la capacidad de transporte de información.

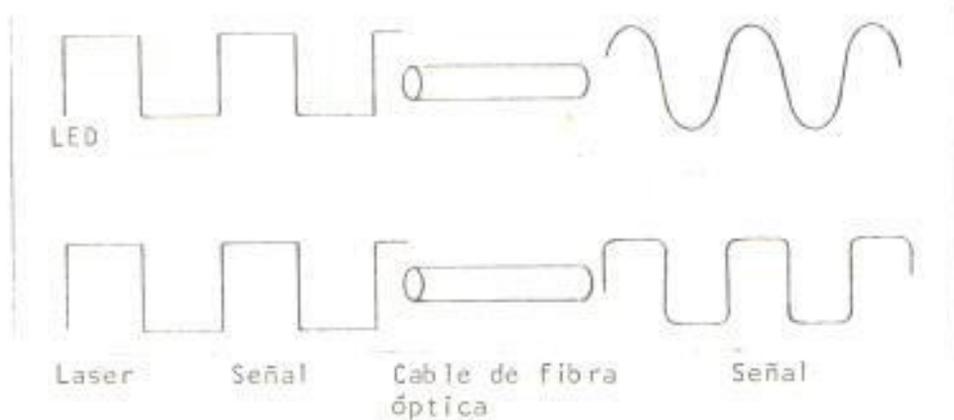


FIGURA 2.6 DISPERSION DEL IMPULSO

2.2.3. Dispersión Modal

Otro problema con el que nos encontramos es el de la dispersión de la luz a medida que se desplaza a través de la fibra. Tal como lo hemos explicado, la dispersión se produce porque la luz consiste en una gama de longitudes de onda que se desplazan a velocidades diferentes. Y las ondas luminosas tienden a diseminarse a medida que se desplazan. Esta dispersión del impulso se exagera como consecuencia de la dispersión adicional que ocurre dentro de la fibra porque el haz de la fuente de luz contiene rayos que no son absolutamente paralelos. Esto o

curre porque la luz que entra paralela al eje central de una fibra debe recorrer una distancia más corta que la luz que entra en ángulo y rebota de lado en lado al atravesar la vía de transmisión de fibra. Esto lo vemos en la Figura 2.7. Esta forma de dispersión se llama dispersión modal. En las primeras fibras ópticas, conocidas por el nombre de fibras de índice escalonado, el alma tiene un índice de refracción y el revestimiento otro.

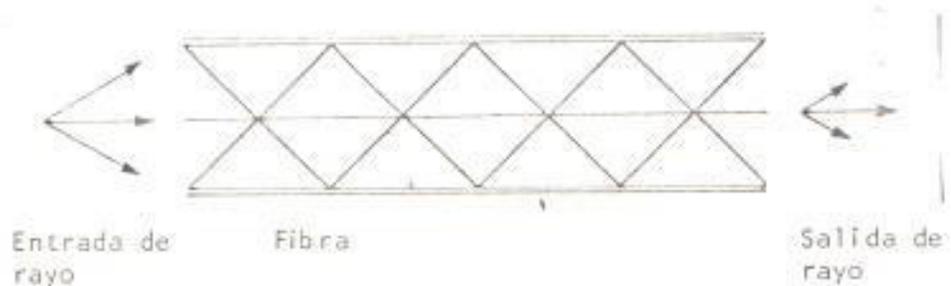


FIGURA 2.7 DISPERSIÓN MODAL

La dispersión modal de éstas fibras limita su capacidad de transporte de información; existen dos tipos de fibra que reducen éste tipo de dispersión y son las fibras de índice gradual y la de modo único.

En la fibra de índice gradual, el índice de re-

fracción varía a través de la sección transversal del vidrio; es más alto en el centro que en el borde exterior. Por lo tanto, los rayos que se alejan del centro de la fibra son desviados y devueltos en la dirección de la que provienen. En otras palabras el índice de refracción ha sido graduado como para que el haz de luz se vuelva a enfocar continuamente a medida que se desplaza a lo largo de la fibra. La velocidad de los rayos aumenta cuando pasan al vidrio de índice más bajo, y por consiguiente, todos los rayos llegan al extremo de la fibra aproximadamente al mismo tiempo. Esto permite obtener regímenes de bits muy altos, como lo muestra la Figura 2.8, ya que la dispersión se mantiene a un nivel bajo.

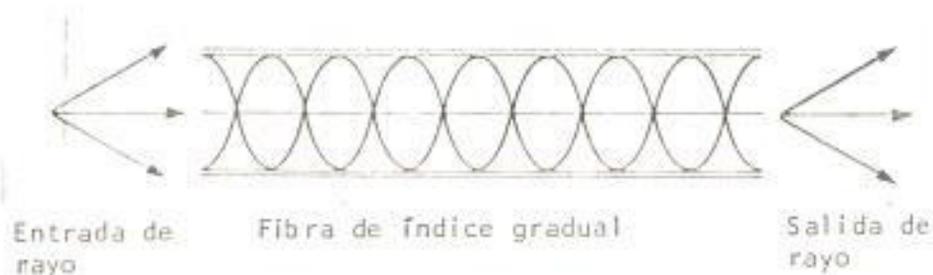


FIGURA 2.8 DISPERSIÓN MODAL REDUCIDA

Las fibras de índice gradual son bastante más difíciles de fabricar que las del tipo de índice escalonado. Se las puede utilizar con fuentes de LED-DL para usos a distancias entre cortas y medias.

Puesto que la luz se desplaza a través de la fibra trazando muchos recorridos distintos, tanto las fibras de índice escalonado como las de índice gradual se consideran como fibras de modos múltiples. Las fibras de modo único tienen un alma tan pequeña que una fuente Laser de modo único puede atravesarlas con un mínimo de dispersión de impulso.

Gracias a ésta propiedad, la fibra de modo único ofrece una capacidad muy alta de transporte de información. Tan alta es ésta capacidad que exige el uso de fuentes Laser altamente sofisticadas y detectores ultrasensibles. Pero aún con ésta exigencia, es posible que sea la posibilidad más adecuada para transmisión a larga distancia. Esto se lo puede visualizar en la Figura 2.9.

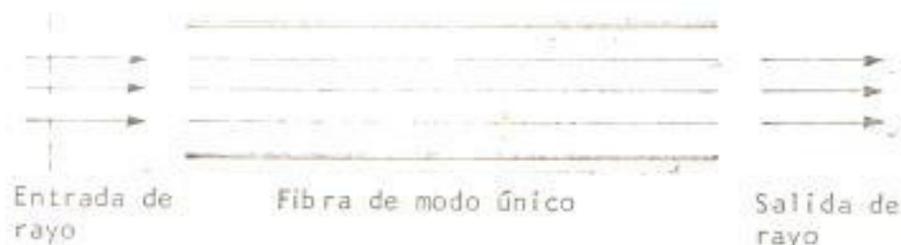


FIGURA 2.9 FIBRA DE MODO UNICO

2.2.4. Apertura Numérica

La apertura numérica (NA), de una fibra está determinada por el ángulo máximo con que la luz se puede aplicar a una fibra y el ángulo máximo del cono de luz que se puede formar en el extremo de salida de la fibra. La Figura 2.10 muestra lo explicado.



FIGURA 2.10 DEFINICION DE APERTURA NUMERICA

Una gran apertura numérica reduce las pérdidas de acoplamiento a la fuente luminosa y detec-

tor, pero exige una gran diferencia en composición química entre el núcleo y su revestimiento lo cual implica generalmente mayor atenuación. Con el método de fabricación DC es más fácil conseguir una alta apertura numérica que con el método CVD.

2.3. CARACTERISTICAS MECANICAS

La impresión general es que el vidrio es un material fácilmente quebradizo. Pero la verdad es que se pueden fabricar fibras de vidrio con mayor resistencia que el acero. La tensión de ruptura en pruebas de tracción de fibra óptica se encuentra normalmente en un valor tan alto como 3000 MN/m^2 (fibras DC) y 5000 MN/m^2 (CVD) correspondiente a 4 y 7% respectivamente de dilatación elástica. Una fibra CVD de 125 μm puede soportar un peso de 5 Kg sin romperse.

Una premisa para que las fibras sean altamente resistentes, es que no tengan microfisuras u otros defectos en la superficie o en la masa del vidrio, esto lo vemos en la Figura 2.11.

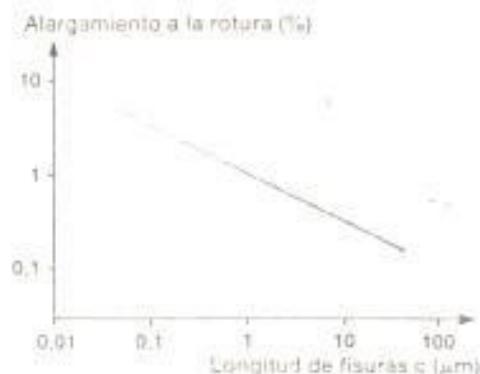


FIGURA 2.11 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE FIBRAS

El vidrio ordinario tiene muchas imperfecciones de éste tipo que resultan en concentraciones de tensiones y reducen la resistencia. Las imperfecciones internas son raras en la fibra, pero pueden existir por el contrario daños superficiales. En el vidrio se aplican las mismas leyes clásicas de mecánica de ruptura.

Las imperfecciones superficiales de una fibra están distribuidas estadísticamente en tamaño y posición a lo largo de la fibra. Una cierta longitud de fibra que se somete a una carga se rompe por su punto más débil, es decir donde se encuentra la imperfección superficial mayor. Si la longitud de fibra aumenta, aumenta también la probabilidad que exista una imperfección superficial lo suficientemente grande para que ocurra la ruptura -

con la carga aplicada. Las fibras largas muestran por tanto una resistencia menor que las cortas.

Se debe dedicar gran cuidado en la producción del material base de vidrio, al estirar las fibras ya acabadas para evitar daños de superficie. Para aminorar la influencia externa, las fibras ópticas se protegen con un primer recubrimiento ya en el momento de estirarlas. Una fibra desnuda se dañaría notablemente por los contactos mecánicos y por la humedad. La Figura 2.12 muestra el rendimiento de la fatiga estática del revestimiento de las fibras con varios materiales de revestimiento de fibra.

Para garantizar que las fibras fabricadas en grandes largos sobrepasen un cierto valor mínimo de resistencia se hacen pruebas de resistencias.

El largo completo de fibra se somete a una tensión de prueba al mismo tiempo que se bobina de un tambor a otro. Un valor típico de resistencia es 350 MN/m^2 que corresponde a una dilatación elástica del 0,5%.

La tensión de prueba es mayor, con buen margen, que las

tensiones que se prevén que existirán durante el cableado e instalación.

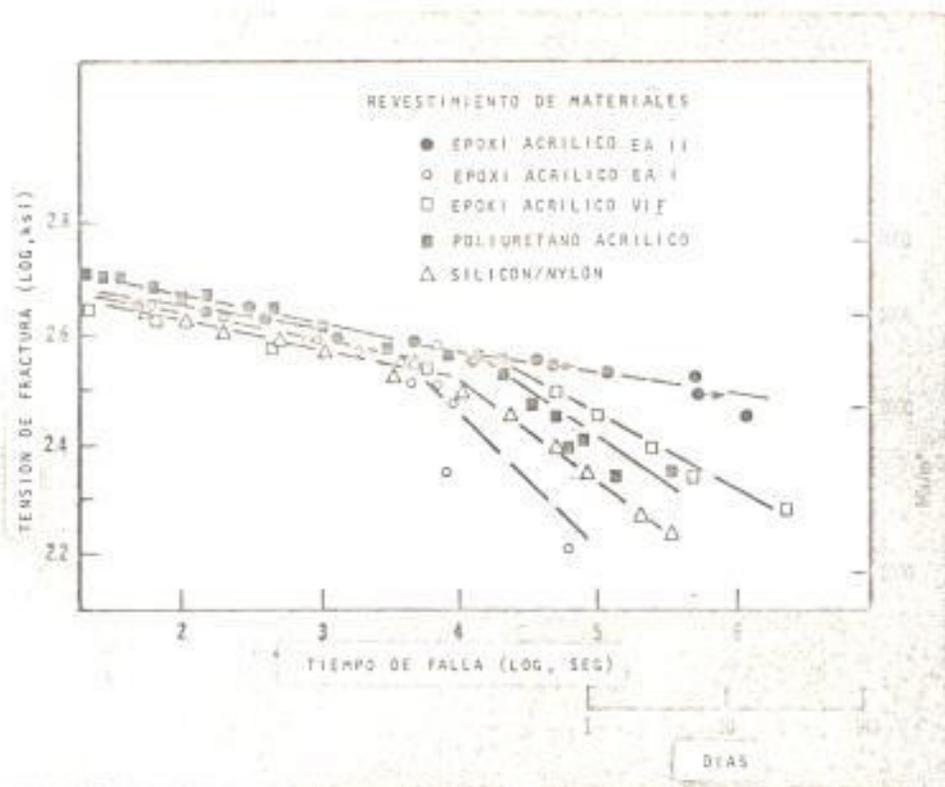


FIGURA 2.12 REPRESENTACION DE LA FATIGA ESTATICA

Debe evitarse someter las fibras a una gran carga mecánica durante largo tiempo ya que se calcula que tiene lugar un cierto debilitamiento en función del tiempo en éstas condiciones. En la Figura 2.13 se presenta el tiempo de falla versus la tensión aplicada para fibras a las cuales se le sometieron a varias tensiones de prueba, a 23°C.

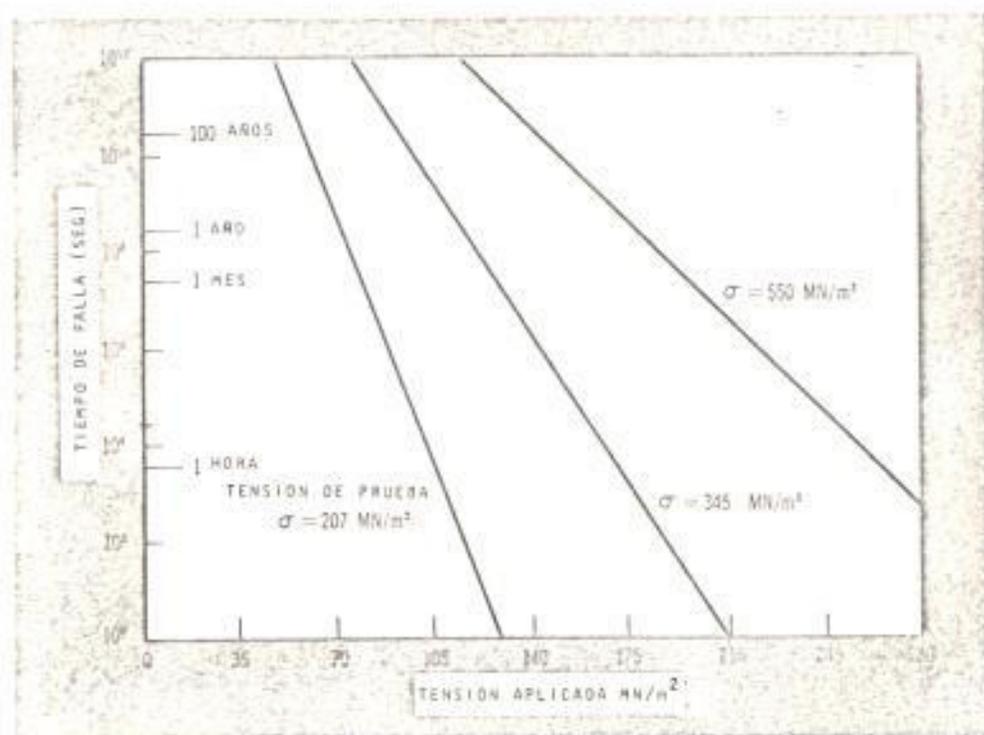


FIGURA 2.13 DIAGRAMA DE DISEÑO PARA REALIZACIONES ESTÁTICAS ESTIMATIVAS

CAPITULO III

CABLE TELEFONICO CON FIBRA OPTICA

3.1. CONSTRUCCION

Dentro de la construcción del cable telefónico con fibra óptica, está primero la fabricación de la fibra, la cual se realiza por dos métodos:

3.1.1. Por Deposición Química de Vapor (CVD)

El material de partida según el método CVD es un tubo de cuarzo, generalmente de 20 mm de diámetro externo, y de un metro de longitud. En el interior del tubo se precipita vidrio procedente de una fase de vaporización. El tubo constituirá el revestimiento de la fibra y el vidrio precipitado, el núcleo.

El vidrio se precipita en el interior del tubo colocando éste en un torno y calentándolo con un quemador de hidrógeno-oxígeno que se desplaza en vaivén a lo largo del tubo. El oxígeno -

se hace pasar por cámaras de borbotaje que contienen productos químicos (Figura 3.1) los cuales junto con el oxígeno, reaccionan químicamente en la zona calentada por el quemador y forman una delgada película de vidrio con un índice de refracción que puede ser mayor o menor que el del tubo original. Variando la composición del gas que se aplica al tubo puede irse formando un perfil de índice de refracción de tipo gradual. Para dar a la fibra un perfil de índice suficientemente gradual deben depositarse hasta 50 capas de vidrio.

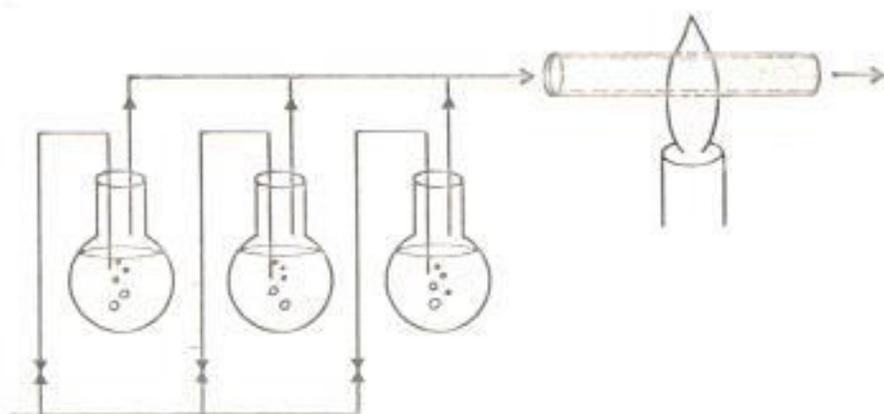


FIGURA 3.1 CONSTRUCCION DE LA FIBRA CVD

Una vez acabada la fase de deposición se aumenta la temperatura del quemador y su velocidad

de vaivén se disminuye con lo que el tubo se contrae a causa de la tensión superficial y forma una barra maciza con el vidrio depositado en el centro. Esta barra, de 8-12 mm de diámetro, puede después estirarse para formar la fibra.

La barra obtenida en el torno se fija en un mandril encima de un horno de alta temperatura y se sumerge en éste con velocidad constante. El horno está calentado por resistencia con un elemento de grafito y su temperatura máxima es de unos 2400°C. Es necesaria una atmósfera de protección para que el elemento de grafito y el oxígeno del aire no formen dióxido de carbono a ésta temperatura. Como gas inerte se emplea argón. La parte de la barra de vidrio que se encuentra en la zona caliente del horno se reblandece y de ella se estira la barra de vidrio hasta formar una fibra con un diámetro externo de $125 \pm 1 \mu\text{m}$.

El diámetro de la fibra se mide continuamente al mismo tiempo que se está estirando, sin ningún contacto mecánico, por medio de un Laser.

Sobre la fibra se aplica una primera protección de plástico haciéndola pasar por un depósito de goma silicónica. Esta protección primaria se endurece calentando en un horno y la fibra se bobina por fin en un tambor de un metro de diámetro. Entre los dispositivos de medición del diámetro y del bobinado hay una realimentación de forma que si el diámetro de la fibra difiere del valor especificado la velocidad de bobinado se corrige automáticamente. Una barra de material de partida da normalmente 3-4 Km de fibra acabada que se puede bobinar en uno o más tambores.

3.1.2. Por Doble Crisol (DC)

Los componentes principales del vidrio para fibras formadas según el método de doble crisol son óxido de sodio, trióxido de boro y dióxido de silicio, con otros óxidos. Se aparejan clases de vidrio adecuadas para vidrio de núcleo y vidrio de revestimiento con objeto de obtener una diferencia de índice de refracción que resulta en la apertura numérica deseada. Otro

Objetivo es que los coeficientes de dilatación térmica de ambos tipos de vidrio sean casi iguales para reducir las tensiones internas. Hay algunas restricciones: un contenido elevado de óxido de sodio resulta en cristalizaciones, un contenido elevado de dióxido de silicio resulta en alta temperatura de fusión y ciertos compuestos con bajo contenido de óxido de sodio resultan en separación de fases con un vidrio inestable que tiende a separarse en zonas ricas en dióxido de silicio y otras ricas en trióxido de boro lo que naturalmente es fatal para la atenuación y la resistencia mecánica.

Las materias primas principales para el vidrio son carbonato sódico, ácido bórico, y dióxido de silicio en forma de polvos muy duros. Estos componentes se pesan, se mezclan y se funden en un crisol de cuarzo puro bajo control preciso de atmósfera. La temperatura es 1100 a 1300°C. Del carbonato sódico se desprende dióxido de carbono y del ácido bórico, agua.

Es importante aislar del aire con su humedad y

también "secar" el agua del vidrio fundido, borboteando con gas seco.

Una vez que se ha preparado la masa, ésta se estira en forma de barra a $850 - 950^{\circ}\text{C}$.

Para cada fibra se necesitan dos masas fundidas una para el núcleo con índice de refracción más alto y otra para el vidrio de revestimiento con índice de refracción más bajo.

Las barras primarias para vidrio de núcleo y vidrio de revestimiento se colocan en un crisol - compuesto por dos crisoles concéntricos de metal, (Figura 3.2). El vidrio fluye lentamente por boquillas del fondo de los crisoles. El vidrio del núcleo recorre un trayecto por el interior del crisol, y el vidrio del revestimiento - recorre un trayecto por el exterior del primer crisol. La velocidad está regulada por la viscosidad de los dos vidrios y por la temperatura aproximadamente 1000°C . La temperatura es considerablemente menor que con el método CVD por lo que el horno puede ser más sencillo.

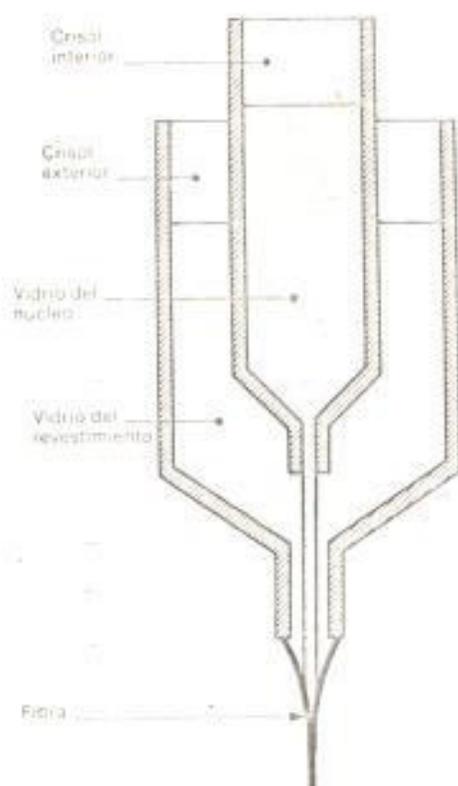


FIGURA 3.2 FUNDAMENTO DEL CRISOL DOBLE

Desde la boquilla del crisol del revestimiento el vidrio se estira para formar la fibra. La protección de plástico, bobinado y control de calidad son similares a los mismos procesos que para fibras CVD.

Con el método de doble crisol se fabrican en primer lugar fibras de índice escalonado, aun-

que en la boquilla llega a mezclarse algo del vidrio del núcleo con el del revestimiento por difusión. Con ciertas composiciones de vidrio pueden producirse de ésta forma también fibras con índice gradual.

3.1.3. Formación del Cable

Para que sea posible utilizar las fibras ópticas se empaquetan dentro de cables para reforzarlas y protegerlas contra las rupturas, y también contra los peligros ambientales tales como la humedad, la abrasión y las altas temperaturas. La estructura del cable también protege las fibras al evitar que se doblen en ángulos demasiado agudos, que pueden provocar rupturas y las pérdidas consiguientes de la señal.

El cable está formado concéntricamente alrededor de un alma de tracción de hilos de acero, de 1,6 mm de diámetro, recubierto con polietileno hasta un diámetro de 3,1 mm, (Figura 3.3). El hilo de acero sirve no solamente para soportar las fuerzas de tracción sino que contrarres

ta además las variaciones de longitud dependiente de la temperatura de las partes de plástico.

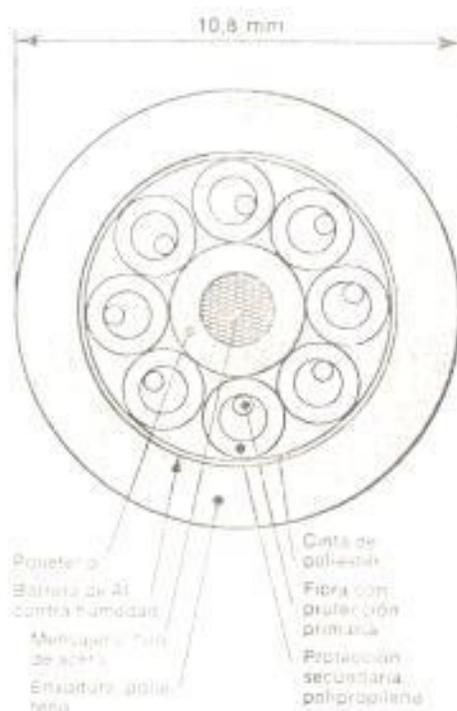


FIGURA 3.3 SECCION DE UN CABLE

Para éste diseño de cable el número adecuado de fibras es entre 6 y 12. Cada fibra, con su protección primaria propia, está protegida además por una capa secundaria consistente en un tubo de plástico holgado. Las fibras, con sus protecciones secundarias, se extienden en espiral alrededor del alma de hilos de acero. La relación entre los diámetros externos del alma y de

Las protecciones secundarias determina el número posible de fibras de una capa. Alrededor de la capa de fibras se arrollan cintas de poliéster y el cable se encierra por fin en una envoltura de polieteno. Esta envoltura, que contiene también cinta de aluminio, está provista como barrera contra la humedad y contribuye además a compensar los efectos de variaciones de temperatura.

La elección entre protección secundaria apretada u holgada influye sobre las características del cable y la técnica de fabricación. La protección holgada tiene las siguientes ventajas:

Protege la fibra durante la fabricación del cable.

Protege la fibra en el cable durante la instalación y operación.

Permite alargamientos adicionales de la fibra sin que ésta forme curvas pronunciadas.

Las variaciones de longitud mecánicas o térmicas del cuerpo del cable se transmiten a la pro

tección secundaria pero ésta puede ser algo más larga o más corta que la fibra sin que ésta última se comprima o se curve; los límites dependen del diámetro interior de la protección secundaria y del paso del arrollamiento alrededor del alma del cable. Si éste límite se rebasa y el tubo es demasiado corto, la fibra adopta una forma corvada irregular oprimiéndose contra las paredes del tubo. A causa de pérdidas por microfisuras esto resulta en una atenuación mayor y en casos extremos a ruptura de la fibra. Si el tubo se alarga demasiado la fibra se distiende. Un alargamiento permanente o prolongado no debe ascender más que a una pequeña proporción de la tensión a que la fibra se somete durante las pruebas de fabricación, ello para evitar la fatiga estática. Cuando el cable se curva, la fibra también se alarga. Con un radio de curvatura de 50 mm la línea exterior de una fibra de 125 μ m de diámetro exterior se alarga aproximadamente 0,12%. Al instalarse el cable deben - por lo tanto evitarse curvas cerradas.

Un cable de dimensiones correctas que contiene

fibras con protección secundaria holgada tiene una atenuación baja y estable en la fibra y puede emplearse en aplicaciones con longitudes de onda de 850 nm y mayores, por ejemplo a 1,3 μ m.

3.1.4. Características del Cable

Las especificaciones del cable y parámetros de la fibra se encuentran en la Tabla 3.1.

Fibras en Cable

| | | | |
|-------------------|---------|---|------------------------|
| Diám. del núcleo | μ m | : | 50 ± 3 |
| Diám. de revest. | μ m | : | 125 ± 3 |
| Apert. num. (99%) | | : | $(0,15-0,25) \pm 0,02$ |
| Aten. (850 nm) | dB/Km | : | 5,0 |
| Disp. (50%) | ns/Km | : | 1,5 |
| Aten. en empal. | dB | : | 0,5 |
| Ancho de banda | MHz.Km | : | 1000 |

Cable

| | | | |
|--|--------------|---|---------|
| Temp. de oper. | $^{\circ}$ C | : | 10 a 15 |
| Temp. de transp. y almacenamiento | $^{\circ}$ C | : | 25 a 50 |
| Fuer. de trac. máx. permis. durante la instalación | N | : | 1000 |
| Rad. mín. de curv. | mm | : | 10 |
| Diám. exter. | mm | : | 11 |

Peso Kg/Km : 100

TABLA 3.1 CARACTERISTICAS DEL CABLE ✓

3.2. EMPALMES

Dentro de las técnicas de empalmes existen dos métodos, el soldadura o fusión y el de encolado. Para ambos métodos se han desarrollado equipos los cuales incluyen - el restablecimiento de las protecciones primarias y secundarias en el lugar de empalme. Para empalmar la envoltura del cable y restablecer la resistencia original a la tracción en el empalme se emplean los mismos métodos que para empalmar cables convencionales.

El principal cuidado que se debe tener en un empalme - son las pérdidas las cuales son dependientes, de la fibra:

Apertura numérica.

Diámetro del núcleo.

Diámetro exterior si se emplea para alineamiento.

y de la técnica del empalme:

- Desplazamiento paralelo de los ejes de las fibras.
- Desplazamiento angular de los ejes de las fibras.
- Distancia entre los extremos de las fibras.
- Apariencia de los extremos.
- Partículas extrañas en los extremos de las fibras.

La atenuación promedio de un empalme es de 0,3 dB. Una parte importante del trabajo de empalme es la preparación de los extremos o fases. Para poder empalmar las fibras se deben primero quitar ambas protecciones primaria y secundaria, debe de estar muy limpia la superficie de revestimiento para poder alinear bien las fibras ya que restos de la protección primaria o suciedad pueden dar un alineamiento erróneo.

Una vez realizado esto, se corta la fibra a unos 30 mm del fin de la protección secundaria, la superficie del corte debe de ser plana, limpia y en ángulo recto al eje de la fibra.

3.2.1. Empalme por el Método de Soldadura o Fusión

El equipo de empalme utilizado en este método - consta de un bloque de acero con una ranura en

V, y un bloque en V, el cual se encuentra alrededor del punto de empalme. El bloque es fabricado con tal precisión que el error en el alineamiento es menor a 1 μ m. La fibra se mantiene fija por succión con la cual no es necesario ajustar la fibra en sentido radial. Figura 3.4.

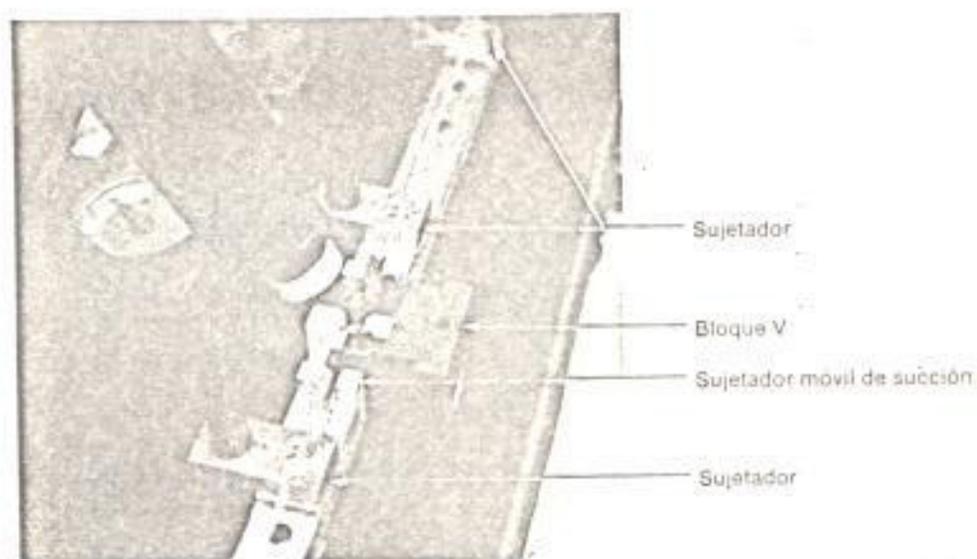


FIGURA 3.4 EQUIPO DE EMPALME POR EL METODO DE SOLDADURA

A ambos lados del bloque en V hay dos sujetadores de fibra, móviles en sentido axial, con bloques en V iguales y pinzas que cogen la protección secundaria. Los sujetadores de fibra están montados en correderas a motor. Los bloques en V de las correderas son apretados a la fibra

en un tramo mayor en sentido axial que el bloque V central; con el mismo grado de succión la fibra resbalará sobre el bloque central al moverse las correderas. Los motores de las correderas pueden maniobrarse independientemente en el sentido deseado con una de las dos velocidades. Las distancias entre los extremos de la fibra se ajusta llevándolos a la posición correcta en relación a un retículo del microscopio de control. El mismo microscopio se emplea para comprobar las superficies de corte y el empalme acabado.

Antes de poner los extremos de las fibras en contacto entre sí, se redondean por medio de un arco luminoso de corta duración, aproximadamente 0,5 seg., ésta medida impide que se formen burbujas de gas al soldar.

Después de redondearse, las fibras se ponen en contacto entre sí y el arco luminoso se enciende de nuevo durante unos 5 seg. Al principio del tiempo de soldadura ambas fibras se mueven automáticamente una distancia predeterminada de

unos 10 μm hacia el punto de soldadura. Si se sueldan fibras de diámetros diferentes o si las fibras no están exactamente alineadas, la tensión superficial del vidrio fundido fuerza automáticamente las dos fibras hasta una posición concéntrica, Figura 3.5. De ésta forma se compensan errores de alineamiento de hasta unos 15 μm .

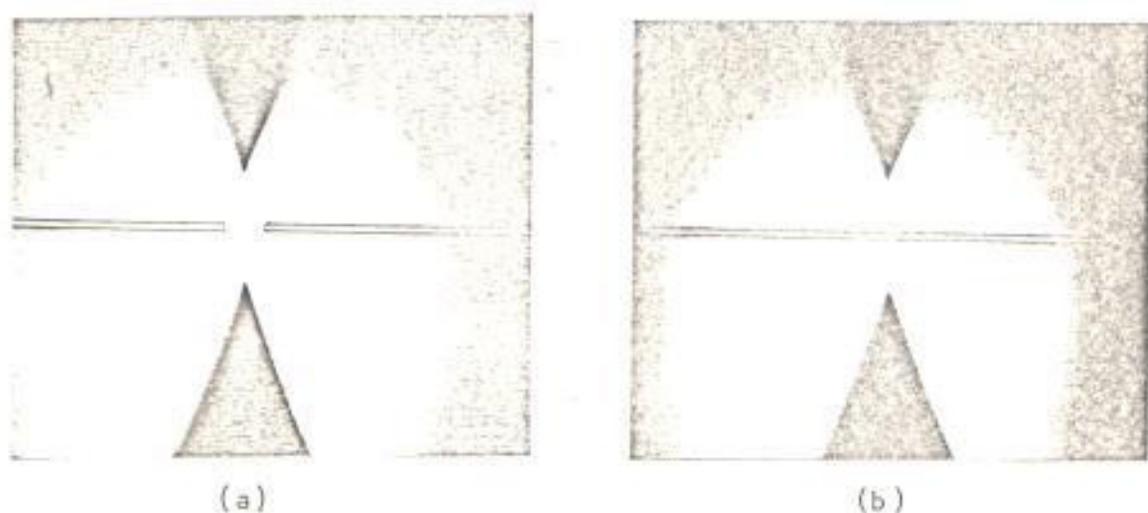


FIGURA 3.5 EMPALMES DE FIBRA
 (a) Antes del empalme.
 (b) Después del empalme.

Una vez soldada la fibra deberán restablecerse sus protecciones primaria y secundaria. La protección secundaria se empalma con un tubo inoxí

dable que, antes de empalmar, se ha engarzado sobre la protección secundaria de la fibra izquierda. Este tubo, de unos 100 mm de largo, se desliza después de empalmar, sobre el empalme y sobre la protección secundaria de la fibra de la derecha. Por medio de herramientas convencionales de encoger, el tubo de empalme se aprieta contra la protección secundaria. El tubo se llena después por tres orificios en el centro con goma silicónica que actúa como protección primaria, Figura 3.6. Es importante que la masa sea blanda y que la fibra esté recta para evitar todos los esfuerzos en forma de curvas por variaciones de temperatura. La Figura 3.7 muestra la forma en que la atenuación según el método de empalme varía de acuerdo a la temperatura.

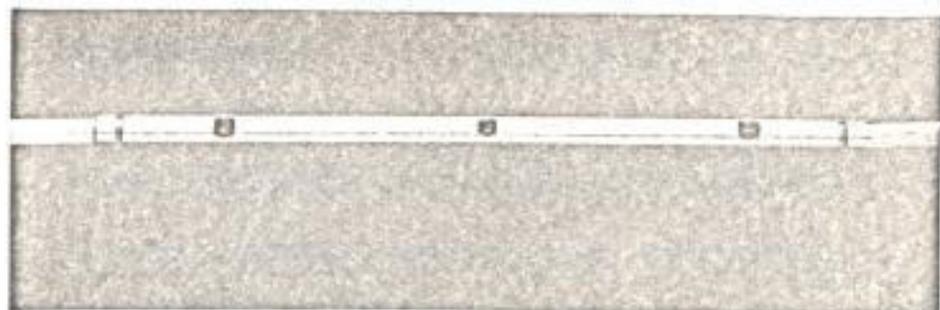


FIGURA 3.6 EMPALME SOLDADO CON PROTECCION SECUNDARIA

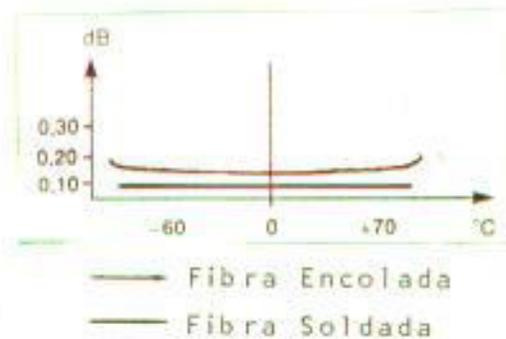


FIGURA 3.7 ATENUACION EN EL EMPALME

3.2.2. Empalme por el Método de Encolado

Este método de empalmar fibras consiste en alinear los dos extremos a empalmar en una ranura en V y después se encola a la misma ranura.

Puesto que la cola llena también la zona entre los extremos de la fibra, es esencial que tenga un índice de refracción lo más cercano posible al del vidrio. Este método exige una limpieza extraordinaria en la ranura en V y en las superficies cilíndricas de las fibras y se puede aplicar solamente en fibras muy concéntricas con el mismo diámetro exterior de revestimiento. - Es también un problema emplazar las fibras -

Inv. No. ELEC. - 003-1

correctamente en la ranura. El equipo de empalme para éste método es el mostrado en la Figura 3.8.

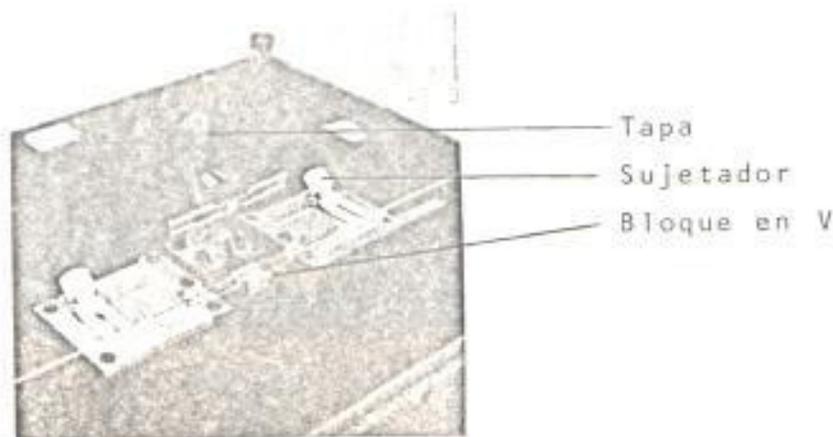


FIGURA 3.8 EQUIPO DE EMPALME POR ENCOLADO

Cada extremo de la fibra se mantiene en posición con un fijador de succión, móvil en sentido axial. Entre los fijadores se coloca una pieza de empalme, con una ranura en V, que puede ser de plástico o de aluminio. En el caso de pieza de aluminio se coloca como ranura en V dos agujas cilíndricas de acero contiguas entre sí en el canal rectangular de la pieza de aluminio. La ranura en V está formada de manera que queda un espacio de aproximadamente una mitad

del diámetro de la fibra entre las agujas de acero. Una bomba de succión aprieta las fibras contra la ranura en V, Figura 3.9.

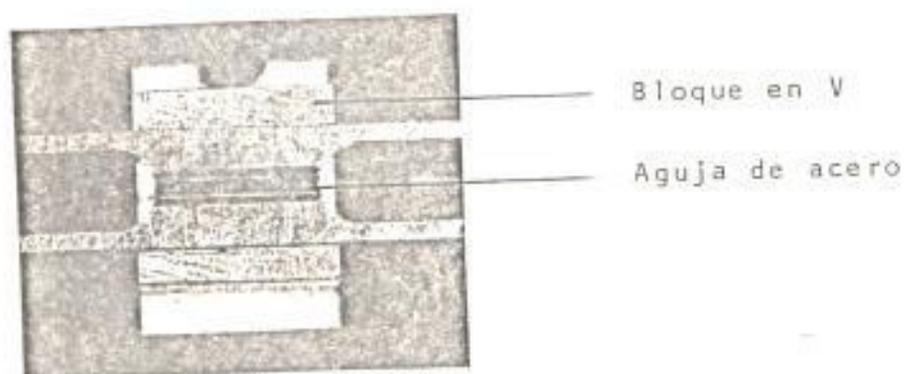


FIGURA 3.9 RANURA EN V DEL EQUIPO DE EMPALME POR ENCO LADO

Por medio de las correderas, los extremos de fibra pueden aproximarse hasta que sus faces están en contacto entre sí en el centro de la pieza de empalme. La posición puede observarse a simple vista o con auxilio de una lupa. Para una mejor observación de la posición se hace incidir un rayo de luz oblicuamente a través del revestimiento de la fibra. La luz sale por la superficie del corte. Cuando las fibras entran en contacto entre sí disminuye la intensidad del rayo de luz saliente.

La tapa que es la mitad superior de la pieza de empalme y que está untada de antemano con cola se coloca en un soporte y se oprime contra la pieza inferior, Figura 3.8. La cola se endurece calentando durante cierto tiempo y con temperatura controlada. El tiempo de endurecimiento es de 5 a 15 minutos según el tipo de cola. En éste método los empalmes también varían de acuerdo con la temperatura, Figura 3.7.

Las piezas de empalmes están diseñadas de forma que cuando la tapa se fija contra la pieza inferior, se cierra también la protección secundaria entre las dos mitades. Llenando las cavidades de la pieza de empalme con goma silicónica puede también restablecerse la protección primaria al mismo tiempo, Figura 3.10.

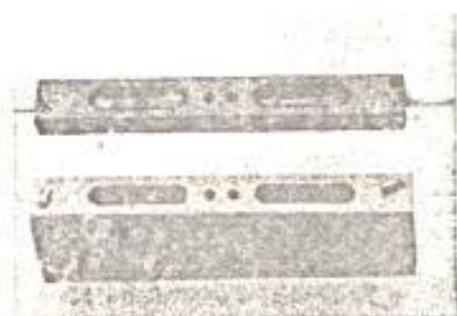


FIGURA 3.10 EMPALMES ENCOLADOS DE FIBRAS

Entre los dos métodos vistos el más utilizado es el de soldadura o fusión, ya que sus empalmes ofrecen menos atenuación que el método de encolado.

3.3. COMPONENTES SEMICONDUCTORES OPTOELECTRONICOS

Los principales componentes semiconductores optoelectrónico se encuentran en el transmisor y en el receptor.

3.3.1. Transmisor

El principal elemento del transmisor de un sistema de guía de luz a larga distancia es el semiconductor Laser. Este dispositivo, el cual permite casi 6 Km de separación entre repetidores, es muy pequeño y relativamente barato y por eso es bien cómodo para la aplicación en redes telefónicas.

El primer semiconductor fue uno de una unión simple p-n (homoestructura), luego fue la simple heteroestructura, y por último la doble he-

teroestructura, que es usado ampliamente ahora.

El Laser de heterounión doble consiste de capas de arsénico galio (GaAs) y aluminio galio arsénico (AlGaAs) construída en un sustrato de GaAs. Las capas son enriquecidas con varios elementos para hacerlos ya sea material tipo p - (con un exceso de portadores de cargas positivas o huecos) o material tipo n (con un exceso de portadores de cargas negativas o electrones).

La región activa donde la luz Laser es producida, es una delgada capa GaAs de tipo p unida por arriba a una capa AlGaAs de tipo p y por debajo una capa AlGaAs de tipo n (capas 4 y 2 de la Figura 3.11). La capa activa está también enriquecida con aluminio (8%) para minimizar el desequilibrio entrelazado y eliminar oxígeno - que puede estar presente durante el crecimiento de la capa activa. Esto mejora el tiempo de vida del dispositivo. Cuando una corriente eléctrica pasa a través de las capas, los electrones en la capa 2 adquieren bastante energía pu-

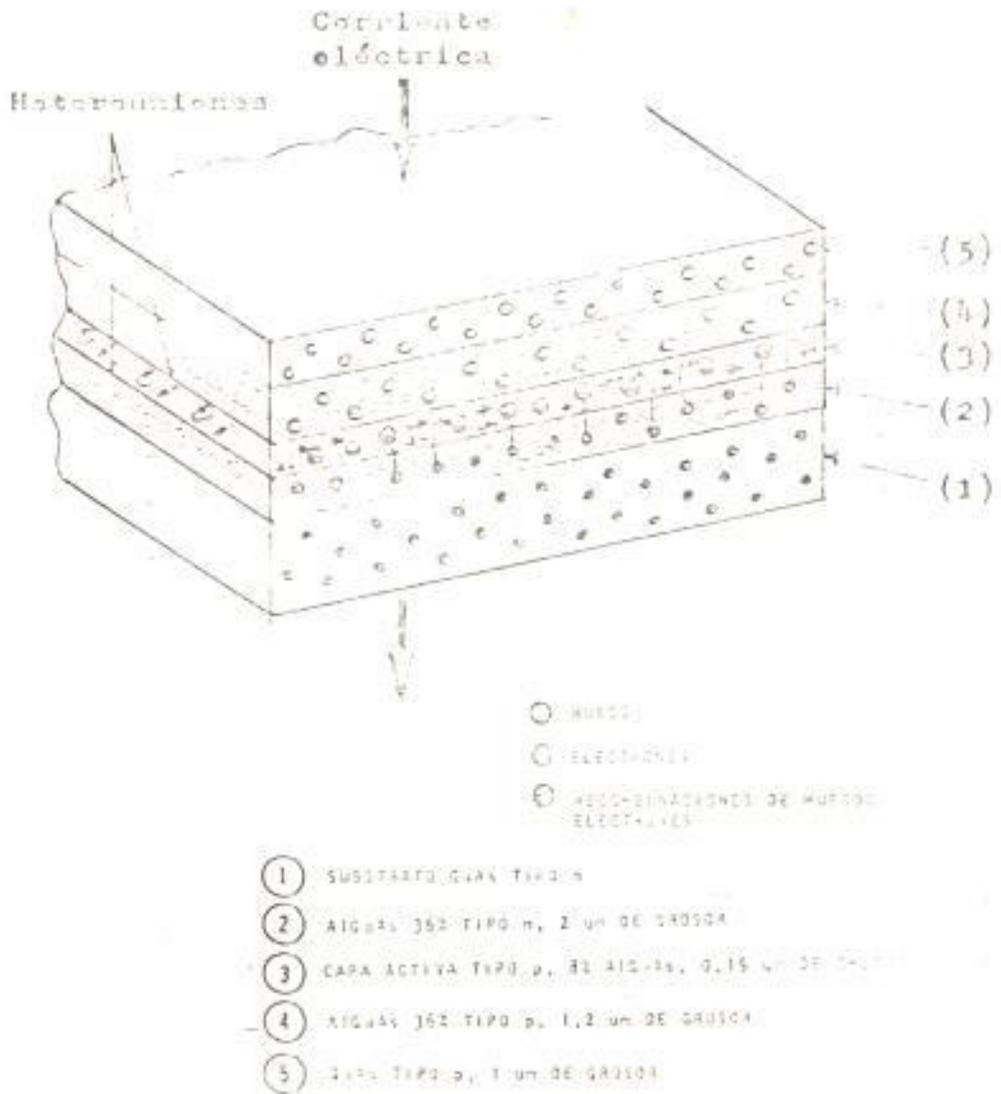


FIGURA 3.11 ESTRUCTURA DE UN DIODO LASER DE HETEROUNIONES

diendo ellos penetrar las uniones p-n y entrar a la región activa. Simultáneamente los huecos entran a la región activa desde la capa 4.

En la región activa, los electrones inyectados tienen una mayor energía que la normal comparada con el material de tipo p. Ellos permanecen en éste corto estado de alta energía (excitado, 10^{-9} a 10^{-3} segundos), entonces espontáneamente se recombina con los huecos ya en la región activa y con huecos inyectados de la capa 4.

En la recombinación, los electrones asumen un estado de baja energía (reposo), y emiten un fotón en el proceso.

Estos procesos de emisión espontánea están en concordancia con la ley de Planck, el cual establece que la energía de un fotón emitido es igual a la diferencia de energía entre el estado de excitación y el estado de reposo:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

donde $h\nu$ es la energía del fotón (h viene a ser la constante de Planck y ν la frecuencia del fotón), E_2 es la energía del estado de excitación, y E_1 es la energía del estado de reposo.

La principal razón para utilizar un sistema metalúrgico de aluminio galio arsénico más que otros materiales semiconductores es que la eficiencia de conversión de energía es alta (esto es porque, una fracción amplia de electrones liberan su exceso de energía como luz más que otros tipos de emisiones de energía). Además, la energía $E_2 - E_1$ es tal que la luz está en el rango de la longitud de onda requerido. Una ventaja adicional del sistema AlGaAs es que ésta puede ser producida en casi todas las condiciones, variando desde arsénico aluminio puro hasta arsénico galio puro provenientes de soluciones líquidas. Por esto, la estructura de multicapas de la Figura 3.11 puede ser fabricado por deposiciones epitaxial de fase líquida, con la composición de capas seleccionadas para dar las propiedades deseadas semiconductoras y ópticas.

Si una emisión espontánea de fotones inciden en un electrón que todavía no se ha recombinado y está por lo tanto en el estado de excitación, el electrón inmediatamente cae de E_2 a E_1 y se convierte en un fotón teniendo la misma frecuencia dirección y fase del fotón incidente. Este es el proceso de emisión estimulada opuesto a la emisión espontánea. El objeto de proveer una abundancia de electrones excitados y huecos es de que la emisión espontánea produzca la luz y la emisión estimulada la amplifique. El resultado es la luz Laser, luz coherente intensa (esto es, compuesto esencialmente de una simple longitud de onda, con ondas en fase).

Los extremos de las estructuras de las multicapas AlGaAs están adheridas para producir una superficie semejante a un espejo, la cual refleja parte de la luz emitida dentro de la estructura. Esta luz reflejada estimula además la emisión de fotones de los electrones excitados.

Las capas bajo y sobre la región activa ejecutan dos funciones además de inyectar huecos y

portadores en la región activa:

Primero, ellas limitan la inyección de electrones y huecos a la región activa. La capa 4 - crea una barrera que previene la inyección de electrones a la capa 2 de sobrecarga de la región activa. Similarmente, la capa 2 previene los huecos de la capa 4 de sobrecarga.

Segundo, ellas proveen un cambio abrupto del índice de refracción que confina la luz emitida a la región activa.

El confinamiento de huecos, electrones y luz incrementa la interacción entre los huecos y los electrones y entre los fotones y los electrones de ésta manera se aumenta la generación de luz Laser.

Una precaución se toma para situar la región activa, y ésta es colocar una banda a ambos lados de la región activa las cuales están revestidas semiaisladoramente (por bombardeos de protones). Así la región activa es limitada a

una tira angosta al centro de la estructura. La luz Laser emerge en un rayo de los extremos de la tira (Figura 3.12).

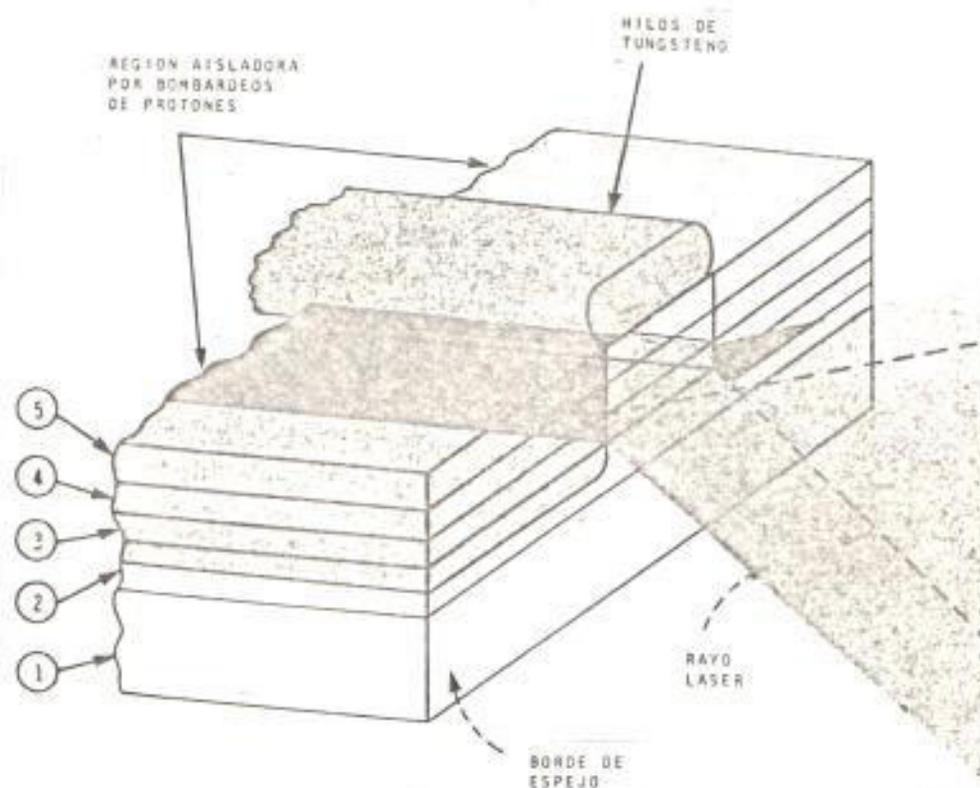
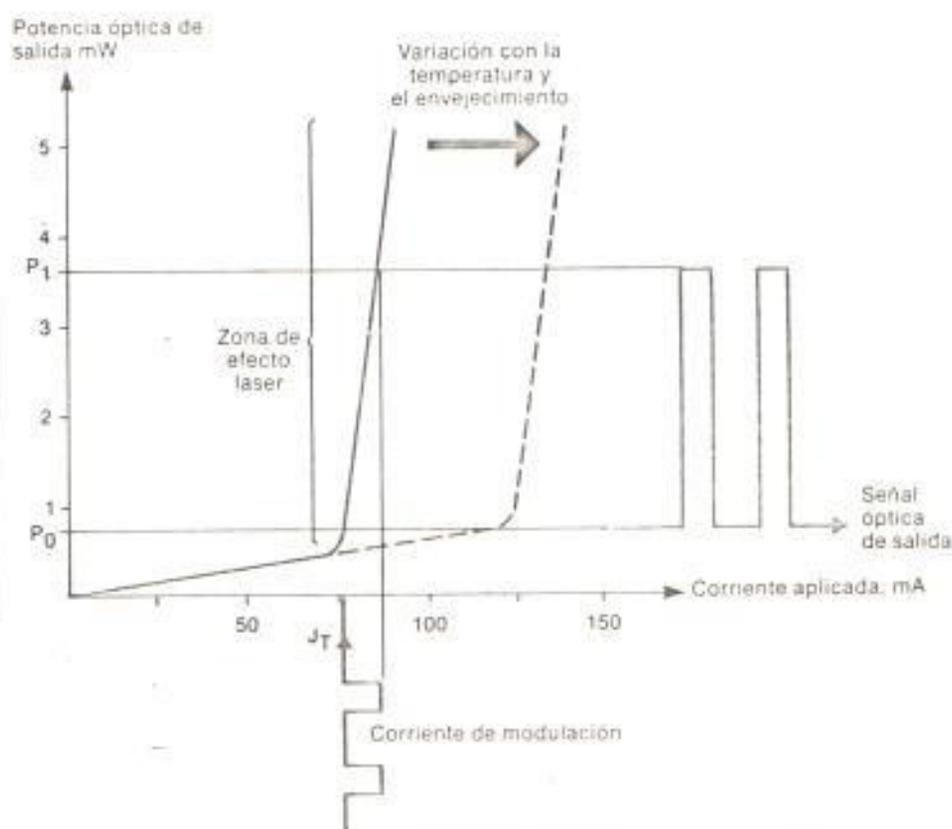


FIGURA 3.12 PROYECCION DEL RAYO LASER.

El rayo es dirigido hacia el extremo de una guía de luz y es encendido y apagado por pulsos de corriente codificado digitalmente aplicado a la estructura de la multicapa.

La función de transferencia del diodo semiconductor Laser, tal como se lo presenta en la Figura 3.13, está caracterizado por un valor umbral por encima del cual se emite el rayo Laser. Esta característica varía con la temperatura y con el envejecimiento.



J_T Corriente Umbral
 P_0 Luz "cero"
 P_1 Luz "uno"

FIGURA 3.13 CARACTERÍSTICA DE TRANSFERENCIA DEL LASER

El Chip Laser se encuentra montado en un paquete (Figura 3.14). El paquete contiene una guía de luz corta, para recibir luz de una faceta del Chip Laser, y fotodetector (un fotodiodo - pin de silicón compuesto de capas tipo p, intrínseco y tipo n) para recibir la luz de la faceta opuesta del Chip. La guía de luz termina en un conductor biconico para conexión de una guía de luz externa. El fotodiodo proporciona retroalimentación a un circuito externo que controla el nivel de corriente aplicada al Chip Laser, y por consiguiente la potencia de luz de salida.

Este circuito externo (Figura 3.15) está formado por:

- (1) Un corrector de base de tiempo que retrasa los datos de la energía de entrada tanto como se necesite para que la señal de referencia de pulso esté sincronizado al amplificador de retroalimentación con la modulación del pulso aplicado en ésta alimentación.

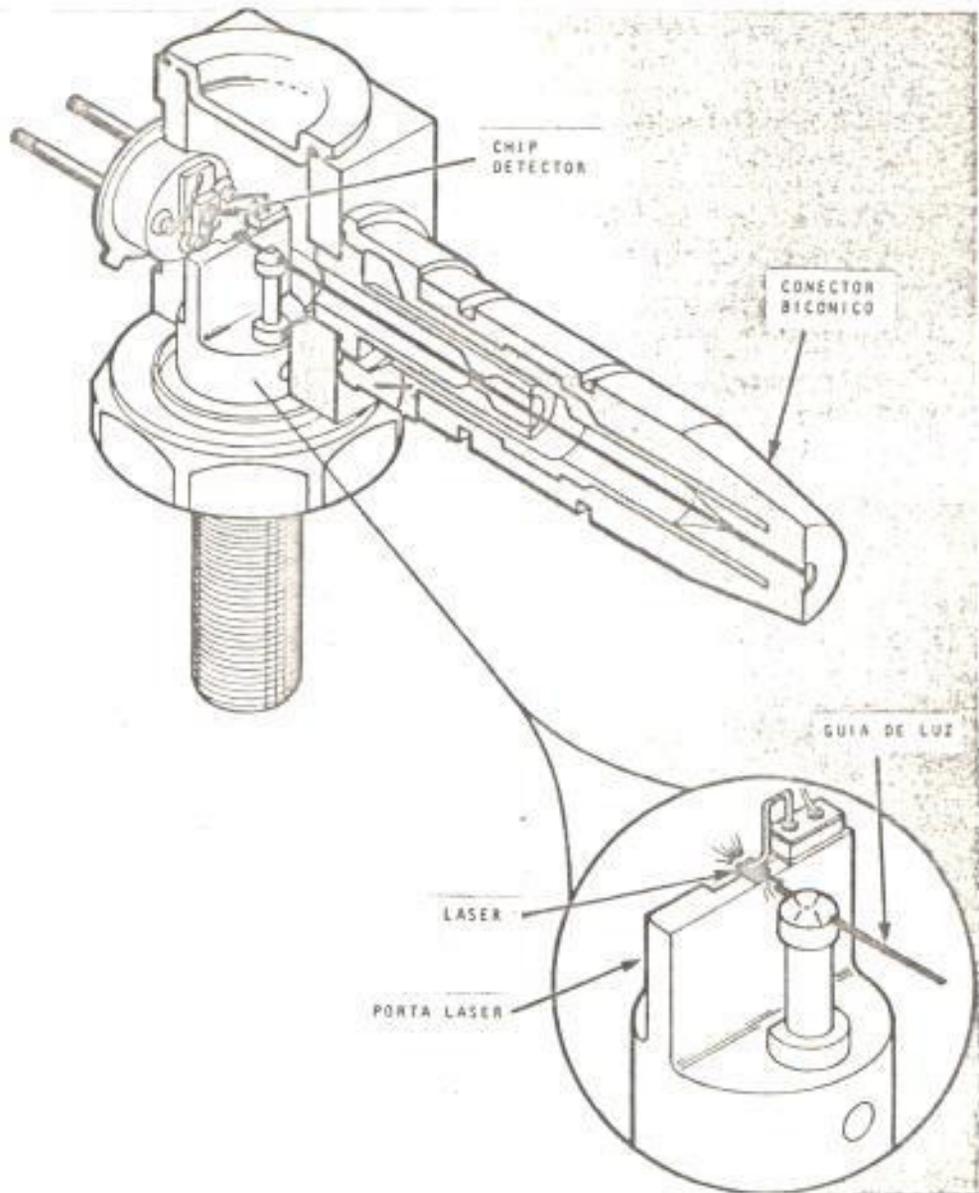


FIGURA 3.14 ESQUEMA DEL PORTADOR DEL LASER

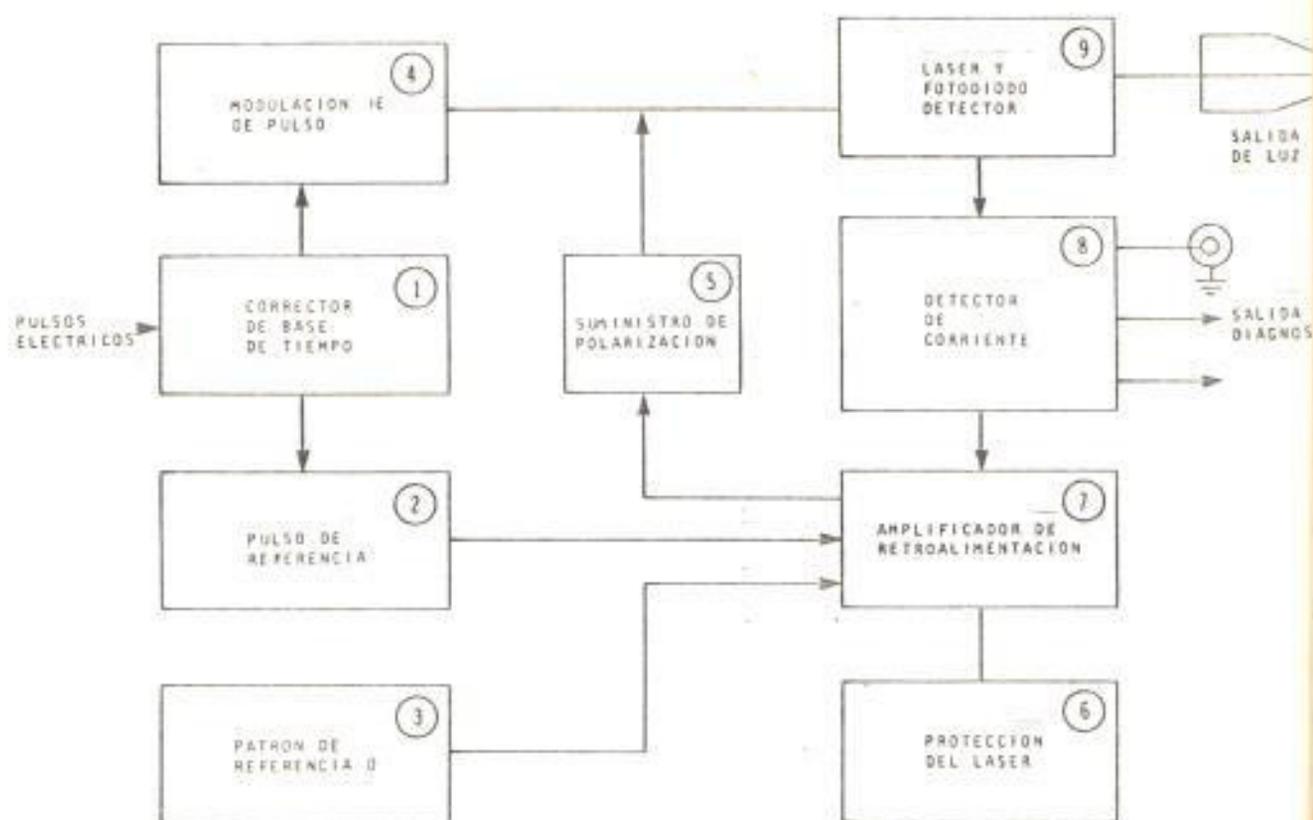


FIGURA 3.15 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CIRCUITO EXTERNO

- (2) La referencia de pulso provee una señal de nivel "cero" para evitar la confusión de ausencia de nivel "uno" cuando no exista datos de energía de entrada.
- (3) El patrón de referencia "cero" provee polarizaciones preestablecidas cuando no hay u

na señal de dato de energía de entrada.

- (4) La modulación del pulso modula la potencia desde el suministro D.C. de acuerdo con la señal de dato de entrada.
- (5) El suministro de polarización otorga la potencia al Laser.
- (6) La protección del Laser prevé voltajes y corrientes peligrosas que puedan dañar al Laser.
- (7) El amplificador de retroalimentación asegura apagado, nivel "cero" y "uno" y forma de pulsos apropiados.
- (8) El detector de corriente produce una señal proporcional a la luz de salida del Laser, y suministra una señal de prueba para los circuitos de diagnóstico externos.
- (9) El Laser y el fotodiodo detector; el laser produce un rayo de luz para ser transporta

do por la fibra y el detector suministra una señal eléctrica proporcional a la intensidad del rayo, para el fin de controlar la potencia.

3.3.2. Receptor

El principal elemento del receptor en un sistema de guía de luz es el fotodetector de avalancha de silicón cuyo diseño es el mostrado en la Figura 3.16. Este diseño se comporta análogamente a un tubo fotomultiplicador, generando una corriente muchas veces mayor que la corriente producida por los fotones incidentes. Debido a una propiedad de fotomultiplicación, el fotodetector de avalancha de silicón aumenta la sensibilidad del sistema de onda de luz, muchas veces más de la que aumentaría un fotodetector de silicón p-n convencional. El fotodetector de avalancha está diseñado para que un área de actividad sea transparente a la luz del Laser y de la que proviene de la guía de luz.

El fotodiodo de avalancha es esencialmente un -

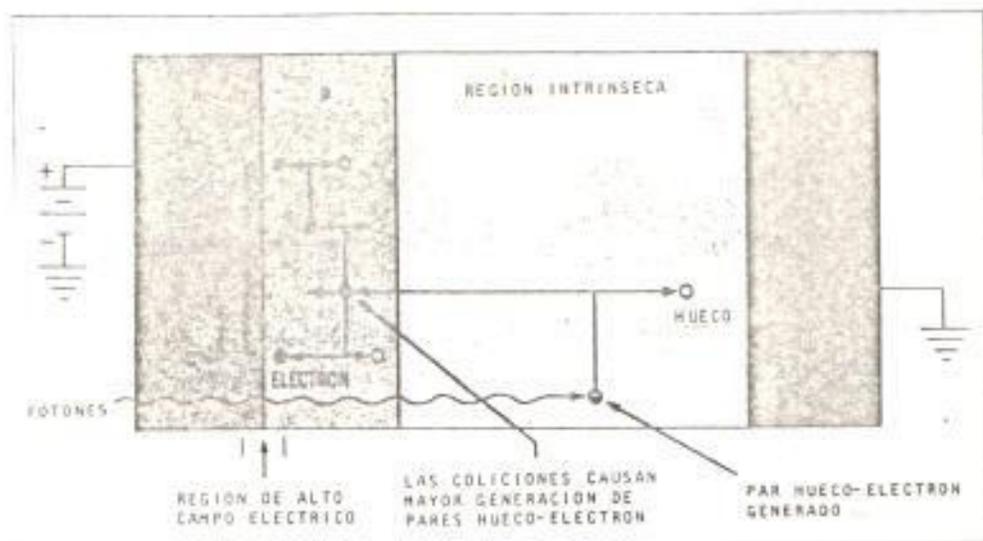


FIGURA 3.16 ESTRUCTURA DE UN FOTODIODO DE AVALANCHA

dispositivo compuesto de cuatro capas de uniones p-n: una capa n, una capa p, una capa altamente resistente o intrínseca y una capa p^+ de baja resistividad (la misma que es de tipo p altamente dopado). El diodo es operado a alto voltaje de 100 a 300 voltios, justamente debajo del punto de rompimiento de avalancha. La luz de la guía entra en el fotodiodo a través de la capa n y penetra en la región intrínseca, donde los fotones generan pares de huecos-electrones. Los huecos son atraídos a la región de p^+ y los electrones son atraídos a la región n creando u

na corriente. Mientras más intensa es la luz mayor es el número de pares huecos-electrones y mayor será la corriente. El choque de electrones en la región p genera más pares de huecos - electrones, produciendo un efecto de avalancha que le dá al diseño una ganancia alta.

El parámetro más crítico en la manufactura del fotodiodo detector de avalancha es el dopamiento de la región activa, la que controla la ganancia como una función de la longitud de onda de la luz incidente.

CAPITULO IV

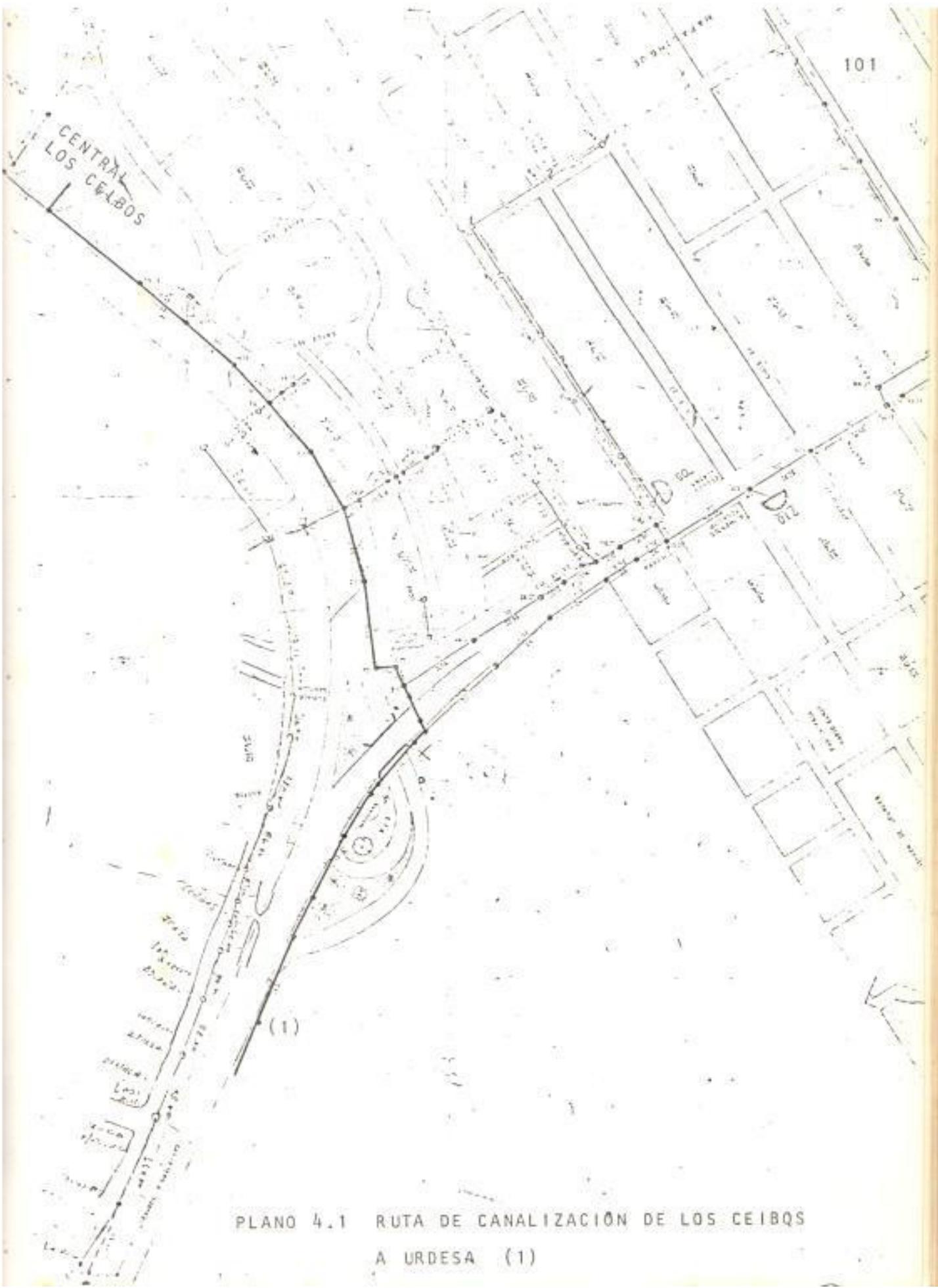
DISEÑO DEL ENLACE INTERCENTRAL

4.1. RUTA DE CANALIZACION

De acuerdo a la ruta de canalización mostrada en los planos (Plano 4.1 y Plano 4.2) la longitud entre las centrales Los Ceibos - Urdesa es de 3.052,71 metros.

Esta canalización es subterránea y está formada por un ducto de cuatro vías con un diámetro de 10 centímetros cada uno, por el cual pasa un cable de 200 pares telefónicos de cobre (diámetro = 39,7 mm).

Como el diámetro de un cable de 8 fibras es de 10,8 mm, muy pequeño en comparación con el de 200 pares telefónicos, se podría muy bien pasar por cualquier vía del ducto el cable de fibra óptica, evitándonos así, la construcción de una nueva ruta de canalización la cual lleva a un cierto número de inconvenientes tales como: romper las calles con la subsecuente obstaculización del tráfico, el pago de los jornales a los trabajadores y el costo de los ductos y materiales de trabajo.



PLANO 4.1 RUTA DE CANALIZACIÓN DE LOS CEIBOS A URDESA (1)

4.2. MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE ENLACE

El sistema fibroóptico de línea a usarse en las centrales Los Ceibos y Urdesa es de 34 Mbit/s, con una velocidad de transmisión de 34,368 Mbit/s; está provisto para transmitir 480 canales telefónicos codificados en PCM por un cable de fibra óptica.

Las principales ventajas que ofrece éste sistema son:

La de poder transmitir 480 canales de voz por un par de fibras ópticas; en cambio para poder transmitir 480 canales de voz en el sistema actual utilizado por IETEL deberíamos tener 480 pares telefónicos de cobre, pero como no existe un cable de ésta capacidad, el cable que se debería usar es el de 600 pares telefónicos con un diámetro de 64,9 mm. El cable de fibra óptica a usarse es uno de 8 fibras con un diámetro exterior de 10,8 mm, lo que nos lleva a una notable reducción del diámetro del cable.

La disminución del número de empalmes; ya que la longitud del cable por tambor es mucho mayor, llegando a tener 1 Km de longitud. Es verdad que el equipo de empal

me es más complejo, pero a su vez su uso es muy fácil y el tiempo de trabajo es muy corto.

La reducción del peso del tambor y del cable, que es mucho más liviano, por lo tanto el tiempo en tender éste cable será mucho menor que el cable de cobre, así como también el número de personal utilizado.

El costo del cable y el de su montaje, es más barato, ya que se emplean menos trabajadores y la demora en su instalación es menor.

Con el gran ancho de banda que permite la fibra óptica, logramos grandes distancias entre los repetidores ópticos, esto se debe a la poca atenuación existente en el sistema.

Debido a que el material de la fibra óptica es un aislante, hace que el sistema tenga un alto grado de confiabilidad en su operación; de acuerdo a estudios realizados en Norte América los errores que allá se produjeron fueron causados por problemas ajenos al sistema como: tempestades, caída de un árbol, accidentes automovilísticos sobre los postes de tendido, etc., y no por

fallas propias del sistema de comunicación.

4.3. LONGITUD DEL TRAMO Y UTILIZACIÓN DE REPETIDORES OPTICOS

De acuerdo al numeral 4.1, la longitud del tramo entre las centrales Los Ceibos - Urdesa es de 3.052,71 m. Para saber si en éste tramo se necesita repetidores ópticos se hará previamente un estudio de pérdidas del sistema.

La Figura 4.1, nos ilustra las pérdidas que se tomarán en cuenta para el diseño del enlace fibroóptico entre las centrales Los Ceibos - Urdesa.



FIGURA 4.1 DEFINICIÓN DE LAS PERDIDAS EN EL SISTEMA

O-LTE = Equipo terminal de la línea óptica.

E/O CONV = Convertidor eléctrico-óptico

O/E CONV = Convertidor óptico - eléctrico.

ILD = Diodo Laser.

APD = Fotodiodo detector de avalancha.

FDP/FDF = Panel de distribución de fibra y bastidor de distribución de fibra.

Las fórmulas que se utilizarán para encontrar las pérdidas totales del sistema y para calcular el espacio máximo entre repetidores son:

$$\text{Espacio máximo entre repetidores (Km)} = \frac{T_L}{\text{Pérdidas en la fibra óptica a lo largo de 1 Km}} \quad (1)$$

Donde:

$$T_L = P_o - (L_{ce} + L_{ct} + M_e + M_f + F_p) - P_r \quad (2)$$

Siendo:

T_L = Pérdidas totales en la línea incluyendo las pérdidas de acoplamiento.

P_o = Potencia de salida de la fuente en la fibra.

L_{ce} = Pérdidas de conexión en el equipo

$$(L_{ce} = L_{c1} + L_{c2} + L_{cr})$$

$L_{cl,2}$ = Pérdidas en las conexiones de los conectores.

L_{cr} = Pérdidas de conexión en la entrada del conector - de recepción.

L_{ct} = Pérdidas de conexión del conector de salida del transmisor.

M_e = Margen de operación del equipo.

M_f = Margen de operación por el cable.

F_p = Recargo por el ancho de banda en la fibra.

P_r = Sensitividad en el receptor a la entrada del APD.

Para calcular las pérdidas totales (T_L) en el sistema de 34 Mbit/s que se utilizará en el enlace Los Ceibos - Urdesa, utilizamos la fórmula (2), con los siguientes valores:

$$P_o = -4,5 \text{ dBm.}$$

$$P_r = -52,5 \text{ dBm.}$$

$$P_o - P_r = 48,0 \text{ dBm.}$$

$$M_e + M_f = 5,0 \text{ dB.}$$

$$L_{ce} + L_{ct} = 4,5 \text{ dB.}$$

$$F_p = 0,0 \text{ dB.}$$

De donde obtenemos que:

$$T_L = 38,5 \text{ dB.}$$

Utilizando la fórmula (1) para calcular el espacio máximo entre repetidores, tomando como referencia una pérdida en el cable de 3 dB/Km, tenemos que la distancia entre los repetidores es de 12,8 Km.

De acuerdo con éste cálculo se concluye que no se necesitan repetidores ópticos en el enlace referido en ésta tesis, debido a que su longitud es inferior a lo calculado.

Tal vez en futuros enlaces donde la longitud del tramo sea mayor, se necesiten de repetidores ópticos, por lo tanto a continuación efectuaré un estudio breve de éstos repetidores ópticos.

4.3.1. Repetidores Ópticos

La señal óptica es receptada por la unidad regeneradora (Figura 4.2) a través de un conector óptico que es el fotodiodo de avalancha, el cual convierte la señal óptica de 34,368 Mbit/s en una señal eléctrica. Esta señal se amplifica en un preamplificador (el fotodiodo y el preamplificador están en la unidad óptica del detec-

tor o receptor). La señal entonces pasa a través de amplificadores. Un circuito de control automático de ganancia mantiene una salida de voltaje constante, el cual alimenta a los circuitos de extracción de ritmo y de decisión.

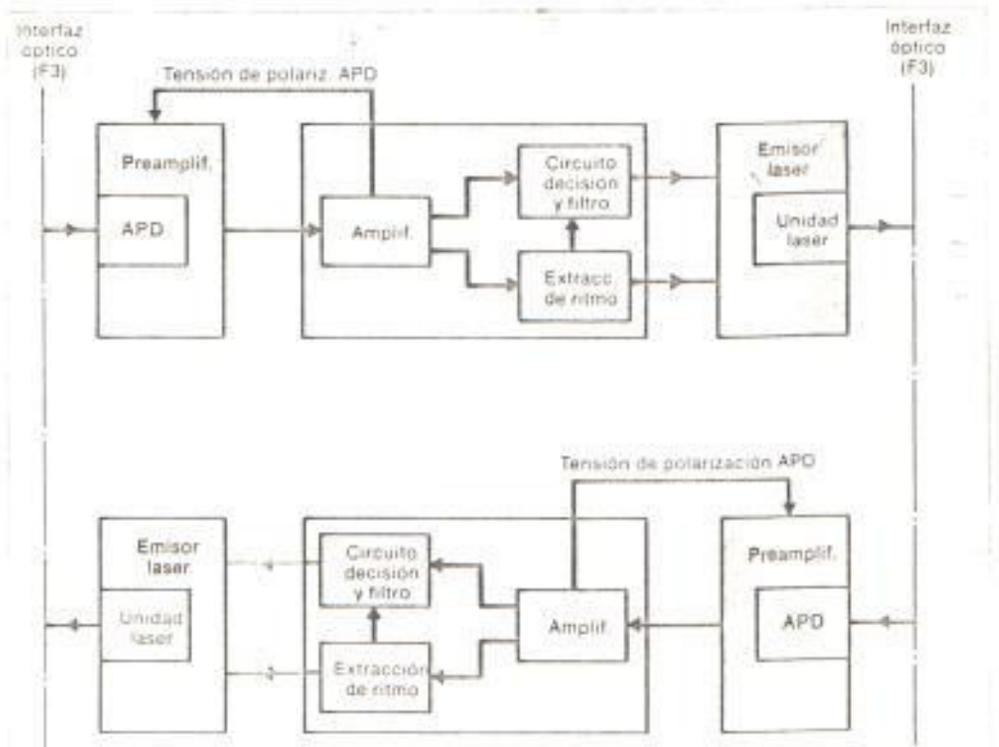


FIGURA 4.2 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL REGENERADOR OPTICO

El circuito de extracción de ritmo es un lazo de fase y frecuencia el cual acepta las señales de entrada al azar, binaria, no retorno por ce-

ro y produce una onda seno de salida que está -
enlazada en fase y frecuencia a la entrada de
corriente. Este circuito es usado para volver-
a colocar en tiempo los pulsos de corrientes re-
generados desde el circuito de decisión para la
transmisión.

El circuito de decisión lee las señales de dato
de entrada desde el detector óptico (receptor)-
y decide cuales son los pulsos "uno" lógico y
"cero" lógico. El decididor hace la diferencia-
ción entre la información lógica y el ruido. A
hora bien esto es la representación de la medi-
da de la relación señal-ruido de la unidad rege-
neradora. El circuito de decisión saca la se-
ñal de dato sincronizada y regenerada.

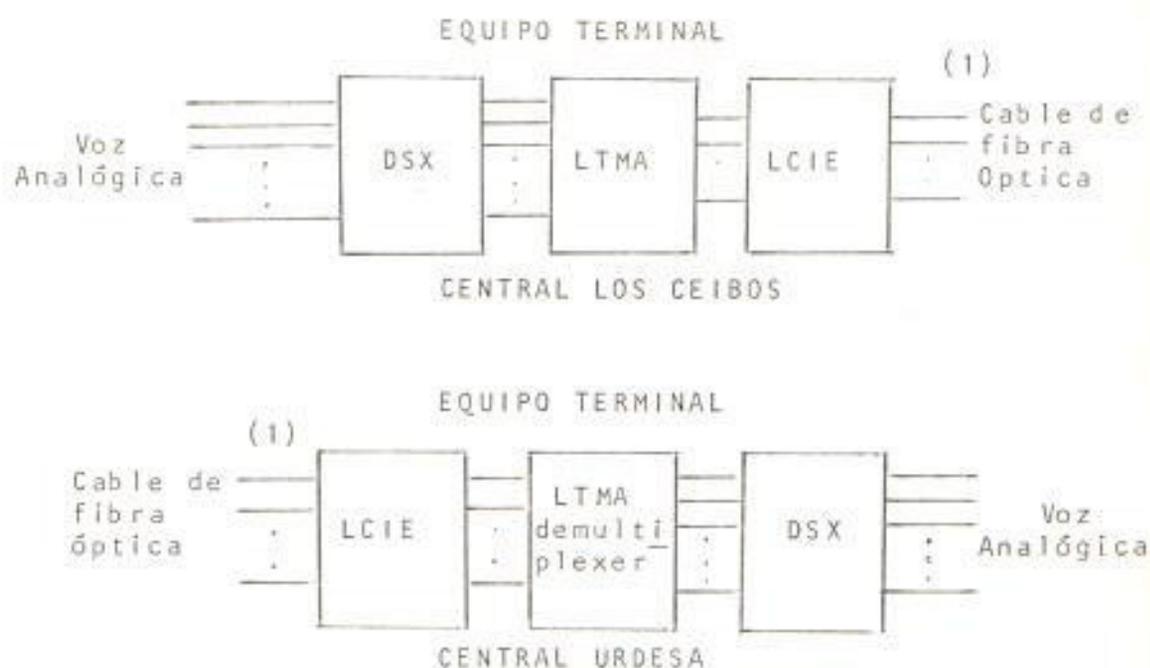
El transmisor consiste del interruptor de trans-
misión y del transmisor Laser. Además, depende
en que si la función es de línea o terminal. -
La señal eléctrica digital de datos vendrá de
la salida del receptor (circuito de decisión) o
del multiplexador (circuito de transmisión). -
El interruptor de transmisión, se llama así por

que ha sido diseñado para actuar entre una señal de prueba aplicada externamente, una señal de localización de falla, o la señal normal regeneradora de datos.

Su salida es una señal eléctrica binaria de 34,368 Mbit/s. El transmisor de onda de luz convierte la señal eléctrica de 34,368 Mbit/s en una señal óptica. La señal eléctrica es metida al conductor del Laser, que conduce al Laser a una intensidad de luz máxima para una transmisión lógica "uno" o intensidad mínima para una transmisión lógica "cero". La señal de salida de onda de luz, es entonces llevada hacia un sólo conector de fibra y de ahí a la fibra guía de luz para la transmisión en el sistema de onda de luz.

4.4. CONFORMACION DEL SISTEMA

El diagrama de bloques general del enlace Los Ceibos-Urdesa propuesto en la presente tesis es el siguiente:

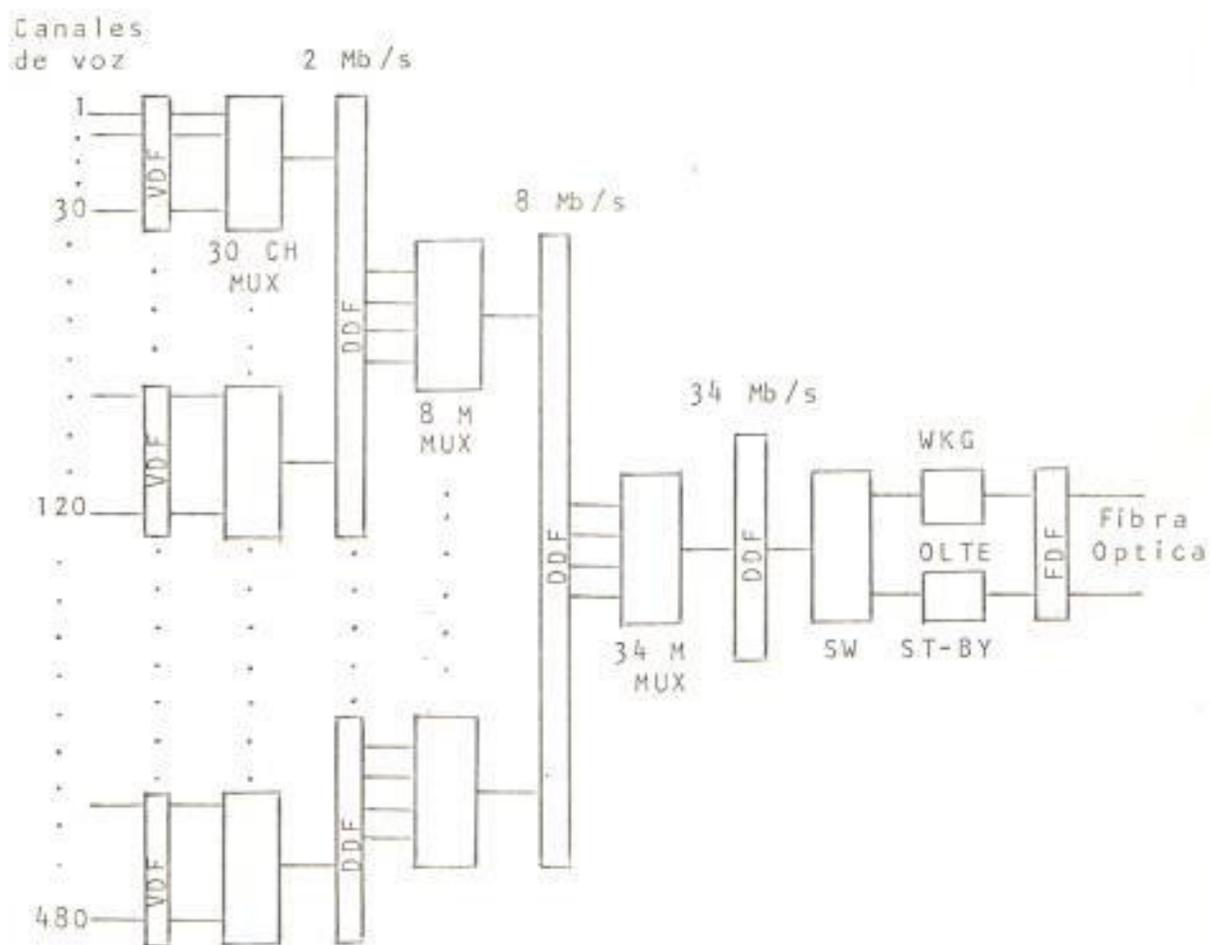


DSX = Convertidor Analógico - Digital y Digital - Analógico.

LTMA = Ensamblador de Multiplexores y terminal de línea y Demultiplexadores.

LCIE = Equipo de interconexión de cable de guía de luz.

El diagrama de bloque particular de una de las centrales es:



VDF = Bastidor de Distribución de Voz.

DDF = Bastidor de Distribución Digital.

SW = Equipo de Conmutación de Protección.

OLTE = Equipo Terminal de Línea Óptica.

WKG = Sistema Trabajando.

ST-BY = Sistema en Espera.

FDF = Bastidor de Distribución de Fibra.

4.5. EQUIPO TERMINAL EN LAS CENTRALES

El equipo terminal en las centrales estará formado, primero, por los convertidores analógicos-digitales, luego por los multiplexadores digitales y el equipo terminal de línea óptica.

4.5.1. Multiplexador 30 CH PCM MUX

Su representación es mostrada en la Figura 4.3:



FIGURA 4.3 MULTIPLEXADOR
30 CH PCM MUX

El multiplexador 30 CH PCM MUX está formado por el N5700 VF MUX el que realiza la digitalización a 2 Mbit/s de las señales de voz y del sistema de conmutación (Figura 4.4), y el N5710 SIG-A MUX el que realiza la interface de señalización con el sistema de conmutación, se contempla 2 hilos, 1 E y M (Figura 4.5).

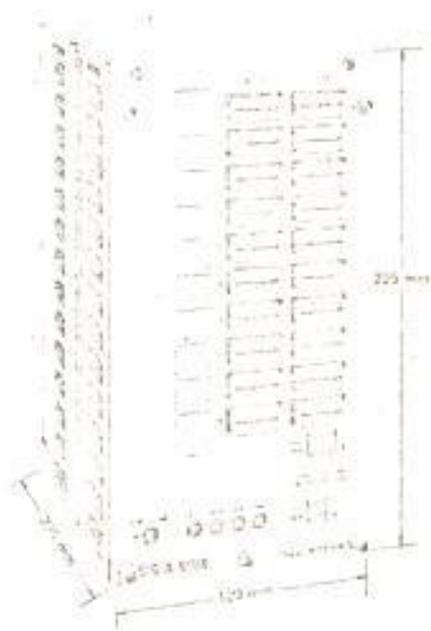
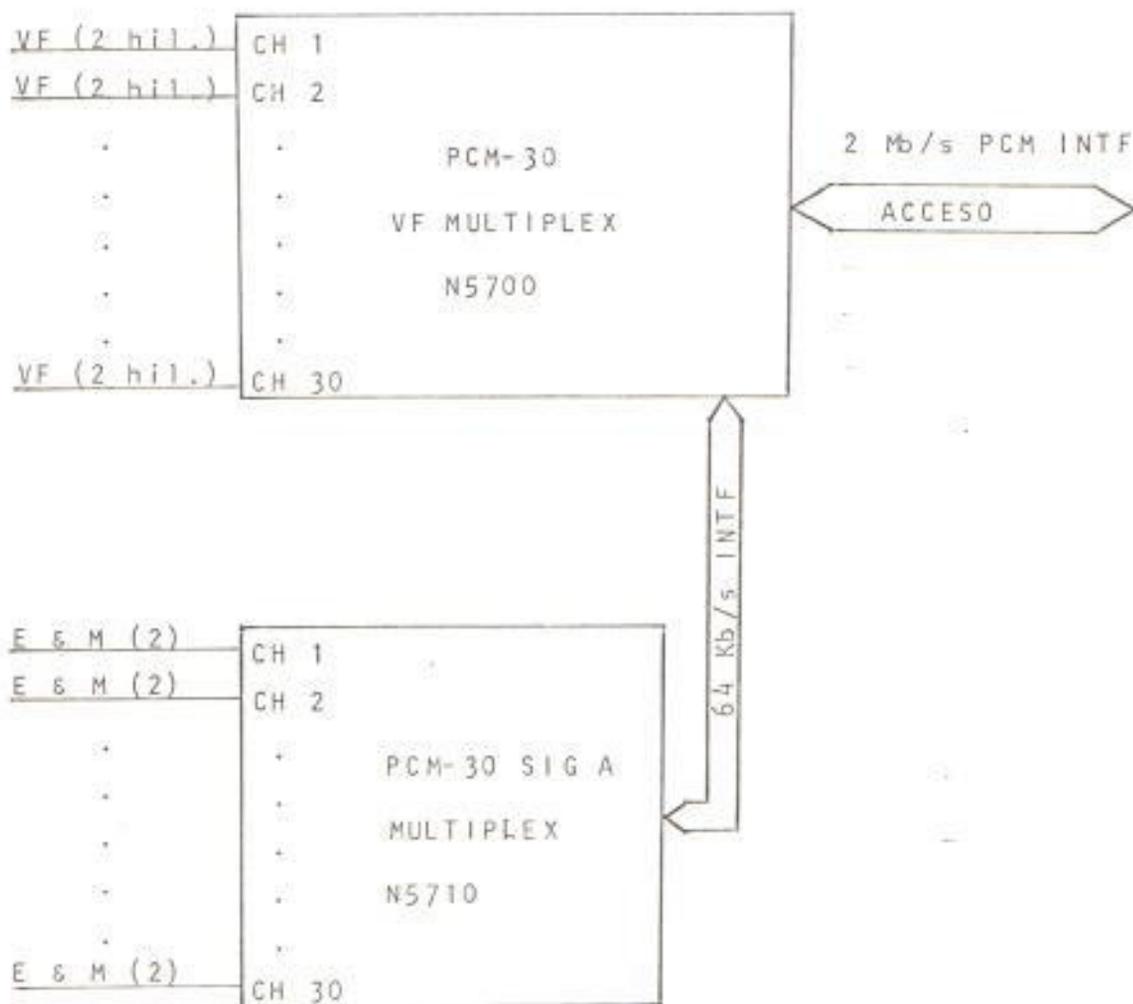


FIGURA 4.4 N5700 VF MUX FIGURA 4.5 N5710 SIG-A MUX

Siendo la configuración del sistema del multiplexador 30 CH PCM MUX, el siguiente:



Y cuyas características son las siguientes:

Número de canales : 30
 Código de voz : 8 bits por muestra

Interface de línea a 2 Mbit.

Código de línea : HDB-3
 Razón de línea transmitida : 2048 Kbit \pm 50 ppm
 Amplitud del pulso transmitido : 2,37 V_{0-p} / 75 ohm

Interface a 64 Kbit:

Número de canales a 64 Kbit : 3 (TS6/22 y TS16)
 Formato del código : NRZ regulación más dato (para TS16). Bipolar con regulación (para dato)

Frecuencia de voz:

Ancho de banda : Pérdidas relativas a 800 Hz
 2 Hilos : 3 a -0,5 dB para 0,3 - 3,4KHz
 1,7 a -0,5dB para 0,4-3 KHz
 0,9 a -0,5dB para 0,6-2,4KHz

4 Hilos : 0,5 a -0,5dB para 0,3-3 KHz
1,8 a -0,5dB para 3-3,4 KHz

Mínimo nivel de entrada : -10,5dBm para 2 hilos
-14dBm para 4 hilos

Máximo nivel de salida : 0,5dBm para 2 hilos
4dBm para 4 hilos

Ruido en canales desocupado : -65dBm_{o-p}

Diafonía entre canales : 65 dB

Requerimiento del medioambiente.

Temperatura : 5°C-45°C (operando 0°C-50°C)

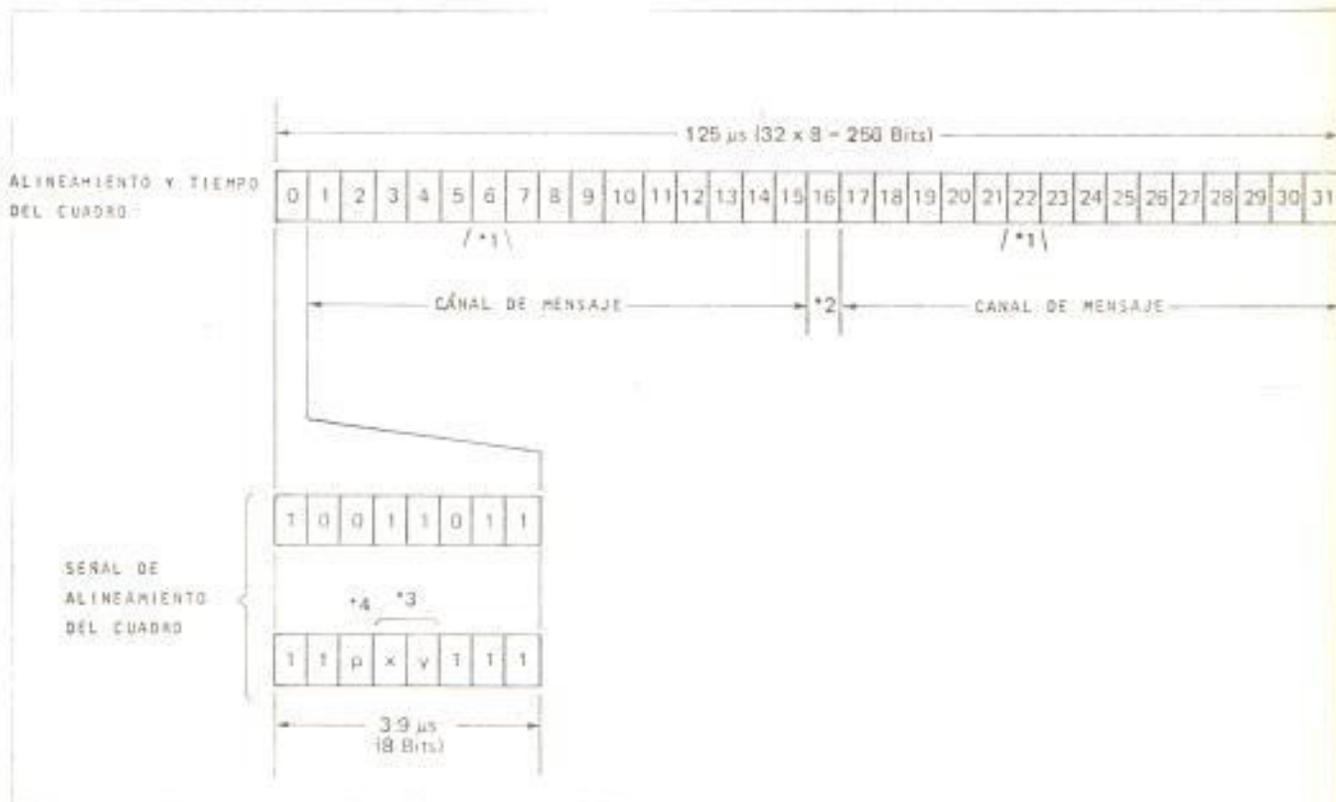
Humedad relativa : 90% a 35°C

Requerimiento de

Potencia : Aprox. 13W con señal 2 E/M

Dimensiones : 2750(L)x225(P)x120(A) mm

La estructura de éste multiplexador está dado -
en la Figura 4.6.



- Nota: *
- *1 Asignado para canales de mensaje y canales con opción a 64 Kbits.
 - *2 Asignado para canales con señalización común o asociado con canales de señalización.
 - *3 Asignado para señales de comando de lazo cerrado a 2 Mbit/s, con los siguientes estados de bit:

| | | | |
|-----------------|----|------------------|----|
| Estado apagado: | 11 | Estado prendido: | 00 |
|-----------------|----|------------------|----|
 - *4 Usado para transmisión de alarma:

| | | | |
|------|---|--------|---|
| NOR: | 0 | ALARM: | 1 |
|------|---|--------|---|

FIGURA 4.6 ESTRUCTURA DEL MULTIPLEXADOR 30 CH PCM MUX

4.5.2. Multiplexador 8M

Su representación es mostrada en la Figura 4.7.

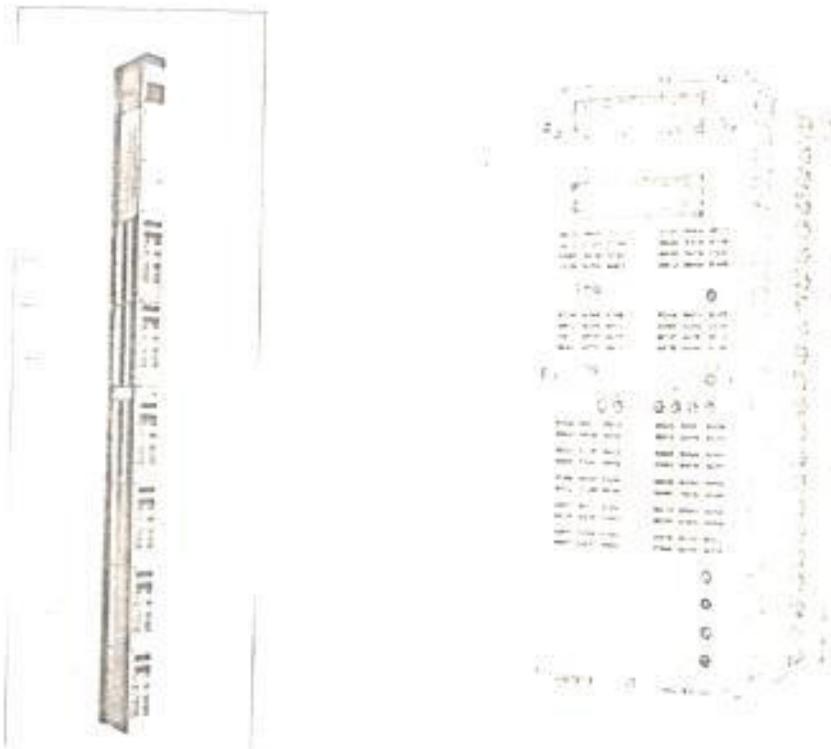


FIGURA 4.7 MULTIPLEXADOR 8M

Y cuyas características son la siguientes:

Parametros del sistema.

Capacidad de multi-

| | | |
|--|---|---|
| plexado | : | 4 corrientes de 2,048 Mbit/s, dentro de una corriente de - 8,448 Mbit/s |
| Número de afluencia | : | 4 |
| Número de canales telefónicos | | |
| Por afluencia | : | 30 canales |
| En señal multiplexada: | | 120 canales |
| Método de multiplexado: | | Bit interlaminado |
| Sincronización | : | Justificación positiva en el tramo fijado |
| Mensaje de control de justificación | : | 111; estado relleno, 000; es- tado no relleno |
| Mensaje de alinea- miento del tramo | : | 10 bits (1111010000) |
| Justificación máxima | : | 9,96 Kbit/s |
| Frecuencia por razón de justificación nomi- nal de afluencia | : | 0,423 |
| Longitud del tramo | : | 848 bit por tramo |
| Bits por afluencia | : | 206 bit por tramo |
| Voltaje suministrado | : | 36V - 72V |
| Potencia consumida | : | Aprox.13,5W en modo duplicado |

Interface.

Razón de bit

Baja velocidad : 2,048 Mb/s \pm 50 ppm

Alta velocidad : 8,448 Mb/s \pm 30 ppm

Impedancia

Baja velocidad : 75 ohm, desbalanceado

Alta velocidad : 75 ohm, desbalanceado

Código de formato

Baja velocidad : HDB-3 (50% rendimiento)

Alta velocidad : HDB-3 (50% rendimiento)

Amplitud "uno" del

pulso de salida

Baja velocidad : 2,37 V_{o-p} \pm 10%

Alta velocidad : 2,37 V_{o-p} \pm 10%

Amplitud "cero"

residual

Baja velocidad : 0 \pm 0,237 V

Alta velocidad : 0 \pm 0,237 V

Operación límite

Baja velocidad : Pérdida en la interconexión -
de cable 6dB a 1,024 MHz

Alta velocidad : Pérdida en la interconexión -
de cable 6 dB a 4,224 MHz

Condición Ambiental.

Temperatura ambiental : 5°C a 45°C

Humedad : 90% a 35°C

Dimensión.

Panel del bastidor : 2750(L)x225(P)x120(A) mm

Capacidad máxima en

el panel del bastidor : 6 sistemas

La estructura de éste multiplexador está dado en la Figura 4.8.

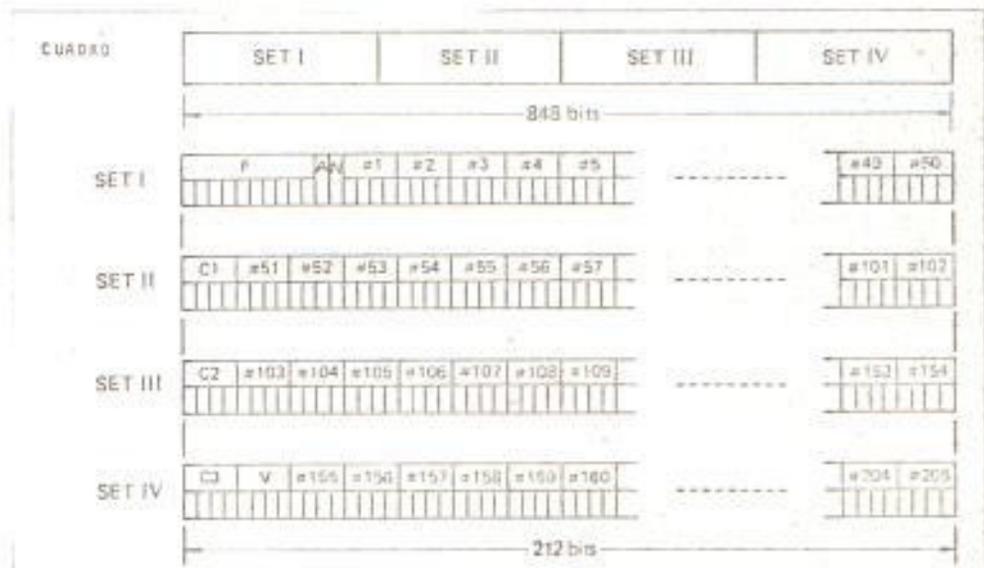


FIGURA 4.8 ESTRUCTURA DEL MULTIPLEXADOR 8M

F = Señal de alineamiento del tramo (1111010000)

A = Bit para transmisión de alarma (ALARM = 1, NO ALARM = 0)

N = Bit reservado para uso futuro (fijado en 1)

#1 - #205 = Bits de afluencia

C_1, C_2, C_3 = Bit de justificación de control (111; estado relleno, 000; estado no relleno)

V = Bit de afluencia disponible para justificación

Nota: 1^a, 2^a, 3^a y 4^a bits en cada grupo del #1 al #205, C_1 a C_3 , y V son asignado para el 1^a, 2^a, 3^a y 4^a afluente, respectivamente.

4.5.3. Multiplexador 34M

Su representación es mostrada en la Figura 4.9.



FIGURA 4.9 MULTIPLEXADOR 34M

El multiplexor 34M está formado por: el multiplexor propiamente dicho (34M MUX N5725, Figura 4.10), y la fuente de poder (34M PWR N5727, Figura 4.11).



FIGURA 4.10 34M MUX N5725



FIGURA 4.11 34M PWR N5727

Y cuyas características son las siguientes:

Parámetros del sistema.

Capacidad de multiplexado

: 4 corrientes de 8,448 Mbit/s
dentro de una corriente de -
34,368 Mbit/s

Número de afluencia

: 4

Número de canales

telefónicos

Por afluencia : 120 canales

En señal multiplexada : 480 canales

Método de multiplexado : Bit interlaminado

Sincronización : Justificación positiva en el tramo fijado

Mensaje de control

de justificación : 111; estado relleno, 000; estado no relleno

Justificación máxima : 22,4 Kbit/s

Frecuencia por razón de justificación nominal de afluencia

: 0,436

Longitud del tramo : 1536 bits por tramo

Bit por afluencia : 378 bits por tramo

Voltaje suministrado : 36 V - 72 V

→ Potencia consumida : Aprox. 25W en modo duplicado

Interface.

Razón de bit

Baja velocidad : 8,448 Mbit/s \pm 30 ppm

Alta velocidad : 34,368 Mbit/s \pm 20 ppm

Impedancia

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Baja velocidad | : | 75 ohm, desbalanceado |
| Alta velocidad | : | 75 ohm, desbalanceado |
| Código de formato | : | |
| Baja velocidad | : | HDB-3 (50% rendimiento) |
| Alta velocidad | : | HDB-3 (50% rendimiento) |
| Amplitud "uno" del pulso de salida | | |
| Baja velocidad | : | $2,37 V_{o-p} \pm 10\%$ |
| Alta velocidad | : | $1,0 V_{o-p} \pm 10\%$ |
| Amplitud "cero" residual | | |
| Baja velocidad | : | $0 \pm 0,237 V$ |
| Alta velocidad | : | $0 \pm 0,1 V$ |
| Operación límite | | |
| Baja velocidad | : | Pérdida en la interconexión de cable de 6dB a 4,224 MHz |
| Alta velocidad | : | Pérdida en la interconexión de cable de 12dB a 17,184 MHz |
| Condición Ambiental, | | |
| Temperatura ambiental | : | 5°C a 45°C |
| Humedad | : | 90% a 35°C |
| Dimensión, | | |

Panel de bastidor : 2750(L)x225(P)x120(A) mm
 capacidad máxima en
 el panel del bastidor : 3 sistemas

La estructura de éste multiplexador está dado en la figura 4.12.

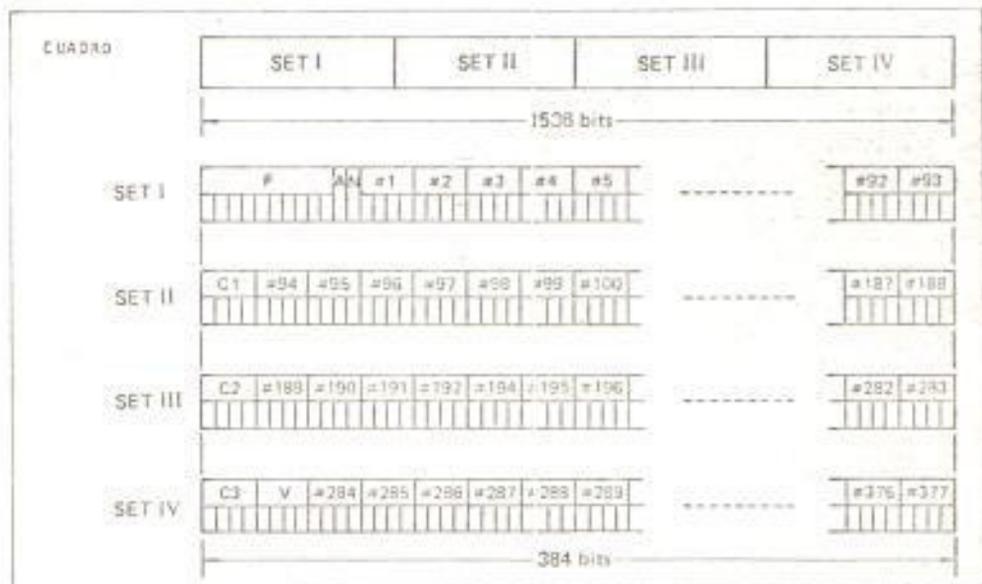


FIGURA 4.12 ESTRUCTURA DEL MULTIPLEXADOR 34M

Donde:

F = Señal de alineamiento del tramo (1111010000)

A = Bit para transmisión de alarma (ALARM = 1, NO ALARM = 0)

N = Bit reservado para uso futuro (fijado en 1)

#1 - #377 = Bits de afluencias

C_1, C_2, C_3 = Bit de justificación de control (111; estado do relleno, 000; estado no relleno)

V = Bit de afluencia disponible para justificación

Nota: 1^º, 2^º, 3^º y 4^º bits en cada grupo del #1 al #377, C_1 a C_3 , y V son asignado para el 1^º, 2^º, 3^º y 4^º afluente, respectivamente.

4.5.4. Equipo de Conmutación y Equipo Terminal de Línea Óptica (OLTE)

La representación del equipo de conmutación es mostrado en la Figura 4.13, y el del equipo terminal de línea óptica (OLTE) en la Figura 4.14.



FIGURA 4.13 EQUIPO DE
CONMUTACION



FIGURA 4.14 OLTE

Las características del equipo terminal de línea óptica (OLTE) son las siguientes:

Interface eléctrica.

| | |
|--------------------|---|
| Razón de bit | : 34,368 Mbit/s \pm 20 ppm |
| Código | : Alta densidad bipolar 3(HOB-3) |
| Cable de conexión | : Par coaxial (75 ohm) |
| Puerta de salida | |
| Amplitud del pulso | : 1,0 \pm 0,1 V _{o-p} (75 ohm resis) |

| | |
|-----------------------------------|---|
| | tivo) |
| Puerta de entrada | |
| Máximas pérdidas por inserción | : 12dB a 17,184 MHz |
| Interface óptico: | |
| Razón de bit | : 34,641 Mbit/s \pm 20 ppm |
| Código | : Binario |
| Fibra standard | : Fibra de índice gradual con 50 μ m de diámetro de núcleo |
| Puerta de salida | |
| Fuente de luz | : AlGaAs diodo Laser, longitud de onda 0,85 μ m (nominal) |
| Forma de onda | : RZ unipolar con el 50% del ciclo libre |
| Potencia de pico | : \pm 2 dBm |
| Puerta de entrada | |
| Detector de luz | : Si - APD |
| Mínimo nivel de entrada | : -52 dBm |
| Máxima pérdida de sección | : 44 dB (incluyendo margen de operación) |
| Monitoreo de error | |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| de línea | : | Chequeo de paridad, nivel de alarma 10^{-6} |
| Fuente de poder | : | DC, $-48V \pm 25\%$ o $-60V \pm 20\%$ |
| Medio Ambiente. | | |
| Temperatura ambiental | : | 0°C a 35°C |
| Humedad relativa | : | Máx. 95% a 35°C |
| Dimensión. | | |
| Panel del bastidor | : | 2750(L)x225(P)x120(A) mm |

4.5.5. Bastidores de Distribución

Por último tenemos los bastidores de distribución de voz (VDF), de distribución digital (DDF) y el de distribución de fibra (FDF).

El modelo del bastidor de distribución de fibra es el FD-0126A y su representación se la muestra en la Figura 4.15.

Y cuyas características son las siguientes:

| | | |
|-----------|---|--------------------------|
| Dimensión | : | 2134(L)x516(A)x305(P) mm |
|-----------|---|--------------------------|

Capacidad de terminal : 6 paneles de distribución de fibra, 48 terminales de fibra

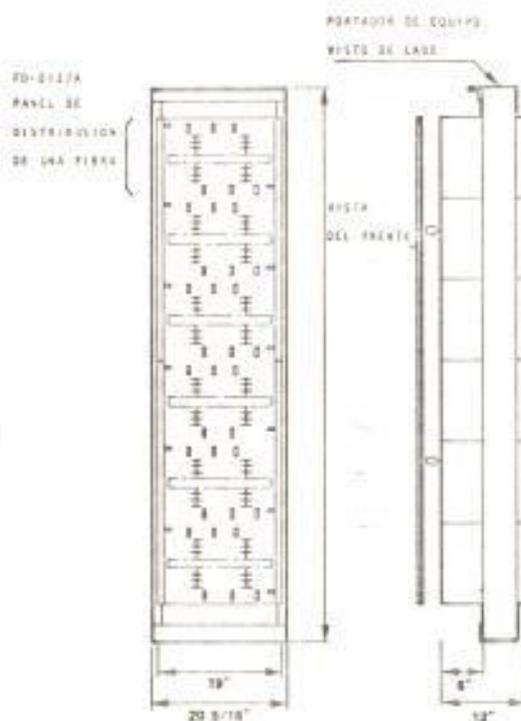


FIGURA 4.15 BASTIDOR DE DISTRIBUCION DE FIBRA

Las características del panel de distribución de fibra, modelo FD-0127A son:

Capacidad de terminal : 9 adaptadores ópticos (8 para uso normal y uno para uso de prueba)

CAPITULO V

COSTO APROXIMADO DEL PROYECTO Y PROGRAMACION PARA SU EJECUCION

Un costo aproximado del proyecto es el que se da a continuación:

(AA) Sistema de Transmisión por Fibra Optica (FOTS)
USD 263.615,00 ✓

| No. de Artículo | | Urdesa | Los Ceibos | Total |
|-----------------|--|--------|------------|-------|
| (1) | Equipo Multiplex. <i>CONST</i> | | | |
| | Abarca: | | | |
| 1. | N5700 VF Multiplex Modurack ✓ con 120 canales | 4 | 4 | 8 |
| 2. | N5710 SIG-A Multiplex Modurack ✓ con 120 CH (E & M) | 4 | 4 | 8 |
| 3. | Bastidor delgado para terminal ✓ | 1 | 1 | 2 |
| 4. | Equipo Multiplex 8M Digital de segundo orden con 4 sistemas ✓ | 1 | 1 | 2 |
| 5. | Equipo Multiplex 34M Digital ✓ de tercer orden con 1 sistema | 1 | 1 | 2 |

Urdesa Los Ceibos Total

| | | | | |
|-----|---|----|----|----|
| (2) | Equipo FOTS. <i>20.000</i> | | | |
| | Abarca: | | | |
| 1. | Equipo de Conmutación | 1 | 1 | 2 |
| 2. | Equipo Terminal de Línea Óptica FD-3009A 34MB (OLTE, 0,85 um) | 1 | 1 | 2 |
| (3) | Bastidores de Distribución. <i>25.000</i> | | | |
| | Abarca: | | | |
| 1. | Modurack de distribución de voz | 16 | 16 | 32 |
| 2. | Bastidor de distribución digital | 2 | 2 | 4 |
| 3. | Bastidor de distribución óptica | 1 | 1 | 2 |
| 4. | Herramientas especiales para VDM | - | - | 1 |
| (4) | Documentación. | | | |
| | Abarca: | | | |
| 1. | Documentación | 1 | 1 | 2 |
| (5) | Repuesto para el Equipo. <i>25.000</i> | | | |

Urdesa Los Ceibos Total

| | | | | |
|---------|-----------------------|---|---|------|
| Abarca: | | | | |
| 1. | Repuestos consumibles | 1 | 1 | 2Kit |
| 2. | Unidad de repuesto | - | - | 1Kit |

(6) Materiales de Instalación. *50 000*

| | | | | |
|---------|--|---|---|------|
| Abarca: | | | | |
| 1. | Materiales de instalación para el equipo | 1 | 1 | 2Kit |

(7) Accesorios. *20.000*

| | | | | |
|---------|------------|---|---|------|
| Abarca: | | | | |
| 1. | Accesorios | 1 | 1 | 2Kit |

(BB) Cable del FOTS USD 84.682,00 (Cantidad)

(1) Cable de 8 Fibras Ópticas. 3200 M

(2) D4 Conector Óptico 00-9470. 8

(3) Cubierta del Cerramiento para Cable Óptico HCJ-2. 7

(4) Material de Repuesto.

| | | | | |
|---------|-------------------------------|--|-------|--|
| Abarca: | | | | |
| 1. | Cable de 8 Fibras Ópticas | | 200 M | |
| 2. | D4 Conector Óptico 00-9470 | | 4 | |
| 3. | Cubierta del cerramiento para | | | |

| | (Cantidad) |
|---|------------|
| cable óptico HCJ-2 | 3 |
| (6) Herramientas para el Mantenimiento. 56.000 | |
| Abarca: | |
| 1. Máquina de fibra óptica para - fusión de empalmes OFCAS-2 | 1 |
| 2. Tripode para máquina de empal- mes | 1 |
| 3. Cortador de fibra | 2 |
| 4. Aparato para desalambrar un ca- ble GJ-64224 | 2 |
| 5. Calentador GJ-64126 | 2 |
| 6. Caja de herramientas para unio- nes de cable 6YA-8044 | 1 |
| 7. Cortador de cable con navaja - de repuesto | 1 |
| 8. Cortador de partes salientes, costura de la cubierta GE-73120 | 2 |
| 9. Lámpara BLDM 6YA-8016 | 2 |
| (CC) Equipo para Prueba: USD 65.436,00 ✓ | |
| (1) Set PCM para Probar Canales AP-9601 | 1 |

| | (Cantidad) |
|--|------------|
| (2) Equipo para Medición de alcance de errores ME-448A. | 1 |
| (3) Multímetro Digital 2506A. | 1 |
| (4) Síncroscopio (50MHz)SS-5510. | 1 |
| (5) Fuente LD Estabilizadora de Luz (0,85 μ m) MG-94B. | 1 |
| (6) Medidor de Fuerza Óptica ML94A. | 1 |
| (7) Sensor MA97A. | 1 |
| (8) Adaptador Conector MP92C. | 1 |
| (9) Atenuador Variable (0,85 μ m) MN95A. | 1 |
| (10) Localizador de Fallas Repetidas (8M y 34M) MS419B. | 1 |

Siendo el valor total del presupuesto USD 413.733,00, aproximadamente.

Considerando la importancia de que la red intercentral actualmente existente en la Ciudad de Guayaquil disponga de un enlace por fibra óptica entre las centrales Los Ceibos - Urdesa, por las ventajas citadas en la presente Tesis sería conveniente que el IETEL Región 2 incluya éste proyecto en el plan de actividades de 1983.

CAPITULO VI

COMPATIBILIDAD DEL PROYECTO CON EL PLAN QUINQUENAL PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

6.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CENTRALES DIGITALES A INSTALARSE

Las centrales digitales a instalarse dentro del Plan Quinquenal de Telecomunicaciones en la Ciudad de Guayaquil tendrán una transmisión PCM a una velocidad de 2,048 Mbit/s.

Tanto el equipo terminal como el equipo de línea deben cumplir con las recomendaciones de la CCITT. Además estas centrales deberán estar en la posibilidad de aplicarlas a sistemas de orden mayor ya sea a 8 Mbit/s (120 canales de voz) o a 34 Mbit/s (480 canales de voz). Debido a esto, las interconexiones entre dichas centrales digitales y las centrales Los Ceibos y Urdesa se harán directamente a una velocidad de 2,048 Mbit/s sin necesidad de conversiones Digitales/Analógicas y viceversa. Esto se debe a que el diseño de los equipos terminales considerados en ésta tesis, cumplen con todos los requere-

rimientos y recomendaciones de la CCITT.

6.2. PLAN DE ENLACE INTERCENTRAL

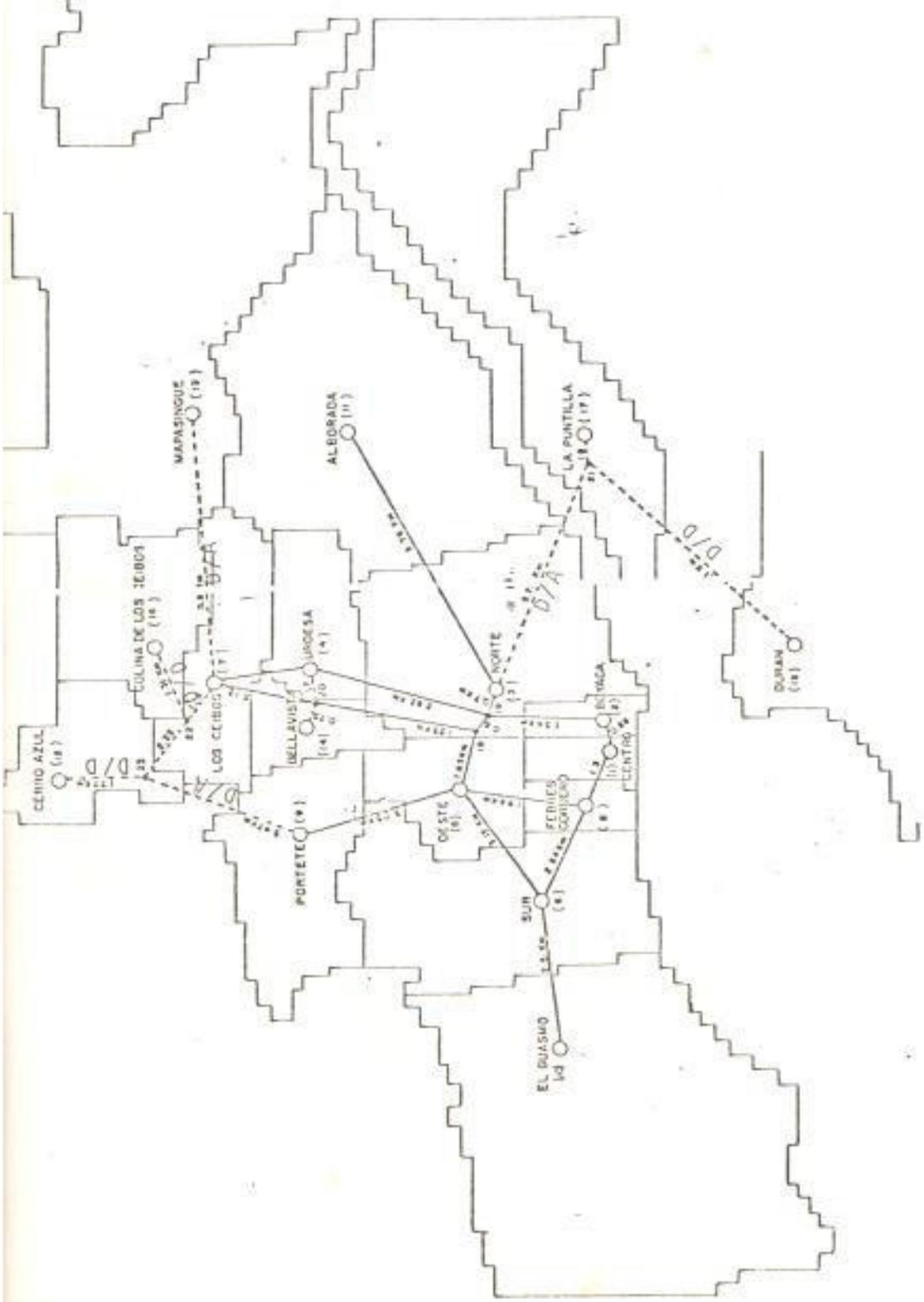
El plan de enlace intercentral para la red local de Guayaquil estará formada por una red multicentral cuya configuración se presenta en la Plano 6.1.

La red está formada por veintisiete centrales locales (agrupadas en diecisiete áreas de central) de las cuales doce son analógicas y quince son centrales digitales. Existirán también dos centrales tandem digitales para el tráfico local de desborde.

El diseño de la red intercentral preve enlaces entre centrales locales, tanto analógicas como digitales, enlaces entre centrales tandem y enlaces entre las centrales locales y las centrales tandem.

Existirán también enlaces entre central de tránsito digital con las centrales locales y con las centrales tandem.

Todos los enlaces serán digitales excepto aquellos en-



PLANO 6.1 PLAN DE ENLACE INTERCENTRAL DE LA RED LOCAL DE GUAYAQUIL

SIMBOLOGIA

- CENTRAL
- RED DE ENLACE EXISTENTE
- - - - RED DE ENLACE PROYECTADA

tre centrales analógicas; y, aquellos entre centrales a nalógicas y digitales situadas en el mismo edificio.

Para la red intercentral de Guayaquil existirán los siguientes tipos de enlaces digitales:

| DE CENTRAL | A CENTRAL | TIPO DE ENLACE |
|------------|-----------|----------------|
| Digital | Digital | D/D |
| Digital | Analógica | D/A |

Además éste Plan Quinquenal prevee como alternativa el incremento de la velocidad de transmisión, tanto a 8 Mbit/s (120 canales de voz) como a 34 Mbit/s (480 canales de voz), utilizando para ésto los siguientes tipos de enlace:

- Cable coaxial
- Cable microcoaxial
- Fibra óptica
- Radioenlace (10 a 15 GHz)

CONCLUSIONES

Se pueden establecer la siguientes conclusiones:

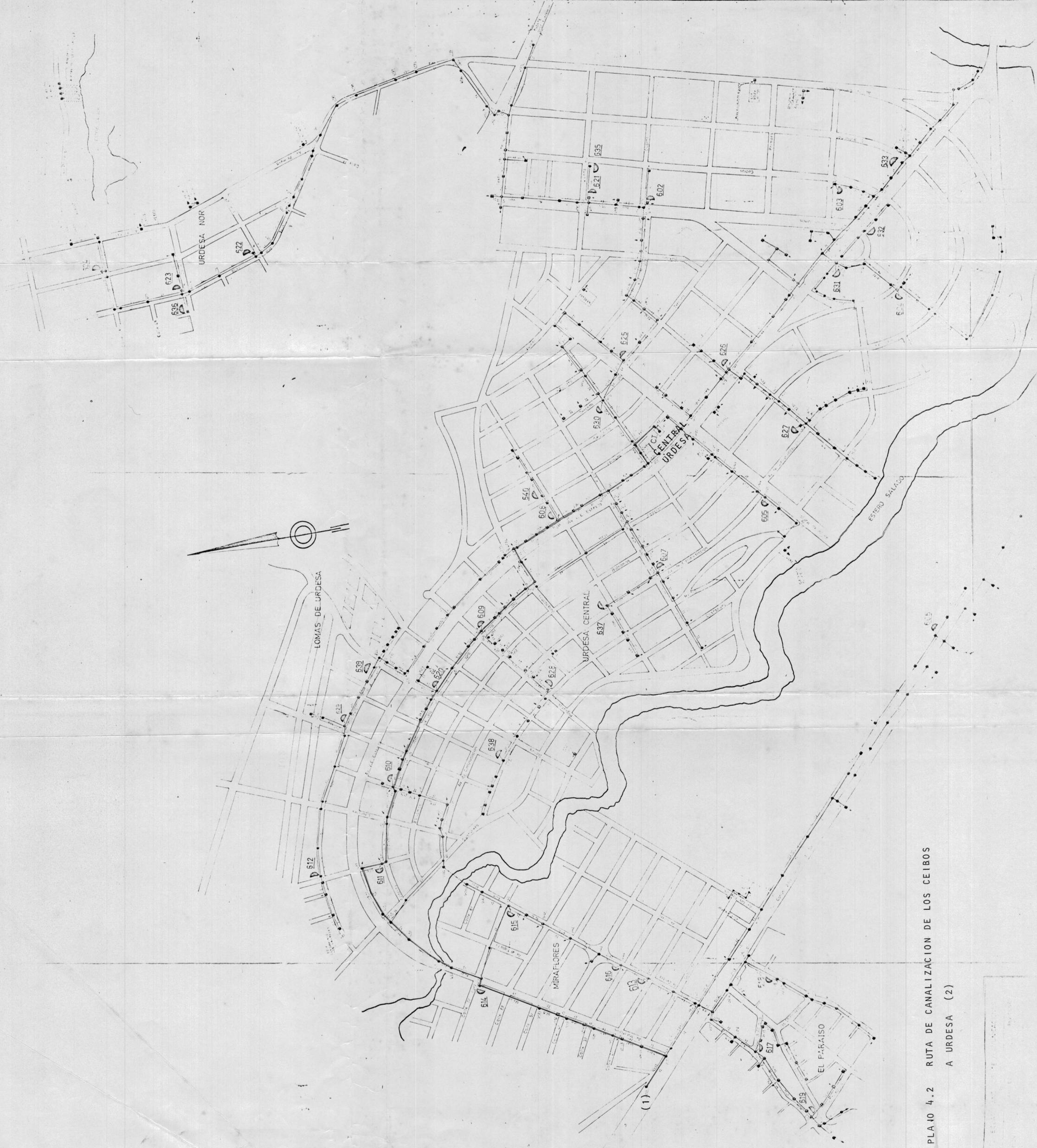
1. La utilización de fibras ópticas elimina los problemas de inducción eléctrica, diafonía y ruidos inducidos, que se producen en el cable telefónico de cobre.
2. Con una velocidad de transmisión de 34 Mbit/s, se mejora la relación par telefónico/canal de voz de 1:1 a 1:480, ésto se logra debido al amplio ancho de banda de la fibra óptica.
3. Se reduce el área física de las centrales, ya que los equipos terminales utilizados en éste diseño son de dimensiones pequeñas.
4. No hay necesidad de crear una nueva ruta de canalización telefónica, debido al pequeño diámetro que tiene el cable de fibra óptica, que le permite su montaje en la existente.
5. Las características físicas y mecánicas de la fibra óptica permiten reducir a un mínimo los costos de mantenimiento.

6. Los equipos terminales que se utilizan en éste proyec to son compatibles con los equipos terminales que se utilizarán en las centrales digitales en el Plan Quin quenal existente para la Ciudad de Guayaquil.
7. Si bien es cierto que el Plan Quinquenal de Telecomu nicaciones considera como alternativa la utilización de cables de fibra óptica para los enlaces intercen trales entre las nuevas centrales digitales a insta larse, y entre éstas y las centrales analógicas exis tentes, sería conveniente que IETEL a nivel de Región 2 incluya en su plan de actividades el montaje de en laces por fibra óptica entre las centrales analógicas existentes, para conseguir en ésta forma los benefi cios que ofrece ésta nueva tecnología y que se han explicado en ésta Tesis.
8. Sería conveniente que el enlace por fibra óptica en tre las centrales Los Ceibos - Urdesa motivo de la presente Tesis, sea implantado por IETEL Región 2 a corto plazo.

BIBLIOGRAFIA

1. M.J. HOWES & D.V. MORGAN, Optical Fiber Communications, -
New York, 1980.
2. Actividades con Fibras Opticas en el Consorcio Ericsson
Ericsson Review, N.:3; 1980.
3. La electroóptica en Telecomunicaciones, ITT Network -
2000.
4. Lightwave Systems, Western Electric, Winter 1980.
5. Lightguide Cable for Outside Plant, Western Electric, -
Agosto 1980.
6. Experimental Fiber-optic Transmission System for Interoffice Trunks, IEEE Transaction on Communications, Vol. Com-25, N.: 5; May 1977.
7. Optical Fiber Communication System, Sumitomo Electric, Yokohama, 1980
8. Fiber Optic Transmission System, NEC, Tokyo, 1982.
9. 30 CH PCM Digital Multiplex Equipment, NEC, Tokyo, 1982
10. 8M/34M Digital Multiplex Equipment, NEC, Tokyo, 1982.
11. 34 Mb/s Optical Line Terminating Equipment, NEC, Tokyo, 1982.
12. Plan Quinquenal de Telecomunicación de IETEL.
13. Optoelectronic Components, Sparked by Faster Switching, Electronic Design, Vol.: 27; N.: 17; Sep 13/79.

14. Fiber-Optic Transmission Links, *Electronic Design*, Vol. 25; N.: 23; Nov 8/77.
15. Fiber-Optic Components Improve at both Ends, *Electronic Design*, Vol.: 29; N.: 23; Nov 12/81.
16. Special Issue on Fiber Optics, *IEEE Transactions on Communication Fibers, Manufacture and Properties; The Manufacture of Optical Cables*, *Philips Telecommunication-Review*, Vol.: 37; N.: 4; Sep/79.



PLANO 4.2 RUTA DE CANALIZACION DE LOS CEIBOS
A URDESA (2)