



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN  
ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

**TOPICO DE GRADUACION**

**TRANSMISION DIGITAL**

**“DISEÑO DE RED TELEFONICA PARA EL VICRIEEL  
UTILIZANDO FIBRA OPTICA Y/O RADIO ENLACE”**

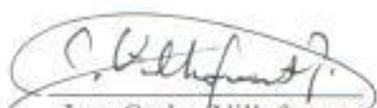
Trabajo previo a la obtención del Título de:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
Especialización: ELECTRONICA

**Presentada por:**  
RONALD NAN M.  
WENDY RODRIGUEZ G.

Guayaquil – Ecuador

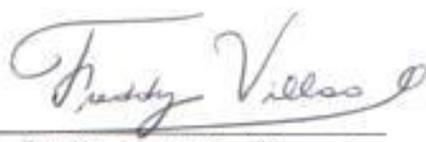
1998

## TRIBUNAL DE GRADUACION



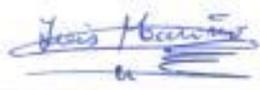
---

Ing. Carlos Villafuerte  
**Presidente del Tribunal**



---

Dr. Freddy Villao Quezada  
**Miembro del Tribunal**



---

Ing. Luis Alfredo Mariño  
**Miembro del Tribunal**



---

Ing. Washington Medina  
**Miembro del Tribunal**

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



---

Srta. Wendy Rodriguez Galán

---

Sr. Ronald Nan Mendoza

## DEDICATORIA

A DIOS

A NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

## AGRADECIMIENTO

A los ingenieros  
LUIS MARIÑO y ANGEL ARMIJOS  
por su ayuda y colaboración para  
la realización de este trabajo.

## INDICE GENERAL

Indice General	VI
Indice de Figuras	XII
Indice de Tablas	XVII
Antecedentes	XVIII
Resumen	XIX
Introducción	XX

### **CAPITULO I: "Fibra Optica para las Telecomunicaciones"**

1.1 Principio de Transmisión Optica	22
1.2 Atenuación	23
1.3 Dispersión	24
1.4 Ancho de banda	28
1.5 Componentes transmisores y receptores	30
1.6 Diodos Láser	31
1.7 Diodos Receptores	33
1.8 Sistemas para Redes Urbanas	34
1.9 Planificación de sistemas de transmisión por fibra óptica	38
1.10 Balance de potencia y tramos de regeneración	38
1.11 Capacidad de transmisión y formación de multiplexado	39

## **CAPITULO II: "Central de Conmutación"**

2.1	Generalidades	42
2.2	Descripción General del OCB283	43
2.3	Principales técnicos del OCB283	43

## **CAPITULO III: "Diseño utilizando fibra óptica"**

3.1	Generalidades	50
3.2	Características Generales	50
3.2.1	Objetivo del Diseño	50
3.2.2	Situación actual de la planta externa	52
3.2.3	Necesidades actuales y futuras de la urbanización	53
3.2.4	Alternativas del diseño	53
3.2.5	Diseño del sistema	55
3.2.6	Ruta de canalización	59
3.2.7	Pérdidas en el tramo	60
3.2.8	Acoplamiento con la red secundaria	61
3.3	Equipos y materiales	62
3.3.1	Elección de fibra óptica	62
3.3.2	Multiplexores	65
3.3.3	Convertidores ópticos	79
3.3.4	Empalmes y conectores	86
3.4	Instalación	92
3.5	Monitoreo y Pruebas de funcionamiento	95

**CAPITULO IV: "Diseño utilizando un enlace microonda"**

4.1	Descripción general	100
4.1.1	Transmisión por radio enlace	100
4.1.2	Consideraciones básicas del diseño	102
4.1.3	Diagrama de perfil	106
4.1.4	Cálculo de la altura de las antenas	109
4.1.5	Cálculo del punto de reflexión	113
4.1.6	Pérdidas totales en la transmisión	114
	4.1.6.1 Pérdidas en el espacio libre	115
	4.1.6.2 Pérdidas en guía de onda	119
4.1.7	Acoplamiento con la red secundaria	122
4.2	Equipos utilizados	122
4.2.1	Características generales	122
4.2.2	Unidad interna	123
4.2.3	La unidad RF y la antena	130
4.2.4	Accesorios	132
4.3	Instalación	133
4.3.1	Descripción general	133
4.3.2	Montaje del equipo de radio	133
4.3.3	Guía de onda y antena	134

4.4	Operación y mantenimiento	138
4.4.1	Controles y conectores del equipo	138
4.4.2	Mantenimiento recomendado	139
4.4.3	Riesgos y soluciones de problemas	143

## **CAPITULO V: “Diseño de la red secundaria”**

5.1	Antecedentes	150
5.2	Generalidades	150
5.3	Canalización	151
5.2.1	Pozo de mano	151
5.2.2	Limpieza y mantenimiento	152
5.4	Instalación de cables aéreos y murales	152
5.4.1	Montaje del cable	152
5.4.2	Coexistencia de líneas eléctricas y de telecomun.	156
5.5	Instalación de cajas de dispersión	156
5.5.1	Características	156
5.5.2	Bloques terminales	159
5.5.3	Caja – conector	160
5.6	Colocación de postes y retenidas	162
5.6.1	Generalidades	162
5.6.2	Postería y retenidas	162
5.7	Mantenimiento preventivo	168
5.7.1	Generalidades	168

5.7.2	Medidas	169
-------	---------	-----

## **CAPITULO VI: "Características de la red del abonado"**

6.1	Generalidades	170
6.2	Elementos constitutivos	172
6.2.1	Cable de acometida	172
6.2.2	Bloques de conexión	173
6.2.3	Cajas de salida	173
6.2.4	Equipo terminal	174
6.3	Mantenimiento preventivo	177
6.3.1	Generalidades	177
6.3.2	Línea de abonado aérea	178
6.3.3	Líneas sobre muros	179
6.3.4	Líneas interiores	179
6.3.5	Líneas interior empotrados	180
6.3.6	Equipo Terminal	181

## **CAPITULO VII: "Comparación y análisis de costos entre las alternativas"**

7.1	Generalidades	182
7.2	Costos generales del proyecto	184
7.2.1.	Costos de la red secundaria	184
7.2.2.	Costo de la red primaria con fibra óptica	188
7.2.3.	Costos del enlace microonda	190

7.3	Regla del Valor Actual Neto de Rendimiento (VAN)	191
7.4	Tasa Interna de Retorno (TIR)	195
7.5	Relación Beneficio-Costo (B/C)	199
Conclusiones y recomendaciones		201
Anexos		
A:	Arquitectura general de una SM	206
B:	Módulos principales del OMUX	211
C:	Tarjetas del PSC 240	235
D:	Fotografías de fibras y equipos	269
E:	Cronogramas de trabajo	272
Glosario de términos		274
Bibliografía		283
Planos		
1:	Ubicación de la urbanización VICRIEEL	
2:	Red Primaria	
3:	Red Secundaria	

## INDICE DE FIGURAS

### Capítulo I : “Fibras Opticas para las Telecomunicaciones”

1.1	Principio de Transmisión Optica	22
1.2	Espectro de Atenuación en fibras ópticas estándar monomodo	23
1.3	La dispersión como concepto modal	26
1.4	Comportamiento de la dispersión en fibras monomodo	28
1.5	Producto anchura de banda alcance en fibras estándar monomodo	29
1.6	Parámetros de los diodos láser	33
1.7	Parámetros de los diodos receptores	34
1.8	Sistemas para redes urbanas	35
1.9	Capacidad de transmisión y formación del multiplexado	41

### Capítulo II : “Central de Conmutación”

2.1	Desglose funcional general ALCATEL E10-B	42
2.2	Arquitectura Funcional del OCB283	43
2.3	Configuración de las Máquinas Lógicas (1)	46
2.4	Configuración de las Máquinas Lógicas (2)	47
2.5	Configuración de las Máquinas Lógicas (3)	48
2.6	Configuración Compacta	49

### Capítulo III : “Diseño utilizando Fibra Optica”

3.1	Diagrama de Equipamiento del Sistema (Telexmax)	54
-----	---	----

3.2	Diagrama de Equipamiento del Sistema (Perfitemp)	54
3.3	Diagrama General del sistema	55
3.4	Terminal de acceso PSC240 configurado en armario exterior	66
3.5	Topología Punto a Punto	67
3.6	Topología Multipunto con uso del PSC240	68
3.7	PSC240 Configuración General	68
3.8	Configuración ejemplarizada (servicio de emergencia o temporal)	69
3.9	Configuración del Sistema PSC240 (local-remoto)	70
3.10	Banco Universal de Canales	70
3.11	Fuente de alimentación universal PSC242	72
3.12	Panel de alarmas y fusibles PSC240	72
3.13	Bastidor Central del PSC240	73
3.14	Bastidor Remoto del PSC240	74
3.15	Armario remoto exterior TR-480C	74
3.16	Vista frontal del OMUX	83
3.17	Vista frontal del OMUX con panel abierto	83
3.18	Slots del OMUX	84
3.19	Configuración integrada de prueba	97
3.20	Unidad de supervisión portátil "Craft Interface Unit"	99

#### **Capítulo IV "Diseño utilizando microondas"**

4.1	Definición del punto de reflexión Pr	101
4.2	Diagrama del diseño utilizando microondas	103

4.3	Diagrama de Fresnel	108
4.4	Diagrama de bloque del equipo de radio	127
4.5	Diagrama de conexiones del equipo de radio	128
4.6	Interface EOW	129
4.7	Diagrama de bloque de la unidad RF	131
4.8	Instalación de tambor	134
4.9	Montaje de la base del alimentador	135
4.10	El alimentador	135
4.11	Vista completa de la unidad RF y la antena (frontal)	135
4.12	Vista completa de la unidad RF y la antena (planta)	136
4.13	Vista completa de la unidad RF y la antena (lateral derecha)	136
4.14	Vista completa de la unidad RF y la antena (lateral izquierda)	136
4.15	Conector DB-9 (Male connector)	138
4.16	Conector DB-9 (Female connector)	139
4.17	Conector DB-37 (Female connector)	139
4.18	Medición de frecuencia o potencia (equipo fuera de servicio)	141
4.19	Medición de frecuencia o potencia (equipo en servicio)	143
4.20	Diagrama de flujo para manejar problemas	144

## **Capítulo V: “Red Secundaria”**

5.1	Montaje de cable aéreo	153
5.2	Colocación de mensajero	154
5.3	Herramientas de presión para manguito terminal	154

5.4	Tensor de cables y mordaza	155
5.5	Ubicación de caja de dispersión	157
5.6	Numeración de cajas	158
5.7	Plantado de poste en terreno fangoso	163
5.8	Plantado de poste	163
5.9	Plantado de poste de madera tratada	165
5.10	Plantado de postes en terreno fangoso	167
<b>Capítulo VI : “Diseño de la Red Abonado”</b>		
6.1	Sistema PSC240F Aplicación Punto a Punto	171
6.2	Sistema PSC240F Inserción y Extracción de Tráfico	171
6.3	Sistema PSC240F Anillo Optico SDH	172

## INDICE DE TABLAS

3-A:	Elección de cables ópticos	63
3-B:	Constitución de cada modelo de cable	64
3-C:	Características del cable de fibra óptica	64
3-D:	Serie de convertidores ópticos OMUX	79
3-E:	Slots del OMUX	83
3-F:	Parámetros del OMUX	85
3-G:	Comparación de las técnicas de empalme de fibra óptica	91
3-H:	Números de módulos del PSC 240	95
4-A:	Márgenes de radiofrecuencias	102
4-B:	Cálculo del diagrama de perfil	107
4-C:	Datos del radioenlace	120
7-A:	Costos de Red Secundaria Distrito 1	184
7-B:	Costos de Red Secundaria Distrito 2	185
7-C:	Costos de Red Secundaria Distrito 3	186
7-D:	Costos de Red Secundaria Distrito 4	187
7-E:	Cálculo de los Ingresos en base a la proyección del dólar	191
7-F:	Proyección de acuerdo al VAN	195
7-G:	Proyección de acuerdo al TIR	198
7-H:	Proyección de acuerdo al Beneficio Costo	200

## ANTECEDENTES

El presente estudio se origina por el desarrollo de un proyecto de interés social, que ofrece soluciones habitacionales a los socios del Colegio Regional de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Litoral (CRIEEL). Dicho proyecto de urbanización, conocido como VICRIEEL (que en los actuales momentos se encuentra en plena ejecución), tiene una extensión de terreno de aproximadamente 227.409,86 m<sup>2</sup> que se encuentra ubicado en el km.13.5 de la vía Samborondon (a la altura del puente de la Aurora). Es así, que en la etapa de planificación el VICRIEEL se proyectó para uso residencial, en donde la tierra estaría dividida en lotes, manzanas, etc., con abertura de calles y espacios públicos y con acceso a todos los servicios básicos, como son: sanitarios, eléctricos, y telefónicos.

Luego, tomando como base la documentación presentada para la legalización de este proyecto, se analizaron los planos de redes telefónicas, en los cuales se pudo notar la utilización de cable de cobre (multipar) en toda la ruta que alimenta a la urbanización VICRIEEL. Entonces, tomando en cuenta el continuo desarrollo de los sistemas de transmisión actuales, y por las desventajas que el medio de transmisión mencionado presenta bajo ciertas condiciones, se consideró necesario optimizar el servicio telefónico que se desea brindar a futuro en la urbanización VICRIEEL.

Todo lo anterior impulsa el desarrollo de la presente tesis, donde se plantean alternativas innovadoras de diseño telefónico, desde la central más cercana (en este caso, Central La Puntilla) hasta la urbanización VICRIEEL, tomando en cuenta normas que comprenden puntos de vista generales completados con hechos demostrados por la experiencia práctica y con recomendaciones de índole técnica.

## RESUMEN

El presente estudio tiene tres partes principales que están estructuradas de la siguiente manera:

En la primera parte (Capítulos I y II) se revisan conceptos teóricos sobre fibra óptica y central de conmutación. En el capítulo I se revisan los conceptos más importantes sobre fibra óptica y en el capítulo II se mencionan las principales características de la central de conmutación.

En la segunda parte (Capítulos III y IV) es donde se expone por separado cada alternativa de comunicación, considerando desde sus características de diseño principales hasta los equipos, materiales y mantenimiento del sistema. En el capítulo #3 se estudia el diseño utilizando fibra óptica en una parte de la red primaria, es decir desde la central La Puntilla hasta la urbanización VICRIEEL, sin llegar a los armarios de distribución, además del acoplamiento con la red secundaria y del abonado. En el capítulo # 4 se estudia el diseño utilizando un enlace microondas entre los mismos puntos del capítulo anterior, así como el acoplamiento con la red secundaria y del abonado.

En la tercera parte: en el capítulo # 5 se estudia las características principales, materiales y el mantenimiento de la red secundaria. El capítulo # 6 estudia la red del abonado en forma general.

En la cuarta parte: en el capítulo # 7 se presentan los diferentes costos que con lleva el diseño en estudio de acuerdo a cada alternativa de comunicación y se realiza una evaluación de los costos totales, beneficios e ingresos proyectados, y se incluye una confrontación de los dos sistemas en estudio, previo a la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

## INTRODUCCION

La tecnología de transmisión asociada a las líneas telefónicas ha estado siempre a la espera de nuevas mejoras técnicas; sin embargo, las novedades revolucionarias no existen. Precisamente con el desarrollo del láser semiconductor y de la fibra óptica así como de la tecnología digital avanzada, se abrió el paso a una revolución en las transmisiones: las señales eléctricas pueden ser convertidas en señales ópticas y conducirse, a través de fibras del espesor de un cabello fabricadas de vidrio, a lo largo de grandes distancias, con lo que se irrumpe en una nueva era de las telecomunicaciones, en cuyo transcurso se va pasando gradualmente de la era del cable de cobre a la del cable de fibra óptica.

La transmisión de comunicaciones eléctricas por cables con pares metálicos representa la aplicación más antigua en la transmisión de señales analógicas telefónicas y telegráficas. En el futuro la transmisión de telecomunicaciones por cable con fibras ópticas ocupará paulatinamente un lugar más destacado, desplazando posteriormente a los pares metálicos en todos los niveles de la red. Ciertamente, en el curso de la digitalización de las redes de telecomunicación se siguen utilizando los cables de cobre existentes, pero los nuevos enlaces o trazados de cable se tienden a instalar a nivel mundial con cables de fibra óptica.

Sin embargo, puesto que la vida media de los cables con pares metálicos es muy elevada —con un orden de magnitud de varias veces lo que duran en su uso los equipos—, habrá que calcular con un período de transición prolongado.

Además las telecomunicaciones en su faceta de transmisión no sólo dispone de líneas (cable de cobre, cables de fibra óptica) como medios de transmisión, sino también de radio enlaces estables, radio enlaces móviles y radio enlaces vía satélites. Por lo tanto se puede considerar a la transmisión por radio enlace como una alternativa equiparable a la transmisión por cable, en lo que respecta a la calidad de la transmisión. En redes complejas, tanto el cable de cobre como el de fibra óptica se complementan con la máxima fiabilidad, así mismo con los radios enlaces pueden puentearse de forma ventajosa terrenos muy desfavorables para los cables, como son las zonas montañosas, o pueden ser utilizados como respaldo en cierto enlace en forma total o parcial. Fácilmente se puede notar que todos estos medios de transmisión se encuentran en una etapa evolutiva y que actualmente son utilizados como soluciones a problemas de comunicación o como respaldo de enlaces ya instalados.

Todo lo anterior sostiene el objetivo del presente estudio que consiste en desarrollar dos alternativas de comunicación para la red telefónica de la urbanización VICRIEEL, con lo cual se ha proyectado prestar servicio telefónico a 480 abonados y que a futuro podrá ser ampliada sin necesidad de una inversión onerosa hasta 960 si la demanda lo amerita.

## CAPITULO I

### FIBRA OPTICA PARA LAS TELECOMUNICACIONES

#### 1.1 Principios de la transmisión óptica

Las transmisiones ópticas pueden representarse de una forma sencilla como en la figura 1.1: en el transmisor se convierte la señal eléctrica en una señal óptica mediante un transductor electroóptico [por ejemplo, diodo electroluminiscente (LED) o diodo láser (LD)]. Formulándolo de una forma más precisa se podría decir que, mediante la corriente en el diodo moduladas por impulsos binarios  $i_1$ , se modula la intensidad luminosa del diodo emisor inyectándose luz con una potencia  $P(0)$  en la fibra óptica (FO). Una vez que la luz ha recorrido la fibra óptica, se reconvierte en una señal eléctrica al final del trayecto en un transductor optoeléctrico (p. Ej., un fotodiodo), en el receptor. La ruta de transmisión óptica comienza y finaliza, por lo tanto, en una interfaz eléctrica, cuyos datos - independientemente del medio de transmisión- están normalizados, utilizándose para los sistemas digitales sobre fibras ópticas, por principio, las mismas interfaces (recomendación G.703 del CCITT), tal y como se aplican para los radio enlaces y los equipos multiplexores.

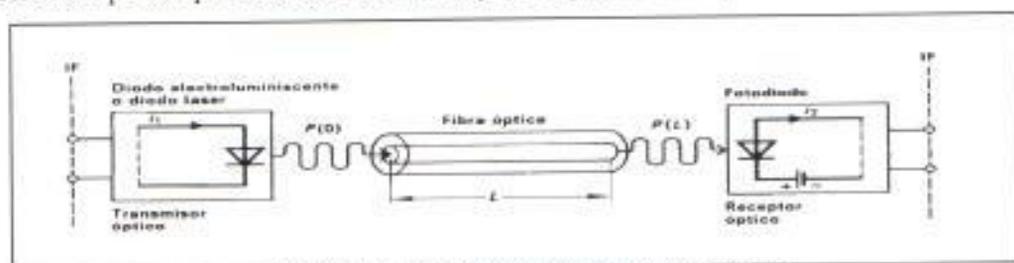


Figura 1.1 Principio de la transmisión óptica

## 1.2. Atenuación

La luz es una radiación electromagnética que, por una parte, tiene naturaleza corpuscular o cuántica y, por otra, tiene naturaleza ondulatoria. Dentro de este dualismo corpuscular ondulatorio de la mecánica cuántica, se pone de relieve con mayor intensidad, al aumentar la frecuencia o bien disminuir la longitud de onda, el carácter corpuscular de la radiación electromagnética. Al considerar la propagación de la luz por guías ópticas nos enfrentamos con fenómenos electromagnéticos de las ondas, que oscilan ortogonalmente a su velocidad de propagación (condicionada por el material) con órdenes de magnitud de  $10^{14}$  Hz en las proximidades del margen infrarrojo. Propagándose en la FO con una velocidad de 200.000 Km/s, es decir, para recorrer 1 Km la luz necesita  $5\mu\text{s}$ , puesto que se utilizan fibras de vidrio con un índice de refracción de  $n = 1,5$ . Debido a la absorción y dispersión, la luz experimenta una pérdida de energía, una atenuación, por lo que la magnitud de esta pérdidas luminosas son función, entre otras, de la longitud de onda de la luz acoplada.

Si consideramos que a través de una FO se conduce una potencia óptica  $P$ , se podrá constatar que decrece exponencialmente con la longitud  $L$  de la fibra óptica:

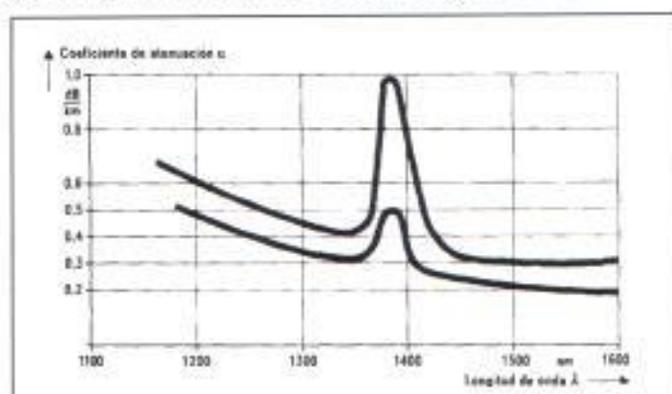


Figura 1.2 Espectro de atenuación en fibras estándar monomodo

En la cual  $\alpha$  es el coeficiente de atenuación por unidad de longitud medido en dB/Km. Un coeficiente de atenuación de 3 dB/Km significa que, después de 1 Km, la potencia óptica  $P(1)$  en la fibra óptica tiene solamente un 50% del valor de  $P(0)$ . En la figura 1.2 se ha reproducido la curva característica del coeficiente de atenuación para dos fibras monomodo; hay que reconocer que  $\alpha = 0,2$  dB/Km es un valor óptimo para fibras modernas monomodo con una longitud de onda de 1550 nm.

### 1.3. Dispersión

Si en el examen de la atenuación se pone la velocidad de propagación de la luz  $v$  en relación con el índice de refracción  $n$  ( $v=c/n$ ) en la que  $c$  es la velocidad de la luz al aire libre, entonces habrá que añadir que  $n$  es nuevamente función de la longitud de onda  $\lambda$ . El índice de refracción  $n$  del vidrio disminuye con  $\lambda$  creciente. Por lo tanto, la velocidad de propagación  $v$  es función de la longitud de onda, una característica que se denomina dispersión. Puesto que la luz procedente de transmisiones ópticas tiene una cierta anchura espectral  $\Delta\lambda$ , esto da lugar a diferencias de retardo incluso dentro de un modo único (forma de onda discreta). La diferencia de retardo se ha convertido en un sinónimo para la dispersión. Está formada por diferentes componentes: la dispersión modal, la dispersión del material, así como la dispersión de la guíaonda, con lo cual los dos últimos efectos actúan conjuntamente en la práctica en forma de dispersión cromática. Completando lo anterior habrá que mencionar todavía la dispersión del perfil, sin entrar en ello más profundamente.

En la figura 1.3, en la parte superior, se ha reproducido el área de influencia de la dispersión modal, está producida por la superposición de modos de la misma longitud

de onda, pero, sin embargo, con vías de propagación diferentes en la fibra, siendo, por lo tanto, una característica de la fibra. En la parte inferior de la figura se explica la dispersión del material a partir de la característica del transmisor: en la práctica las fuentes ópticas emiten luz con una cierta anchura espectral  $\lambda$ , de forma que debido al índice de refracción  $n$  como función de  $\lambda$  se obtienen diferentes velocidades. Estas características del transmisor, juntamente con el comportamiento de la longitud de onda de la fibra, son determinantes para la dispersión del material. Cuanto más pequeña sea  $\lambda$ , más coherente será la fuente luminica. A modo de ejemplo digamos que un diodo láser tiene una anchura espectral de alrededor de 1 a 5 nm, mientras que en un diodo electroluminiscente, por lo general, el factor es 20 veces más incoherente. Desde el punto de vista del tiempo, los fenómenos dispersión originan un ensanche del impulso de la señal recibida debido a los diferentes retardos. Esto significa que el transcurso de la señal en cada intervalo de tiempo  $T$  es influido en forma creciente por impulsos en intervalos de tiempo adyacente, y partiendo de que con una exactitud de resolución de la señal decreciente se originan bits erróneos. Con una duración de impulso  $T_1$  al comienzo y  $T_2$  después de recorrida una longitud  $L$ , se calcula el ensanche del impulso efectivo  $T$  para un espectro de transmisión gaussiano con:

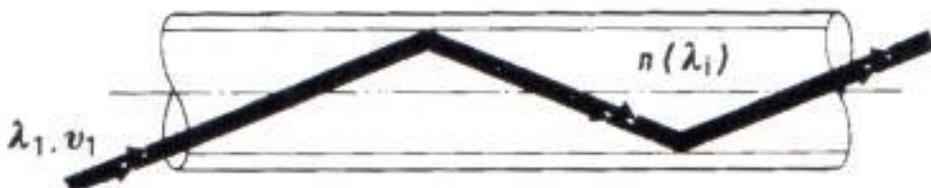
**Dispersión modal: es función de la fibra**



- Modos de igual longitud de onda
- Vías diferentes de propagación en la fibra

$$l_1 > l_2 \rightarrow \tau_1 > \tau_2 \rightarrow \Delta\tau$$

**Dispersión del material: es función de la fibra y de la fuente**



- Modos con igual vía de propagación
  - Diferentes longitudes de onda
  - Diferentes velocidades
- $$v_1 > v_2 \rightarrow \tau_1 > \tau_2 \rightarrow \Delta\tau$$
- Diferencias de retardo  $\Delta\tau$  para los diversos modos del transmisor

Figura 1.3 La dispersión como concepto modal

Para nuestro caso al utilizar fibra óptica monomodo debemos analizar el coeficiente de dispersión cromática  $M(\lambda)$  medido en ps del ensanche del impulso por nm de la anchura espectral del transmisor y por Km de la vía de transmisión, es decir, ps/(nm·km).

$$M(\lambda) = M_0(\lambda) + M_1(\lambda)$$

Donde  $M_0(\lambda)$  es la dispersión debida al material y se origina por el hecho que el índice de refracción y la velocidad de la luz son funciones de la longitud de onda o sea  $n = n(\lambda)$  y  $c = c(\lambda)$ .

A  $M_1(\lambda)$  se la conoce como dispersión debida a la guía de onda y ésta resulta de la distribución de la luz del modo fundamental  $LP_{01}$  entre el núcleo y el recubrimiento por ende la diferencia de índices de refracción  $\Delta = \Delta(\lambda)$  son funciones de la longitud de onda.

Para longitudes de onda mayores de 1300nm ambas clases de dispersión tienen signos opuestos en el vidrio de cuarzo. Variando la concentración de impurezas en el vidrio de cuarzo, se puede modificar la dispersión en el material en forma insignificante. En cambio la dispersión por guías de ondas se puede modificar considerablemente variando la estructura del perfil de índices de refracción.

Para la mayoría de los materiales de fibra óptica utilizados actualmente (fibras estándar monomodo),  $M(\lambda)$  se hace nula a una determinada longitud de onda  $\lambda_0$  en la proximidad de los 1300 nm (figura 1.4). En la fibra monomodo se presenta solamente dispersión de material, puesto que en el núcleo conductor óptico solamente se puede propagar un único modo. Este tipo de fibra es especialmente apropiado

para transmisiones en banda ancha a lo largo de grandes distancias. La figura 1.4 muestra otras dos características específicas de la fibra: por una parte la dispersión para la tercera ventana óptica está optimizada [ $M(\lambda)$  se hace nulo en las proximidades de los 1550 nm, curva a la derecha]; por otra parte, es factible instalar fibras que tengan no sólo una baja dispersión a 1300, sino también a 1550 nm (dispersión flattened). De esta forma se puede disminuir sensiblemente el requisito respecto a la pureza espectral del transmisor óptico para sistemas de capacidad de transmisión elevada.

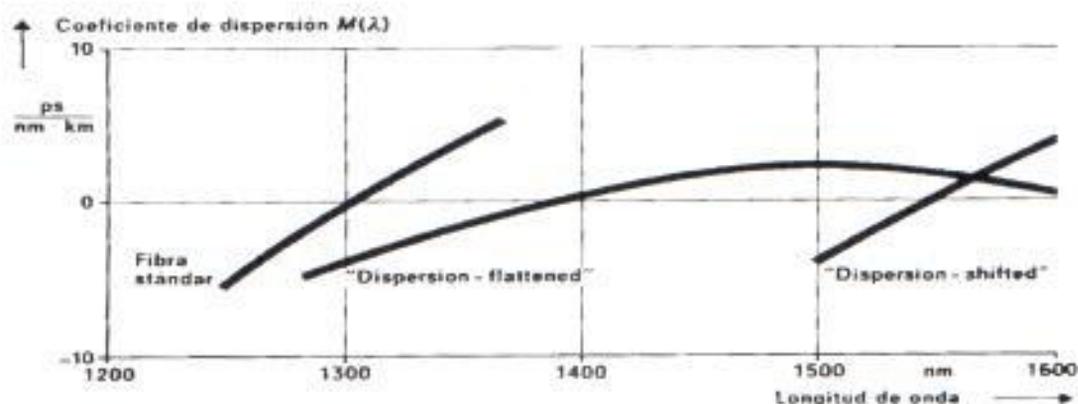


Figura 1.4 Comportamiento de dispersión en las fibras monomodo

#### 1.4. Ancho de Banda

Observados desde el punto de vista de la frecuencia, los fenómenos de dispersión tienen influencia sobre la función de transferencia de la fibra óptica y, por tanto, sobre su anchura de banda. Puesto que el ancho de transmisión de una FO es aproximadamente inverso a su longitud, se indica frecuentemente como una característica de la calidad al producto anchura de banda-alcance en GHz·Km, como se muestra en la figura 6 para una FO monomodo estándar en función de la longitud de onda; los parámetros son las diferentes anchuras espectrales del transmisor. Con

un espectro de transmisión gaussiano y un ensanchamiento del impulso  $T$  como función de la longitud de onda, puede calcularse la anchura de banda con  $B \approx 0,44 / T$  para una FO monomodo.

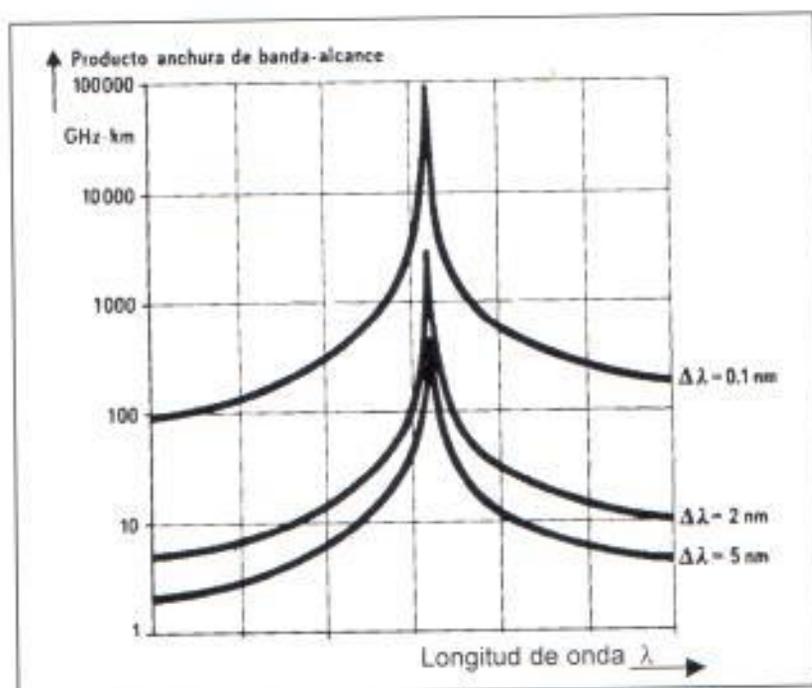


Figura 1.5 Producto anchura de banda-alcance en fibras estándar monomodo

Por lo general, la anchura de banda útil de una vía de transmisión electroóptica con la modulación de la intensidad de la luz utilizada hoy en día estará dada por

- La anchura de modulación del transmisor óptico,
- Los fenómenos de dispersión en la fibra,
- La anchura de modulación del receptor óptico.

Los diodos láser pueden modularse hasta adentrado el margen de los gigahercios, al contrario de los diodos electroluminiscentes que solamente pueden modularse hasta algunos cientos de megahercios.

El comportamiento de transmisión de la fibra para la señal de información moduladora en intensidad equivale aproximadamente al de un filtro de paso bajo gaussiano, cuya frecuencia de corte o frecuencia límite es determinada, mediante la anchura espectral del transmisor óptico.

### **1.5. Componentes transmisores y receptores**

Para la transmisión de señales ópticas por fibras ópticas se precisan como transductores optoelectrónicos componentes, receptores y transmisores cuyas características están definidas por las especificaciones del sistema, es decir, ante todo por la longitud y la velocidad de transmisión. Esto particularmente para los componentes de transmisión significa:

- La emisión de los impulsos lumínicos tiene que tener lugar en el margen espectral para el cual se presente la mínima absorción y/o dispersión en la fibra óptica.
- La potencia radiada acoplada en la FO ha de ser lo mayor posible. Esto significa no solamente un rendimiento de traducción electroóptica elevado sino también un rendimiento elevado del acoplamiento óptico en la fibra.
- La emisión óptica debe ser modulable en forma sencilla por la señal transmitida.

Para los componentes de recepción se pueden enumerar también en forma análoga:

- La sensibilidad de recepción debe ser lo mayor posible manteniendo simultáneamente las mejores condiciones de ruido. De esta forma, incluso con una frecuencia de error binaria predeterminada es detectable todavía una potencia óptica mínima.
- Para la velocidad de transmisión deseada, la velocidad umbral tiene que ser lo suficientemente grande.

Estas condiciones las cumplen, por una parte, los diodos electroluminiscentes (como transmisores), por otra parte, los fotodiodos (como receptores) procedentes de semiconductores III-V -con ciertas limitaciones- también de silicio y germanio.

### **1.6. Diodos láser**

Por principio el diodo láser es un diodo electroluminiscente con un elemento selectivo de la longitud de onda - en el caso más sencillo con un resonador denominado Fabry-Perot, que se compone básicamente de dos espejos semitraslúcidos paralelos planos. Este resonador provoca que, ya con una intensidad total baja de la luz, la intensidad de la luz de longitud de onda y fase equivalentes sea grande; por lo tanto, que se implante la emisión estimulada incluso con corrientes de inyección bajas. La amplificación de la luz mediante emisión estimulada (Láser: Ligth Amplification by Stimulated Emission Radiation) da como resultado una elevada potencia de salida óptica y mejor enfoque de la luz emitida. Es decir, que con ello se obtiene una potencia óptica acoplada en la fibra sensiblemente más elevada y, por lo tanto, que se pueden cubrir mayores atenuaciones de en la fibra. Por otra parte, el espectro emitido es sensiblemente más estrecho en comparación con el LED, por lo que también es menor la dispesión cromática en la fibra.

Se reconoce la curva característica corriente típica del diodo láser: por encima de la corriente llamada umbral, la emisión luminosa se incrementa con gran pendiente; esto se hace ostensible en las propiedades de modulación de los diodos láser. Una subida rápida de corriente conduce después de un retardo hacia la emisión estimulada. Sin embargo, cuando el diodo láser trabaja con una corriente continua de polarización próxima al umbral, desaparece este efecto de retardo; en este caso, las frecuencias

límite de modulación que es factible alcanzar se extiende hasta adentrado el margen de los gigahercios.

Junto a todas las ventajas, el diodo láser también tiene un comportamiento de funcionamiento crítico causado por el rendimiento diferencial elevado. Es ostensible que incluso reducidas oscilaciones de corriente así como de temperatura producen variaciones de potencia óptica, es decir, que una potencia de radiación constante se obtiene solamente con un cierto coste en regulación. Para tal fin, en un módulo láser se mide directamente a través de un diodo monitor una parte proporcional de la radiación emitida por el diodo láser, y para ello se envía como fotocorriente proporcional a un circuito externo de regulación. La temperatura del diodo láser se regula mediante la medida en el termistor; siendo ajustable dentro de límites determinados ( $\Delta T \approx 40$  K) independientemente de la temperatura ambiente y de la potencia de funcionamiento del láser, con una disipación activa de calor a través de un disipador Peltier. El circuito de regulación está conectado al módulo exteriormente.

Finalmente, la oscilación máxima permitida de la potencia de salida en la fibra no puede sobrepasar aproximadamente el 5% con una temperatura ambiente entre 0 y 60°C. Esto significa también que el desajuste de la fibra transversal al eje óptico debe permanecer menor que 0,1  $\mu\text{m}$ . Para el funcionamiento del láser tiene gran importancia el cierre hermético de la estructura modular de los componentes necesarios de medida, regulación y adaptación (pureza máxima del espejo del láser y de la óptica de la fibra).

### Diodo Láser

Longitud de Onda		800 a 885	1300/1550
Anchura Espectral		3 a 5	0,3 a 5
Material Semiconductor		GaAlAs/GaAs	GaInAsP/Inp
Emisión		Coherente	Coherente
Tiempo de Conmutación		< 1	< 1
Potencia Optica Acopable en una Fibra Optica	Fibra de índice gradual Fibra monomodo	1 a 5 -	1 a 3 0,5 a 1,5
Longitud de Transmisión A una velocidad de	Km Mbit/s	5 a 20 < 565	Hasta aprox. 70 < 1200

Fig. 1.6 Parámetros de los Diodos Láser (25°C)

#### 1.7. Diodos receptores

Al final de un tramo de transmisión, los impulsos ópticos inciden sobre un fotodetector que los convierte en impulsos de corriente proporcionales a su potencia óptica. Conectado junto al fotodetector se encuentra un amplificador de bajo ruido, ya que la distancia que se puede cubrir por un sistema de transmisión por FO es tanto mayor cuanto menor sea la potencia óptica que puede ser evaluada por el receptor. Un buen fotorreceptor tendrá que poder elaborar fotocorrientes generadas menores que  $1 \mu\text{A}$ .

En sistemas de transmisión por FO se emplean siempre como fotodetectores fotodiodos semiconductores (funcionando en sentido de corte). Según la aplicación se fabrican de silicio, germanio o fosfuro-arseniuro-galio-indio (InGaAsP), sus dimensiones están adaptadas aproximadamente al diámetro de la fibra.

En la figura 1.7 se han reunido los parámetros de los elementos receptores en la actualidad para dar una mejor vista de conjunto. Se diferencian por su fotosensibilidad, su margen de longitud de onda en funcionamiento y con ello, finalmente, en la velocidad binaria de transmisión que favorecen.

Según ello se utilizan fotodiodos PIN y los denominados fotodiodos de avalancha (APD); en estos últimos la fotocorriente se amplifica alrededor de diez hasta cien veces debido al efecto avalancha. En los nuevos APD de InGaAsP la ganancia de avalancha es sensiblemente de más bajo ruido que en los APD de germanio. Por lo tanto, se aplican preferentemente para elevadas velocidades binarias en el margen de longitudes de onda de 1300 a 1600 nm.

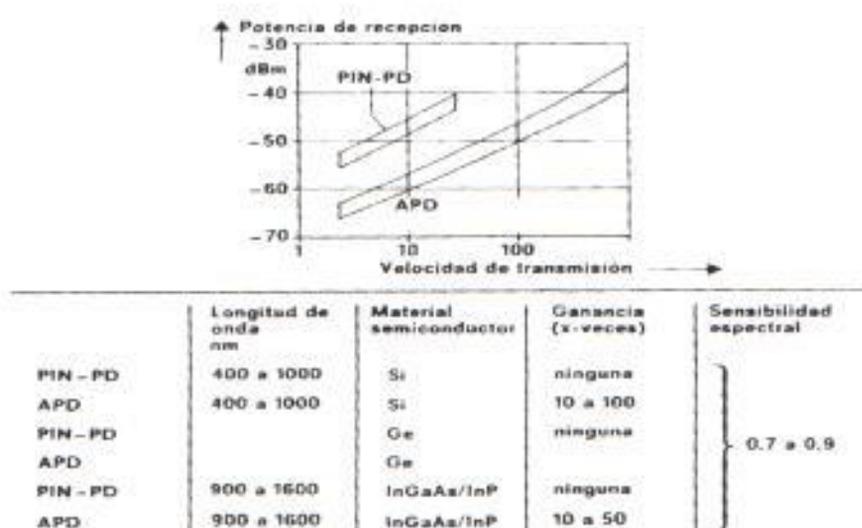


Figura 1.7 Parámetros de los diodos receptores

## 1.8. Sistemas para redes urbanas

Para las líneas de enlace urbano por ejemplo entre las centrales urbanas de una gran ciudad se dispone además de los sistemas de transmisión utilizados en la red interurbana del tercer y cuarto nivel jerárquico (34 y 140 Mbit/s) de equipos simplificados de la misma jerarquía. Están diseñados para las particularidades específicas de rutas de transmisión cortas de un máximo de 20 a 30 Km. Han sido concebidos para la aplicación en fibras monomodo-multimodo en el margen de longitud de onda de 1300 nm. Enlazando equipo terminal de línea (LE) a equipo

terminal de línea se alcanzan tramos de línea de longitud suficiente, de forma que no se precisan regeneradores intermedios, siendo posible en cualquier caso una conexión en serie de dos tramos de línea (ver figura 1.8)

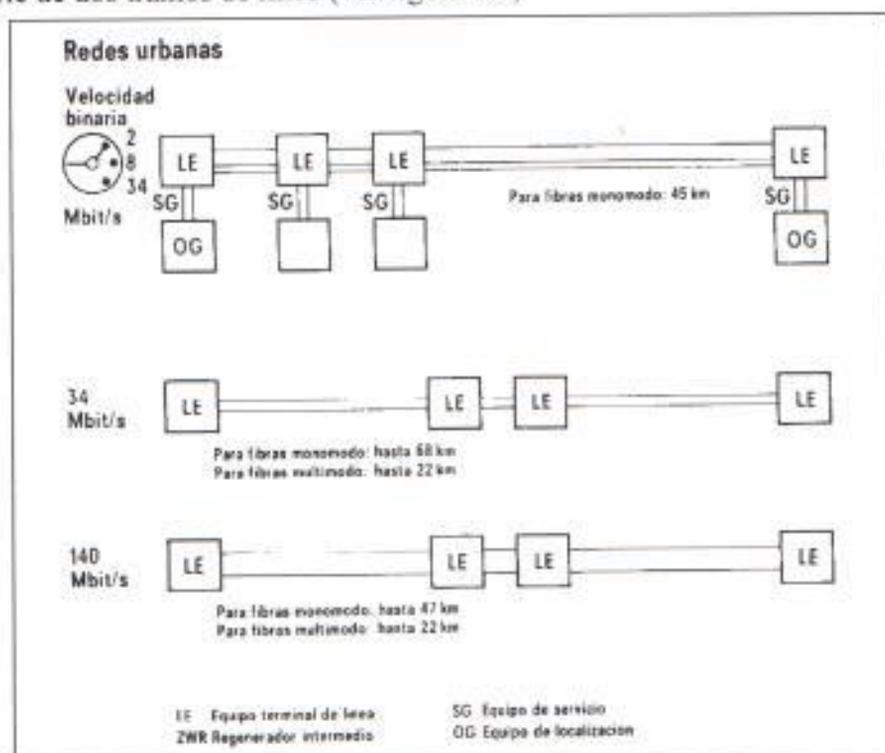


Fig. 1.8 Sistemas de transmisión para redes urbanas

Para obtener a velocidades de transmisión bajas de 34 Mbit/s una adaptación rentable de las longitudes de regeneración a cubrir, hay básicamente dos ejecuciones de equipos terminales de línea: con transmisores a base de diodos electroluminiscentes (LED) y con diodos láser (LD). En el caso de la versión con LD el margen de los tramos de regeneración está dentro de los 20 hasta alrededor de los 30 km (fibras multimodo) y de 41 hasta aproximadamente 68 km (fibras monomodo).

Para las velocidades de transmisión de 140 Mbit/s se instalan exclusivamente como transmisores los diodos láser, de forma que con el estado actual de la técnica y utilizando fibras monomodo es posible cubrir distancias desde 28 a 47 Km.

A partir del año 1984 comienza en el Ecuador la utilización de fibra óptica para enlaces digitales intercentrales, las compañías que tenían a su cargo dichas instalaciones era ERICSSON, la cual tenía el control y manejo de las comunicaciones analógicas del país, a esta se sumó la empresa de origen francés ALCATEL. En el país se introdujeron dos tipos de fibras, la fibra multimodo y la fibra monomodo, la última traída por la empresa ALCATEL, con la cual se comprobó que proporcionaba mayores ventajas en cuanto a atenuación e instalación en grandes distancias. Actualmente, a pesar de que existen centrales con sistema ERICSSON los enlaces entre centrales se han realizado con fibra óptica de tecnología ALCATEL. Podemos resumir entonces los 2 tipos de enlaces intercentrales que existen en la actualidad en la ciudad, según la tecnología en:

#### □ RED ERICSSON

- Se transmite a dos velocidades, 34 y 140 Mbit/s
- Existen varios puentes de enlaces de intercentrales aprovechando la canalización de otras centrales, como es el caso de la centrales Centro-Sur pasando por la central Febres Cordero.
- El tipo de transmisión de la fibra es monomodo
- Los sistemas no tienen respaldo

#### □ RED ALCATEL

- Se transmite a dos velocidades 140 y 565 Mbit/s
- Es la red más extensa en Guayaquil
- Tiene un sistema de respaldo en todos los enlaces de tipo semiautomático
- Se transmite en momomodo bidireccional
- La mayoría de los cables son de 6 fibras

En la actualidad existen por lo tanto 6 centrales digitales con tecnología ERICSSON

(AXE-10):

- Alborada
- Centro
- Los Ceibos
- Norte II
- Oeste III
- Sur

y 7 centrales digitales con tecnología ALCATEL (E-10B):

- Boyaca III
- El Cisne
- Guasmo II
- La Puntilla
- Portete II
- Primavera
- Urdesa II

### **1.9. Planificación de Sistemas de transmisión por fibras ópticas**

Hasta este momento hemos tratado de los aspectos físicos de la transmisión óptica por fibras ópticas y de la tecnología del sistema, de forma que ahora nos vamos a interesar por los aspectos de planificación. La transmisión por FO abre para el explorador de la red nuevas posibilidades, por ejemplo, en lo que se refiere a flexibilidad.

Puesto que actualmente los costes de tendido constituyen un porcentaje considerable de los costes totales, la planificación, construcción e instalación de una ruta eran, en la tecnología de cables coaxiales, un proyecto lleno de responsabilidad y planeado a largo plazo. Durante la definición del número de pares coaxiales en el cable y de las ollas enterradas diseñadas preventivamente, tenían que calcularse lo mejor posible las futuras incidencias de tráfico y sopesar frente a los costes iniciales de inversión.

El comportamiento es totalmente diferente con los cables de fibra óptica relativamente ligeros y flexibles. En el caso de que al principio se tiendan en la tierra dos o más tubos vacíos y, a continuación, se introduzca en uno un primer cable de FO, se podrán corregir posteriormente circunstancias que no se hubiesen considerado al principio mediante la introducción posterior de un segundo cable de FO, o mediante la sustitución del primero sin necesidad de trabajos de excavación.

### **1.10. Balance de potencia y tramos de regeneración**

Para proyectar una ruta de transmisión en forma óptima hay que sopesar una serie de parámetros de planificación bajo los puntos de vista geográficos, técnicos y

económicos. Hay tres magnitudes principales relacionadas con el proyecto: el medio de transmisión, la capacidad de transmisión y la máxima longitud de regeneración que es posible cubrir. Esta es previamente función de la potencia de transmisión acoplada que disminuye con la suma de los porcentajes de atenuación a lo largo de la ruta. En la práctica, para el cálculo de la longitud de regeneración máxima es decisivo un minucioso balance de potencia del sistema y de la instalación de cables; dentro de él se considera para el sistema: tolerancias de cualquier tipo, influencias de temperatura y envejecimiento, la anchura de banda limitada de transmisión, o bien la dispersión de la fibra de vidrio con un predeterminado ancho de banda espectral de transmisión, la cantidad y atenuación de los conectores y otros más.

Sólo el balance de potencia es un valioso enunciado cuando se trata de comparar equipos de suministradores diferentes, siendo, por lo tanto, el fiel de la balanza en decisiones sobre sistemas por parte del cliente.

### **1.11. Capacidad de transmisión y formación de multiplexado**

Por lo general, los parámetros del sistema más interesante e importantes son el máximo alcance entre transmisor y receptor, así como la capacidad de transmisión. Actualmente existe en la transmisión óptica la posibilidad de aumentar de una vez la capacidad del sistema en una longitud de onda a base de la jerarquía de multiplexado digital (p. Ej.,  $n \times 140$  Mbit/s), pero además también existe la posibilidad de aumentar eficazmente la capacidad de transmisión de la misma fibra con un multiplexado en longitud de onda ( $\lambda$ ) (WDM, Wavelength Division Multiplexing), como se muestra en la figura 1.9A.

Si observamos una vez más el espectro de atenuación, se puede constatar que la anchura de la ventana de transmisión con  $\lambda = 1300$  nm, tanto en atenuación como en anchura de banda de las fibras respectivas, tiene valores muy favorables, siendo éstos de más de 100 nm (correspondiendo a 30 THz). Este enorme margen de frecuencias se puede utilizar para la transmisión de varias ondas lumínicas. Si se transmite entonces luz desde diversas fuentes y con longitudes de onda diferentes entre sí, se podrá modular cada haz óptico individualmente.

Al comienzo de la ruta en los acopladores ópticos se puede agrupar la luz en un concentrador múltiple, para a continuación al final de la ruta separarla en un desacoplador óptico selectivo.

Además, para la transmisión simultánea de varias señales eléctricas a lo largo de una ruta de FO hay otros dos procedimientos (figura 1.9 B y C): por una parte, el multiplexado de fibras con sistemas paralelos iguales y, por otra parte, el multiplexado eléctrico, es decir, se forma la señal multiplexada eléctricamente y se controla con ella al transductor electroóptico.

Para completar todo esto se ha indicado también para la diferentes aplicaciones el gasto en circuitería característico de un repetidor.

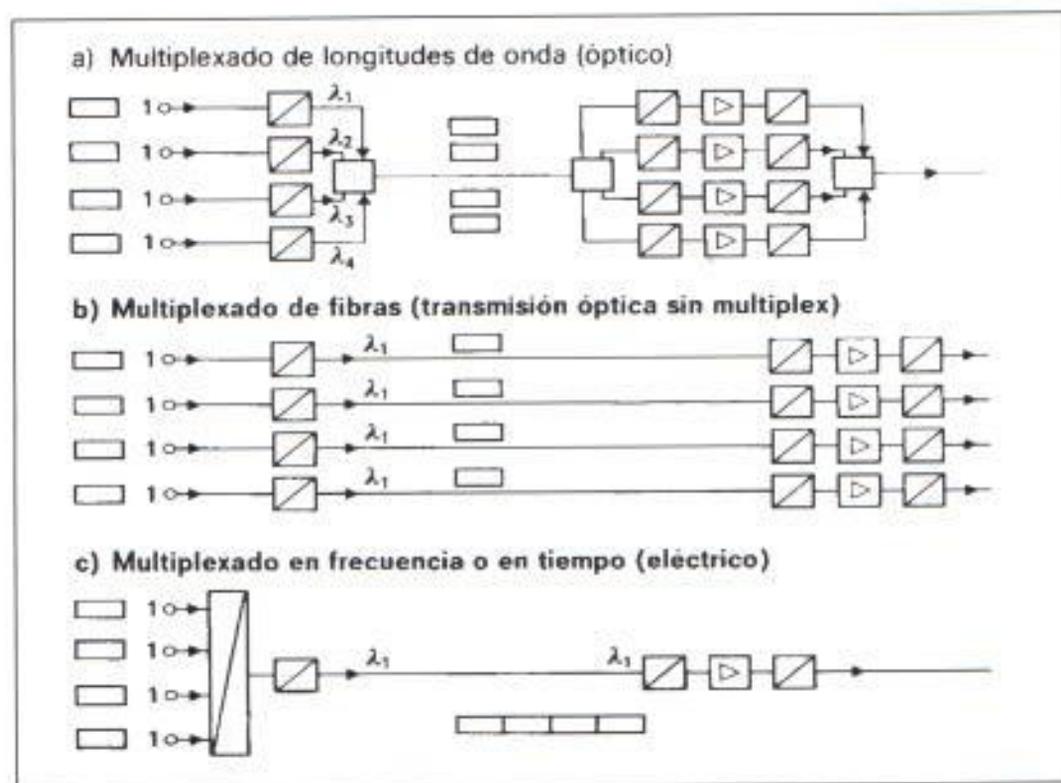


Fig. 1.9 Capacidad de transmisión y formación del multiplexado

El procedimiento que se debe utilizar en las prácticas es función de múltiples factores y finalmente de la rentabilidad. Según esto parece conveniente, en una primera etapa constructiva utilizar completamente la anchura de banda disponible para una longitud de onda mediante multiplexado eléctrico de las señales, o bien utilizarla tanto como la tecnología de los equipos de transmisión lo permita todavía. Cuando se haya alcanzado una de estas dos fronteras, se podrá aumentar la capacidad de transmisión por cada fibra aplicando el multiplexado de longitudes de onda ( $\lambda$ ).

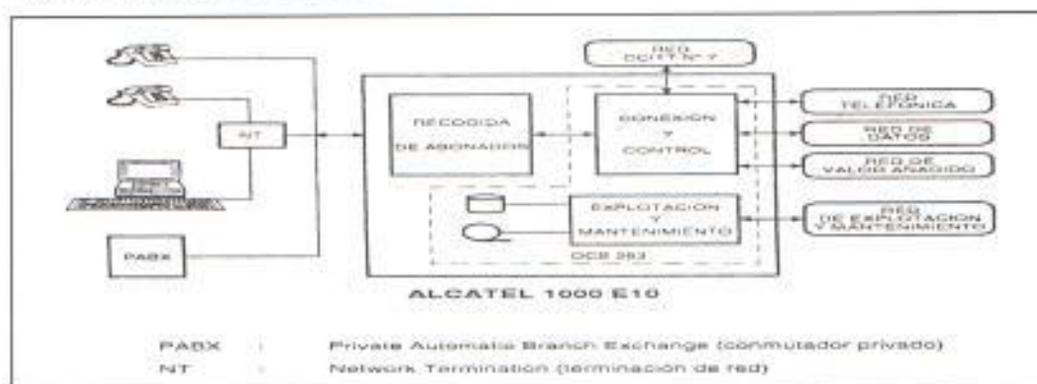
## CAPITULO II

### CENTRAL DE CONMUTACION

#### 2.1. Generalidades

Está constituida por un sistema ALCATEL E10B, ubicado en el centro de las redes de telecomunicación pertinentes. Dicho sistema está conformado por tres bloques funcionales independientes (como se muestran en la Figura 2.1), los cuales son los siguientes:

- la "Recogida de abonados", que lleva a cabo la conexión de las líneas de abonados analógicas y digitales,
- la "Conexión y Control", que realiza las conexiones y el proceso de las llamadas,
- la "Explotación y Mantenimiento", que controla todas las funciones necesarias para la explotación de la red.



**FIGURA 2.1 Desglóce Funcional General Del Alcatel E10B**

## 2.2. Descripción general del OCB283

En el OCB283, la transmisión designa la función (máquina lógica) admitida por una estación denominada SMC. Dicha estación puede admitir varias máquinas lógicas y el diálogo entre estaciones se realiza mediante un solo tipo de enlace. Por medio de este sistema de comunicación permite que una máquina lógica dialogue con otra sin conocer su localización. Además la estación SMC tiene una estación auxiliar (o de respaldo) que la sustituye en el momento de presentarse un fallo en la primera.

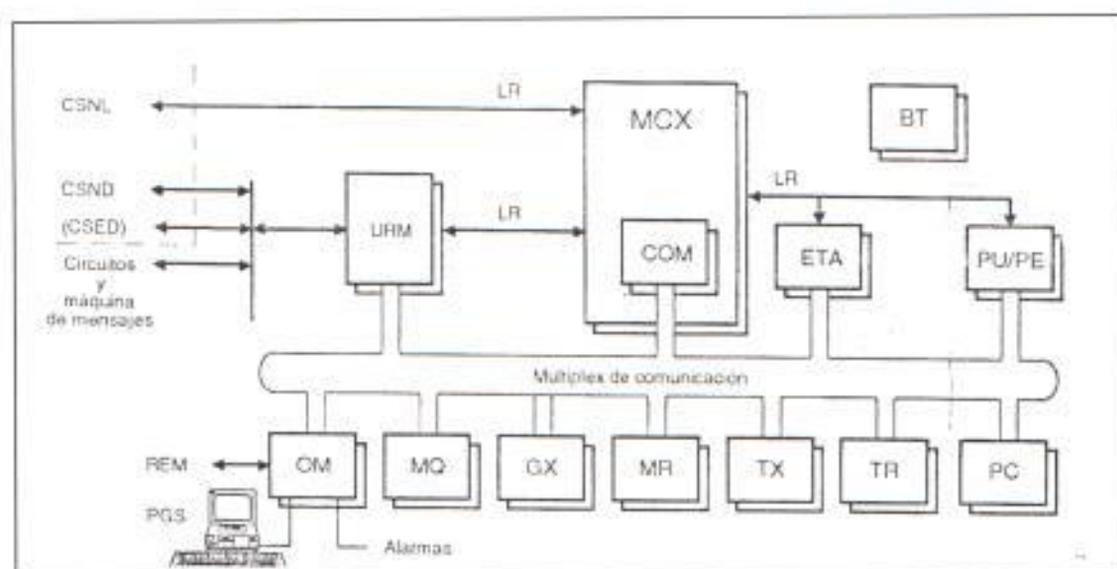


FIGURA 2.2: ARQUITECTURA FUNCIONAL DEL OCB283

## 2.3. Composición del OCB 283

BT: Base de Tiempo

UR:

Son un conjunto lógico (código de ficheros), reemplazable en una SM y que realiza una función determinada. Es también considerada como una unidad cargable de

ejecución bajo supervisor, que posee una organización interna (sistema de aplicación), desconocida para el supervisor y para las otras ML.

La ML se caracteriza por un tipo, un grupo, una dirección de sistema, un sistema de arranque, una SM, un estado.

En cada estación existe un fichero de asignación que proporciona la dirección de las estaciones que aceptan cada ML.

A continuación se cita una lista de máquinas lógicas:

MR: Establecimiento e interrupción de las comunicaciones.

TR: Base de datos de análisis, encaminamientos, haces, circuitos y abonados.

TX: Tarifación de las comunicaciones, observación de los circuitos y abonados, calendario de tarifación y cuentas de tarifa.

MQ: Distribución de los mensajes hacia URM, ETA, configuración de la cadena de conexión.

GX: Gestión de la cadena central de conexión.

PUPE: Proceso del protocolo n°7, gestión de los estados de circuitos n°7, orientación de los mensajes CSN.

PC: Gestión de red n°7, defensa de las ML PU/PE, observación del tráfico (contadores).

OC: Orientación de los mensajes relativos a OM, acceso al software OM.

URM: Emulación de los enlaces, gestión de los circuitos canal/canal y de los MIC de los CSN y CSE remotos.

ETA: Gestión de los estados de los auxiliares.

COM: Establecimiento, supervisión e interrupción de las conexiones.

SM: Funciones de sistema. Configuración de las estaciones SM.

CSN: Gestión de los estados de los abonados, gestión de la máquina CSN.

CSE: Gestión de los estados de los abonados, gestión de la máquina CSE.

OM: Funciones de explotación y mantenimiento. Archivo.

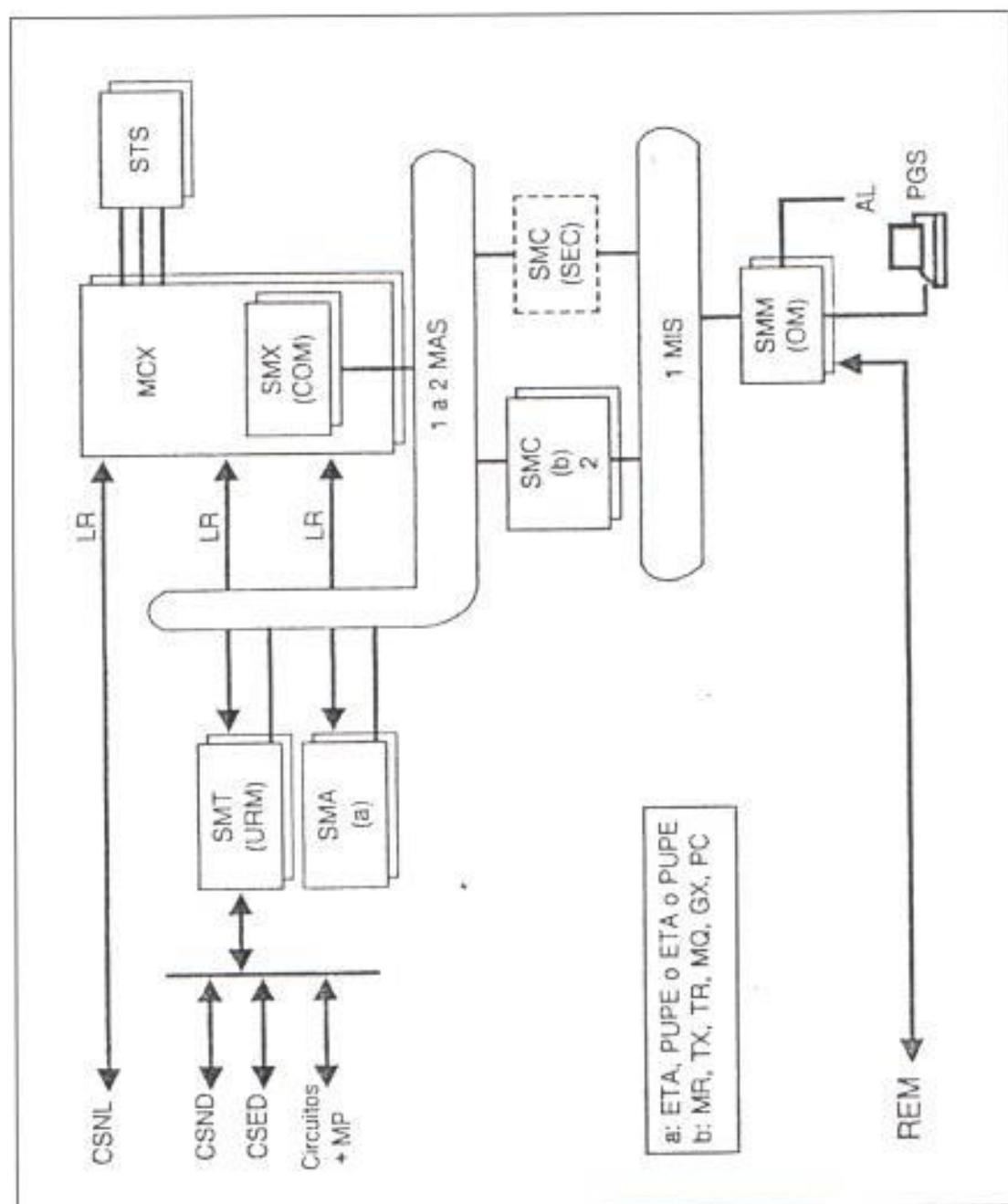


FIGURA 2.3: CONFIGURACION DE LAS MAQUINAS LOGICAS (I)

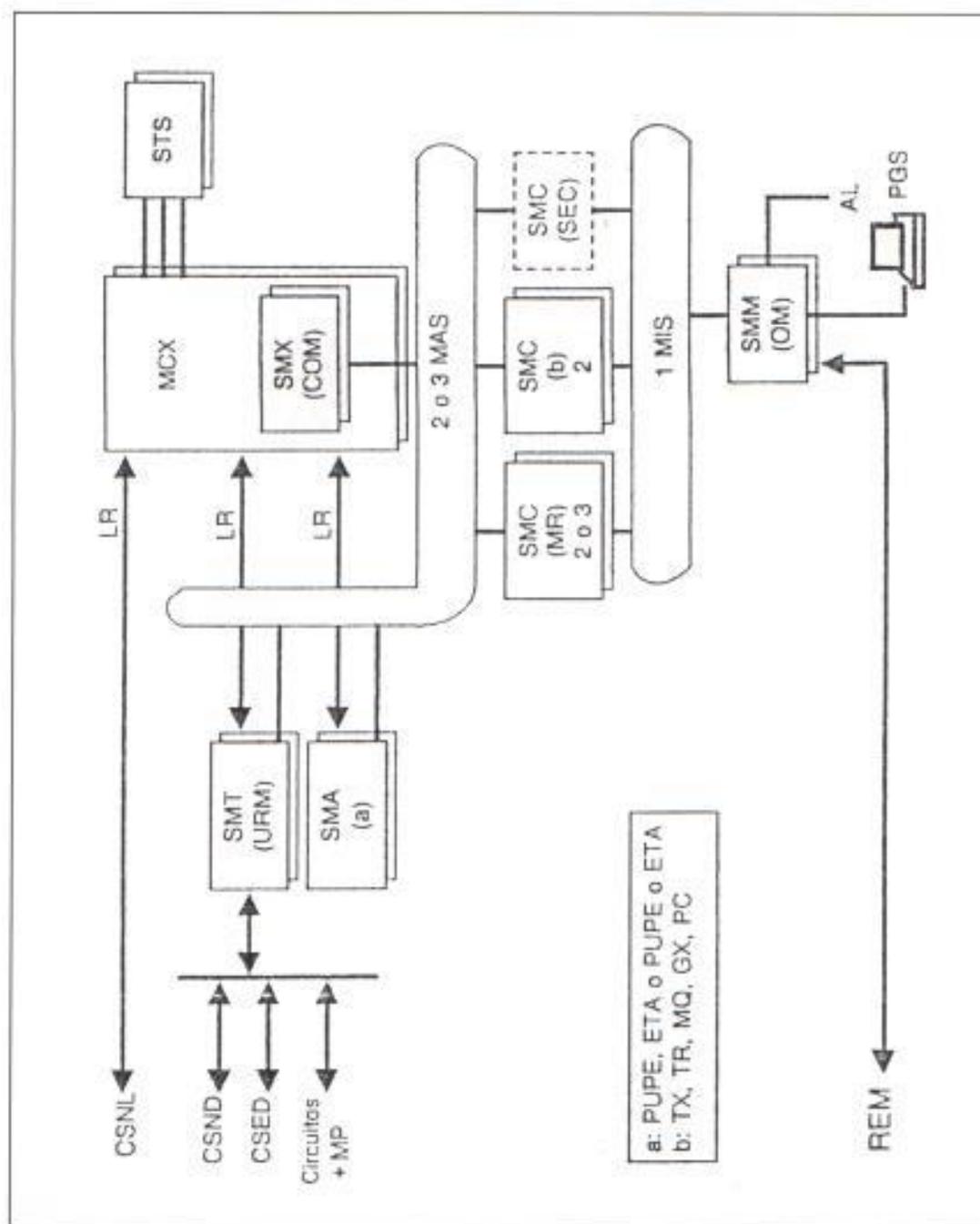


FIGURA 2.4: CONFIGURACION DE LAS MAQUINAS LOGICAS (2)

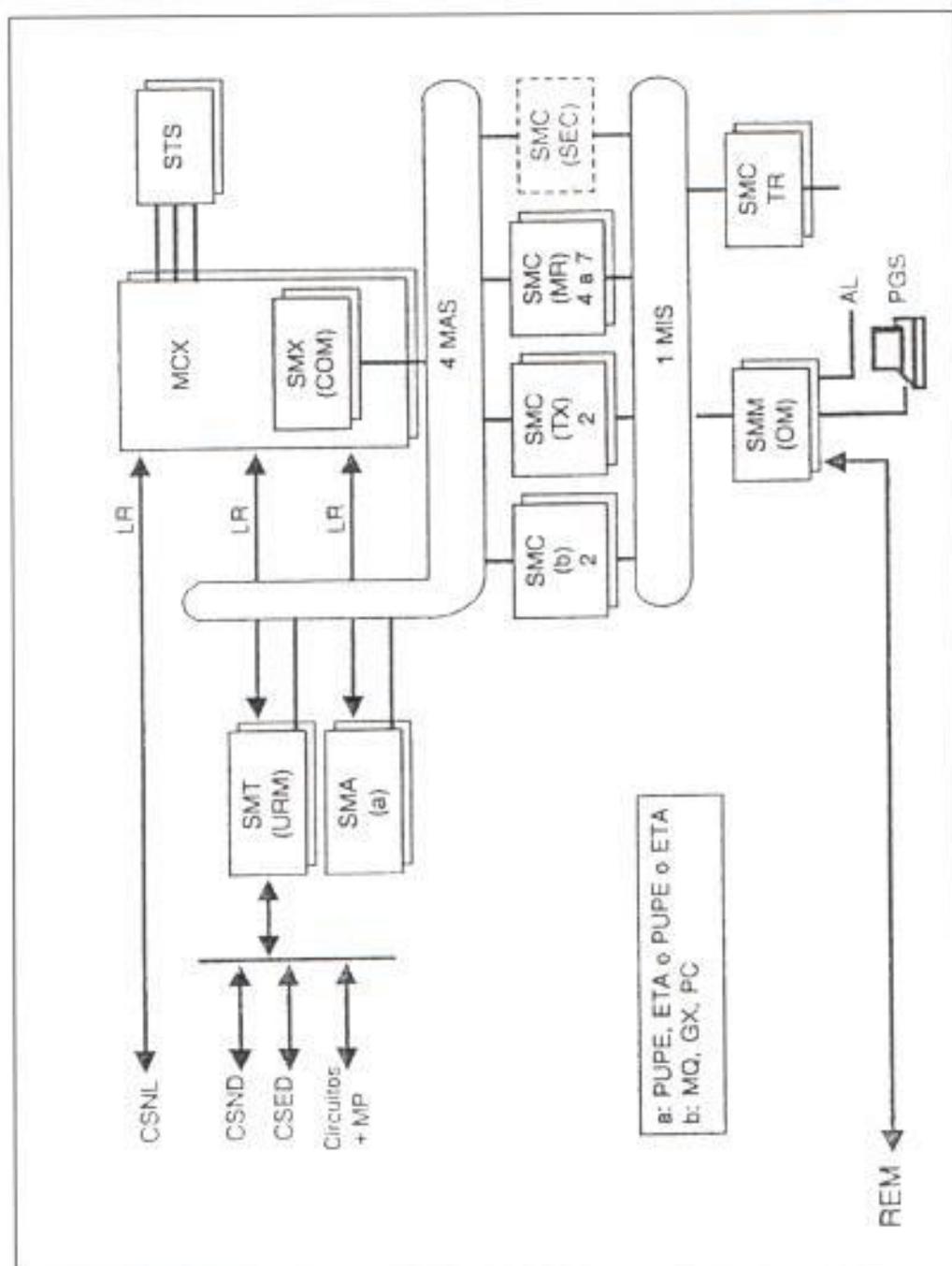


FIGURA 2.5: CONFIGURACION DE LAS MAQUINAS LOGICAS (3)

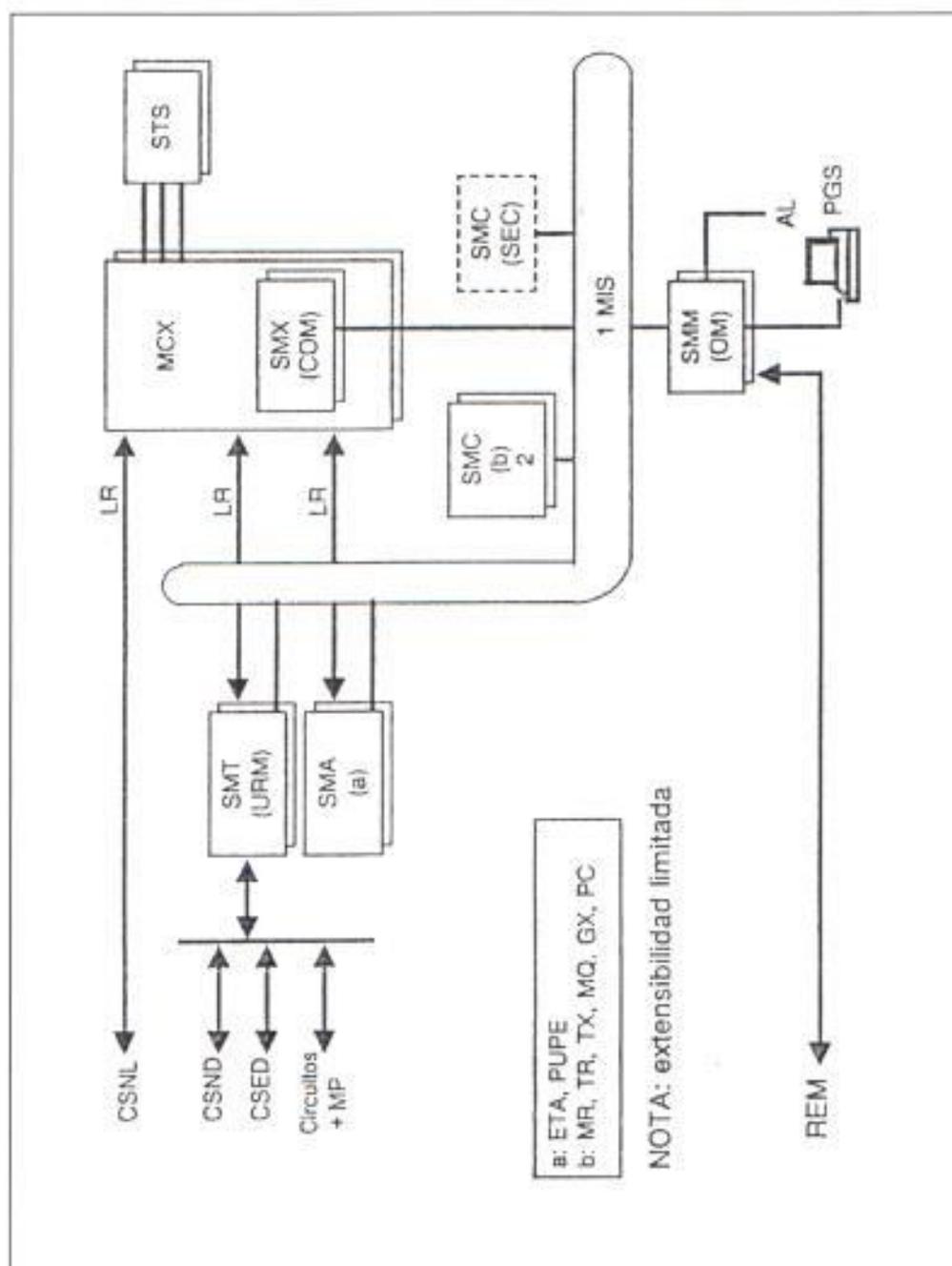


FIGURA 2.6: CONFIGURACION COMPACTA

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA**

#### **3.1. GENERALIDADES**

El presente capítulo tiene como objetivo mostrar el diseño de la red telefónica para el VICRIEEL utilizando fibra óptica en una parte de la red primaria, es decir desde la Central La Puntilla hasta la Urbanización (lugar donde se intalarán los equipos de comunicación). Luego con cable de cobre utilizando la canalización primaria proyectada (Ver Plano 2) para dicha urbanización se llega hasta los armarios de distribución, para luego acoplar a la red secundaria (Ver capítulo 5) y del abonado (Ver Capítulo 6).

#### **3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

##### **3.2.1. OBJETIVO DEL DISEÑO**

Con la introducción de la transmisión MIC por fibra óptica en la red intercentral de la ciudad se ha conseguido mejor cuantitativa y cualitativamente los enlaces entre las distintas centrales digitales. Sin embargo aún persiste el problema en las redes primarias y secundaria, debido a la falta de líneas físicas, canalización y especialmente debido a la expansión de la ciudad hacia las áreas circundantes a ella.

Las condiciones anteriores hacen que el problema deba ser afrontado en una forma distinta a la que tradicionalmente se ha empleado.

Hasta ahora el crecimiento de la ciudad hacia una zona específica ha determinado que, para poder satisfacer las necesidades telefónicas en dicha zona, se tome una de

las siguientes alternativas: la instalación de un cable multipar desde la central local más cercana o la instalación de una nueva central telefónica en dicha zona.

La primera alternativa mencionada implica la necesidad de instalar nuevos cables cada vez que la demanda así lo exija, de tal manera que la red se vuelve independiente ya que, en primer lugar, se hace necesaria la existencia en bodega de los materiales necesarios tales como cables, empalmes, etc., en segundo lugar, esta alternativa está sujeta a la capacidad de la central a la cual se conectan los cables que, como en el caso de la mayoría de las centrales de la ciudad, puede estar funcionando en los límites cercanos a su máxima capacidad instalada y, en tercer lugar, se requiere de la mano de obra para los trabajos de ampliación los que, tal como lo demuestra la práctica, significan una gran cantidad de tiempo implicado y desperdiciado de recursos.

La segunda alternativa está sujeta a las condiciones de desarrollo de la zona donde se ha planeado instalar la nueva central, por supuesto esta alternativa representa mayores ventajas que la anterior, por cuanto se presta para responder a las necesidades futuras, siempre que el desarrollo de dicha zona sea realmente el que se ha previsto. En el caso de un estancamiento del sector, todas las ventajas que representa esta nueva central se pierden.

Por todo lo anterior, el objetivo del diseño es presentar como alternativa de comunicación telefónica para el VICRIEEL la utilización de fibra óptica, la cual puede ser fácilmente acoplada a la red existente y que utiliza transmisión MIC con todas las ventajas, vistas hasta ahora, que de ella se derivan. Dicha alternativa

proyecta brindar servicio telefónico a 480 abonados de la urbanización, con la opción de realizar una futura ampliación si la demanda lo amerita.

### **3.2.2. SITUACION ACTUAL DE LA PLANTA EXTERNA**

A continuación se va a analizar y proponer una solución al problema existente en la zona, específicamente a la Urbanización VICRIEEL, que se encuentra al norte de la ciudad, situada en el kilómetro 13.5 de la vía que comunica la ciudadela Entre Ríos y el Puente La Aurora.

En la actualidad, la planta externa de la ciudadela VICRIEEL está formada por un sistema de canalización de 8 vías que avanza desde la central La Puntilla hasta el kilómetro ocho y medio de la vía La Puntilla Samborondón. Existe en la actualidad un cable de 1800 pares que llega hasta este sector, del cual se han utilizado 1200 pares y los restantes 600 pares ya han sido designados a sus respectivos propietarios. Además, debemos mencionar que solamente existe un tendido de cable aéreo que se dirige al sector del Buijo que fue realizado por iniciativa propia de los propietarios de este sector, la capacidad de este cable es de 150 pares.

Debemos mencionar además que a partir del kilómetro ocho y medio no existe canalización alguna, lo que significa limitaciones para brindar servicio no solo a los abonados del VICRIEEL sino también a aquellos abonados potenciales que se generen en la zona.

En cuanto a la red secundaria del VICRIEEL, todos los servicios están previstos de acuerdo a la planificación realizada por la empresa constructora de la ciudadela cuyo nombre es ETINAR.

La solución aquí propuesta es tal que, sin necesidad de poner en riesgo la inversión que representa la instalación de una nueva central telefónica, define la implementación de determinados equipos de comunicación dentro de la urbanización, los mismos que serán la base para brindar servicio telefónico y por ende, resolver la demanda actual y futura de la zona.

### **3.2.3. NECESIDADES ACTUALES Y FUTURAS DE LA URBANIZACION**

Considerando la ubicación del VICRIEEL podemos denotar que se encuentra rodeada por zonas en las que se prevé un alto desarrollo industrial y urbano a corto plazo. Además, se conocen planes para el desarrollo de nuevas ciudadelas en los alrededores del VICRIEEL, por lo tanto la planificación telefónica de la zona debe considerar ésta como una posible zona de alta demanda. Sin embargo, nuestro estudio se limitará a solucionar la demanda telefónica de la urbanización, la cual está prevista para dar cabida a más de 300 familias, lo cual no coincide con la cantidad de lotes existentes debido a que muchas de estas han adquirido más de un lote urbanístico. Todo lo anterior conlleva al diseño de la red telefónica para 480 abonados lo cual representa que más del 50% de familias tengan 2 líneas telefónicas por lo menos; dejando además la opción de ampliar esta capacidad, lo cual irá de acuerdo a la cantidad de equipos instalados en el futuro.

### **3.2.4. ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

Antes de iniciar con el desarrollo y explicación del equipamiento utilizado en el sistema, es necesario tomar en cuenta que en la actualidad existen muchos proveedores de equipos de comunicación que pueden ser utilizados en un diseño.

A continuación, se muestra la estructura del diseño con equipos aparentemente diferentes, así:



FIGURA 3.1: Diagrama de Equipamiento del sistema (TLMX)



FIGURA 3.2: Diagrama de equipamiento del Sistema (PERFIT)

En la fig. 3.1. se muestra el diagrama si se diseña con uno de los proveedores de este tipo de equipos como es Telex Corp. S.A., así mismo se muestra en la Fig. 3.2 si se utilizaran equipos provistos por Perfitemp S.A.. Entonces, debido a que las funciones de los equipos en cada orden (lugar) son técnicamente las mismas, y lo que varían son las empresas fabricantes y proveedoras; se expone en el presente estudio solo la utilización de uno de las dos alternativas de equipamiento, la cual más adelante se desarrollará con mayor detalle.

### 3.2.5. DISEÑO DEL SISTEMA

La figura 3.3 muestra en forma global el diseño utilizando fibra óptica, donde se puede apreciar lo siguiente:

- Central de conmutación: E10B (ver capítulo 2)
- Terminal Central:
  - Equipo multiplexor PSC 240 ET (Central)
  - Convertidor eléctrico/óptico OMUX 300 ET (Central)
- Medio de transmisión: fibra óptica monomodo
- Terminal Remoto:
  - Convertidor óptico/eléctrico OMUX 300 RT (Urbanización)
  - Equipo multiplexor PSC 240 RT (Urbanización)
- Abonado

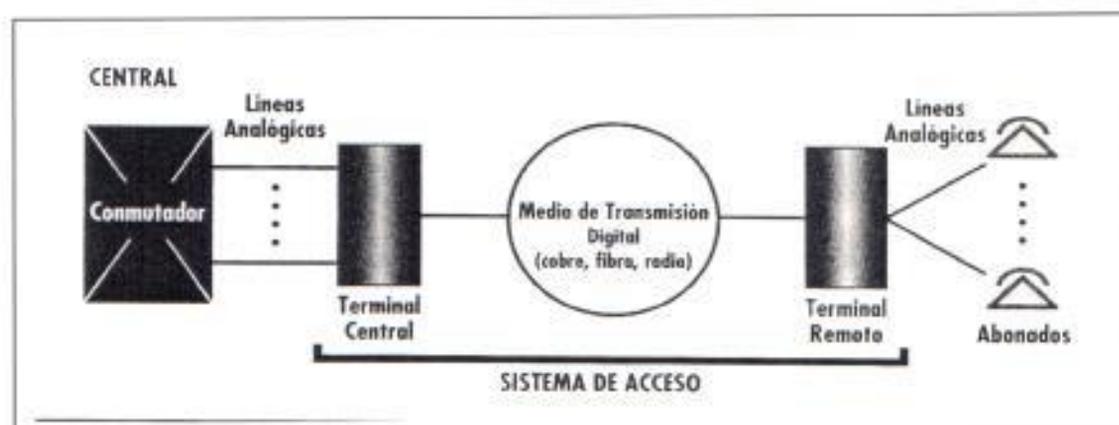


FIGURA 3.3: Diagrama general del sistema

Se utiliza un sistema de transmisión digital especialmente diseñado para la red de abonado o último kilómetro, el sistema de acceso compuesto por el medio de transmisión, un terminal central (ET) para la central de conmutación y un terminal remoto (RT) ubicado cerca o en las propias instalaciones del usuario. El medio de transmisión puede estar constituido por cables multipares (cobre), fibra óptica o radio microondas digital, siendo para el presente capítulo el diseño utilizando fibra óptica el que va a ser desarrollado.

Para la transmisión digital por medio de la fibra óptica se utiliza el convertidor convertidor óptico OMUX-300 que pertenece a la familia de sistemas de multiplexación optoelectrónico de la UT Starcom's SPDH. Este sistema tiene una capacidad máxima de tráfico equivalente a 960 canales telefónicos, puede multiplexar y demultiplexar hasta 32 tributarios E1 y la portadora óptica que transmite 2 flujos de 34 Mbit/s.

La fibra óptica utilizada con un diámetro menor al cable de cobre se puede pasar muy bien por cualquier vía del ducto de 8 vías que se extiende desde la central La Puntilla hasta el kilómetro ocho y medio. Luego, la distancia que falta por cubrir hasta la urbanización, se cubre con un tendido de fibra óptica aérea utilizando los postes de energía eléctrica que se encuentran en la vía, de esta manera la fibra óptica para el diseño que se presenta tiene 2 etapas: primero un tendido canalizado y segundo un tendido aéreo. La fibra óptica utilizada es monomodo de 6 fibras, cuyas características se describen en la sección 3.3.1 que abarca la elección de la fibra óptica.

Tomando en cuenta que este diseño se ha proyectado para brindar servicio telefónico a 480 abonados se utilizarán en total 4 equipos multiplexores PSC240 (dos en la central y dos en la urbanización), cada uno con capacidad para 240 abonados.

El aumento de los equipos utilizados dependerá del crecimiento de la demanda en la urbanización que podremos satisfacer con la instalación de otros equipos multiplexores PSC240, pues una vez que se cuenta con la infraestructura la adaptación de la red, las ampliaciones futuras se hace más sencilla.

Por otro lado, la capacidad de transmisión del convertidor óptico OMUX-300 cubre los requerimientos de capacidad actual y futura que se precisa para la urbanización.

En un análisis a la Central La Puntilla, se conoce que su capacidad total es para dar servicio a 7140 abonados, teniendo a la fecha tarjetas instaladas para dar servicio a 6804 abonados, pero sólo se encuentran en servicio 4500 líneas; lo cual representa un aproximado de 52% de utilización de la Central. Por tanto, las 480 líneas que se requieren para este diseño, así como para las ampliaciones futuras pueden ser proporcionadas sin problemas por dicha central. La adaptación de la Central La Puntilla del tipo ALCATEL sistema E10B para la instalación de los equipos que se utilizan es mínima, debido a que la estructura actual de la red intercentral de Guayaquil provee de 2 enlaces entre la central Norte y la Central La Puntilla, un enlace de 140 Mbit/s y un enlace SDH de 1641 Mbit/s, los costos quedan por lo tanto reducidos a la instalación de los equipos terminales y remotos, puesto que la central local ya está adaptada y se cuenta con la capacidad necesaria.

Para satisfacer los requerimientos de carga permitida, se recurre a las tablas de cálculo de tráfico. Se ha estimado que el tráfico generado por cada abonado de la urbanización VICRIEEL es de 0.16 erlangs y se considera una pérdida del 1% como valor razonable y considerando un tráfico interno de la etapa remota despreciable, entonces el número de circuitos de enlace, número de canales telefónicos, entre el VICRIEEL y la central La Puntilla debe ser de 490. Este número de canales equivale a  $490/30 = 16.33$  sistemas de 30 canales, es decir, 16 sistemas de primer orden, equivalente a 480 canales.

Los equipos multiplexores y ópticos se localizarán en la central de conmutación de La Puntilla, se ubicarán en el piso correspondiente al repartidor, de esta manera se hace uso del sistema eléctrico y de aire acondicionado, además de las facilidades de cableado de los equipos de transmisión y como se indica en las características del sistema PSC240 los bastidores centrales de los equipos se alimentan con las baterías de la central.

En la urbanización los equipos se ubicaran en el distrito número 2 en la manzana J como se muestra en el plano del diseño telefónico, dentro de una construcción de hormigón con  $16 \text{ m}^2$  de área aproximadamente y 4 metros de altura, cuyo fin es el de servir de protección para equipos. Se escogió este lugar por tratarse de un sitio de fácil acceso para red primaria y para obras de mantenimiento, operación e instalación. Dentro de esta construcción se instalará el bastidor remoto para la instalación del PSC240, del OMUX y regletas de 50 pares para la interconexión con los abonados de la urbanización. Adicionalmente, se instalarán baterías con respaldo de 8 a 10

horas, y un sistema de ventilación (aire acondicionado) para suplir los requerimientos ambientales de los equipos.

### **3.2.6. RUTA DE CANALIZACION**

El diseño de la ruta de canalización se realiza a partir de la central de la Puntilla hasta el kilómetro ocho y medio, lugar donde no existe en adelante canalización. Esta canalización es subterránea y está formada por un ducto de ocho vías, por el cual pasa un cable de 1800 pares telefónicos de cobre.

Como el diámetro de un cable de 6 fibras es mucho menor que el diámetro de un cable de 1800 pares, se podría muy bien pasar por cualquier vía del ducto el cable de fibra óptica, evitándose 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. El tramo que falta hasta llegar a la ciudadela, esto es desde el kilómetro ocho y medio hasta el kilómetro trece, se realizará utilizando cable de fibra óptica aéreo que se tenderá en los postes de energía eléctrica que se encuentra a lo largo de la vía hasta el sitio donde se encuentran ubicados los equipos en la urbanización, el cual se proyecta estará ubicado a 250 metros del ingreso a la urbanización, dentro de una construcción de hormigon de  $16m^2$  de área.

### 3.2.7 PERDIDAS DEL TRAMO

La longitud del tramo entre la central la Puntilla y la ciudadela VICRIEEL es de 13.800 metros , por tanto para constatar que en este tramo no se necesitarán repetidores ópticos se hará previamente un estudio de pérdidas del sistema.

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

$$\text{Espacio máximo entre repetidores (km)} = T_L / \text{Pérdidas en la fibra óptica en 1 km} \quad (1)$$

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

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

$L_{c1,2}$  = 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 diodo PIN

Para calcular las pérdidas totales ( $T_L$ ) en el sistema que se utilizará en el enlace central la Puntilla-ciudadela VICRIEEL, utilizamos la fórmula (2), con los siguientes valores:

$$P_o = -10 \text{ dBm}$$

$$P_r = -35 \text{ dBm}$$

$$P_o - P_r = 25 \text{ dBm}$$

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

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

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

De donde obtenemos que:

$$T_L = 15,5 \text{ dB}$$

Utilizando la fórmula (1) para calcular el espacio máximo entre repetidores, tomando como referencia una pérdida en el cable de 0,35 dB/km, tenemos que la distancia entre los repetidores es de 44,3 km.

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

### 3.2.8. ACOPLAMIENTO CON LA RED SECUNDARIA

El acoplamiento con la red secundaria se realiza de la siguiente manera: una vez instalados los equipos PSC 240 y OMUX tanto en la central La Puntilla y los correspondientes en la ciudadela VICRIEEL, se utilizan regletas y cables multipares para comunicarse con los armarios de los distritos correspondientes. Los cables multipares llegan a los armarios de cada distrito utilizando la canalización primaria

diseñada, una vez que se realiza esta conexión cada abonado se comunicará por medio de la red secundaria con los armarios, la red secundaria se ha diseñado en su mayor parte aérea, por facilidades de costos e instalación.

### 3.3 EQUIPOS Y MATERIALES

#### 3.3.1 ELECCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

Existen varias consideraciones que se deben tomar en cuenta al elegir el cable de fibra óptica para los enlaces intercentrales de una red. En los sistemas SDH se admiten cables de fibra óptica monomodo conformes a diversas Recomendaciones. La Recomendación G.652 trata de las fibras monomodo normalizadas, la Recomendación G.653 de las fibras con dispersión desplazada y la Recomendación G.654 de las fibras con pérdida minimizada. Los aspectos de atenuación y dispersión son de particular interés para la Recomendación G.957. Las regiones de longitud de onda se encuentran alrededor de 1310 nm para las fibras conformes a la Recomendación G.652 y alrededor de 1550 nm para las fibras conformes a las Recomendaciones G.652, G.653 y G.654. En estas regiones, las gamas de longitud de onda vienen definidas en primer lugar por las longitudes de onda de corte y por los requisitos de longitud y atenuación del sistema. Las gamas de longitudes de onda se especifican en la Recomendación G.957 para cada aplicación. Estas fibras pueden utilizarse con diversos transmisores: láseres de modo unilongitudinal, láseres de modo multilongitudinal y diodos fotoemisores.

En la tabla 3-A, se muestran factores que se deben considerar para la elección del cable de fibra óptica en diseños telefónicos.

En general, existen dos tipos de cables de fibras ópticas (Ver Anexo D) que se utilizan en el campo de las telecomunicaciones:

- Cable con una sola fibra
- Cable con muchas fibras (existen cables de 12 fibras con 2 pares de cobre, de 8 fibras con dos pares de cobre y de 6 fibras con 2 pares de cobre).

De acuerdo con el modo de propagación óptica empleado, las fibras pueden ser clasificadas en:

- Fibras Monomodales
- Fibras Multimodales

La diferencia entre una y la otra está determinada por el diámetro del núcleo de Silicio por donde circula la información. Las fibras Monomodales tienen un diámetro de  $9\ \mu\text{m}$ , las fibras Multimodales tienen un diámetro de  $50\ \mu\text{m}$ .

Para encanalar la información el núcleo de silicio interno (con índice de refracción  $N=1$ ) está rodeado por otro revestimiento de silicio cuyo índice de refracción es inferior al interior ( $N_2$ ).

Debido a que es necesario garantizar las características de flexibilidad y de resistencia mecánica, todo lo mencionado es nuevamente envuelto en otro revestimiento pluriestrato de resinas silicónicas y polietileno.

En resumen, los principales parámetros que se deben considerar al analizar diversas propuestas de fabricantes son los siguientes:

Dispersión, modos de propagación, atenuación, margen del sistema y el índice de refracción de la fibra.

**TABLA 3-A: ELECCION DE CABLES OPTICOS**

<b>Selección del cable en sí</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de fibras</li> <li>- Atenuación óptica en las fibras</li> <li>- dispersión en las fibras</li> <li>- apertura numérica (AN)</li> <li>- estabilidad de las pérdidas</li> <li>- estabilidad del ancho de banda</li> <li>- facilidad de pando y doblada</li> <li>- necesidad de acoplamiento desmontable</li> </ul>
<b>Factores ambientales</b>	- rango de temperatura de operación

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- resistencia a la vibración</li> <li>- resistencia a la abrasión</li> <li>- resistencia a la flexión</li> <li>- carga compresiva radial</li> <li>- tensión mecánica en la operación</li> </ul>
<b>Factores de construcción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- envoltura</li> <li>- miembro de resistencia</li> <li>- localización de fibras en el cable</li> <li>- capas de fibra en el cable</li> </ul>

Además, se puede describir que en el alma del cable los módulos ópticos y los pares de cobre están ensamblados en hélice alrededor de un refuerzo mecánico central, los espacios libres del alma son rellenos con gel de petróleo y una cinta de material plástica se aplica alrededor del alma, y el refuerzo mecánico consiste en un cable de acero de 19 hilos de diámetro 0.6 mm, recubierto con polietileno.

Podremos observar en la Tabla 3-B el detalle de constitución de cada modelo de fibra.

**TABLA 3-B: CONSTITUCION DE CADA MODELO DE CABLE**

<b>DISEÑO</b>	<b>TIPO 6 FIBRAS</b>	<b>TIPO 8 FIBRAS</b>	<b>TIPO 12 FIBRAS</b>
Tubo de 6 fibras	1	1	2
Tubo de 2 fibras	0	1	0
Pares de 0.6 mm	4	2	2
Juncos plásticos	2	3	3

Para el desarrollo de este proyecto, y considerando todas las normas mencionadas anteriormente, se ha elegido el cable de fibra óptica de las siguientes características (tabla 3-C):

**TABLA 3-C: CARACTERISTICAS DEL CABLE DE FIBRA OPTICA**

<b>COLORES</b>		<b>CABLE DE FIBRA</b>		<b>PARES DE COBRE</b>		
Fibra No.	Color	Aten. 1300 nm (dbm/km)	Aten. 1550 nm (dbm/km)	R (ohmios/km)	C (nF/km)	$\alpha$
1	azul	Entre 0,33 y 0,36	Entre 0,19 y 0,20	123,1	49,9	menor a: 1,1 db/km a 800 hz.
2	amarillo					
3	verde					
4	rojo					
5	café					
6	blanco					

Entre las principales características que el cable de fibra óptica presenta tenemos:

- **Tensión.** Cualquier segmento del cable, de 100 cm. de longitud deberá poder soportar sin deterioros una tensión axial de 400Kg.
- **Compresión.** El cable deberá poder soportar sin deterioros la presión de 100Kg. Aplicada en forma paralela al eje de dos placas de 50mm. x 50mm.
- **Impacto.** El cable deberá poder soportar sin deteriorarse el impacto producido por un cilindro de 2 Kg. de peso al caer desde un metro de altura. La prueba se efectuará con un cilindro de 25 mm. de diámetro dejándolo caer 10 veces en diferentes puntos.
- **Enrollamiento.** El cable no deberá ser perjudicado si se lo enrolla 10 veces en un sentido, y luego, 10 veces en el sentido contrario, con un radio de curvatura de 200mm.
- **Torsión.** El cable no deberá deteriorarse si a cualquier segmento de un metro de largo se lo somete simultáneamente a una tensión de 50 Kg. y una torsión de 180 grados.
- **Vibración.** El cable no deberá deteriorarse si a cualquier segmento de 500 mm. de longitud se lo mantiene fijo en un extremo mientras al otro se le imprime vibraciones de 10 mm. de amplitud, con una frecuencia de 10 Hz. Durante 5 millones de ciclos.

En cuanto a las características eléctricas, éstas se regirán de acuerdo a la recomendación UIT-T G. 652 (Características del cable de fibra óptica monomodo).

La constante de atenuación de la fibra deberá ser igual o menor a 1 db/Km en 1300nm.

### 3.3.2. MULTIPLEXORES

El equipo multiplexor que se utiliza en el diseño es el sistema de acceso PSC240 (Ver Anexo D), el cual es un sistema de transmisión digital especialmente diseñado para la red de abonado o último kilómetro. En su configuración universal, el sistema consiste en un terminal central (ET) para la central de conmutación y un terminal

remoto (RT) ubicado cerca o en las propias instalaciones del usuario. Los dos terminales se comunican entre sí a través de un enlace de transmisión digital El [G.703, UIT compatible]. El enlace puede ser establecido por medio de cables multipares (cobre), fibra óptica o radio microondas digital. Esta tecnología de acceso, permite el multiplaje de 30 abonados por enlace digital.

Además, como se muestra en la figura 3.4, todo esta estructura de multiplexación puede ser ubicada en lugares exteriores al centro de comutación (fuera de la Central), mediante una previa protección (panel para exteriores).

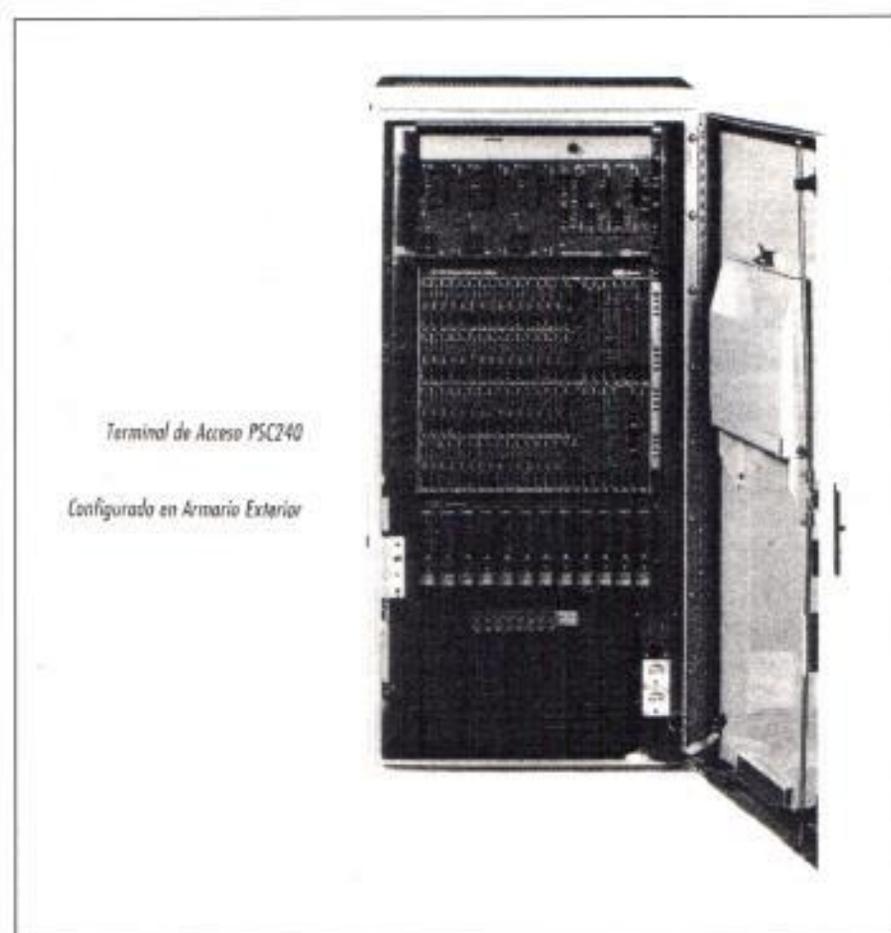


FIGURA 3.4 Terminal De Acceso PSC240 Configurado En Armario Exterior

Una de las características importantes de este sistema es el descongestionamiento de líneas. El PSC240, a través de las tecnologías de codificación PCM y multiplexación digital, aumenta el número de líneas de acceso en las centrales que hayan agotado la capacidad de la planta externa instalada. El sistema aumenta, como mínimo, 15 veces la capacidad existente, eliminando la tarea costosa y dilatoria de agregar cableado y estructuras para satisfacer la incrementada de servicios. En el Anexo C se detalla las funciones del sistemas PSC 240.

A continuación (Figura 3.5) podemos observar una topología que puede ser utilizada para el diseño con PSC-240 u otro equipo multiplexor.

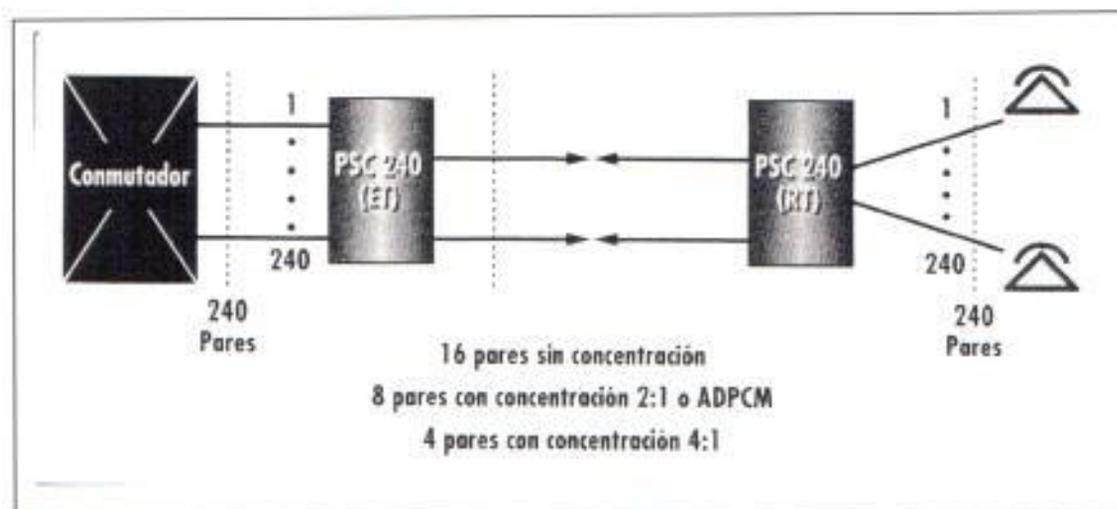


FIGURA 3.5 Topología Punto a Punto

Mientras que en la Figura 3.6 se muestra una topología multipunto, con el uso del mismo equipo multiplexor.

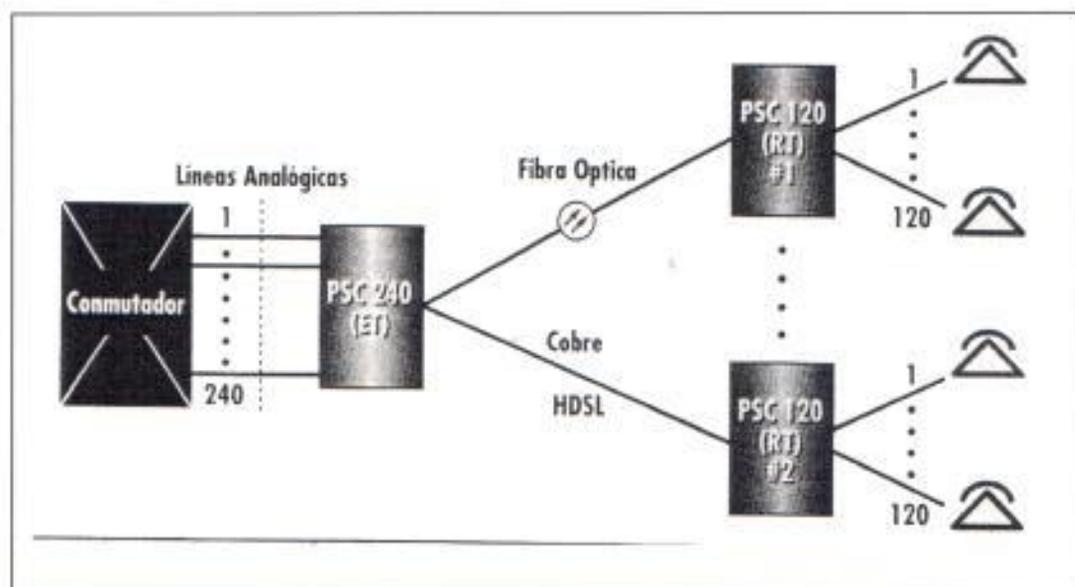


FIGURA 3.6 Topología Multipunto con uso del PSC 240

El Sistema PSC240 permite la integración directa a los conmutadores digitales de esta forma puede ser configurado para ser totalmente compatible con la interfaz digital V5.1 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Esta compatibilidad elimina la necesidad del terminal central, permitiendo la conexión directa a aquellos conmutadores digitales que estén equipados con la interfaz V5.1

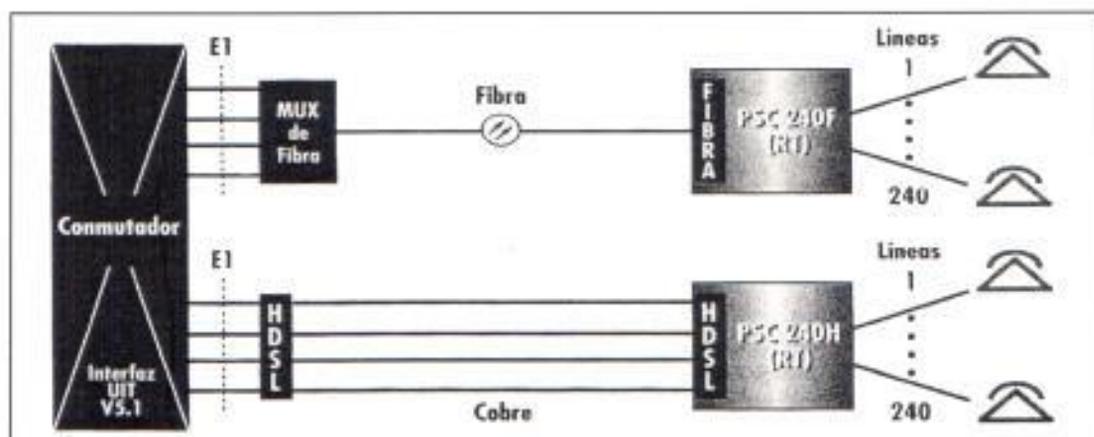
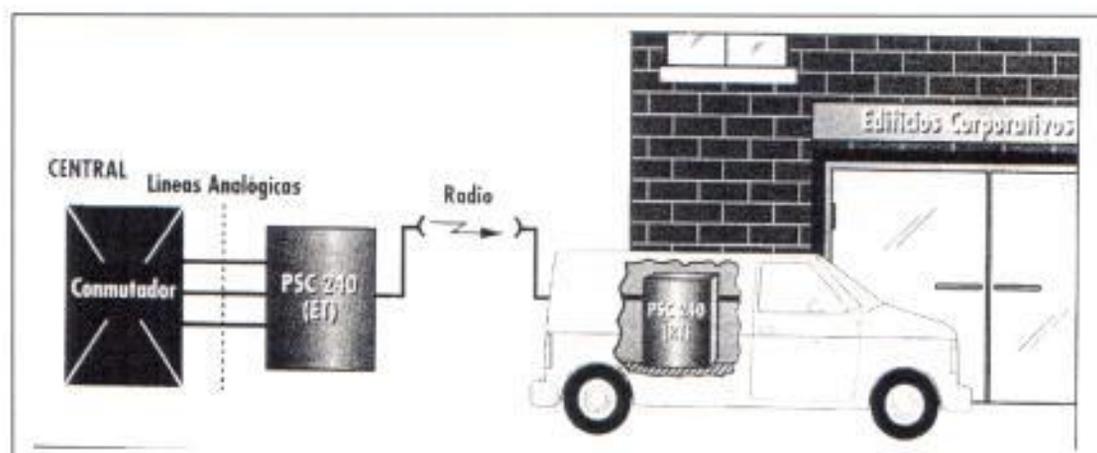


FIGURA 3.7: PSC240 Configuración General

Además, como se muestra en la figura 3.8, este sistema gracias a su tamaño compacto, instalación simple y capacidad de enlace inalámbrico, el sistema se ubica fácilmente en cualquier localidad que necesite servicio temporal o de emergencia.



**FIGURA 3.8: Configuración Ejemplarizada**  
(Servicio de emergencia o temporal)

El sistema PSC240 está constituido por: un terminal central (ET) y un terminal remoto (RT). Los componentes del sistema son:

- Banco de Canales
- Fuente universal de alimentación
- Unidades de Canal
- Panel de alarmas y fusibles
- Módulos Comunes
- Bastidores o Armarios
- Unidad de Supervisión Portátil "Craft Interface Unit"

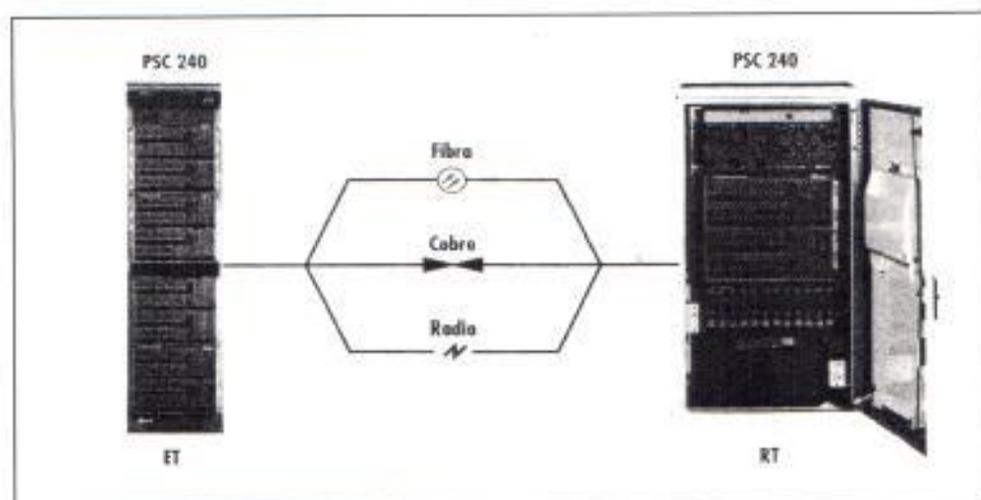


FIGURA 3.9: Configuración Del Sistema PSC240 (Local - Remoto)

El banco de canales contiene tres tipos de módulos:

- Unidades de Canal
- Módulos Comunes (Sistema)
- Módulos Comunes (Repisa)

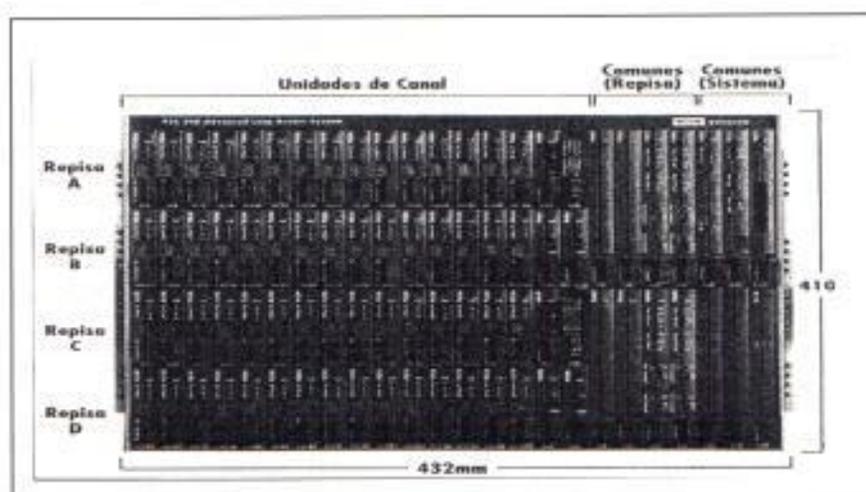


FIGURA 3.10: Banco Universal de Canales

Las **unidades de canal** proporcionan las interfaces de línea desde el terminal remoto hacia el abonado y desde el terminal central hacia el conmutador. Los diversos servicios que ofrece el sistema PSC240 se proveen mediante unidades de canal específicamente diseñadas para el propósito.

- Servicio telefónico básico (POTS)
- Público con tarificación a 12 o 16 Khz e inversión de polaridad
- Datos digitales a 64 Kbps (transmisión codireccional)
- Líneas de 2 y 4 hilos con señalización E&M
- Líneas para conmutador privado PABX con DID
- ISDN (acceso básico)
- Datos digitales a Nx64 Kbps
- Extensiones E1

Los **módulos comunes** del sistema controlan todas las funciones a nivel de sistema de acceso y los módulos comunes de repisa a nivel de una repisa en particular: A, B, C o D. Entre las funciones de los módulos más comunes están el control de la alimentación, el procesamiento de llamadas, las funciones de mutliplexación y transmisión digital y en general, todas las funciones de control, mantenimiento y supervisión del sistema.

La **fuentes de alimentación universal** convierte tensión CA en CC para el terminal remoto, utilizando dos o tres rectificadores dependiendo de la capacidad del sistema PSC240. La tensión de entrada puede ser de 90 o 264 Vca, 50 o 60 Hz y la tensión de salida nominal es de -48 Vcc. La fuente de alimentación también contiene dos

generadores que el proporcionan la señal de llamada al abonado. La operación de la fuente es controlada y supervisada por la unidad de distribución de carga o LDU.

Esta unidad detecta fallas en los rectificadores o en los generadores, interrupción de la tensión de entrada y descarga excesiva de baterías, reportando estas condiciones al sistema PSC240 para el procesamiento de las alarmas correspondientes.

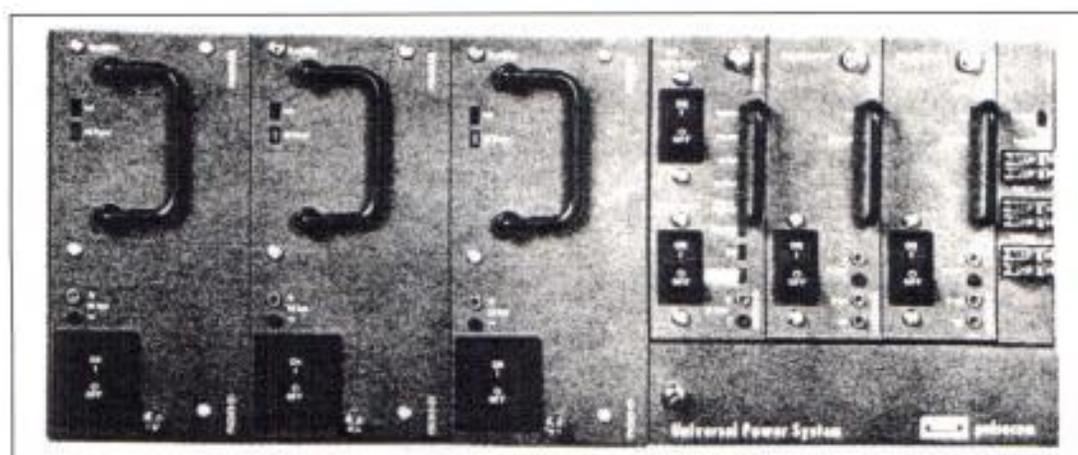


FIGURA 3.11: Fuente de Alimentación Universal PSC242

El **panel de alarmas y fusibles** provee protección de entrada y distribuye tensión de batería al sistema central. Además, reporta visualmente y por contactos de relé el estado de alarmas del sistema.



FIGURA 3.12: Panel De Alarmas y Fusibles PSC243

Los Sistemas PSC240 totalmente ensamblados en **bastidores** de 2.1 y 2.7 metros están disponibles para aplicaciones centrales y remotas. Para propósitos de

embarque, los módulos comunes, las unidades de canal y las baterías se empaican separadamente.

Los Bastidores ET (en central) están disponibles en configuraciones desde 240 hasta 960 líneas como se ilustra en la figura 3.13. Una configuración típica incluye reflectores térmicos, bancos de canales, un panel de alarmas y fusibles y el cableado correspondiente. Normalmente, los bastidores ET se alimentan con las baterías de control.

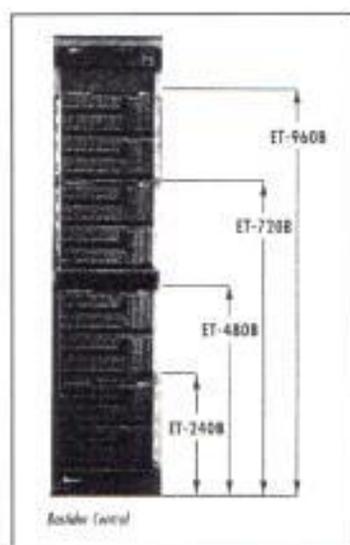


Figura 3.13: Bastidor Central del PSC 240

Los bastidores RT (remotos) están disponibles en configuraciones de 240 o 480 líneas como se ilustra en la figura 3.14. Una configuración típica incluye reflectores térmicos, uno o dos bancos de canales, fuente de alimentación, cableado y baterías de respaldo con autonomía de 8 a 10 horas. (Ver Anexo D).

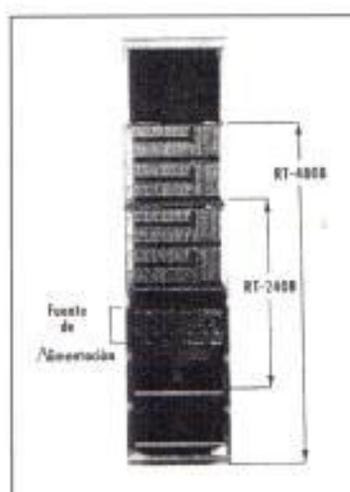


FIGURA 3.14: Bastidor Remoto del PSC 240

Los sistemas remotos PSC240 para instalaciones a la intemperie son incorporados en armarios de aluminio rígido, diseñados contra las inclemencias del tiempo. Tres configuraciones totalmente ensambladas y alambradas están disponibles: 120, 240 y 480 líneas. Una configuración típica incluye banco de canales, fuente de alimentación, baterías, tablero de protección contra impulsos (protectores de gas) para los hilos A & B y las líneas E1, ventiladores, repartidor de líneas y toma corrientes para planta externa.

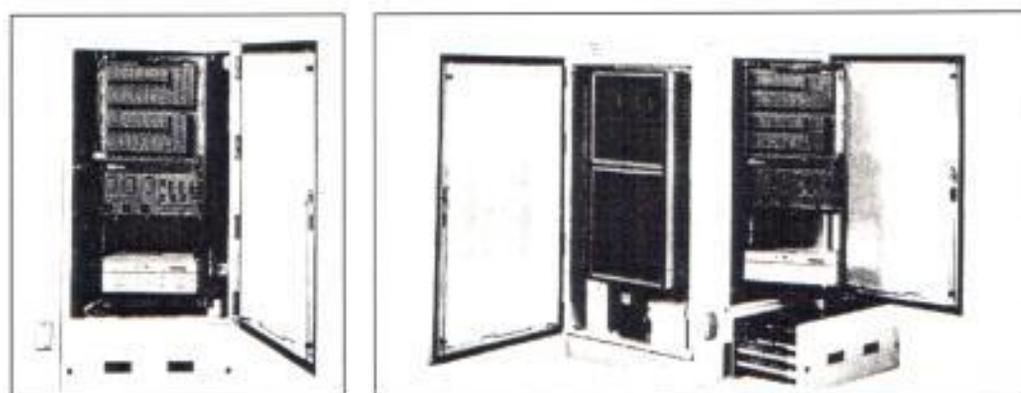


FIGURA 3.15: Armario Remoto Exterior RT-480C

De acuerdo a la aplicación específica, el armario se equipa también con multiplexores de fibra óptica o radios microondas. Para propósitos de embarque, los módulos comunes, las unidades de control y las baterías se empaacan separadamente.

El sistema estará provisto de las siguientes características técnicas, como son:

- Número de Canales

240 por banco de canales

- Capacidad de servicios

Servicio básico (POTS)

Público (tarificación a 12 Khz, 16 Khz o inversión de polaridad)

Líneas para PABX y extensiones (Acceso Interno Directo)

Líneas de 2 y 4 hilos con señalización E&M

Líneas dedicadas (2 o 4 hilos)

Servicio de datos digitales

Datos digitales a 64 Kbps (G.703 – Codireccional)

Acceso básico ISDN

Datos digitales a Nx64 Kbps

- Configuraciones del Sistema

Universal sin concentración

Universal con concentración 2:1, 4:1 o ADPCM

Integración directa al conmutador (interfaz ETSI V5.1)

- Operación y Mantenimiento

Pruebas de canal y de enlace digital integradas

Unidad de supervisión portátil

Interfaces de alarma para la central

Interface Q3 (TMN)

- Configuraciones Físicas

Bastidores centrales de 240 a 960 líneas

Bastidores remotos de 240 o 480 líneas con sistema de alimentación y baterías de respaldo

Armario remoto de 120 líneas

Armario remoto de 240 líneas

Armario remoto de 480 líneas

- Compatibilidad de Normas

a) Interfaz E1

UIT: G.703, G.704, G.706

b) Interfaz HDSL

ETSI: RTR/TM-3036

c) Interface Optica

UIT: G.707, G.708, G.709

d) Interfaces de Abonado

UIT: G.711, G.712, G.713, G.714, G.715, K.20

e) Interface digital V5.1

UIT: G.964

f) Otras

IEC 950, IEC-801, CISPR-22 Clase A

**\* INTERFACE DIGITAL E1**

Impedancia	75 $\Omega$ desbalanceada o 120 $\Omega$ balanceada
Velocidad de Transmisión	2.048 Mbps $\pm$ 50 ppm
Código de Línea	Bipolar de alta densidad (HDB3)
CRC-4	Seleccionable
Señalización	Espacio No. 16, Señalización de canal asociado

**\* INTERFACE HDSL**

Impedancia	135 $\Omega$ balanceada
Número de Transceptores	Uno o dos por interfaz E1
Modulación	2B1Q
Transmisión	Full duplex, con cancelación de eco
Velocidad de Transmisión	1168 Kbps por transceptor (dos partes) 2320 Kbps por transceptor (un par)

**\* INTERFAZ OPTICA**

Topología	Punto-a-punto, punto-a-multipunto, inserción y extracción lineal, anillo conmutado con trayectoria unidireccional (UPSR)
Velocidad de Transmisión	155 Mbps
Formato	STM-1 (según G.709, UIT)
Longitud de Onda Optica	1300 o 1500 nm

**\* SEÑALIZACION**

Rango de Supervisión (CC)	<1500 $\Omega$ (incluyendo aparato telefónico)
Corriente de Línea	27 mA, fuente de corriente constante

## Señalización de Marcación

a) Pulsos	7 a 22 pps
b) Multifrecuencias	Transparente
Señal de Llamada	16.6, 20, 25, 30 o 50 Hz, seleccionable Amplitud nominal: 90 Vrms

Las principales características de transmisión que tiene el sistema son:

* Pérdida de Inserción	0 a 6 dB (servicio básico) Seleccionable en incrementos de 1 dB
* Impedancia de Entrada	600 $\Omega$ 600 $\Omega$ + 1.5 $\mu$ F 600 $\Omega$ + 2.2 $\mu$ F 900 $\Omega$ + 1.0 $\mu$ F 900 $\Omega$ + 2.2 $\mu$ F Compleja
* Pérdida de Retorno	
a) 300 Hz a 500 Hz	> 18 dB
b) 500 Hz a 3.0 Hz	> 20 dB
Respuesta de Frecuencia	300 Hz a 3.4 KHz
Ruido de Canal Vacío	- 70 dBm0p máximo
Acoplamiento entre canales	- 70 dBm0p máximo
* Alimentación	
Terminal Central (240 líneas)	- 42.5 a -57.5 Vcc, 1.8 A (nom)

Terminal Remoto (240 líneas)	90 a 264 Vca, 47 a 65 Hz
* Condiciones ambientales	
Temperatura	0° a + 55°C, configuraciones en bastidor -40° a + 60° C, armario exterior remoto
Humedad Relativa	Hasta 95%, sin condensación

**\* Dimensiones (alto x ancho x profundidad)**

Banco de Canales	410 x 432 x 300 mm
Fuente de Alimentación	178 x 432 x 300 mm
Armario Exterior Remoto RT-120C	750 x 610 x 470 mm
Armario Exterior Remoto RT-240C	1260 x 610 x 530 mm
Armario Exterior Remoto RT-480C	1556 x 990 x 915 mm

### 3.3.3. CONVERTIDORES ÓPTICOS

En esta sección se describe de manera general al convertidor óptico OMUX. Es así que la UT Starcom utiliza ciertas convenciones para denominar las capacidades fundamentales de este producto y sus funciones, basadas en los sistemas de multiplexación optoelectrónicos de la serie OMUX (Tabla 3-D), los cuales serán usados en el presente estudio, es así que:

**TABLA 3-D: SERIE DE CONVERTIDORES ÓPTICOS OMUX**

Product	Capacidades y Funciones	Capacidad de Tráfico
OMUX – 200P	Sólo topología punto-a-punto	16 E1 o 480 canales por ruta óptica
OMUX – 300P	Punto-a-punto,distribuido(add/drop),topologías redundantes ópticas 1+1	32 E1 o 960 canales por ruta óptica
OMUX – 300 <sup>a</sup>	Punto-a-punto,distribuido(add/drop), redundancia óptica 1+1, topología de anillo	32 E1 o 960 canales por ruta óptica
OMUX – 400	Punto-a-punto, distribuido(add/drop), redundancia óptica 1+1, topología de anillo	64 E1 o 1920 canales por ruta óptica

En los siguientes párrafos se describe el sistema OMUX, se incluye características, aplicaciones, operación, supervisión y descripciones funcionales de los módulos.

El Multiplexor Terminal de Línea Óptica SPDH™ OMUX, pertenece a la familia de sistemas de multiplexación optoelectrónico SPDH™ OMUX de la UTSarcom. El sistema OMUX, con una capacidad de tráfico equivalente a 960 canales telefónicos, puede multiplexar y demultiplexar entre 32 tributarios E1 (2048 Mbit/s) y la portadora óptica que transmite dos flujos E3 (34.368 Mbit/s). El enlace óptico también transporta los canales de administración. La tecnología avanzada SPDH™ hace del sistema OMUX-300A un sistema flexible, simple y de bajo costo para configuraciones de anillo y add/drop.

El sistema OMUX presenta las siguientes características:

- Topologías: punto a punto, redundancia óptica, distribuida y anillo
- Tráfico máximo: 32 x 2.048 Mbit/s (E1) o 960 canales
- Máxima inserción (add) y drop: 16 x 2.048 Mbit/s (e1)
- Mínimo drop: 4 x E1 o 1 x E2 (configuración de software)  
1 x E1 (configuración física)
- Red Inteligente/Nodo de Administración
- Sistema de Ordenamiento
- Línea de Protección Óptica Inteligente 1 + 1
- Inteligencia superior y protección de anillo seguro (opcional)
- Módulos
- Suministro de poder redundante

Un sistema de transmisión óptico OMUX-300A consiste de dos o más terminales OMUX y cables ópticos que se conectan con estos terminales. Se tienen tres topologías básicas y opcionales para el OMUX:

1. Topología punto a punto
2. Topología de redundancia óptica
3. Topología distribuida
4. Topología de anillo (opcional)

Para el caso se una topología punto a punto, y para efectos de seguridad de la red diseñada se puede optar por una topología de redundancia óptica. Sin embargo el detalle de cada una de las cuatro topologías mencionadas se encuentran en el apéndice A.

El sistema OMUX-300A realiza la multiplexación y demultiplexación de 32 tributarios E1 y la portadora óptica la cual transmite dos flujos E3 de 34 Mbit/s usando la técnica de multiplexación por división en el tiempo.

Hay 3 niveles de multiplexación. El primer nivel consiste de 8 multiplexores E12 que se encuentran en los módulos o tarjetas E1M, cada uno de los cuales realiza la multiplexación entre los tributarios E1 y un flujo E2. El segundo nivel consta de 2 multiplexores E23 en el módulo dual E23 (DEM). Cada multiplexor realiza la multiplexación de cuatro tributarios E2 y un flujo E3. Luego los 2 flujos E3 son cargados en la portadora de banda ancha en el módulo de enlace óptico (OLM), el cual desarrolla el tercer nivel de multiplexación. Antes de ser cargados en la portadora, los dos flujos E3, designados E3A y E3B, pueden ser conmutados por el módulo de conmutación (SWM) entre los dos OLM y el módulo DEM.

La portadora de banda ancha contiene también canales de sobre carga para la comunicación de administración de la red. La portadora de banda ancha tiene una forma electrónica en los circuitos internos y una forma óptica en la transmisión media externa.

Cada módulo en el sistema tiene un bus de interface de tal manera que el módulo pueda ser inteligentemente controlado y monitoreado. El Módulo de Control Inteligente (ICM) provee de un acceso al nodo o a la aplicación de administración de la red (NODEMAN o NETMAN). El Módulo de Overhead (OHM) provee la comunicación.

Cada módulo tiene sus LED indicadores. Los indicadores en los módulos EIMs, DEM y OLM proporcionan el estatus de las alarmas de transmisión. El módulo ICM proporciona un resumen de las indicaciones de las alarmas.

El sistema tiene una entrada de energía de -48VDC, la cual es convertida en voltajes de +5VDC y -5VDC por medio del Módulo de Suministro de Energía (PSM). El sistema OMUX-300A tiene dos PSMs en paralelo, lo cual proporciona una redundancia de energía.

El sistema del OMUX-300A está diseñado en un rack estándar de 19", tal como se puede observar en el Anexo D. Sus dimensiones son 19" x 8,72" x 10,24". La vista frontal del OMUX, la vista frontal del OMUX con el panel abierto y los terminales del mismo se muestran en las siguientes figuras:

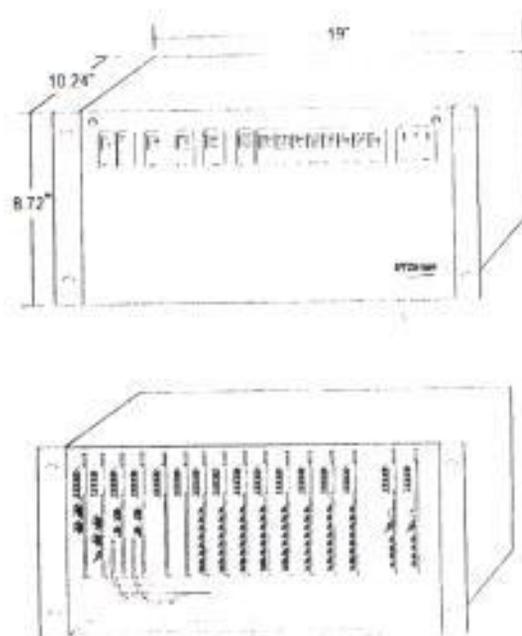


FIGURA 3.16 Vista Frontal del Omux

FIGURA 3.17 Vista Frontal del Omux con Panel Abierto

El chasis del OMUX es un sistema de tarjetas insertadas consistente de 16 slots. Las correspondientes tarjetas del sistema completo se observan en la figura 3.18

- 1 Módulo de Control Inteligente (ICM)
- 1 Módulo de Overhead (OHM)
- 2 Módulos de enlace óptico (OLM)
- 1 Módulo de Conmutación (SWM)
- 1 Módulo doble E23 (DEM)
- 8 Módulos E12 (E1M)
- 2 Módulos de suministro de Energía (PSM)

Así como en la figura 3.18 se muestra gráficamente los slots del sistema OMUX, a continuación (Tabla 3-F) detalla la designación y función de cada módulo.

**TABLA 3-F: SLOTS DEL OMUX (de izquierda a derecha)**

Slot	Designación	Módulo
1	ICM	Módulo de Control Inteligente
2	OHM	Módulo de Overhead o Orderwire
3	OLMA	OLM como enlace óptico de falla en la configuración terminal o acceso terminal Eastbound en la configuración add/drop
4	OLMB	OLM como enlace óptico de reserva en configuración terminal o acceso terminal Westbound en la configuración add/drop
5	SWM	Módulo de conmutación
6	DEM	Módulo Dual E23, E3A, E3B
7	E1M1A	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2A
8	E1M2A	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2A
9	E1M3A	Módulo de Multiplexación E12(E1M0),E2A
10	E1M4A	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2A
11	E1M1B	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2B
12	E1M2B	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2B
13	E1M3B	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2B
14	E1M4B	Módulo de Multiplexación E12(E1M),E2B
15	PSMA	Módulo de Suministro de energía
16	PSMB	Módulo de Suministro de energía redundante (opcional)

Más detalle sobre estos módulos se encuentran en el Anexo B.

I C M	O H M	O L M 3 A	O L M 3 B	S W M	D E M	E 1 M A1	E 1 M A2	E 1 M A3	E 1 M A4	E 1 M B1	E 1 M B2	E 1 M B3	E 1 M B4	P S M A	P S M B
-------------	-------------	-----------------------	-----------------------	-------------	-------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------	------------------

**Fig. 3.18: Slots del OMUX**

TABLA 3-G: Parámetros del OMUX-300

<b>PARAMETROS DEL SISTEMA</b>	
Capacidad de Transmisión por terminal	2 x 34.368 Mbit/s 8 x 34.448 Mbit/s 32 x 2.048 Mbit/s 960 canales de voz
Estándares	ITU-T G.703, G.742, G.823
Componentes de estado sólido	100 por ciento
Tiempo principal entre fallas (MTFB)	50,000 horas
<b>INTERFACE ELÉCTRICA</b>	
Tipo de interface	G.703
Tasa de bit	E1 2.048 Mbit/s $\pm$ 50 ppm E2 8.448 Mbit/s $\pm$ 30 ppm E3 34.368 Mbit/s $\pm$ 20 ppm
Impedancia	75 $\Omega$ desbalanceada (E1) 120 $\Omega$ balanceada (E1)
Código de línea	HDB3
Pérdida de cable	< 6 dB (E1, E2)
Tolerancia de Jitter de entrada	G.823
Función de transferencia del tributario Jitter (entrada/salida)	G.742, G.823 (E1) G.751, G.823 (E2)
Multiplexación de salida del Jitter	G.823
Conector E1	SMB (75 $\Omega$ ) RJ-45 (120 $\Omega$ )
<b>INTERFACE ÓPTICA</b>	
Tasa de señal óptica	110 Mbit/s
Modo de transmisión óptica	Monomodo
Fibra	9/125 $\mu$ m
Tipo de conector óptico	Conector FC
Código de Línea	5B6B
Fuente de Luz	LD
Longitud de Onda	1270 – 1330 nm
Poder de transmisión	- 10 dBm $\pm$ 2 dBm
Power Budget	> 20 dB
Receptor	PIN – FET
Sensitividad del receptor	- 35 dBm (BER < 10 <sup>-10</sup> )
<b>ADMINISTRACIÓN</b>	
Interface NMS	(Opcional) RS -232, 9600 baudios
Canal de Supervisión	Administración en enlace óptico
Orderwire	(Opcional) Línea de llamada selectiva
<b>SUMINISTRO DE ENERGÍA</b>	
Voltaje de entrada	- 40 ~ - 70 VDC
Consumo	35 W
<b>AMBIENTE</b>	
Temperatura de operación	0 – 50°C
Temperatura de almacenaje	- 40°C – + 70°C
Humedad relativa	< 95% RH (45°C)
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>	
Dimensiones del Armario	19" (ancho) x 8.72" (altura) x 10.24" (profundidad)
Rack	Estándar EIA 19 pulgadas
Peso	8.5 KG

### 3.3.4. EMPALMES Y CONECTORES

Dentro de las técnicas de empalmes existen tres métodos: empalme por fusión, empalme mecánico y el empalme con conector. Para estos métodos se han desarrollado equipos los cuales incluyen el restablecimiento de las protecciones primarias y secundarias en el lugar del 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 0.1 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 ser plana, limpia y en ángulo recto al eje de la fibra.

Podemos resumir las características principales del **empalme por fusión**:

- Fusión de los extremos de las fibras en un arco eléctrico
- El empalme es permanente
- Los empalmadores por fusión automáticos son costosos, son líderes en el mercado: Sumitomo, Fujikura, Siemens (RXS)
- La pérdida de inserción es muy baja y la pérdida de retorno es muy alta
- Entre las aplicaciones principales se tienen: empalmar cables de fibras ópticas (cables) y empalmar pigtails.

El **empalme mecánico** se realiza por medio del ajuste exacto de los extremos de fibra con un elemento de precisión micromecánica. Se tienen aproximadamente 30 productos en el mercado, el líder en el mercado es 3M con "Fibrlok".

El empalme no es permanente (pocos ciclos), se utiliza además un gel de inmersión para que la pérdida de inserción sea más baja. El empalme puede efectuarse con útiles sencillos como son: el desferrador, hendidor de fibra.

Entre las aplicaciones más importantes se tienen:

- En redes de telecomunicación para restauración (en lugar de empalmes por fusión)

- En sistemas de cableado estructurado para empalmar pigtails (productos 3M, Siecor)

Los empalmes para el enlace de las fibras ópticas y los conectores a la entrada y a la salida del sistema establecen el enlace continuo de la comunicación. En la siguiente figura se muestra una construcción de conectores que se ha acreditado universalmente. Sus características son una mínima atenuación de paso, montaje sencillo, estructura estable, conexión repetible, así como protección de las superficies de la fibra óptica contra daño y suciedad. Una partícula de polvo de  $5\ \mu\text{m}$  sobre un núcleo de una FO de aproximadamente  $40\ \mu\text{m}$  de diámetro daría lugar a una atenuación por dispersión de aproximadamente 0.1 dB.

Otras causas de las atenuaciones en los conectores y empalmes ópticos son:

- Diferentes características (perfil del índice de refracción, diámetro del núcleo y del revestimiento, apertura numérica) de las fibras ópticas a conectar,
- Fallos mecánicos del conector o del empalme,
- Reflexión y dispersiones en los puntos de conexión.

En la práctica, estas tres causas de atenuación se presentan simultáneamente; la atenuación total se calcula, por lo tanto, a partir de la suma de las atenuaciones individuales.

Para el **empalme con conectores** describiremos algunas características importantes.

- Conexión removible
- Manejo fácil y seguro
- Sólo pocos tipos de conectores estandarizados: ST, FC, DIN.
- Principio macho-hembra

- Casquillo de enchufe ( $\phi$  2.5 mm) con agujero concéntrico para la fibra
- Adaptador: manguito dividido
- Aplicación donde se requieren conexiones removibles:
  - En redes de telecomunicaciones y LAN (puntos de distribución)
  - Para conectar hardware de transmisión
  - Aplicaciones de prueba y medición

El proceso de ensamblaje del conector es el siguiente:

- Remover la cubierta de cable, raspar el recubrimiento de fibra, limpiar los extremos de fibra.
- Pegar el extremo de fibra en agujero de casquillo (con epoxi de 2 componentes)
- Engarzar el cable
- Proceso de endurecimiento de la resina epoxi
- Ensamblar la caja del conector
- Pulir la cara frontal del casquillo
- Medir la pérdida de inserción (y la pérdida de retorno)

Confección:

- Por compañías de ensamblaje (--> pigtails)
- Uso restringido por el instalador para instalaciones LAN in situ
- Tipos para ensamblaje de campo están en el mercado (p.ej. AMP "LightCrimp")
- Especialmente usado para reparaciones

A continuación se mencionan **tipos de conectores** disponibles en el mercado y su utilización en la industria.

- **ST (AT&T)**
  - ✓ Cierre de bayoneta
  - ✓ Aplicación: LAN (tipo más común)
  - ✓ Tipos de fibra: multimodo (monomodo)
  
- **FC (NTT)**
  - ✓ Cierre por rosca
  - ✓ Aplicación: redes de telecomunicaciones
  - ✓ Tipo de fibra: monomodo
  
- **DIN (Siemens)**
  - ✓ Cierre por rosca (versión push-pull disponible)
  - ✓ Aplicación: Telecom (líneas troncales, FITL)
  - ✓ Tipo de fibra : monomodo
  - ✓ Modelo discontinuado
  
- **SC (NTT)**
  - ✓ Enclavamiento Push-Pull
  - ✓ Aplicación: Telecom (troncal, FITL), LAN
  - ✓ Tipos de fibra: monomodo (Telecom)  
Multimodo (LAN)
  
- **E2000 (Diamond)**
  - ✓ Enclavamiento Push-Pull
  - ✓ Tapa protectora contra polvo integrada, protección de seguridad láser
  - ✓ Aplicación: Telecom (troncal, redes)  
LAN

✓ Tipos de fibra: monomodo, multimodo

• **Conector FDDI**

✓ Conector dúplex

✓ Tipos de fibra: multimodo (G62,5/125)

La tabla 3-H compara varias características de las tres técnicas para empalmar fibra óptica.

TABLA 3-H COMPARACION DE TECNICAS DE CONEXIÓN DE FIBRA OPTICA

Característica	Empalme por fusión	Empalme mecánico	Conector
Pérdida de inserción	< 0.1 dB	< 0.3 dB	Tip. 0.2 dB, máx. 0.5 dB
			PC : > 27 dB
Pérdida de retorno	> 60 dB	> 35 dB	SPC : > 40 dB
			APC : > 60 dB
Ensamblaje de campo	adecuado	Adecuado	Uso limitado
Costo de equipo	muy alto	Bajo	mediano
Costo de material	muy bajo	Bajo	mediano
Removibilidad	permanente	pocas veces	Muchas veces

### 3.4 INSTALACION

Antes de montar los bastidores para la ubicación de los equipos se debe realizar una revisión de las instalaciones eléctricas, sistema de aire acondicionado con el fin de cumplir los requerimientos físicos, ambientales y eléctricos que los equipos requieren para su correcto funcionamiento.

A continuación se detalla los pasos para la instalación:

- Se debe conocer la serie asignada para los abonados de la urbanización, para este diseño se requieren 480 números telefónicos.
- Se conectan los números asignados con las regletas de salida, cada regleta de salida tiene una capacidad de 50 pares, se necesitan 10 regletas para los 480 abonados. La conexión se realiza utilizando cable de cruzada de 2 hilos.
- Para este diseño se utiliza el sistemas de bastidores, en la central de conmutación se coloca el bastidor central y en la urbanización el bastidor remoto, las dimensiones de estos bastidores (2.1 y 2.7) permiten una fácil instalación de los mismos.
- Los equipos que se utilizan en la central se colocan de la siguiente forma: en un bastidor se instala el convertidor óptico OMUX, la caja de distribución de fibras y en la parte inferior los bancos de baterías si fuera necesario. En el bastidor central del multiplexor PSC240 se instalan los dos bancos de canales que se necesitan para la comunicación de los 480 abonados, quedando libres los espacios correspondientes para los otros 2 bancos de canales para ampliaciones futuras del

sistema. En la parte superior de este bastidor se coloca el panel de alarmas y fusibles PSC243.

- Los equipos que se utilizan en la urbanización, se colocan en el bastidor remoto, la ubicación es la siguiente: en la parte superior se coloca el convertidor óptico OMUX-300, luego los 2 bancos de canales PSC240, a continuación la fuente de alimentación universal PSC242 y en la parte inferior se colocan las baterías de respaldo con autonomía de 8 a 10 horas. En otro bastidor junto al bastidor central se coloca la caja de distribución de fibra.
- Para la estación que se encuentra en la urbanización se usan regletas de 50 pares, para realizar la conexión con los armarios de la red secundaria. Para el diseño de 480 abonados se requieren 10 regletas de 50 pares.
- Una vez realizada la instalación de los equipos, se conectan las regletas de salida de la central de conmutación con el equipo multiplexor PSC240, para esta conexión se utiliza cable multipliar de 30 pares, el PSC240 tiene 8 puertos de entrada ubicados en la parte posterior por lo tanto se requieren 8 cables.
- Para la conexión del PSC240 con el convertidor óptico OMUX se utiliza el cable EI MUX CABLE D5009273-10. Se necesitan dos cable de este tipo para cada PSC240, lo que da un total de 4 cables EI para cada bastidor, las conexiones y distribución de los pines de este cable se encuentran detalladas en el apéndice B correspondiente a la descripción de los módulos del OMUX.
- Como sabemos se utilizará para el cable de fibra óptica un tendido canalizado y aéreo, tanto en la parte del terminal central como del terminal remoto se utilizan una caja de distribución para la fibra óptica. En su interior se sujeta el cable de

fibra óptica y se envolturas protectoras. A continuación se sujetan y se quita la aislación de los conductores en un módulo empalmador especial para conductores de fibra ópticas (cassette de empalmes), debiendo ser colocados los conductores en este módulo con suficiente sobrante en su longitud y empalmados con el conductor de fibra ópticas saliente. Como se requiere una conexión desconectable, en un manguito de distribución se empalma el cable de fibra óptica (de acuerdo a la cantidad de estas, para el diseño se utiliza un cable monomodo de 6 fibras), con cables de fibras individuales, donde cada fibra se ha separado y numerado empleando los manguitos de marcación, las que luego se sujetan en la correspondiente placa de conectores.

- El multiplexor PSC240 tiene módulos comunes y módulos del sistema, necesitamos por lo tanto calcular el número de módulos que se requieren para el diseño. Las funciones y características de estos módulos se encuentran detalladas en el apéndice C. El número de módulos para el terminal central y remoto es el mismo, para el caso de la módulo QPOST, que cambian de denominación (terminal central QPOST-ET y para el terminal remoto QPOST-RT), tienen tarjetas con una capacidad para 4 abonados, se necesita realizar el siguiente cálculo:  $480 \text{ abonados} \div 4 \text{ tarjetas/abonado} = 120 \text{ tarjetas}$ . Por lo tanto se necesitan 120 tarjetas QPOST-ET en el terminal central y 120 tarjetas QPOST-RT en el terminal remoto.

En la siguiente tabla se indica el número de módulos, tanto para el terminal central de la central de conmutación, como para el terminal remoto en la urbanización:

**TABLA 3-1 Número de módulos del PSC240**

MODULOS	TERMINAL CENTRAL	TERMINAL REMOTO
PCU	10	10
SFM	4	4
SIM	2	2
MCP	2	2
TSP	8	8
DLIU	8	8
EAM	2	2
QPOST (ET - RT)	120	120

- El terminal óptico OMUX-300 tiene un chasis, que contiene 16 slots. En estos slots se insertan los módulos correspondientes, para el sistema diseñado se utilizan:

- 1 Módulo de Control Inteligente (ICM)
- 1 Módulo de Overhead (OHM)
- 1 Módulo de Enlace Óptico (OLM)
- 1 Módulo de Conmutación (SWM)
- 1 Módulo Dual E23 (DEM)
- 4 Módulos E12 (E1M)
- 2 Módulos de Energía (PSM)

Las características y función de cada uno de estos módulos se encuentra detalladas en el apéndice B correspondiente a los módulos del OMUX-300.

### **3.5. MONITOREO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

El sistema PSC240 utiliza una tecnología de acceso para superar obstáculos operativos, realizar monitoreo y pruebas de funcionamiento.

Tiene interfaces de línea totalmente configurables por código (software), las cuales se usan en las unidades de canal configurables local y remotamente para mediciones de:

- Ganancia
- Impedancia
- Parámetros de operación

Se realizan también pruebas locales y remotas del sistema y la red de distribución, se tienen por lo tanto las siguientes pruebas:

- Pruebas del sistema (pruebas de canal), en las que se mide:
  - Pérdida de transmisión
  - Señalización
  - Pérdida de retorno
  - Ruido
- Pruebas de línea de abonado (terminal remoto al aparato telefónico), para medir:
 

Tensión (CA): 0 - 200 Vrms;	A-B, A-tierra, B-tierra
Tensión (CC): 0 - 200 Vcc;	A-B, A-tierra, B-tierra
Fuga (CC): 0 - 1 Mohmio;	A-B, A-tierra, B-tierra
Capacitancia: 0.1- 10 uF;	A-B, A-tierra, B-tierra

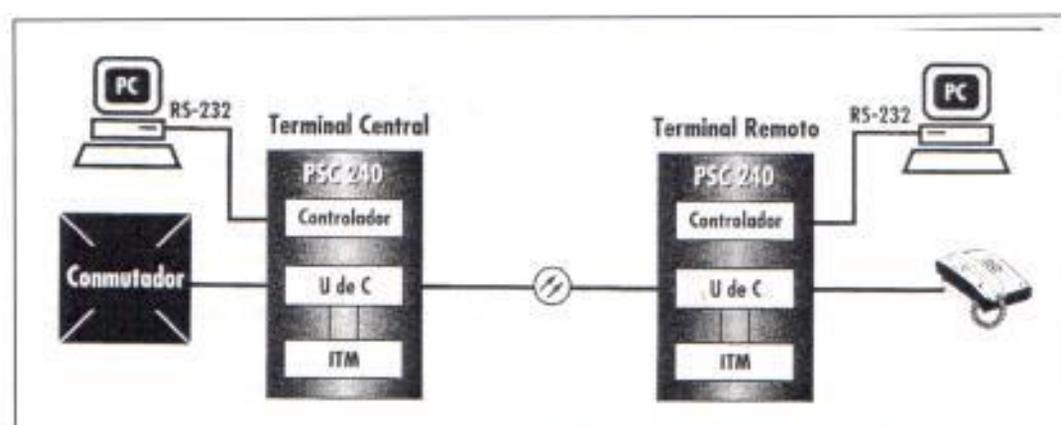


FIGURA 3.19 Configuración Integrada de Pruebas

Se tiene cuenta además con indicaciones y reportes detallados de alarmas, como son:

- Indicaciones visuales (LED) y contactos de alarma
- Reportes de alarma a través de una unidad de supervisión portátil "Craft Interface Unit"

Alarmas de operación (sistema)

Alarmas de alimentación (fuente de alimentación)

Alarmas externas (alarmas de usuario)

- Calidad de transmisión - Tasa de errores (BER)
- Análisis de tráfico

Llamadas bloqueadas

Información estadística de tráfico

Se incluyen además las siguientes pruebas de funcionamiento:

- Monitoreo del desempeño de las líneas de 2 Mbit/s que vienen de la red
- Pruebas de canales utilizando los reportes de canales para cada cliente

- Diagnóstico de la circuitería interna para identificar paquetes de circuitos degradados o con fallas.

### 3.6 OPERACION Y MANTENIMIENTO

Se utiliza la unidad de supervisión CIU, la cual es un computador portátil, IBM compatible, equipado con los programas y archivos necesarios para supervisar y controlar el sistema PSC240. La unidad se comunica con el sistema a través de un interfaz RS-232 y permite operaciones avanzadas de control, administración, mantenimiento y configuración del sistema, tanto desde el terminal central como desde el remoto.

La unidad realiza las siguientes funciones:

- Configura las unidades de canal y las opciones operativas del sistema
- Exhibe las alarmas del sistema, información de tráfico y características de transmisión
- Ejecuta funciones de administración del sistema tales como inventario de módulos, instalación de nuevas versiones de código (software), ayudas de operación, etc., a través de una clave de acceso para efectos de seguridad.
- Inicia pruebas a nivel de canal y de enlace digital y reporta los resultados correspondientes.



**FIGURA 3.20** Unidad de Supervisión Portatil "Craft Interface Unit"

Se tienen además las siguientes herramientas para el mantenimiento:

- Máquina de fibra óptica para fusión de empalmes
- Cortador de fibra
- Cortador de cable con navaja de repuesto
- Conectores para empalmes

## CAPITULO IV

### DISEÑO UTILIZANDO UN ENLACE MICROONDAS

#### 4.1 DESCRIPCION GENERAL

##### 4.1.1 TRANSMISION POR RADIO ENLACE

El enlace de microondas es un medio de transmisión efectivo para zonas rurales o para zonas urbanas de alta densidad telefónica que se encuentran alejadas del perímetro urbano, el mismo que pudiera ser utilizado en la red telefónica de Guayaquil, puesto que ofrece muchas ventajas económicas a largo plazo. Existen en el mercado diversos sistemas de radio enlace por microondas que se pueden aplicar. Otra ventaja del radio digital es la dimensión que tiene. Se pueden encontrar sistemas en el mercado, los cuales no sobrepasan los 70 cm en ninguna de sus dimensiones y además operan con antenas de 60 cm de diámetro.

Una vez seleccionado el medio de transmisión, se seleccionan los equipos, con la seguridad de brindar una solución rápida a la demanda actual de la ciudadela VICRIEEL, además, se prevé el crecimiento de dicha demanda para un futuro inmediato y se prepara la red para ampliaciones a mediano y largo plazo, puesto que, de esta forma, las extensiones futuras de la red serán mucho más económicas y rápidas ya que todo el sistema, incluyendo la central principal y su software, el sistema de transmisión y el medio de transmisión están listos y lo único que se necesita es invertir una mínima cantidad en los equipos de transmisión.

El siguiente análisis se basa por lo tanto en el enlace utilizando microonda, como otra alternativa para satisfacer la demanda telefónica, en el capítulo de costos se comparará los costos del radio enlace en comparación con los costos de fibra óptica.

La transmisión por radio enlaces es una alternativa equiparable a la transmisión por cable, en lo que respecta a la calidad de la transmisión. En redes complejas, ambas estructuras se complementan con la máxima fiabilidad. Con los radio enlaces pueden puentearse de forma ventajosa terrenos muy desfavorables para los cables como son las zonas montañosas. Las ondas de radio se propagan en línea recta, es decir, entre dos estaciones de radio enlace es necesario que haya visibilidad óptica (figura 4.0). Esto es característico para frecuencias por encima de los 50 Mhz. Los sistemas de radio enlaces digitales están recomendados por el CCIR para frecuencias a partir de 1.700 hasta 20.000 Mhz (ver la tabla 4-0). Pero incluso por debajo de estas frecuencias hasta alrededor de los 200 MHz pueden explotarse estos sistemas. La transmisión por radio enlaces está caracterizada por una inestabilidad que afecta a la vía radio condicionada por el tiempo atmosférico y el terreno, denominada desvanecimiento.

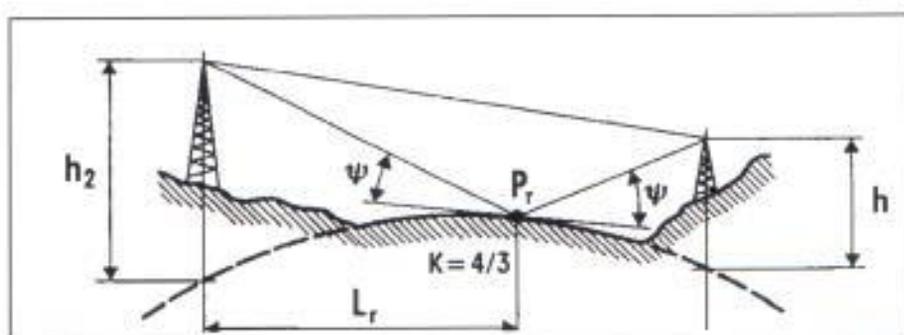


Figura 4.1: Definición del punto de reflexión  $P_r$

La siguiente tabla muestra los márgenes de radio frecuencias (RF) normalizados; con los canales de frecuencias reflejados en ella fueron definidas, ya hace más de dos décadas, las frecuencias para la tecnología analógica, teniendo que mantenerse también para los radio enlaces digitales, la recomendación referente a la separación de canales que es básicamente de 14,28 y 40 Mhz.

**TABLA 4-A**

<b>Bandas de frecuencias para radio enlaces digitales terrestres según el CCIR</b>	
1,7 a 2,3 GHz 2,5 a 2,7 GHz	Para una cantidad media y pequeña de circuitos telefónicos
3,3 a 4,2 GHz	Para una cantidad media de circuitos telefónicos
6,43 a 7,11 GHz	140 Mbit/s
10,7 a 11,7 GHz	Para una cantidad media y alta de circuitos telefónicos
12,75 a 13,25 GHz 14,5 a 15,35 GHz	Para una cantidad media y alta de circuitos telefónicos
17,7 a 19,7 GHz 21,2 GHz	Para una cantidad media y alta de circuitos telefónicos

De acuerdo a la tabla 4-A donde se muestran los márgenes de radiofrecuencias (RF) normalizados, se ha basado el presente estudio utilizando una frecuencia de 11 GHz para aspectos de cálculos y equipamiento. Sin embargo, se debe mencionar que puede utilizar otra frecuencia de acuerdo a la demanda proyectada, y al uso de los circuitos.

#### **4.1.2. CONSIDERACIONES BÁSICAS DEL DISEÑO**

El presente análisis proporciona información necesaria para enlazar vía microondas el tramo que comprende desde La Central La Puntilla y la urbanización VICRIEEL, el cual tiene una longitud de 10.32 km. La figura 4.2 muestra un diagrama general de la estructura del diseño, así:

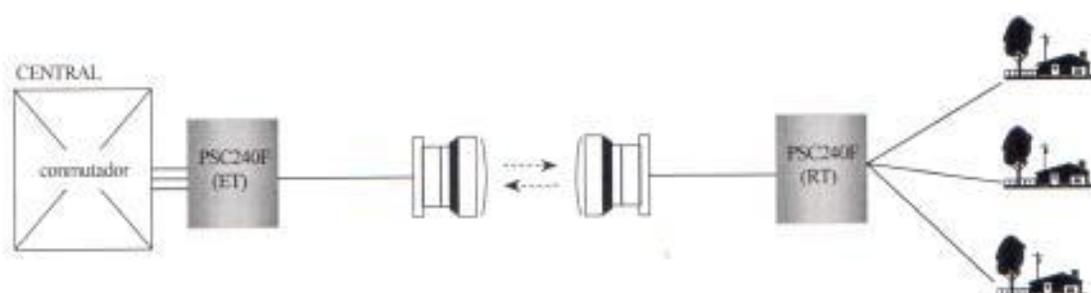


Figura 4.2.: Diagrama del diseño utilizando radio enlace

Se ha tomado una alternativa de equipamiento que opera en la banda de los 11 GHz y, que además de poder transmitir señales de voz, también en su momento se podría utilizar para transmisión de datos. Sin embargo, este estudio no obliga a utilizarse el tipo de radio que se detallará a continuación, sino que lo expone con el fin de conocer las bases para el diseño de este tipo de sistemas; pues la selección del equipo (específicamente marca, modelo,..) se hará de acuerdo a los proveedores, costos de oportunidad y a los criterios de cada operador.

A continuación se describen parámetros que se deben tomar en cuenta para obtener un enlace de radio eficiente como son:

- Las condiciones atmosféricas
- Características del terreno,
- Interferencias
- Desvanecimiento de la señal
- Selección de frecuencias
- Polarización de la antena

Para una regulación internacional, el CCIR ha asignado determinados márgenes de frecuencias a los radio enlaces. Se evitan con ello, entre otras cosas, interferencias sobre otros radio enlaces y con otros servicios de radio, y se hace factible una transmisión directa vía radio más allá de las fronteras de un país.

Para la zona donde se proyecta el diseño, se ha estimado un erlang de 0.13 por abonado. Entonces:

$$0.13 \text{ erlangs/abonado} \times 480 \text{ abonados} = 62.4 \text{ erlangs}$$

Con este valor se busca en la tabla de grado de servicio (GOS), el número de troncales máximo es 7, en el diseño se ha proyectado utilizar 4 El que son proporcionados por el PSC240, quedando así:

$$4 \times 30 = 120$$

Lo anterior indica que podremos tener 120 abonados conectados al mismo tiempo.

En cuanto a las características físicas y eléctricas de las antenas se puede conocer que el comportamiento de las ondas electromagnéticas en el espacio es un problema que pertenece al campo de la física, puesto que es un problema planteado por la naturaleza. La naturaleza se presenta como un medio que permite dispersar las ondas electromagnéticas de una banda muy ancha. Para calcular los medios técnicos que nos ayudan a producir estas ondas y a detectarlas nos basamos en la teoría de Maxwell que conduce a resultados satisfactorios. Por eso se deben diseñar las antenas para un acoplamiento entre el radio y la naturaleza de la mejor forma.

Lo mismo que las ondas luminosas, las ondas ultracortas de radio pueden agruparse en haces muy fácilmente utilizando una antena parabólica que se coloca detrás del dipolo. Para obtener un buen agrupamiento de las ondas, las dimensiones de la

antena deben ser grandes en comparación con la longitud de onda que ha de ser transmitidas. Por eso, este tipo de antenas se usan principalmente para ondas centimétricas y milimétricas en la banda de microondas, para enlaces punto a punto donde se necesitan antenas direccionales.

Para expresar las características de una antena numéricamente se la compara con un radiador esférico, así llamado porque radia la misma cantidad de energía en todas las direcciones.

El radiador esférico se conoce también con el nombre de antena isotrópica, que quiere decir que tiene idénticas características.

Las ondas electromagnéticas de una antena isotrópica se propagan en forma de esferas concéntricas. A una distancia  $r$  del centro de la antena, la superficie esférica correspondiente tiene un área igual a  $4\pi r^2$ .

La relación entre la potencia de la antena isotrópica y la de la antena utilizada se llama ganancia de antena, porque es efectivamente, la ganancia o amplificación obtenida gracias al efecto direccional de la antena.

Todas las fórmulas concernientes a las antenas contienen los factores  $G_t$  o  $G_r$ , que representan la ganancia de la antena transmisora y la de la antena receptora, respectivamente.

Por lo tanto, la ganancia de antena sea para transmisión o recepción, a una determinada frecuencia de operación, es función del área efectiva y viene dada en dB, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$G = 10 \log \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (4.1)$$

Donde:

A: apertura de antena:  $A = \pi D^2/4$

E: eficiencia de antena

$\lambda$ : longitud de onda (de la frecuencia de operación)

D: diámetro de antena

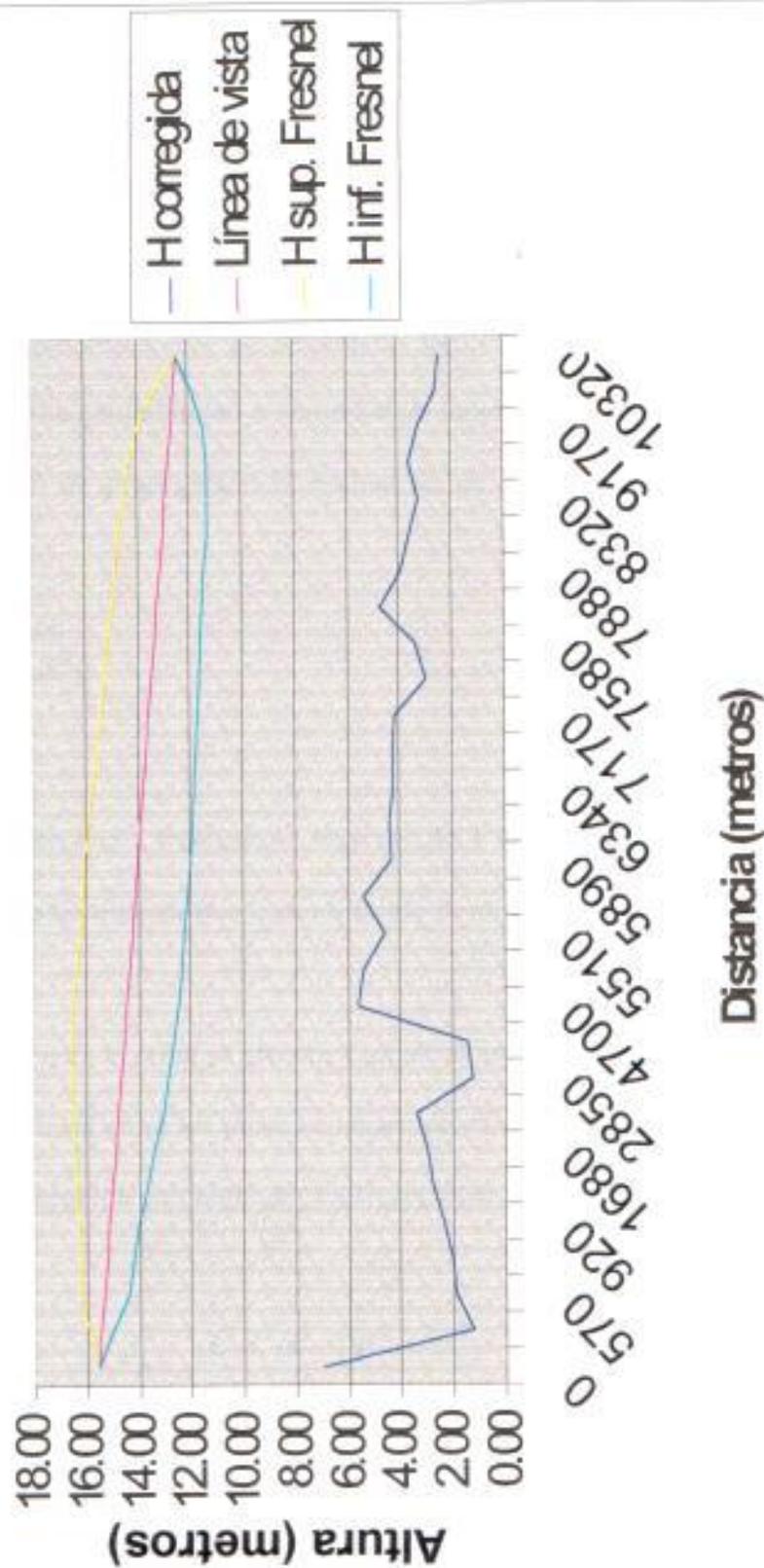
$A_e$ : área efectiva de la antena

#### 4.1.3. DIAGRAMA DE PERFIL

En la figura 4.3 se muestra el diagrama del perfil del enlace, en el cual la distancia total es de 10.32 km. La siguiente tabla muestra los valores calculado para el diagrama del perfil. De igual manera en la Tabla 4-B encontramos los cálculos del diagrama de perfil.

<b>Tabla 4-B</b> Cálculo del diagrama del perfil				
Altura Del Transmisor: 17m				
Altura Del Receptor: 12.5m				
<b>Distancia</b>	<b>Elevación</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>Altura corregida</b>	<b>Altura del rayo</b>
0	7	0	7	15.6
130	1.2	0.077991907	1.277991907	15.48924272
570	1.6	0.32719863	1.92719863	15.37848544
700	1.7	0.396465241	2.096465241	15.26772816
920	1.9	0.509152273	2.409152273	15.15697087
1360	2.1	0.717428994	2.817428994	15.04621359
1680	2.2	0.854584536	3.054584536	14.93545631
2480	2.3	1.144721262	3.444721262	14.82469903
2850	0	1.253422446	1.253422446	14.71394175
3720	0	1.445502614	1.445502614	14.60318447
4700	4.1	1.555128138	5.655128138	14.49242718
5160	3.9	1.567586119	5.467586119	14.38166699
5510	3.1	1.560373913	4.660373913	14.27091262
5660	3.9	1.552867332	5.452867332	14.16015534
5890	2.8	1.536211553	4.336211553	14.04939806
6020	2.9	1.52404206	4.42404206	13.93864078
6340	2.8	1.485608364	4.285608364	13.8278835
7010	2.9	1.366085928	4.266085928	13.71712621
7170	2.9	1.329724637	4.229724637	13.60636893
7530	1.8	1.236890305	3.036890305	13.49561165
7580	2.2	1.222789707	3.422789707	13.38485437
7780	3.6	1.163443559	4.763443559	13.27409709
7880	2.8	1.13200423	3.93200423	13.16333981
7910	2.5	1.122342818	3.622342818	13.05258252
8320	2.3	0.979682449	3.279682449	12.94182524
8670	2.8	0.842238418	3.642238418	12.83106796
9170	2.7	0.620867865	3.320867865	12.72031068
9970	2.4	0.205444826	2.605444826	12.6095534
10320	2.5	0	2.5	12.49879612

## ENLACE CENTRAL PUNTILLA - VICRIEEL



#### 4.1.4. CALCULO DE LA ALTURA DE LAS ANTENAS

En los últimos años se ha reunido una gran cantidad de información relativa a la ubicación correcta de las antenas para microondas, a fin de obtener un grado máximo de seguridad de funcionamiento de los sistemas de radio transmisión por microondas. El requisito obvio de una altura libre que sobrepase los obstáculos entre las antenas es ahora la consideración que se tomará en cuenta, lo que permitirá que el diseño presente una alta confiabilidad o seguridad de funcionamiento.

En el trayecto de propagación la evaluación de los siguientes aspectos deben ser considerados:

1. Propagación
2. Claridad
3. Reflexión

El CCIR indica que a frecuencias mayores de 1 Ghz, el enlace debe estar libre de obstáculos, de tal manera que como mínimo logre pasar un 60% de la primera zona de Fresnel.

La propagación de la señal se efectúa a través de un volumen elíptico, teniendo como eje el enlace lineal entre los puntos en cuestión. Este volumen se lo puede dividir en zonas de propagación y el radio de la primera zona de Fresnel está dado por:

$$F_o = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot 10^{13}}{d}} \quad (4.2)$$

Donde:

$F_0$  = radio de la primera zona de Fresnel (metros)

$\lambda$  = longitud de onda (metros)

$d_1$  = distancia del obstáculo a la estación 1 (Km.)

$d_2$  = distancia del obstáculo a la estación 2 (Km.)

$d$  = longitud total del tramo (Km.)

La ecuación anterior puede expresarse en función de la frecuencia ( $f$  en Mhz), quedando:

$$F_0 = \sqrt{\frac{300 \cdot 10^3 \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (4.3)$$

$$F_0 = 54.8 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (4.4)$$

Las antenas del radio enlace se ubicarán así: la antena de transmisión en la parte superior de la central La Puntilla y la antena de recepción en el sitio escogido para la ubicación de los equipos remotos, esto es la manzana J de la urbanización. Calculemos el valor de la primera Zona de Fresnel para nuestro caso. Analizando el perfil del trayecto, no hay obstrucción, sin embargo efectuaremos los cálculos sobre el punto más alto del perfil que se encuentra a 4.7 kilómetros de la Central La Puntilla con una cota de 4.1 metros. De esta manera se demostrará el despeje del trayecto:

Calculemos entonces la primera zona de Fresnel en este punto para lo cual tenemos:

$$d = 10.32 \text{ Km}$$

$$d_1 = 4.7 \text{ Km}$$

$$d_2 = 5.62 \text{ Km}$$

$$F = 11 \text{ Ghz}$$

$$F_o = 54.8 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (4.5)$$

$$F_o = 54.8 \sqrt{\frac{4.7 \times 5.62}{11000 \times 10.32}}$$

$$F_o = 0.83 \text{ metros}$$

Usando los datos del perfil del trayecto, se puede determinar la altura de las antenas como sigue:

$$h_{at} = \frac{d}{d_2} \times (F_o + h_s) - \frac{d_1}{d_2} \times (h_2 + h_{o2}) + \frac{d_1 \cdot d}{2 \cdot k \cdot a} - h_1 \quad (4.6)$$

Donde:

$h_s$  = altura de obstáculo (metros)

$h_1$  = altura de estación 1

$h_2$  = altura de estación 2

$K = 4/3$

$A = 6.37 \times 10^3 \text{ Km}$

$$h_{at} = \frac{10.32}{5.62} \times (0.8359 + 4.1) - \frac{4.7}{5.62} \times (2.5 + 10) + \frac{4.7 \times 10.32}{2 \times (4/3) \times (6.37 \times 10^6)} - 7 = -8.38$$

El signo menos indica que la antena en la Central La Puntilla, puede estar, a menor altura que la de la estación. Con lo cual se ha demostrado el despeje que existe en el trayecto. Para mayor seguridad colocaremos la antena a una altura de 10 metros sobre la central La Puntilla.

La claridad "C" es el punto del perfil del trayecto se define como la distancia entre el obstáculo y el rayo electromagnético. Está dado por la siguiente relación:

$$C = \frac{H_1 \cdot d_2 + H_2 \cdot d_1}{d} - h_s - 0.0784 \frac{d_1 \cdot d_2}{K} \text{ (metros)} \quad (4.7)$$

Donde:

$H_1$  = altura de la antena en el punto de transmisión (metros)

$H_2$  = altura de la antena en el punto de recepción (metros)

$h_s$  = altura del obstáculo (metros)

Con una altura de antena en el VICRIEEL de 10 metros y los datos siguientes, calculemos la claridad:

$$H_1 = 7$$

$$H_2 = 12.5$$

$$h_s = 4.1$$

$$C = \frac{7 \times 5.62 + 12.5 + 4.7}{10.32} - 4.1 - 0.0784 \times \frac{4.7 \times 5.62}{4/3} = 3.85$$

El margen "M" está definido como la diferencia entre la claridad y el porcentaje (%) requerido del radio de la primera zona de Fresnel ( $F_0$ ) (recomendación mínima 60% de  $F_0$ ).

$$M = C - \left( \frac{x}{100} \right) \cdot Fo \quad (4.8)$$

En el punto del perfil del trayecto, tenemos entonces:

Para :  $K = 4/3$  con el 60%.  $Fo$

Así es posible ver, que la visibilidad completa para la señal, está asegurada para valores de la claridad mayores que 0.6 veces la primera zona de Fresnel.

Con el valor calculado de la claridad, calculemos el valor del margen:

$$M = 3.85 - \frac{60}{100} \times (0.8359) = 3.348$$

#### 4.1.6. CÁLCULO DEL PUNTO DE REFLEXIÓN

El cálculo del punto de reflexión se puede realizar en una superficie plana, en una superficie esférica, a una altura mayor que la del nivel del mar y cuando exista mucha diferencia entre la altitud de las antenas transmisoras y receptoras.

Para nuestro caso, en el cálculo del punto de reflexión cuando la distancia entre la antena transmisora y receptora no excede de 15 km, se debe considerar que el arco terrestre comprendido entre las dos antenas es muy cercano a una recta; en este caso se aplicará el siguiente análisis, el cual es válido también para aquellos perfiles con  $K$  igual  $\alpha$

De acuerdo con esto la distancia total del trayecto es igual a:  $d = d_1 + d_2$ , donde  $d_1$  y  $d_2$  son los puntos de reflexión, por lo tanto se puede escribir, en función de las alturas del punto de transmisión ( $h_1$ ) y altura de recepción ( $h_2$ ), lo siguiente:

$$d_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot d \quad (4.9)$$

Las ecuaciones anteriores definen el punto de reflexión, para nuestro caso se tienen los siguientes valores:

$$d_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot d \quad (4.10)$$

$$h_1 = 17 \text{ m,}$$

$$h_2 = 12.5 \text{ m}$$

$$d_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot d = \frac{17}{17 + 12.5} \cdot (10.32) = 5.94$$

$$d_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot d = \frac{12.5}{12.5 + 17} \cdot (10.32) = 4.37$$

Observando el gráfico del diagrama del perfil del enlace, se puede notar que la onda reflejada es obstruida por un obstáculo, impidiendo la reflexión de la onda en el tramo. Se observa además que la primera zona de Fresnel se encuentra libre de toda obstrucción y del mismo gráfico observamos que no existe onda reflejada, por lo tanto las alturas de las antenas son las adecuadas en el tramo.

#### 4.1.7. PÉRDIDAS TOTALES EN LA TRANSMISIÓN

Entre los puntos de transmisión y recepción de la señal existe una atenuación que la llamaremos pérdidas totales en la transmisión o pérdidas netas en el tramo.

Las pérdidas netas en el tramo están divididas como sigue:

$$A = A_o + A_f + A_b - G_t - G_r \quad (4.11)$$

Donde:

A = pérdida total o neta en el tramo

A<sub>o</sub> = pérdida por propagación de espacio libre

A<sub>f</sub> = pérdida en guía de onda o el alimentador de antena

A<sub>b</sub> = pérdida en el circuito de ramificación de RF

G<sub>t</sub> = ganancia de antena de transmisión

G<sub>r</sub> = ganancia de antena de recepción

Todos los términos están dados en dB.

#### 4.1.7.1. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Entre el transmisor y el receptor tiene lugar una transformación de energía que suele expresarse por la relación siguiente:

$$\frac{P_t}{P_r} \quad (2.12)$$

En la cual  $P_r$  es la potencia recibida, es decir la que llega a la antena receptora, expresada en vatios y  $P_t$  es la potencia transmitida o radiada por la antena transmisora, expresada en vatios.

Debemos mencionar en estos momentos el teorema de reciprocidad de Raleigh que dice lo siguiente:

“Cuando se permutan las funciones de las antenas transmisora y receptora, la relación entre la potencia emitida y la potencia recibida permanece invariable”.

La atenuación de espacio libre  $A_0$  está definida como las pérdidas en la transmisión, que ocurren en el espacio libre a medida que avanza, relacionada con la frecuencia y la distancia de acuerdo a la ley del “cuadrado inverso”, excluyendo consideraciones de reflexión, absorción, etc.

La energía radiada desde una antena a medida que viaja en el espacio, está relacionada de acuerdo a la ley del cuadrado inverso y la potencia recibida que pasa a través de un área, es la potencia interceptada por una antena de esa área se expresa

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot A_e}{4\pi \cdot d^2} \quad (4.13)$$

por la relación:

Donde:

$P_t$  : potencia transmitida

$G_t$  : ganancia de la antena de transmisión

$A_e$  : área efectiva de la antena de recepción

$d$  : distancia entre antenas

Si se analiza la ecuación (4.13), es posible demostrar que la ganancia de la antena de recepción está relacionada al área efectiva por una constante, la cual es válida para todos los tipos de antena, esto es:

$$G = \frac{4\pi \cdot A_e}{\lambda^2} \quad (4.14)$$

Donde:

$\lambda$  = longitud de onda en el espacio libre en la frecuencia de operación

De la ecuación anterior, refiriendo esta a la potencia de recepción, el área efectiva será:

Reemplazando la ecuación anterior en la ecuación (4.13), se obtiene para la potencia de recepción:

$$A_e = \frac{G_r \cdot \lambda^2}{4\pi} \quad (4.15)$$

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4\pi \cdot d)^2} \quad (4.16)$$

Expresando entonces la relación anterior como una razón de potencia y convirtiéndola a unidades logarítmicas, se tiene:

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \left( \frac{\lambda}{4\pi \cdot d} \right)^2 \quad (4.17)$$

$$A_o = 10 \log \left( \frac{P_t}{P_r} \right) (dB) \quad (4.18)$$

Usando 4.17 en 4.18 tenemos:

$$A_o = 10 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 - 10 \log G_t - 10 \log G_r \quad (4.19)$$

Asumiendo ganancia unitaria para  $G_t$  y  $G_r$ , o eliminando las ganancias de antena, las cuales son consideradas separadamente en el cálculo del trayecto total, reemplazando  $\lambda$  con la frecuencia de acuerdo a  $c/f$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz y ajustando para unidades usuales de medición, la ecuación anterior se convierte en:

$$A_o = 20 \log f + 20 \log d + 92.4 \quad (dB) \quad (4.20)$$

Donde:

$d$  = distancia entre los dos puntos (Km)

$f$  = frecuencia de operación (Ghz)

Si la frecuencia de operación es expresada en Mhz, se obtiene:

$$A_o = 20 \log f + 20 \log d + 32.4 \quad (dB) \quad (4.21)$$

Para calcular las pérdidas por espacio libre, para lo cual reemplazamos los datos.

Reemplazando en la fórmula, tenemos:

$$A_0 = 92.45 + 20 \log d (\text{km}) + 20 \log f (\text{Ghz}) \quad (4.23)$$

Para nuestro tramo Central La Puntilla - VCRIEEL, tenemos:

$$d = 10.32 \text{ Km}$$

$$f = 11 \text{ Ghz}$$

reemplazando, tenemos:

$$A_0 = 133.55 \text{ dB}$$

#### 4.1.6.2. PÉRDIDA EN GUÍA DE ONDA O LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

La guía de onda es el medio físico que acopla el equipo de radio a la antena. Las pérdidas en la guía de onda depende del tipo y longitud del mismo y es calculado de acuerdo a las informaciones proporcionadas por el fabricante.

La potencia de la señal recibida se calculará por el método de la pérdida neta en el tramo. La pérdida neta en el tramo se define como la atenuación total desde el transmisor en el un lado, en el receptor en el otro.

$$Pr = Pt - A \quad (4.22)$$

Donde:

Pr = potencia recibida en dBm

$P_t$  = potencia transmitida en dBm

$A$  = pérdida neta del tramo en dB

A continuación se calculará la atenuación total para el tramo comprendido para el diseño, esto es Central la Puntilla – Urbanización VCRIEEL. La distancia total del tramo, calculado con la ayuda de las cartas geográficas proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar, con una escala de 1:10000 es de 10.32 km. La altura de la antena en el punto de transmisión es de 10 metros, la altura de la antena en el punto de recepción es de 10 metros también.

En tabla 4-C se muestran los datos del radio enlace del diseño:

**TABLA 4-C DATOS DEL RADIO ENLACE**

	Central la Puntilla	Ciudadela VCRIEEL
Distancia (Km)	10.32 Km	
Frecuencia (Ghz)	11 Ghz	
Altura de la antena (m)	10	10
Longitud de guía de onda (m)	20	20
Diámetro de antena (cm)	61	61
Ganancia de antena (dB)	40	40

Para realizar los cálculos del sistema se toma las consideraciones de equipo, respecto a pérdidas en circuladores y filtros, podemos considerar 4 dB como valor total en un tramo, esto es transmisor y receptor.

La línea de transmisión para este caso será heliax tipo HJ5-50 que según el monograma proporcionado por el fabricante, para la frecuencia de 11 Ghz, la atenuación por metro es 0.08 dB. Es de anotar que, como el sistema es bidireccional, ni el transmisor ni el receptor pueden considerarse como tales sino que son las dos cosas a la vez.

La longitud de onda en la central Puntilla se estima en 20 metros y la del VICRIEEL 20 metros, de donde se obtiene:

Atenuación en la guía de onda central Puntilla: 1.6 dB

Atenuación en la guía de onda VICRIEEL: 1.6 dB

Se tiene entonces una pérdida total en la línea de alimentación de 3.2 dB

La ganancia de la antena, si usamos antenas de 61 cm de diámetro para la Central Puntilla y Ciudadela VCRIEEL, es de 40 dB.

Considerando los valores obtenidos y aplicando la fórmula que calcula las pérdidas totales en el tramo se obtiene lo siguiente:

$$A = 133.55 + 3.2 - 40 - 40$$

$$A = 56.75$$

Para el caso de determinar la potencia de recepción, en el sistema nos referimos a las antenas de diámetros y dimensiones que pueden conseguirse en el mercado, y a las especificaciones de las casas comerciales que las producen. En nuestro caso se estudia como base el usar antenas de 61 cm de diámetro.

$$Pr = Pt - A \quad (4.24)$$

$$Pr = 18 - 56.75$$

$$Pr = -38.75 \text{ dBm}$$

#### 4.1.7 ACOPLAMIENTO CON LA RED SECUNDARIA

Desde la central remota (en la urbanización) salen 4 rutas de cable multipar, las rutas de los distritos 1 y 2 de 200 pares, los distritos 3 y 4 de 250 pares; las cuales llegan a los 4 distritos de la urbanización. Estas cables llegan al armario respectivo por canalización primaria.

Luego, como se explica en el capítulo 5 por medio de canalización secundaria y diseño aéreo se llega al abonado.

## 4.2. EQUIPOS UTILIZADOS

### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Se proveerá se una breve descripción del equipo de enlace microondas de la Digital Microwave Corporation, conocido como Digital Microwave 11 Classic II, el cual trabaja en la banda de los 11GHz proporcionando una transmisión digitalizada tanto de voz como de datos. Además tiene la característica que puede comprimir una red de

radios en un solo enlace (usando dos radios Classic II), o de un enlace de radio puede distribuir información a una gran red con muchos enlaces de radio.

Su diseño portátil, bajo consumo de potencia y la facilidad de instalación hacen de los radios Classic II una selección ideal para negocios privados, redes de acceso rápido, redes temporales o aplicaciones de emergencia. Además, las interfaces estándares que utiliza aseguran su compatibilidad con equipos para redes telefónicas, PBXs y PABXs, y elementos de comunicación de datos a lo largo y ancho del mundo.

El canal principal de transmisión para este equipo puede operar en uno de los modos siguientes:

- E1 (2.048 Kb/s)
- Síncrono RS 499

Para el caso se utilizara el primero (E1), pues se transmite voz a través del enlace microondas.

Principalmente este equipo de radio consta de dos componente, como son:

- la "unidad interna" con su fuente de poder, y
- la "unidad RF y la antena"

También forma parte del equipo dos pares de cables coaxiales estándares que proveen la conexión entre la unidad interna y la RF.

#### **4.2.2. UNIDAD INTERNA.**

La unidad interna del Classic II (IDU) esta diseñada para ser usada con la unidad RF estándar de 11 GHz. Classic II. Esta unidad interna puede ser usada por clientes que operan en canales simples E1 de 2.048 Mbit/seg.

La IDU esta conectada a la unidad RF del exterior mediante dos cables coaxiales. El Cable 1 transporta la recepción IF desde la unidad RF hasta el modem en la IDU, además este cable también transporta la alimentación para la unidad RF del exterior. El Cable 2 transporta datos en banda base para el modulador en la unidad RF y retorna alarmas RF con información AGC<sup>1</sup> para la IDU.

La unidad interna soporta algunas características adicionales tales como la red DMC, EOW, y un canal de datos extra. Además esta unidad contiene:

- un módem multirango
- un microprocesador de control
- circuitos de supervisión de red
- reguladores de fuente de poder, y
- circuitos completos de diagnóstico.

Todo lo cual esta empaquetado en un chasis delgado, el que a su vez se monta en un armario de equipos (rack) o sobre algún escritorio.

La IDU contiene circuitos de entrada y salida los cuales aceptan y envían datos digitales en rangos desde los 9600 bps hasta los 2,048 Kbps en cualquiera de los dos formatos de interface estándar. Además el canal de datos principal tiene tres canales de datos adicionales. Esto permite al radio enlace transportar datos propios de la red y señales de diagnostico, tráfico de voz entre personal de ingeniería que se encarga del monitoreo de la red, y los datos de control.

En el panel frontal de la IDU opcionalmente se encuentra la interface EOW<sup>1</sup>, el cual que permite conectar un equipo manual (handset), que puede ser un teléfono común.

---

<sup>1</sup> EOW: Engineering Order Wire.

Presionando un botón se escoge esta opción, pues también por medio de un acople de 600 Ohm se pueden enviar señales VF. Entonces, las señales de voz se transmitirán a 65 Kbits/s.

La unidad interna Classic II tienen las siguientes **alarmas e indicadores** de estado en el panel frontal:

- Power
- Link OK
- Módem alarm
- RF Unit alarm
- Cable Fault
- BER alarm
- Input alarm
- Local Loopback On
- Remote Loopback On
- Loopback OK

Además en el panel frontal aparecen los siguientes **switches**:

- Power
- EOW Call
- Far End Display
- Local Loopback
- Remote Loopback

La unidad interna (IDU) está constituida por 5 **subsistemas**, como son:

- a) **Subsistema de suministro de energía (Power Supply Subsystem).**- La IDU es encendida por un transformador/rectificador de 12 voltios. La regulación del voltaje y el filtrado son desarrollados dentro de la IDU usando reguladores conmutados de alta eficiencia. El voltaje no regulado es convertido dentro de la IDU a +12V, +5V, y +20V para ser usados en la unidad RF del exterior..
- b) **Subsistema de Control de Sistema (System Control Subsystem).**- El sistema de control es manejado por un controlador Intel 8097 que se asocia al hardware, memorias y circuitos de entrada y salida (I/O).El software para el sistema de control reside en un controlador de sistema (EPROM), este controlador del sistema contiene una inteface de datos seriales para el puerto de diagnóstico, red DMC y un enlace interno privado de datos entre dos extremos de un enlace. Todas las alarmas generadas por el hardware serán almacenadas en la interface del microprocesador, eliminando falsas alarmas.
- c) **Subsistema Multiplexor/Demultiplexor (Multiplexer/Demultiplexer Subsystem).**- El multiplexor (mux) y el demultiplexor (demux) están contenidos en un elemento de arreglo lógico simple. El mux soporta 4 canales de transmisión. El multiplexor puede operar en tres diferentes modos de tiempo:
- External Clock source (Fuente externa de reloj)
  - Internal Clock source (Fuente interna de reloj)
  - Internal receive clock source (Fuente de reloj receptora interna)
- El modo de reloj es seleccionado por un switch que encontramos en la parte posterior de la IDU.



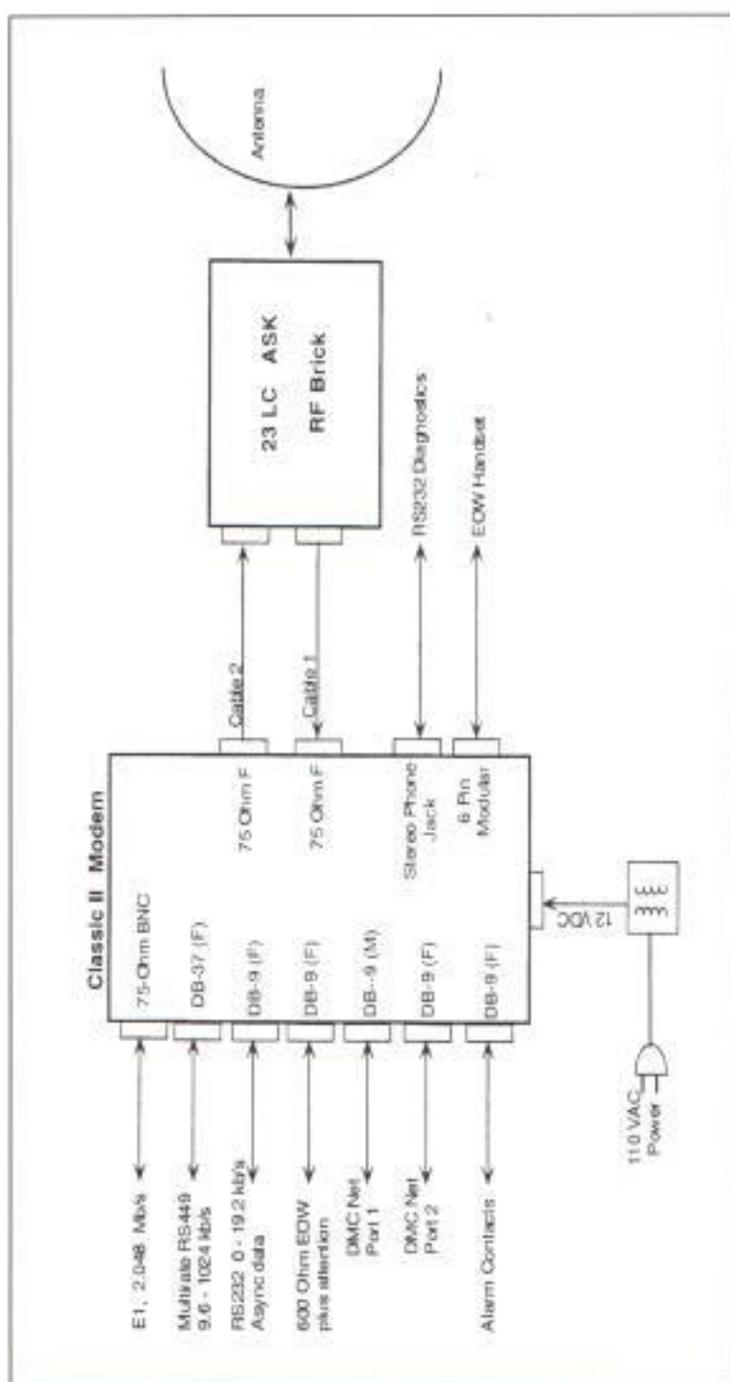


Figura 4.5 Diagrama de conexiones del equipo de radio

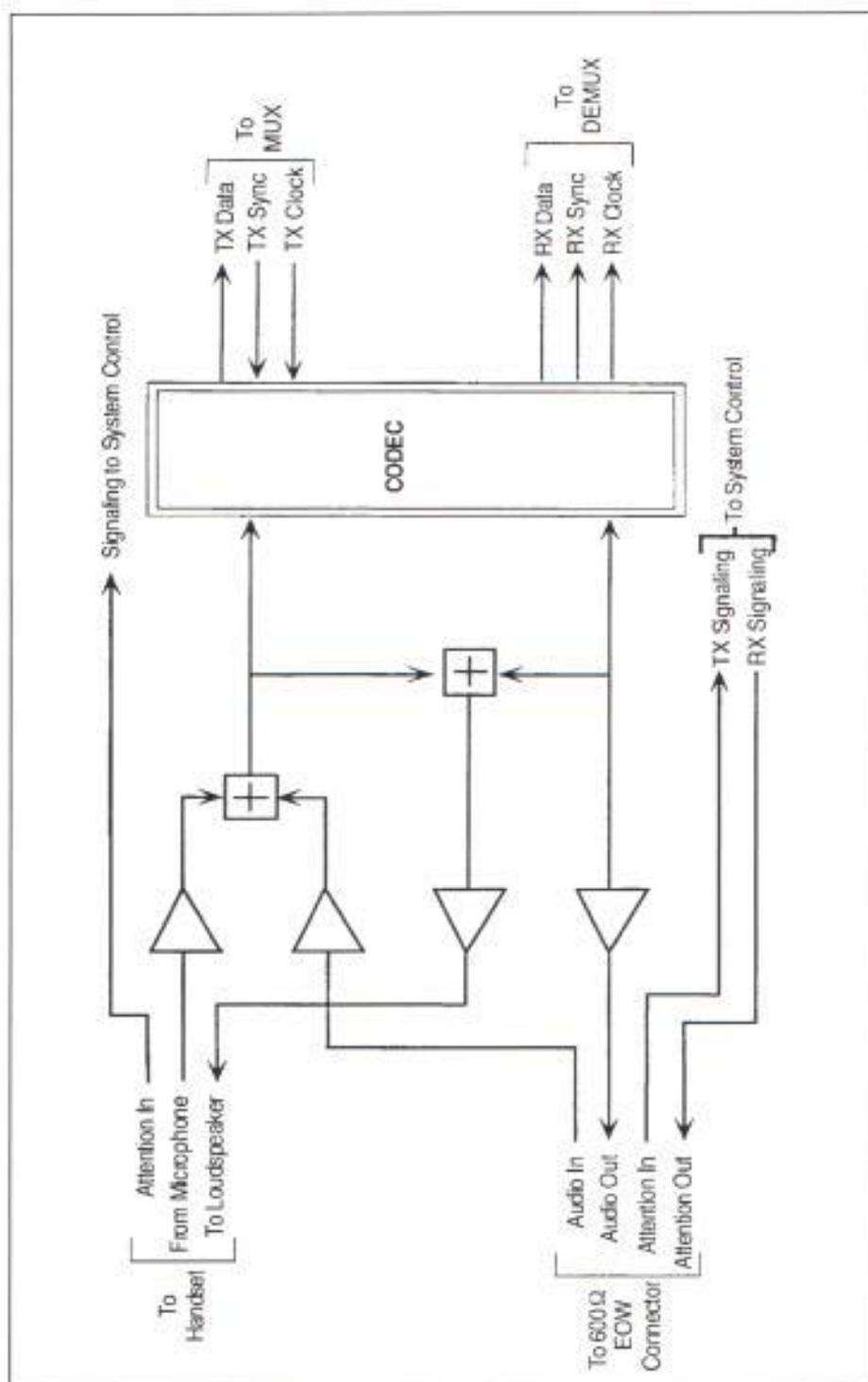


FIG 4.6 Interface EOW

### 4.2.3 LA UNIDAD RF Y LA ANTENA

La unidad RF y todo el conjunto de la antena esta constituida por una simple antena de microondas una caja transeptora montada en la parte posterior de la antena. La antena es usada para transmitir y recibir simultáneamente y esta fácilmente puede ser configurada para polarización horizontal o vertical.

El conjunto de la unidad RF y la antena esta provista de un tubo de soporte , pero este conjunto puede también ser agarrado por un trípode localizado en un techo o dentro de un edificio, detrás de una ventana.<sup>2</sup>

La unidad RF se encuentra cubierta por un material resistente a los cambios de temperatura y la humedad. Esta unidad contiene un oscilador resonante dieléctrico (DRO), el cual opera directamente a 11 GHZ. La frecuencia de este oscilador es controlada con mucha precisión, y esta variando hasta un 0,02% de la frecuencia de transmisión.

La antena es un diseño parabólico de alto desarrollo, se utilizan antenas de grandes dimensiones para cubrir largas distancias o en ambientes donde la señal se debilita.

La antena se puede adaptar a tubos de 2 7/8 pulgadas y 4 1/2 pulgadas de diámetro.

---

<sup>2</sup> Refierase al capítulo 4.3 sobre instalación básica, incluyendo Los requerimientos de señales microondas a través de ventanas.



#### 4.2.4 ACCESORIOS

Algunos accesorios o componentes opcionales son suministrados con el equipo. Otros accesorios pueden ser ordenados siguiendo la instalación.

Generalmente, todo el mecanismo de hardware y conectores eléctricos que se necesiten para la instalación son suministrados. Los conectores y cables que conectan el DTE (Data Terminal Equipment) con el DCE (Data Circuit-Terminating Equipment) no son incluidos. Además, los cables de red DMC<sup>3</sup> y los EOW (Engineering Order Wire) no son incluidos a menos que se orden específicamente; sin embargo, cuando se orden el cable coaxial que comunica la unidad interna y la unidad RF, los conectores de éste si son suministrados.

Es una red de monitoreo de control y datos, que se constituye principalmente por un paquete de software que es compatible para todos los radios Digital Microwave. Esto no necesariamente significa que su red utilizara únicamente radios Classic II o algún otro radio con especificaciones DMC. La unidad interna del Classic II está completamente equipada para conectarse directamente a la red DMC<sup>4</sup>.

Las computadoras y el software de la red DMC no están incluidas con la radio Classic II, a menos que sean ordenados específicamente. Los cables para la conexión de la red de monitoreo pueden ser ordenados de la siguiente forma:

Cable de radio, 4 pies (122 cm) P/N 037-500477-001

Cable de radio, 20 pies (6.1m) P7N 037-500477-002

Para la implementación de supervisión y mantenimiento del equipo, éste tiene un teléfono que puede ser conectado en un conector de comunicación de voz que se encuentra en el panel frontal de la unidad interna encima de los circuitos EOW. Estos accesorios para ser ordenados tiene que especificarse su número de parte.

### **4.3. INSTALACION**

#### **4.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

La instalación completa del equipo de radio (Classic II Radio) consta de dos partes principales, como son:

- la unidad interna, que comprende montaje, potencia y conexión de cables
- la unidad Rf y la antena, que consiste en el montaje de la antena, el alimentador, el transceptor, el recubrimiento y la instalación del cable.

#### **4.3.2. MONTAJE DEL EQUIPO DE RADIO**

No se necesita una preparación especial para el montaje de la unidad interna, pues puede ser hecha ya sea en un escritorio o mesa de trabajo o también en un rack.

El kit de instalación incluye una línea de poder de corriente directa, sin embargo si este tipo de alimentación no concuerda con la línea pre-instalada en el lugar de operación puede causar problemas. Se tiene dos opciones de voltaje (115V y 230 V).

El aterrizaje de esta unidad no se presenta como una conexión que la atraviese, pues por el contrario se recomienda aterrizar al chasis de dicha unidad.

---

<sup>3</sup> DMC: Monitoreo de red (control y datos)

<sup>4</sup> Refiérase al 4.2.1.



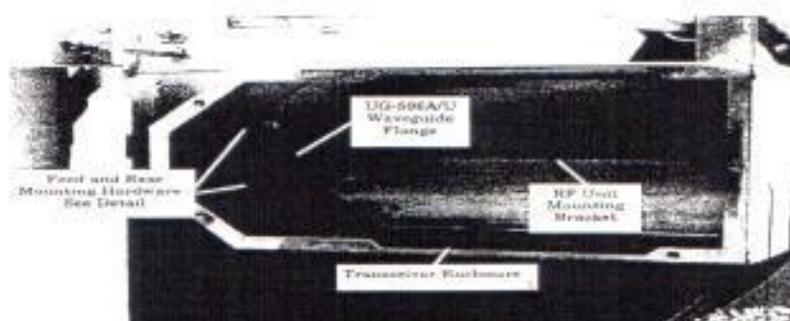


Figura 4.9 Montaje de la base del alimentador

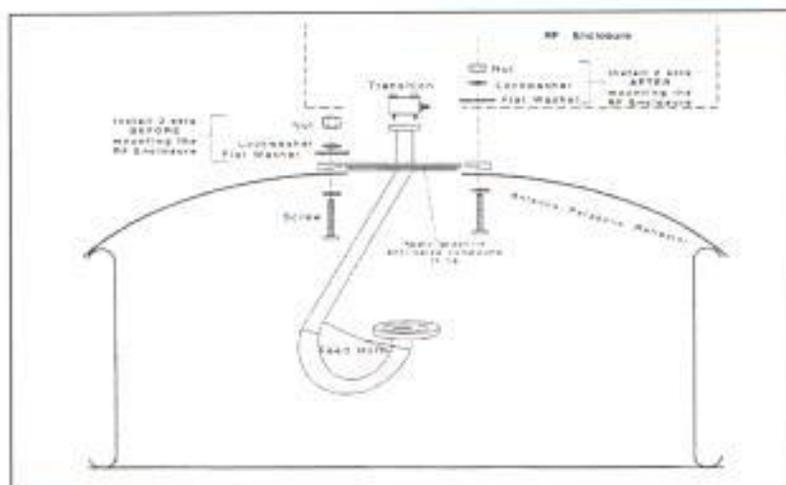


Figura 4.10: El Alimentador



Figura 4.11 : Vista completa (frontal)

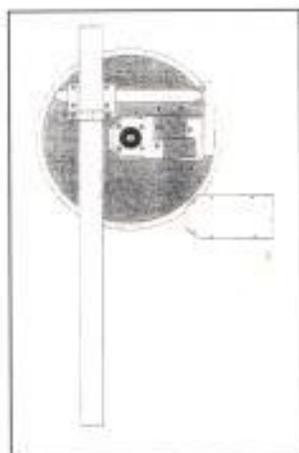


Figura 4.12: Vista completa (posterior)



Figura 4.13: Vista completa (lateral derecha)

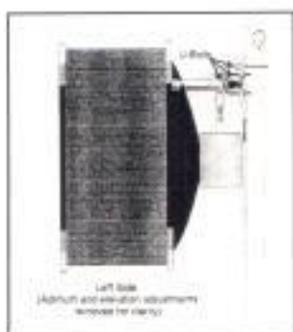


Figura 4.14: Vista completa (lateral izquierda)

Cuando el radio enlace a efectuarse tiene como frecuencia de operación un valor mayor que 3Ghz, se recomienda usar guía de onda en lugar de línea de transmisión, en razón de que las pérdidas en la guía son, para las citadas frecuencias, considerablemente menores que los de un cable coaxial.

La **guía de onda** consiste en un "tubo" metálico que ofrece a la onda electromagnética un camino de propagación determinado por su trayectoria, al tiempo que blindo dicha porción del espacio para que no exista influencia de campos externos en su interior y evite las fugas de energía hacia el exterior.

El modo de transmisión para las guías de onda es el TE o TM, es decir: transverso eléctrico o transverso magnético. En cualquier caso existe componente de campo magnético o eléctrico, respectivamente, en la dirección de propagación, y son la forma y dimensiones de la guía las que determinan el modo y su orden. El orden de un modo  $TE_{mn}$ , está dado por la función de Bessel que rige su comportamiento y por el cero que corresponde la condición de frontera en las paredes de la guía. De ordinario se fabrican guías de onda para trabajar en  $TE_{11}$ , esto es primera función de Bessel primer cero de la función.

A diferencia de la línea de transmisión, la guía de onda se comporta como un filtro pasa alto, lo cual ocurre porque para lograr su objetivo, en primer término se requiere que la onda "entre" en la guía. Para ello la longitud de onda deberá ser lo suficientemente pequeña, es decir que servirá para valores de frecuencia superiores a un límite determinado. Sin embargo, al aumentar demasiado la frecuencia, sino que ésta empieza a quedarle "floja". En esta última condición, se producen demasiadas reflexiones internas de la onda resultando de una pérdida exagerada. Como vemos, la

guía entonces servirá solamente para valores de frecuencia cercanos a su frecuencia de corte y así limitar la probable “holgura”.

Para la banda comprendida entre 2 y 3 GHz, la que podríamos llamar banda de transición, la decisión acerca del uso de cable coaxial o guía de onda dependerá del caso específico, y el ingeniero ha de sopesar diversos factores como atenuación, distancia entre transmisor, y antena, potencia a usarse, costo, instalación, existencia de accesorios, etc. De hecho no todas las ventajas las tiene la guía de onda y la palabra final es a priori, imposible de determinar.

#### 4.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

##### 4.4.1. CONTROLES Y CONECTORES DEL EQUIPO

Los controles, indicadores y conectores del equipo están disponibles para ser usados durante la instalación y la operación normal del mismo. Para el equipo encontraremos tanto controles como indicadores en la parte frontal y posterior de la unidad interna (IDU).

Los conectores que encontramos en el panel posterior de la IDU, se muestran de acuerdo a su tipo en las siguientes figuras:

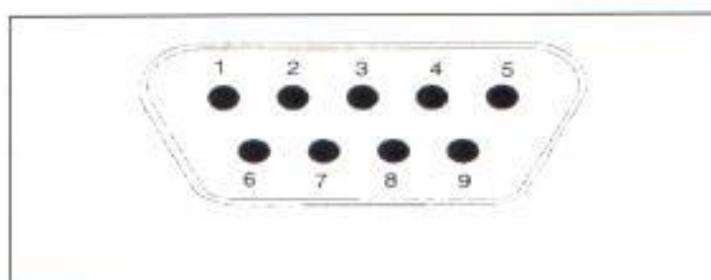


Fig 4.15: Conector DB-9 (Male Connector)

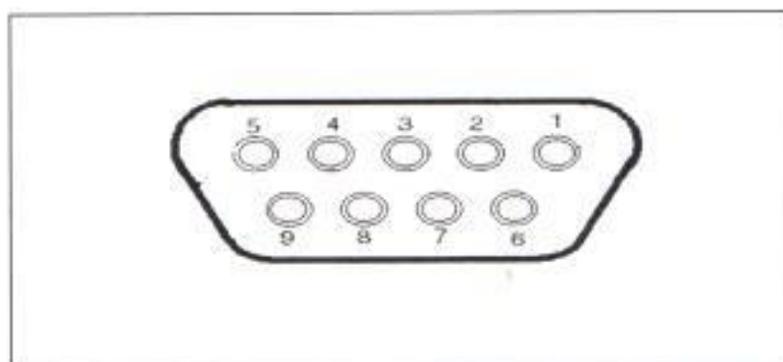


Fig. 4.16: Conector DB-9 (Female Connector)

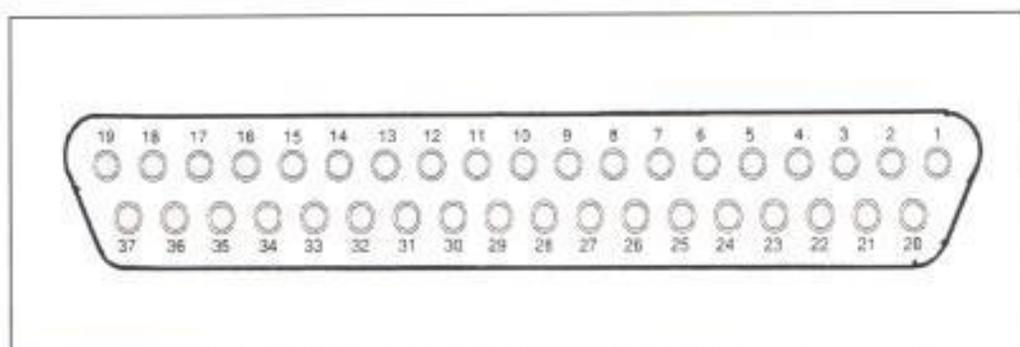


Fig.4.17: Conector DB-37 (Female Connector)

#### 4.4.2. MANTENIMIENTO RECOMENDADO

Este equipo de radio ha sido diseñado con el fin de reducir considerablemente los problemas y requerir poco o ningún mantenimiento. A continuación se menciona algunos puntos que deben ser tomados en cuenta si se desea asegurar un buen funcionamiento del sistema, como son:

- Inspeccionar visualmente todos los cables coaxiales, desde la unidad interna hasta la unidad RF; se recomienda revisar todo tipo de deterioros (Ej: rajaduras), especialmente donde los cables están expuestos a otros elementos. Luego, de interceptar algún tipo de deterioro es favorable cambiar el cable.

- Inspeccionar la antena , lo cual comprende una revisión anual tanto de la antena (en forma visual), como de su estructura de soporte. Se debe asegurar que todo el hardware esté seguro y que todas las tuercas y pernos estén dentro de las especificaciones del fabricante de la antena. Se debe medir el voltaje en el punto de prueba del AGC en la Unidad Interna y luego comparar con el voltaje del sistema cuando este fue instalado. Se debe realizar estas mediciones en ambos extremos del enlace.
- Si se encuentra una diferencia en ambos extremos, puede significar que una o ambas antenas hayan experimentado un corrimiento en su posición desde el último alineamiento; entonces, se debe proceder a realizar un nuevo alineamiento.
- Si se detecta una diferencia en un solo extremo del enlace, puede significar que el transmisor tenga una caída de energía (baja potencia); entonces, se debe realizar una prueba a la unidad RF.
- .Inspección de la unidad RF, que se debe realizar anualmente. Principalmente se debe revisar la frecuencia de portadora, lo cual se lo realiza por dos métodos:
  - 1) Prueba fuera de servicio, realizada cuando el sistema no esta equipado con un adaptador de pruebas.
  - 2) Se realiza con antenas que están equipadas con el adaptador de prueba y puede llevarse a cabo cuando la radio está en servicio.
- Inspección de la frecuencia, se la puede realizar con el equipo de radio en servicio o fuera de servicio.

- Cuando el equipo esta fuera de servicio se necesita un equipo contador o medidos de frecuencia EIP 548A o su equivalente, un cable microondas flexible de 24 pulgadas y un atenuador RF de 10 dB.El procedimiento a seguir es el siguiente:
  - 1.) Se conecta el contador de frecuencia en el modo manual. Luego se espera un poco hasta que se estabilice el equipo.
  - 2.) Se apaga el switch del modem
  - 3.) Cuidadosamente se desconecta el cable semirigido SMA que esta entre la unidad RF y el adaptador de guía de onda de la antena.
  - 4.) Se instala el atenuador a la salida de la unidad RF.
  - 5.) Se conecta un extremo del cable microonda flexible a la entrada del contador de frecuencia y el otro extremo al atenuador.
  - 6.) Se enciende el módem y se lee la frecuencia de la unidad RF.
  - 7.) Se apaga el módem
  - 8.) Se desconecta el cable microondas flexible y se quita el atenuador.
  - 9.) Se reconecta el cable semi rígido entre la unidad RF y la antena.
  - 10.) Se enciende el módem y se reintegra el sistema al servicio.

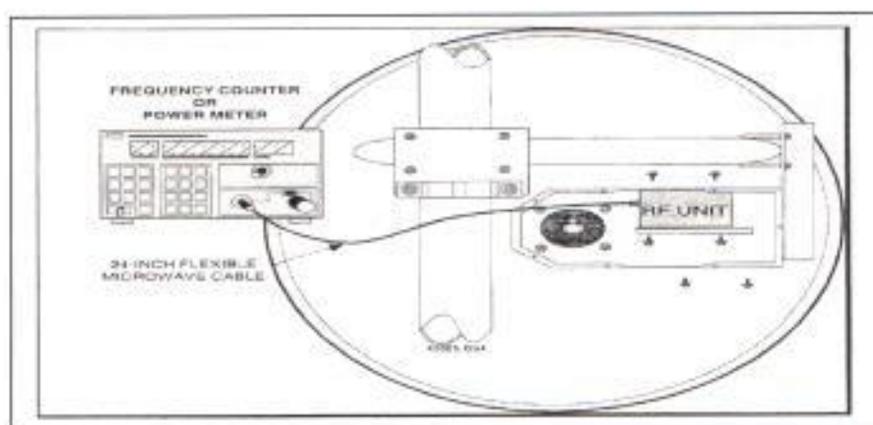


Figura 4.18: Medición de frecuencia o potencia (equipo fuera de servicio)

Cuando se desea revisar la frecuencia con el equipo de radio en servicio se necesita equipos de pruebas tales como: un contador de frecuencia EIP 548A o su equivalente y un cable microondas flexible de 24 pulgadas. En este caso el procedimiento a seguir sería:

- 1) Se conecta el contador de frecuencia en el modo manual. Luego se espera un poco hasta que se estabilice el equipo.
  - 2) Se quita el protector del conector SMA en el adaptador de prueba
  - 3) Se conecta en uno de los extremos del cable microonda flexible en la entrada del contador de frecuencia, y el otro extremo al conector SMA en el adaptador de prueba. (Figura 2.10)
  - 4) Se lee la frecuencia transmitida en la unidad RF, luego se compara con las frecuencias recogidas en pruebas anteriores.
  - 5) Desconectar el cable microonda flexible del adaptador de prueba y se reinstala el protector del conector SMA.
- Mediciones de potencia, La potencia de salida de la unidad RF de la misma forma que la frecuencia, con el único cambio que ya no utilizara un contador de frecuencia, sino un medidor de potencia (Power Meter). Cuando se realiza la lectura del potencia se le de añadir 2.0 dB para incluir las pérdidas por el cable. Así mismo, se le añade las pérdidas del adaptador de prueba (si existe)

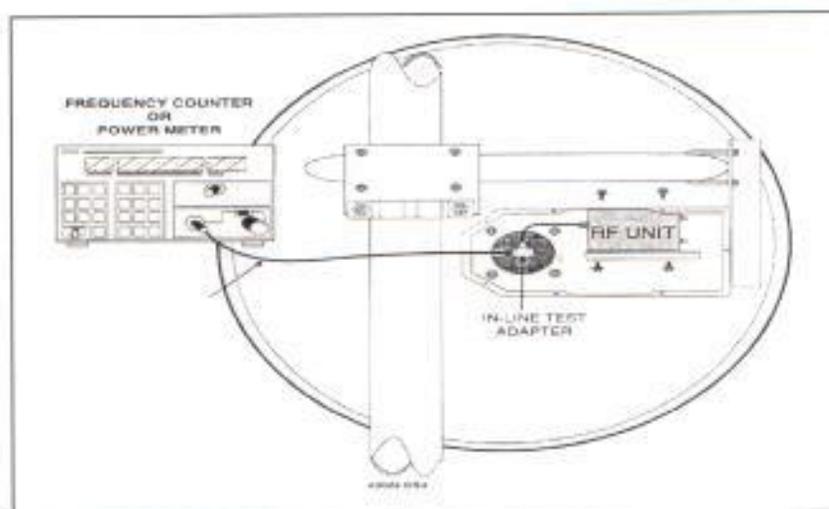
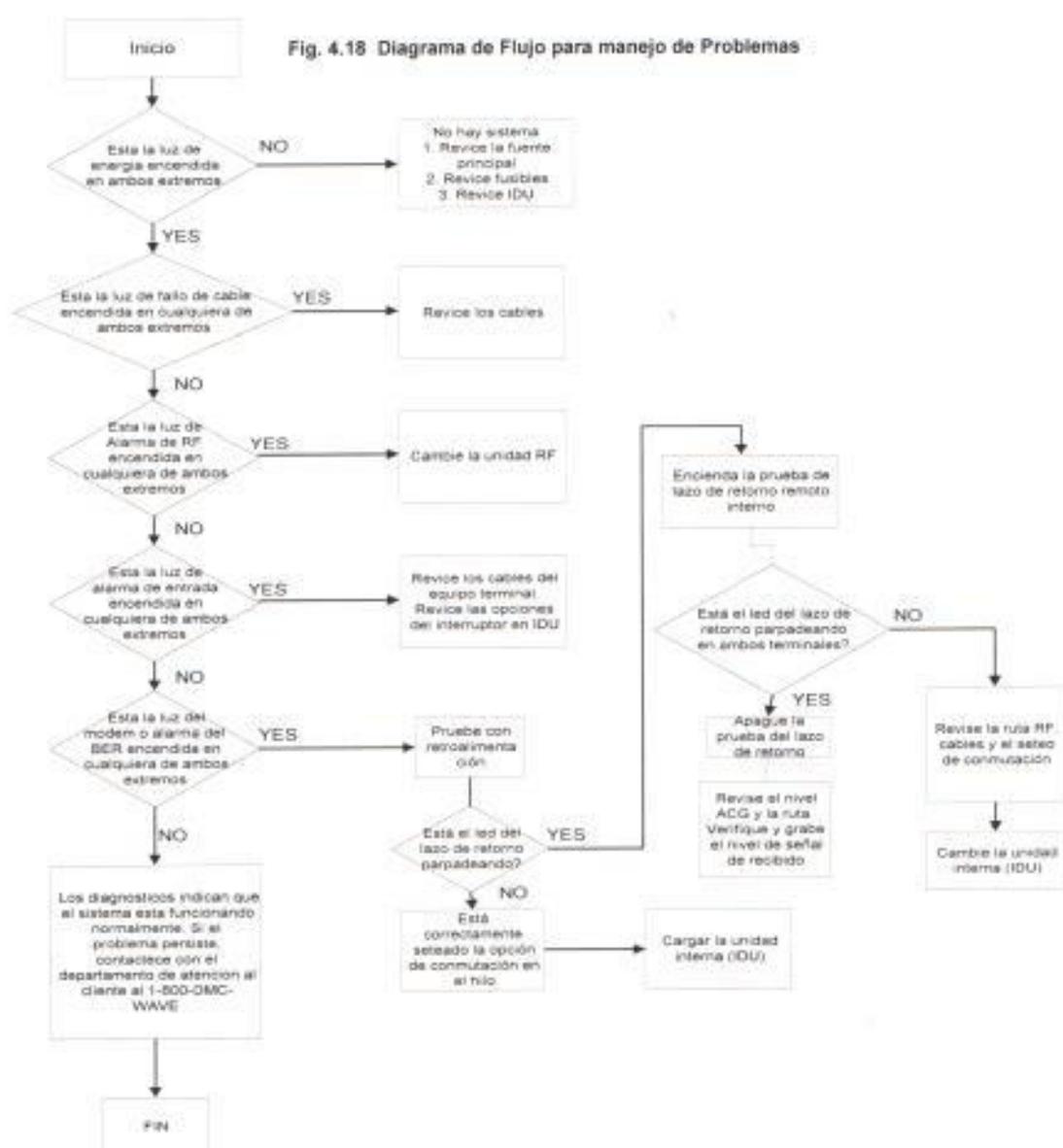


Figura 4.19: Medición de frecuencia o potencia (equipo en servicio)

#### 4.4.3. RIESGOS Y SOLUCIONES DE PROBLEMAS

El procedimiento que se describe en esta sección ha sido diseñado para resolver fallas del sistema o de operación en forma sistemáticas. El diagrama de flujo que se muestra en la figura 4.20 determina acciones que se deben tomar en determinado momento cuando el sistema presente ciertos síntomas o problemas.



En este tipo de enlaces encontramos problemas típicos tales como:

- **Atenuación e interferencia.** Una vez que logramos enviar nuestra señal a través del aire, más correctamente de la tropósfera, más allá de las pérdidas básicas e inevitables, de acuerdo con la ruta real utilizada nos encontraremos nuevos inconvenientes. A continuación fijaremos nuestra atención en aquellos que

resultan significativos para la operación en frecuencia de microondas, los cuales por obvias razones son abordadas de manera teórica y aproximada. Dado que para efectos prácticos no tendría sentido un análisis electrodinámico detallado, los resultados se obtienen usualmente de tablas o gráficos un tanto empíricos.

- **Atenuación por difracción de onda.**- Para un radio enlace de punto a punto usando microondas habíamos visto como la energía se concentraba en un haz, el cual quedaba determinado por las zonas de Fresnel, principalmente la primera de ellas. Cuando el recorrido del haz o rayo directo está libre, es decir, cuando la obstrucción más cercana está lejos de la primera zona de Fresnel, se estima que el trayecto está despejado. Ciertamente, algo de la energía que viaja en las zonas de Fresnel de mayor orden no llegará a su destino, pero la cantidad resulta despreciable.

Por el contrario, para enlaces con obstrucción en la 1ª zona de Fresnel o sus cercanías la influencia es notable, y merece ser tomada en cuenta. Para ello analizaremos dos casos que a pesar de no constituir la totalidad de las posibilidades resultan claramente explicativos y prácticos. En primer término veamos lo que ocurre cuando la propia curvatura de la tierra es el obstáculo. Probablemente, la onda electromagnética penetrará algo en la superficie y dará lugar a una cierta componente de onda superficial, sin embargo a la frecuencia en cuestión la atenuación de la mencionada componente es demasiado grande para que pueda influir. Por tanto la tierra actuará como un escudo impidiendo el paso de señal.

- **Desvanecimiento de la señal.** Cuando sintonizamos la radio, prendemos el televisor o pedimos un radio taxi estamos entrando a sistemas de comunicación

que por sus necesidades específicas utilizan al aire como nexo entre transmisión y recepción. Algo similar ocurre cuando hacemos una llamada telefónica de larga distancia, aunque la frecuencia usada esta ocasión es notablemente superior a las anteriores. Como ocurre esta comunicación.

Los fenómenos de desvanecimiento son fluctuaciones en el comportamiento de propagación de las ondas de radio; estos fenómenos influyen en la disponibilidad y calidad de transmisión momentánea de los radio enlaces. Puede diferenciarse entre desvanecimiento plano, que es independiente de la frecuencia, y desvanecimiento dispersivo selectivo, función de la frecuencia:

- El desvanecimiento plano se origina con frecuencias por encima de 10 Ghz debido a la atenuación provocada por la lluvia. Otra causa es la atenuación debida a sombras (obstáculos en la vía de transmisión), que está motivada por variaciones del índice de refracción en la atmósfera.
- El desvanecimiento por interferencias se presenta como consecuencia de una propagación por vías múltiples. Las causas de este desvanecimiento son, por ejemplo, reflexión en capas de inversión o en superficies de agua, reflexiones de dispersión en obstáculos fijos o en la tropósfera. Dentro de la banda de transmisión el desvanecimiento, dependiendo de la causa, puede presentarse en formas diferentes (selectivo); hablamos entonces de desvanecimiento dispersivo, que conduce a distorsiones de la señal.

Con un desvanecimiento que comprenda uniformemente a la totalidad del canal de radioenlace - por lo tanto que sea independiente de la frecuencia- se obtendrá una atenuación en la vía de transmisión correspondientemente aumentada.

Las interferencias ocasionadas por el desvanecimiento se subsanan mediante dos medidas: Una de ellas es la regulación automática de desvanecimiento, y la otra es pasando a un circuito de funcionamiento de reserva, en diversidad de frecuencia o en diversidad espacial. En el caso de un desvanecimiento demasiado intenso que no pueda ser regulado, tiene lugar una conmutación automática a otro canal del radioenlace con una calidad de transmisión mejor, y que esté totalmente libre de perturbaciones para la telefonía y los servicios de datos a baja velocidad.

Para asegurar que el haz radioeléctrico mantenga la "visibilidad sin interferencias" entre dos radioenlaces, en los terrenos llanos, las antenas de los radioenlaces altamente concentradas tienen que montarse y alinearse cuidadosamente sobre torres que tengan la altura correspondiente. La altura necesaria de las torres se obtiene básicamente a partir de la distancia que hay que cubrir, las perturbaciones debidas a la atenuación atmosférica (atenuación aérea) y los obstáculos eventuales en la vía de transmisión. Referente a esto pueden hacerse dos afirmaciones:

- Con frecuencias por debajo de los 10 Ghz se alcanzan, por lo general, tramos de repetidores de alrededor de 46 Km.
- La atenuación aérea (directa), que es función de la radiofrecuencia, aumenta con frecuencias crecientes y al aumentar la distancia; por encima de los 10 Ghz habrá que contar con tramos de repetición más cortos, ya que se hacen mayores las influencias limitadoras causadas por la lluvia, evaporación, etc.

Las características de transmisión de los enlaces vía radio, en comparación con el cable, están sujetas a múltiples y muy variables influencias, por lo que para la organización o instalación de radioenlaces hay que prever una planificación más desigual de los trabajos.

A éstos pertenecen entre otros la definición cuidadosa de las bandas de frecuencias y canales en los diferentes tramos de repetición y rutas de radioenlaces.

- **Irradiación de la señal.** De ordinario, en un circuito eléctrico, las dimensiones de los inductores, capacitores, cables, conectores, etc., son pequeñas en comparación a la longitud de onda de la señal manejada. Cuando así sucede, casi la totalidad de la energía permanece en el circuito para realizar algún trabajo útil o ser disipada en forma de calor. Pero cuando el tamaño de los cables y componentes se vuelve apreciable comparado con la longitud de onda, algo de la energía escapa del circuito en forma de ondas electromagnéticas. Cuando el circuito está intencionalmente diseñado para dejar escapar la mayor parte de la energía, tenemos una antena. Usualmente una antena es un pedazo de conductor recto o una combinación de ellos. El conductor es un alambre, o también una varilla o tubo delgado; siempre y cuando se mantenga la condición de que la sección del conductor sea pequeña comparada con su longitud.

Las otras pérdidas que pueden ocurrir en un radioenlace ideal se presentan en los equipos de comunicación, como multiplexores, demultiplexores, filtros, derivaciones, etc. Estas pérdidas son relativamente pequeñas comparadas con las ya analizadas, y

sus valores son entregados por el fabricante. Típicamente fluctúan entre 0.1 y 0.5 dB por estación, para sistemas de banda ancha.

El equipo de radio que se describe en este capítulo tiene ciertas características de diagnóstico que incluyen:

- Generador de patrón de prueba
- Prueba de lazo de retorno local.
- Prueba de lazo de retorno remoto
- Indicador (LED) de lazo de retorno OK
- Indicador (LED) de encendido
- Alarma BER<sup>5</sup> (LED indicador)
- Indicador (LED) de datos entrando
- Indicador (LED) de cable con falla
- Indicador (LED) de alarma de módem.

---

<sup>5</sup> BER: Bit Error Rate

## **CAPITULO V**

### **DISEÑO DE LA RED SECUNDARIA**

#### **5.1. ANTECEDENTES**

Antes de iniciar con el detalle de la red secundaria se deben tomar en cuenta dos aspectos:

- Cuando se habla del diseño con fibra óptica, se debe tomar en cuenta que la red primaria no está constituida totalmente por fibra óptica, pues sólo se ha tendido fibra desde la central La Puntilla hasta la urbanización VICRIEEL (lugar donde se encuentran los equipos remotos); y, con cable multipar se ha cubierto lo que corresponde desde los equipos (Urbanización) hasta los armarios.
- En cambio, para el enlace de microondas la red primaria sólo correspondería al tramo cubierto con cable multipar que va desde los equipos (Urbanización) hasta los armarios.

Por lo anterior, se ha proyectado el tendido de 4 cables multipares (primarios) que alimentarían los cuatro distritos de la urbanización. Estos cables son para los distritos 1 y 2 de 200 pares y para los distritos 3 y 4 de 250 pares.

#### **5.2. GENERALIDADES**

Para cualquiera de las alternativas en estudio, la red secundaria va a ser la misma pues, tanto con fibra óptica como con enlace microonda vamos a partir desde los armarios.

En su totalidad los distritos son 4 (Ver Plano 3), y han sido ubicados de tal manera (siguiendo las normas técnicas para diseño de redes telefónicas en urbanizaciones) que logren cubrir toda la extensión de la urbanización y además, mantengan una reserva determinada para futuras demandas del servicio, tomando como base del diseño la implementación promedio de dos líneas telefónicas por lote.

En el momento de la puesta en marcha del proyecto los equipos utilizados tendrán una capacidad para 480 abonados, y a medida que la demanda aumente la versatilidad de estos permitirá satisfacer con poca inversión las necesidades que se presenten. Es por esta razón que la red secundaria ha sido proyectada para cubrir una demanda mayor a 480 abonados.

### **5.3. CANALIZACION**

La canalización secundaria por ser mínima no se muestra en planos, pues se utilizará cable ducto para salir del armario hasta la subida a poste o mural (pocos metros); luego en su totalidad la red ha sido proyectada con cable aéreo.

#### **5.3.1. POZO DE MANO**

Se han proyectado para el diseño sólo cuatro pozos de mano, que servirán específicamente para mantenimiento de redes, pues el cable multipar saldrá del armario hasta la subida a poste o mural, para luego distribuirse por el empalme de distribución respectivo.

Estos pozos se encuentran sobre la acera y para el caso se han diseñado muy pocos (cuatro), debido a que la mayoría de red secundaria se implementará con cable aéreo.

### **5.3.2. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO**

- La entrada de cables deberá ser revisada trimestralmente. Estas revisiones incluye limpieza, prueba que la bomba de evacuación de agua (donde existan) funcionará y control de los herrajes. Fallas e irregularidades se deberá reportar al Departamento correspondiente.
- Todos los pozos deberán ser drenados y limpiados como mínimo una vez por año. Este trabajo deberá comenzar en el mes de mayo y realizarse por rutas.
- Se deberá revisar en que condición se encuentra el cerco y la tapa. Si la tapa está averiada, reemplazarla inmediatamente por el personal que está haciendo la revisión, en caso de estar en mal estado el cerco, se reportará al Departamento de Canalización.
- Al mismo tiempo se debe revisar los empalmes y los herrajes. Se debe cambiar los herrajes en mal estado.

Los trabajos anteriormente mencionados pueden hacerse inmediatamente por el personal que esté revisando el pozo.

### **5.4. INSTALACION DE CABLES AEREOS Y MURALES**

#### **5.4.1. MONTAJE DEL CABLE**

Para el montaje del cable aéreo se deben tomar en cuenta las siguientes instrucciones:

- No debe instalarse cajas de dispersión en postes donde están apoyados transformadores de energía eléctrica.
- Los herrajes terminales en postería recta se podrán colocar pasando tres postes y en estos tres postes se colocarán herrajes de paso, esto para cables de 10 a 70

- pares 0,4. De 100 pares en adelante se colocarán piezas terminales pasando un poste.
- En postera que cambia el ángulo de alineación se colocarán herrajes terminales.
  - En los postes que no cambian el ángulo de alineación se colocarán herrajes de paso.
  - El montaje del cable autosuspendido se realizará utilizando un trailer, o gatas para que pueda girar libremente la bobina, luego el cable será apoyado en las piezas colocadas en los postes procurando no dar curvas fuerte ni arrastrar por el piso. Ver figura 5.1.
  - El mensajero será introducido en el orificio del gancho terminal, utilizando una herramienta de presión para apretar el gancho en tal forma que el mensajero será bien fijado en él. Este gancho se colocará en el soporte terminal. Vea fig. 5.2, 5.3

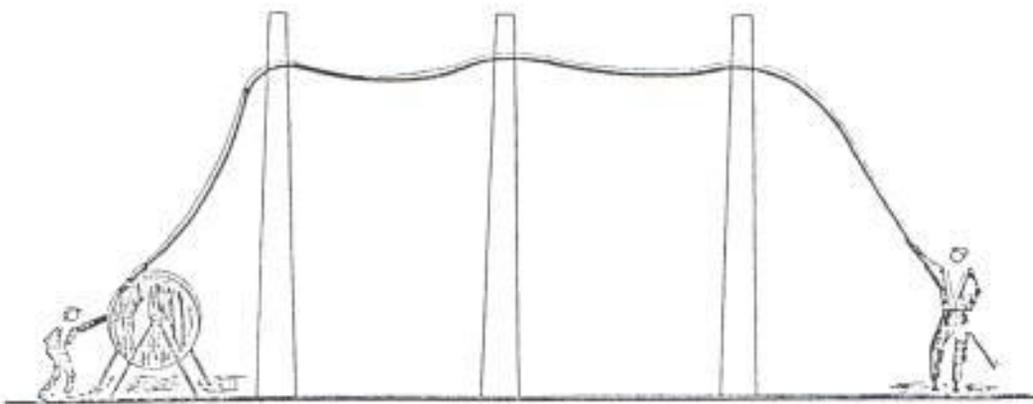
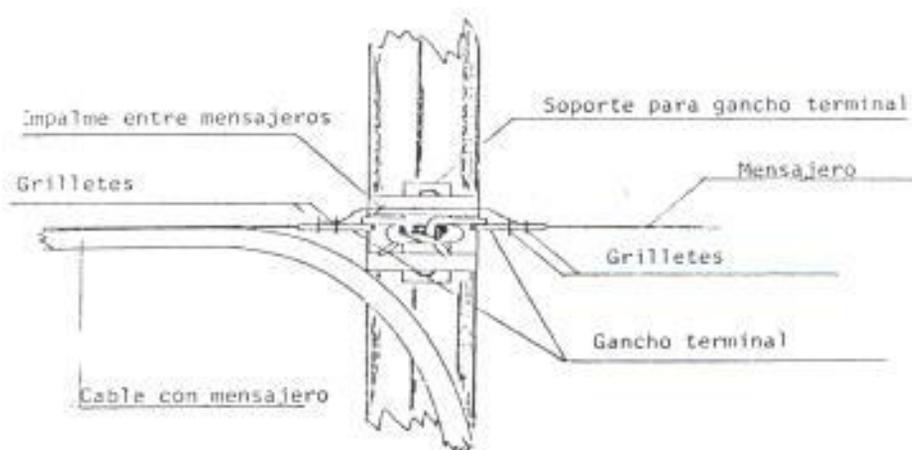
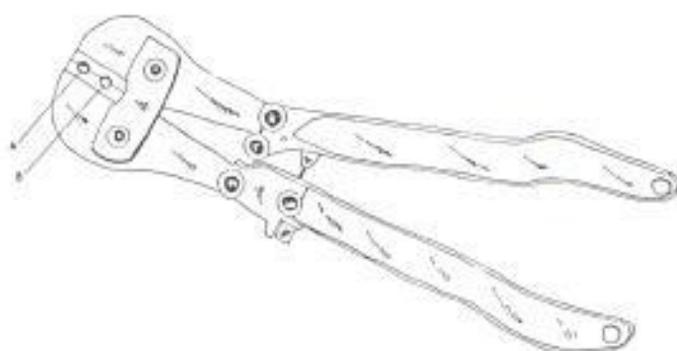


FIGURA 5.1 Montaje de Cable Aereo



**FIGURA 5.2 Colocación de Mensajeros**

Además los mensajeros serán unidos con un pedazo de mensajero para tener continuidad eléctrica.



**Figura 5.3 Herramientas de Presión para Manguito Terminal**

- Los herrajes serán asegurados o fijados a los postes utilizando la cinta de fijación adecuada, tipo "Eriband".
- Para la utilización de otro tipo de herrajes es necesario contar con la aprobación de la fiscalización.
- Los cables tendrán una curvatura de 0.20 m en los postes que tengan herrajes terminales.
- Los empalmes directos o con derivación quedarán ubicados antes del poste. El empalme se realizará hacia el lado del cable con mayor número de pares.
- La distribución de cables en cruces se realizará utilizando el sistema Cruce Americano.
- Los cables no podrán quedar directamente asegurados o rozando con los postes.
- Cuando el cable pasa por un sitio donde no hay doble posteria, p. ej., Donde no hay transformadores, es necesario, tales herramientas se indican en la Fig. 5.4



Fig. 5.4 Tensor de Cable y Mordaza

## **5.4.2. COEXISTENCIA DE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y DE TELECOMUNICACIONES**

De acuerdo con las circunstancias PACIFICTEL puede permitir la coexistencia de líneas eléctricas y de telecomunicaciones. En la coexistencia de líneas es fundamental considerar el aspecto de la estética en las instalaciones.

En el diseño se deberá considerar la incidencia de otros servicios como instalaciones eléctricas, sistema de agua, u otros elementos electromagnéticos, de forma tal que las instalaciones telefónicas no sean interferidas por ninguno de ellos. En especial se tendrá en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) la canalización de acometida debe estar separada de las instalaciones de otros servicios por lo menos 50 m.
- b) En ningún caso se diseñará la canalización telefónica para el uso común con otros servicios.

## **5.5. INSTALACION DE CAJAS DE DISPERSION**

### **5.5.1. CARACTERÍSTICAS**

En el diseño de la red secundaria, a cada 50 pares consecutivos se le da una denominación literal y a cada grupo de 10 pares del mismo literal se le ha asignado un número habiendo por lo tanto cinco números (del 1 al 5) dentro de cada literal. Es así que para los distritos 1 y 2 con una capacidad de 200 pares cada uno las cajas de dispersión se han numerado con las letras (A, B, C, D) del 1 al 5; para los distritos 3 y 4 con un capacidad de 250 pares las cajas de dispersión se han numerado con las letras (A, B, C, D, E) del 1 al 5. (Ver Plano 3).

Se han tomado en cuenta varias posibilidades para instalar las cajas de dispersión debido a que existe una gran variedad de las mismas.

La caja de dispersión que se han proyectado usar se está formada por una base que permite su instalación en muros o postes y sobre ésta se fija el bloque de terminales. Además está provista de una cubierta que se adapta a la base, permitiendo la salida de los cables de acometida por la parte inferior. De esta manera se impide el ingreso de la humedad y de cuerpos extraños.

Como materiales de fijación se tiene básicamente:

- Tornillos de rosca con cabeza hexagonal para ser utilizados en postes de madera y mural.
- Cinta de fijación de acero inoxidable para ser utilizada en postes metálicos o de hormigón.

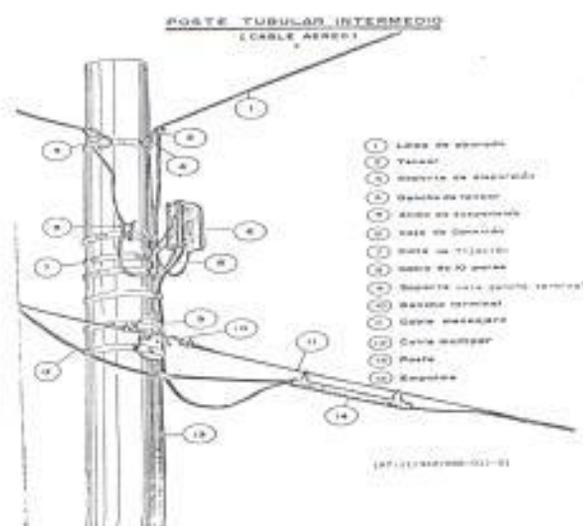


Fig. 5.5 Ubicación de la Caja de Dispersión

Se debe observar las siguientes instrucciones para la instalación de las cajas:

- las cajas de dispersión serán ubicadas a una distancia de 40-80 centímetros del cable suspensor o mensajero. Sin embargo en casos especiales esta distancia podrá ser modificada por la fiscalización. Ver fig. 5.5
- No es permitido poner la caja en un poste que tiene transformador.
- Para la fijación de las cajas con cinta o tornillos se deberá tener por lo menos dos puntos de apoyo firme al muro o poste.
- Conjuntamente con las cajas se instalarán los herrajes necesarios para la instalación de las acometidas para los abonados. Vea fig. 5.6

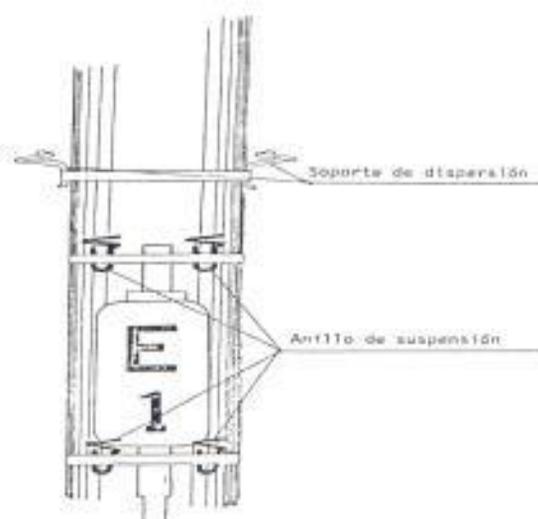


Fig. 5.6 Numeración de Cajas

- Para el caso de utilizar cajas de dispersión protegidas éstas serán conectadas a tierra mediante una toma de tierra cuya resistencia no será mayor a 20  $\Omega$ .

- La numeración de las cajas de dispersión se hará en el lado que da el frente a la calle y se procurará que los números o letras no sean menores a 5 cm. Ver fig. 5.6

Las cajas de dispersión tienen que ser de dos tipos, cuales son:

- cajas sin protección.
- cajas con protección de tubos de gas raro.

Las cajas tienen que ser construidas con las mismas bases, o sea, los equipos de protección serán como un accesorio de la caja sin protección, y será colocado o enchufado a la caja sin herramienta especial. Los tubos de gas raro tienen que cumplir con las especificaciones técnicas de PACIFICTEL.

Las cajas de dispersión tienen que cumplir con lo siguiente:

- Están construidas de material plástico, resistente a las diferentes condiciones climáticas.
- Permitirán ser instaladas en postes o paredes.
- Serán diseñadas de tal manera que permitan una distribución ordenada de las acometidas del abonado, así como también la entrada del cable.
- La capacidad será de diez (10) pares.

El material llevará grabado en relieve o en pintura indeleble las siglas EMETEL, perfectamente visible, en un lugar adecuado.

### **5.5.2 BLOQUES TERMINALES**

Está constituido por un bloque de plástico de tipo policarbonato, provisto de los terminales fabricados de un material antioxidable. Estos terminales permitirán la

conexión de los hilos del cable terminal en la parte posterior y en la parte frontal irán provistos de tornillos de conexión para las líneas salientes.

La terminación del cable en el bloque se hará de manera que el conjunto quede hermético a la entrada de humedad, mediante una tapa que cubra la conexión de los hilos del cable terminal sin necesidad de utilizar resina solidificable. Cada bloque se fijará debidamente a la caja-conector.

### **5.5.3 CAJA – CONECTOR**

Será de forma más o menos paralelepípeda, formada por una base y sus accesorios que permitan su instalación en muros o postes y sobre la que se fijará el bloque de terminales. Además estará provista de una cubierta que se adapta a la base, permitiendo la salida de los cables de acometida por la parte inferior, procurando dejar el menor espacio posible para impedir la entrada de cuerpos extraños o humedad.

La base de la caja y su tapa deberá ser de plástico, protegidas contra los rayos solares. Los materiales utilizados deberán cumplir con las características especificadas en las normas DIN o ASTM, respectivas para cada caso.

El bloque de contacto deberá cumplir con las siguientes características eléctricas:

- La rigidez dieléctrica entre terminales y entre estos y la toma de tierra será realizada a 1.000 voltios y eficaz a sesenta (60) Hz.
- La resistencia de aislamiento será entre terminales y entre éstos y la toma de tierra será de mínimo de diez mil (10.000) megaohmios.

- La resistencia de contacto será inferior a tres miliohmios y su variación será inferior a 0.5 miliohmios, sometida a ciclos de temperatura, en condiciones de alta humedad atmosférica salina y ciclo de corriente especificados en normas ASTM.

Así mismo, mantendrá las características de resistencia de aislamiento una vez sumergida durante veinte y cuatro horas a temperatura de ambiente, en disoluciones de ácido sulfúrico hidróxido sódico, cloruro sódico, todos 0.1 N previo lavado y secado.

Existen tipos de pruebas para el control de la calidad, tal como se detallan a continuación:

#### **\* En producción**

Se deberá realizar todos los controles internos que sean precisos para garantizar las especificaciones de la caja de dispersión.

#### **\* En recepción**

- a) Se examinará el embalaje comprobando su correcta identificación y cantidad.
- b) Se analizará el veinte por ciento (20%) de las cantidades entregadas observando la no existencia de defectos en las mismas.

Si se observan fallas en las muestras analizadas será desechado el lote para ser reemplazado por otro que se someterá así mismo, a las pruebas anteriores.

## 5.6. COLOCACION DE POSTES Y RETENIDAS

### 5.6.1. GENERALIDADES

El uso de postes para sostener cables en la construcción de la Planta Externa, tiene gran importancia, tanto en el sector urbano como en el rural.

Como se puede observar en el plano de red secundaria la postiería y retenidas fueron tomadas en cuenta como un medio muy útil pues en su mayoría el cable que se proyecta usar es aéreo.

### 5.6.2. POSTERÍA Y RETENIDAS

Para la hincada y apisonamiento de postiería se tomarán en cuenta las siguientes instrucciones:

- Las perforaciones se deben hacer con la ayuda de: barras, palas y cucharas para tierra.
- El montaje de crucetas, porta aisladores, retenidas, etc., se efectuará cuando el poste está sobre el suelo.
- La profundidad del agujero con respecto a la longitud del poste, suponiendo que el suelo es firme, se indica en el siguiente cuadro:

Longitud del poste (m)	Profundidad del agujero (m)
6	1.1
7	1.2
8	1.3
9	1.4
11	1.5

Cuando se trate de terrenos de poca firmeza o fangoso se colocará una capa de concreto de 20 cm., en la parte inferior del hueco, la misma que servirá de base para evitar el hundimiento del poste Fig. 5.7

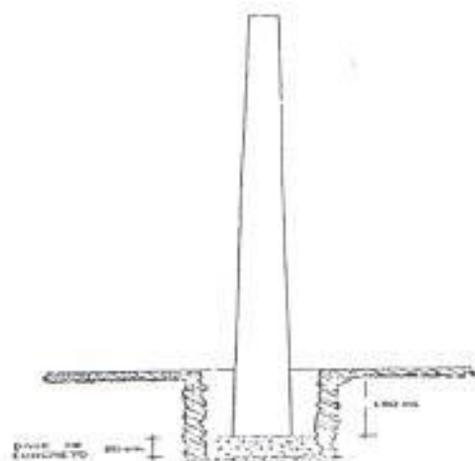


Figura 5.7 Plantado de Poste en terreno fangoso

- El poste será asegurado en los huecos con tierra y piedra revuelta, o alternadas, que serán apisonadas por capas de 20 ó 30 cm. Fig. 5.8

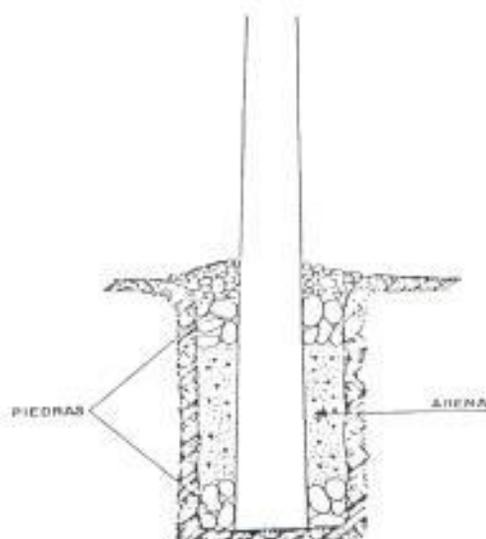
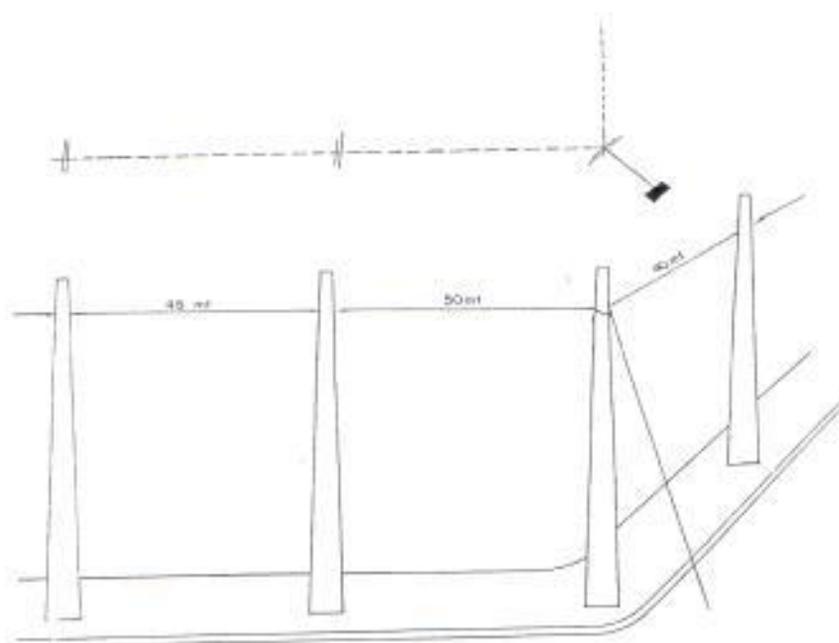


Figura 5.8 Plantado de Poste

- Los postes de hormigón en el área rural serán plantados a una distancia de 40 a 60 m., dependiendo del cable que será instalado, conservando líneas rectas continuas.
- La ubicación de los postes se hará evitando que queden situados cerca de puertas, ventanas, cerramientos.
- La ubicación de los postes cerca de las esquinas no será menor de 2 metros en relación con el ángulo formado por el cruce de calles o avenidas y terminación de aceras. Para distancias menores se requiere la autorización del fiscalizador.
- No se permitirán postes ubicados donde se consideren que estorban el libre tránsito de vehículos o peatones.
- En caso necesario sólo se permitirá un desplazamiento del poste en un 10% más o menos.

Para la colocación de retenidas se considerará lo siguiente:

- Las retenidas se colocarán al inicio, al final y donde cambia el ángulo de la postera, y cumpliendo lo indicado en el diseño. La retenida debe tener la dirección de la bisectriz del ángulo formado por la línea de la postera. Ver fig.5.9.



**Figura 5.9** Plantado de poste de madera tratada

- Para cables de capacidad igual o superior de 50 pares, 0.4 mm, 30 pares, 0.7 y 0.8 mm o donde hay mas que un cable y donde la línea de posteria cambie de dirección, por más mínimo que sea el ángulo de variación, es indispensable colocar retenida.
- Las retenidas están formadas por los diferentes elementos que se indican en las figura 5.10.
- Las retenidas garantizarán la verticalidad y estabilidad del poste sometido a la tensión generada por el peso del cable.
- La retenida comprenderá el cable de acero de 3 toneladas, desde el extremo superior en que se termina la varilla de retenida, hasta el sitio donde llega el cable mensajero. La separación entre el poste y la varilla que sobresale del nivel de

tierra no será menor a  $1/3$  de la longitud del poste que sobresale del nivel de tierra a la punta del poste. En casos críticos se aceptará hasta  $1/4$  de dicha longitud, pero la cavidad donde reposa el bloque de anclaje será reforzado con mezcla de concreto

- La tensión del cable de acero no será inferior a 3 toneladas ni mayor de 6 toneladas.
- La varilla de la retenida debe sobresalir 15 cm. del nivel del suelo
- Para la colocación del bloque de anclaje y la varilla de retenida, el hueco o cavidad se realizará en forma perpendicular hasta darle una profundidad de 1.50 m. Luego se realizará una pequeña brecha lateral hacia el lado del poste a retener, hasta darle a la varilla de retenida la inclinación necesaria con relación a la punta del poste, los mismos que quedarán unidos a través del cable de acero y este a su vez tendrá la protección del canalón cubre cables o canal de subida
- Los rellenos del hueco o cavidad se harán por capas de 25 cm. y serán compactadas alternativamente.
- No se aceptarán retenidas que estorben la libre circulación de vehículos y personas, en este caso se podrá utilizar otros tipos de retenidas previa consulta al fiscalizador.
- La tensión de la retenida deberá asimilar a la ejercida por los mensajeros sumándose a este el peso de los cables, y en los ángulos se equilibrarán las tensiones

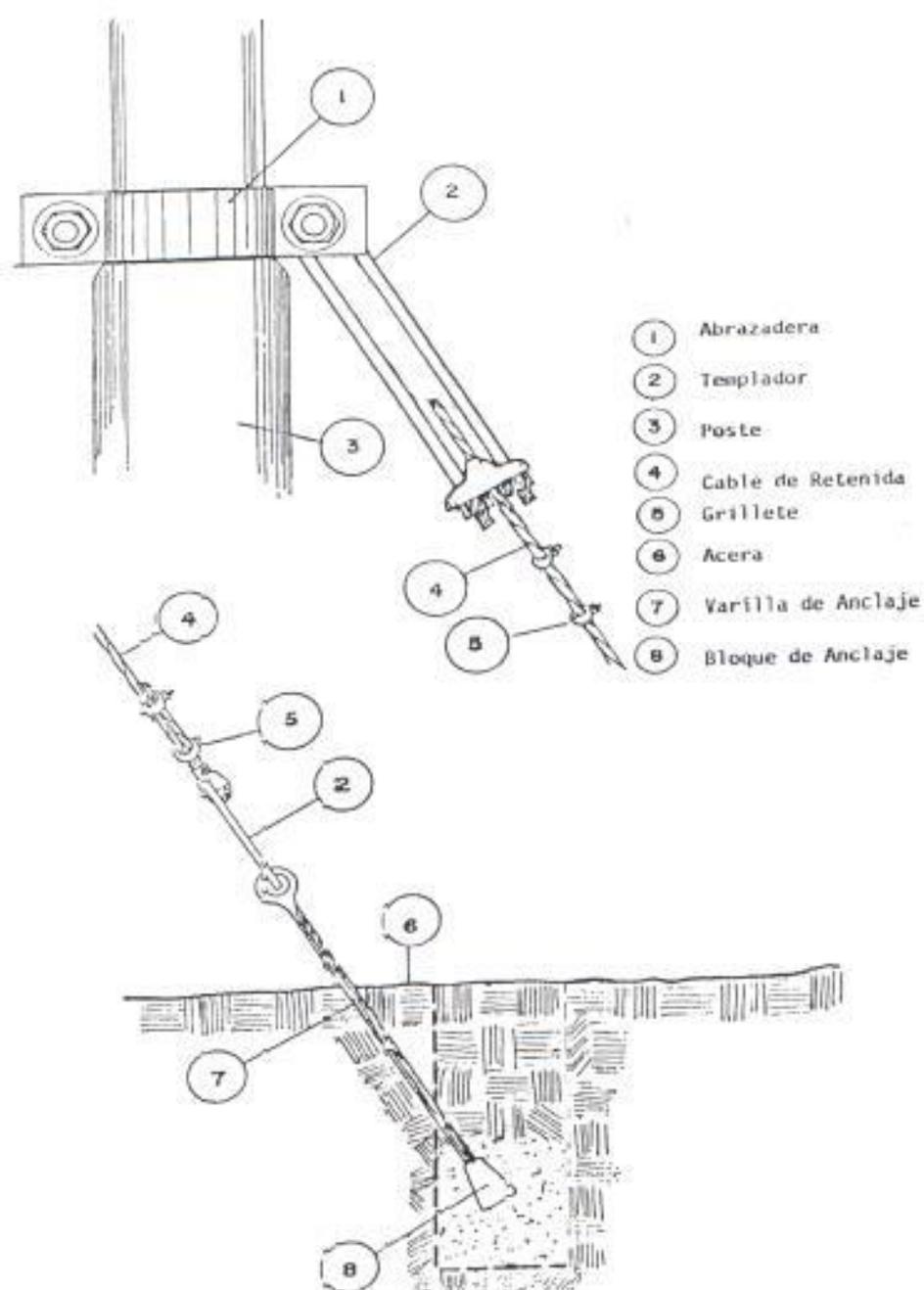


Figura 5.10 Plantado de postes en terreno fangoso

## 5.7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### 5.7.1. GENERALIDADES

La red secundaria está conformada por el conjunto de cables plásticos canalizados, cables aéreos y cables sobre paredes (cables murales). Una gran parte de los cables aéreos están suspendido en posteros que pueden ser de concreto, metálico y de madera en el área rural.

Los cables secundarios están conectados en los armarios con varios tipos de bloques:

- bloques con tornillos, capacidad de 50 y 100 pares
- bloques con ranura, capacidad de 50 y 100 pares
- bloques con ranura, en módulo de 10 pares
- Las cajas de dispersión ubicadas en la parte exterior están formadas por bloques de 10 pares. Estas cajas están cubiertas con una tapa metálica o tapa plástica.
- Las cajas están colocadas en postes de PACIFICTEL, en postes de la red eléctrica o en las fachadas de los edificios (tipo mural).
- En los empalmes de los cables tipo papel /plomo tienen manguitos de papel y mangas de plomo, y en los empalmes de los cables plásticos se usan diferentes tipos de mangas. En estos empalmes se utilizan conectores a presión.
- Los postes que se usan en la red telefónica en el que suspenden los cables son de concreto.

### 5.7.2. MEDIDAS

Las fallas encontradas en los cables deben ser reparadas inmediatamente. Se debe tener las siguientes consideraciones al respecto:

- En lo concerniente a los aéreos se debe verificar que los elementos de fijación de los cables, soportes y ganchos terminales estén en buenas condiciones.
- Corregir las irregularidades como oxidación, rotura de tornillos, etc, que se presenten en las cajas de dispersión. Todas las cajas deberán estar debidamente tapadas
- Controlar que los empalmes estén debidamente cerrados. Si este no será el caso, el empalme se abrirá para controlar que los empalmes entre los conductores no presentan humedad oxidación. Si solamente hay humedad, y no oxidación, el empalme se secará. Si los conductores estén afectados por oxidación, esos conductores tienen que ser reempalmados, haciendo dobles empalmes si es necesario, utilizando conductor con el mismo tamaño y el mismo color como el conductor en reparación. Después, el empalme tiene que ser cerrado debidamente.
- Los postes que estén deteriorados o que presentaren fallas visibles deben ser cambiados inmediatamente. La verticalidad de los postes debe ser verificado y los inclinados deben ser corregidos.
- Arreglar las retenidas que se encuentran dañadas y corregir las que estén mal instalados, por ejemplo las que están demasiado cerca de las redes eléctricas.
- Arreglar todas las subidas canalones, conos dañados.

## CAPITULO VI

### CARACTERÍSTICAS DE LA RED DEL ABONADO

#### 6.1 GENERALIDADES

La línea de abonado es la conexión que se efectúa desde la caja de dispersión hasta el equipo terminal (aparato telefónico) del abonado.

Como ejemplo se puede mostrar el sistema PSC240 el cual extiende las tecnologías digital y de fibra óptica a la red de abonado, proporcionando una plataforma para evolucionar hacia servicios avanzados como el ISDN (Red Digital de Servicios Integrados), el video, los servicios de banda ancha y el acceso local inalámbrico, en un futuro cercano.

Sin embargo, la presente tesis no diseña la red del abonado con esta tecnología por sus considerables costos, por ser proyectada para una urbanización.

Es probable que este tipo de tecnología sea factible en zonas industriales, pues estas zonas obtienen un servicio telefónico a alto costo, y si se estudia cuidadosamente puede generar una vía rentable para su implementación.

Utilizando una interfaz óptica operando a velocidad STM-1, el PSC240F soluciona eficientemente aplicaciones de fibra óptica de baja, mediana y alta capacidad, cubriendo distancias por encima de los 40 km. Configuraciones de red pueden ser punto-a-punto, punto-a-multipunto, inserción y extracción de tráfico con protección (1+1) y configuraciones en anillo.

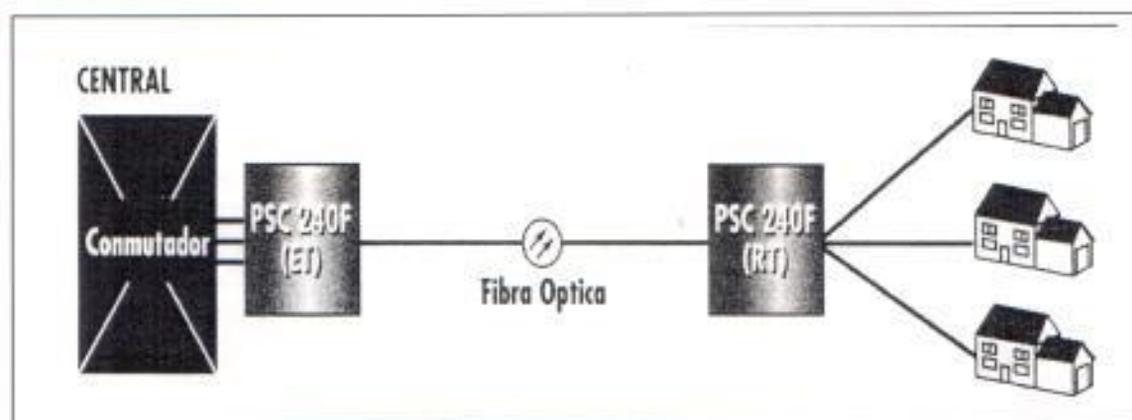


FIGURA 6.1: Sistema PSC240F Aplicación Punto A Punto

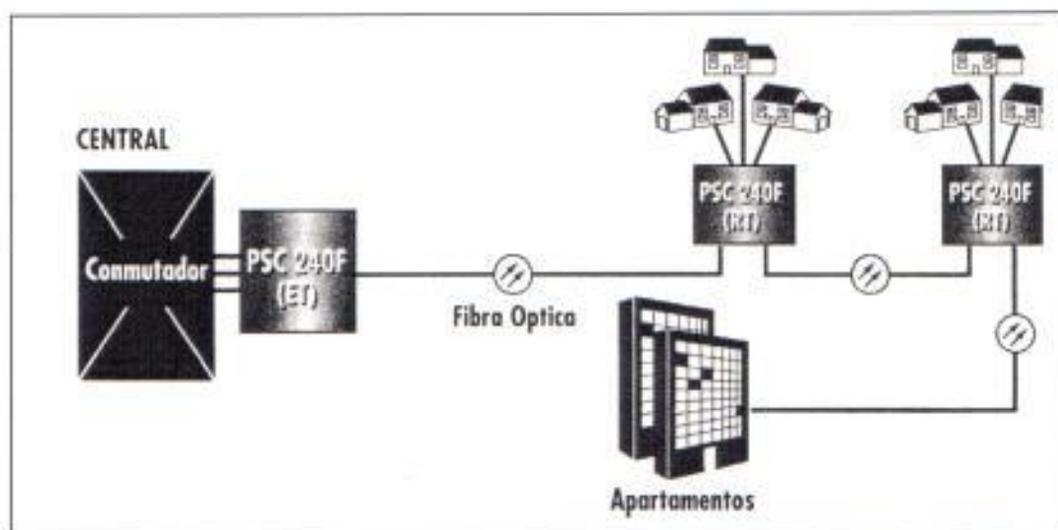


FIGURA 6.2: Sistema PSC240F Inserción y Extracción de Tráfico

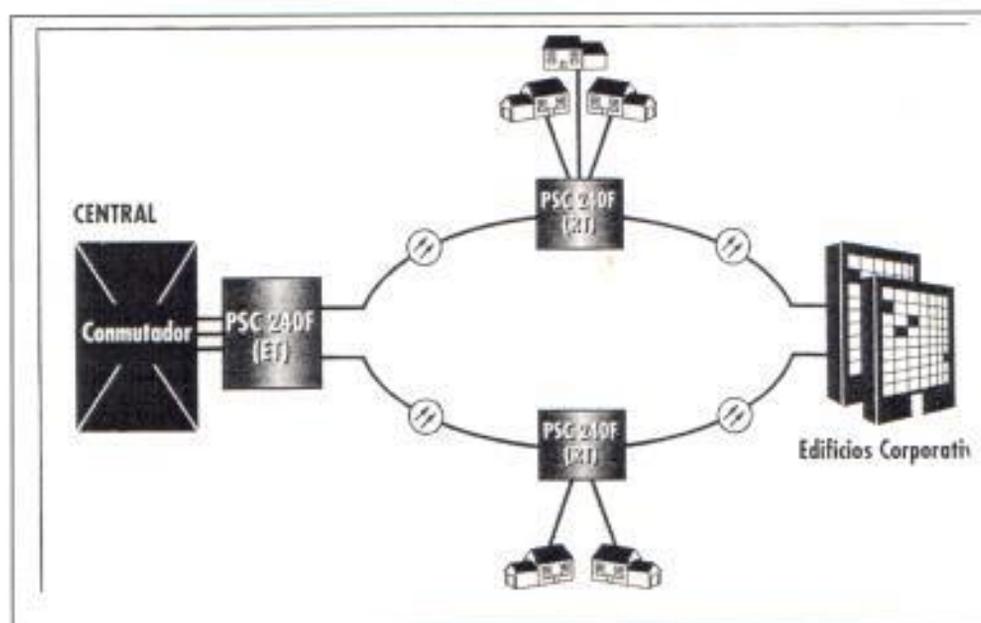


FIG. 6.3: Sistema PSC240F Anillo Óptico SDH

## 6.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

### 6.2.1. CABLE DE ACOMETIDA

Para la instalación se utiliza cable de acometida (de 1 par) tipo 5 para exterior y tipo 6 para interior, y herrajes.

El cable de acometida, tipo 5, será conectado a la caja de distribución por medio de las aberturas en el parte inferior de la caja. Este mismo cable se introduce en los anillos de suspensión hasta el soporte de dispersión. Se fijará el mismo cable en este soporte de dispersión mediante un tensor plástico y se temple el cable hasta el edificio o casa del abonado donde se fijará el cable mediante otro tensor plástico con un perno de ojo.

Si el cable de acometida se desvía antes de llegar al abonado, es necesario de instalar otros soportes de dispersión o pernos de ojo, y colocar otros tensores de plástico. Este para evitar que el cable de acometida roce en paredes o postes antes de llegar al abonado.

Dentro de la casa del abonado se corta el cable de acometida tipo 5, se coloca un bloque de conexión de un par y se continua la instalación con el cable tipo 6 hasta el equipo terminal (aparato telefónico).

Si es necesario de empalmar el cable de acometida tipo 5, este se efectúa con conectores debidos, y en tal forma que no haya tensión en el tramo que contiene el conector.

### **6.2.2. BLOQUES DE CONEXIÓN**

Consta de una caja y un bloque de conexión.

La caja es simplemente una cubierta y tapa de plástico, que se fija deslizándose sobre unas guías.

El bloque de conexión deber estar diseñado para conexión por un solo lado. Su cuerpo es de plástico y llevará bornes de tornillo de latón antioxidante.

Debajo de cada tornillo deben existir ranuras que permitan colocar el extremo del hilo en forma recta sin necesidad de formar gancho.

### **6.2.3. CAJAS DE SALIDA**

La caja del aparato deberá fabricarse de material termo-plástico u otro que presente características similares. No deberá ser afectada por el sudor, aceites, detergentes, etc.

Su superficie debe ser lisa y su color estable para que no sea afectada por el envejecimiento ni la acción decolorante de la luz. Las parte metálicas deben ser protegidas contra la corrosión.

La caja del aparato deberá disponer de soportes antideslizantes que garanticen la estabilidad del aparato durante su operación.

El conjunto del aparato deberá ofrecer óptima resistencia contra deformaciones, impactos, ralladuras, raspones.

#### **6.2.4. EQUIPO TERMINAL**

El equivalente de referencia de transmisión (ERT), de acuerdo al NOSFER deberá tener un valor medio menor o igual a 11.5 dB., para una línea de 3.2 Km., calibre 0.4 mm; el equivalente de referencia de recepción (ERR) en las mismas condiciones será menor o igual que 0.5 dB.

En los dos casos la pérdida de transmisión será 7 dB medida a 1.500 Kz. El puente de alimentación será de 48 voltios, 2x400 ohmios.

El equivalente de referencia de efecto local, referido al NOSFER, será como mínimo 8 dB para un teléfono conectado a un cable de 0.4 mm y 3.2 Km de longitud.

En el caso de que las mediciones del equivalente de referencia sean de tipo objetivo (OREM-A por ejemplo), se realizarán las conversiones necesarias para que los resultados puedan ser expresados en términos del NOSFER.

Se deberá indicar el ruido total introducido por el aparato telefónico y el método de medición utilizado.

La distorsión armónica total del micrófono será menor que el 10% y la distorsión armónica total de la cápsula receptora será menor o igual que 7%.

La resistencia del aparato telefónico a la corriente continua no deberá ser superior a 200 ohms cuando sea conectado a una línea con una resistencia de bucle de hasta 1800 ohm.

El aparato dispondrá de un dispositivo de regulación automática de nivel capaz de introducir una atenuación máxima comprendida entre 4 y 6 dB.

El aparato telefónico deberá estar diseñado para trabajar con una fuente de alimentación de 48 voltios DC a través de un puente de 2 x 400 ohmios.

La resistencia de aislamiento entre un punto cualquiera del aparato telefónico y otro con el que deba permanecer aislado, será mayor o igual que 100 megaohmios medida a 100 voltios DC.

El aparato soportará una señal de 500 voltios en valor eficaz (RMS) con una frecuencia de 60 Hz, aplicados entre dos puntos cualquiera que deban permanecer aislados entre sí.

El teclado estará formado por un grupo de 12 teclas, al oprimirse una tecla se emiten simultáneamente las frecuencias de fila y columnas que corresponden a esa tecla.

La tolerancia de cada frecuencia transmitida debe estar comprendida entre 1.8% de la frecuencia nominal.

Los productos de distorsión, resultantes de intermodulación o de armónicos, deben tener como mínimo un nivel de 20 dB por debajo de la frecuencia fundamental.

Los niveles de transmisión serán los siguiente: para el grupo de frecuencias altas -8 dBm 2 dB, para el grupo de frecuencias bajas -10 dBm 2 dB.

La velocidad de marcación del disco será ajustada a 10 ± 1 impulsos por segundo. Se indicará el margen de regulación de que se dispone. La relación de apertura/cierre será 60/40 o 66/33.

El disco tendrá rotación con el sentido del reloj cuando se marque el número deseado, los impulsos correspondientes se enviarán al regreso del disco. La numeración será ordinal correspondiendo un impulso al número 1 y 10 impulsos al número cero. Los contactos generadores de impulsos dispondrán de un circuito apaga chispas del tipo RC.

#### **Marcación con teclado**

En el caso de que el aparato telefónico realice la marcación decádica mediante teclado, la disposición geométrica de las teclas será la descrita en los aparatos de teclado con marcación multifrecuencial y las características eléctricas de las señales de marcación serán las ya descritas para la marcación con disco.

La impedancia de la unidad de timbrado medida a 800 Hz deberá ser mayor que 30 Kohmios.

El voltaje de operación nominal será de 75 voltios (valor RMS) con una frecuencia nominal de 25 Hz.

La tolerancia del voltaje de operación será -66% +30% referidos al voltaje nominal, y la tolerancia de frecuencia será del ± 20% referida a la frecuencia nominal.

Se indicará la degradación de la intensidad sonora cuando el aparato funciona al nivel más bajo de voltaje permitido.

La intensidad sonora máxima del timbre debe ser de 70 fones ± 5% cuando se aplican la tensión y frecuencia nominales y es medida a 1 metro de distancia. La intensidad

sonora podrá ser ajustada de manera continua del nivel máximo al mínimo, mediante un regulador fácilmente accesible para el usuario. El nivel sonoro mínimo deberá tener una potencia acústica inferior en por lo menos 10 dB al nivel máximo.

El microteléfono debe ser diseñado para que la distancia y el ángulo entre el receptor y el micrófono sean los indicados por CCITT en la recomendación P72. La cápsula microfónica será a prueba de humedad.

El cordón del microteléfono será de tipo helicoidal, y de una longitud aproximada de 2 metros.

El bloque terminal de conexión será de material plástico del mismo color del aparato.

### **6.3. MANTENIMIENTO Y REPARACION**

#### **6.3.1. GENERALIDADES**

En esta sección se presentará de forma general los parámetros que se deben tomar en cuenta para evitar futuras fallas en la red del abonado, o por lo menos minimizar los daños en líneas por causas imputables al abonado. Sin embargo, debe estar claro que es esta sección la que más interesa al Departamento de Reparaciones de PACIFICTEL, pues es de su responsabilidad el arreglo de cualquier daño que se pueda dar en esta parte.

La línea del abonado en servicio es la extensión de cable situado entre la caja de dispersión, en la red pública, y el aparato telefónico conectado en el domicilio del abonado, la misma que está constituida por el cable de acometida tendido en el exterior del domicilio del usuario y el cable interior conectado en la roseta del aparato telefónico.

El cable externo de acometida, está constituido por dos hilos (1 par de conductores), dispuestos en paralelos o entorchados, según la longitud a utilizarse en la instalación (máximo 80 m), de un diámetro de 0.8 mm a 1 mm., con aislamiento plástico, y el cable interior con un diámetro de 0.5 mm, generalmente con aislamiento plástico color blanco.

### **6.3.2. LÍNEA DE ABONADO AÉREA**

La línea de acometida que se encuentra en servicio, deberá estar siempre suspendida sobre los respectivos postes, mediante tensores terminales en cada extremo.

El cable de acometida, cuando sea necesario cambiarlo, éste debe entrar en la caja de dispersión de abajo hacia arriba, pasando siempre por la virola inferior y conectándose en la columna de pares del mismo lado. Ejemplo: si el cable pasa por la virola inferior derecha, las líneas deberán ser conectadas a los pares del 6 al 10.

En ningún momento, al realizar cambios de acometidas, éstas deben utilizar los herrajes de suspensión de la red secundaria. En el caso de cruces de calles o avenidas, deberá mantenerse los siguientes límites de altura: calles de tráfico liviano, altura 5 metros y en las calles de tráfico pesado o avenidas, altura de 6 metros en el vano.

La acometida que se encuentra interrumpida o circuitada, entre dos puntos de fijación (poste y poste) debe ser cambiada eliminando de ésta manera la existencia de empalme intermedio y por ningún motivo reparada en sus partes intermedias.

Los empalmes que se realicen, deberán ser efectuados con conectores de un par con resina. La fijación, al cambiar cables de acometida, debe ser entre herrajes correspondientes, garantizando seguridad y buena estética de la línea de abonados,

utilizando para este fin tensores. El cable de acometida deberá ser fijado en tal forma que no raspe los postes o paredes.

Los cables que sean instalados en forma aérea tienen la siguiente especificación:

- a) Cable autosuspendido con aislamiento de polietileno sólido núcleo con petrolato y cubierta estanca aluminio-polietileno.
- b) Cable liso con aislamiento de polietileno sólido núcleo con petrolato y cubierta estanca aluminio-polietileno (para colocación mural).

### **6.3.3. LÍNEAS SOBRE MUROS**

Para reponer las líneas de acometidas murales, deberán estar siempre sujetas a sus respectivos herrajes, en éstos casos en medio de virolas redondas y en los ángulos, a virolas ovaladas y de ser necesario sujetar con grapas, llevando la respectiva estética, de acuerdo al contorno de la arquitectura del edificio.

### **6.3.4. LÍNEAS INTERIORES**

Al realizar la reparación de una línea interior circuitada o interrumpida, ésta debe ser cambiada desde el bloque de unión de la línea de acometida con la línea interior hasta la roseta del aparato telefónico, evitando de ésta manera empalmes intermedios. Las líneas reparadas deberán ser repuestas de acuerdo a las normas técnicas de instalación.

Las reparaciones en líneas interiores deben hacerse procurando pulcritud y estética. Se tendrá especial cuidado de no ensuciar el enlucido de las paredes evitando raspaduras con las herramientas, escaleras o huella de las manos.

Una vez que se ha comprobado que el servicio llega hasta la caja dispersión habrá que seguir el temblón para verificar si en algún sitio del mismo existe fallas como línea rota o unión de cables que produce el circuito.

En la parte de la línea de abonado, también se podría diferenciar tres partes claramente definidas, que son:

- LINEA EXTERIOR: Comprendiéndose ésta hasta la entrada del domicilio o departamento.
- LINEA INTERIOR: como su nombre lo indica, en el domicilio.
- APARATO O EQUIPO PROPIAMENTE DICHO

Es decir se seguirá el servicio paso a paso en el orden indicado, a partir de la caja de dispersión debiendo llegar el mismo hasta la entrada misma del aparato o equipo. Si el servicio llega hasta este sitio (desconectando el aparato si es necesario) y al colocar el equipo produce alguna falla se notificará al abonado para que proceda a hacer revisar el mismo. Es aquí en donde acaba la responsabilidad de PACIFICTEL y por lo tanto de la Sección de Reparaciones.

Se debe añadir que las instalaciones interiores dañadas en cuanto a edificios se refiere, no es responsabilidad de PACIFICTEL pero si se debe dejar notificado al interesado.

#### **6.3.5. LÍNEAS INTERIORES EMPOTRADAS**

En caso de daños de líneas de abonado empotradas y conectadas a su respectiva caja de distribución, DP o CD deben cambiarse en su totalidad y en ningún caso tendrán empalme intermedio, cuya responsabilidad es a cargo del propietario del inmueble.

### 6.3.6. EQUIPO TERMINAL

En el caso de localizar el daño en el aparato telefónico y que sea de incumbencia de PACIFITEL, el propietario deberá llevar el teléfono al Taller de Aparatos de la Institución.

La reparación de una línea de abonado se considerará terminada una vez que haya sido comprobada por el operador de la mesa de prueba y verificada por el supervisor.

## CAPITULO VII

### ANÁLISIS DE COSTOS Y CRITERIOS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

#### 7.1. GENERALIDADES

El objetivo de este capítulo es analizar los principales costos que se presentan en este tipo de proyectos (diseño de redes telefónicas) así como las técnicas de medición de la rentabilidad de un proyecto. En este sentido, la evaluación a la cual se exponga el presente estudio, comparará los beneficios proyectados asociados a una decisión de inversión con su correspondiente flujo de desembolsos proyectados.

Las matemáticas financieras manifiestan su utilidad en el estudio de las inversiones, puesto que su análisis se basa en la consideración de que el dinero, sólo porque transcurre el tiempo, debe ser remunerado con una rentabilidad que el inversionista le exigirá por no hacer un uso de él hoy y aplazar su consumo a un consumo conocido. Este es lo que se conoce como *valor tiempo del dinero*.

En este proyecto se considerara a la inversión como el menor consumo presente y a la cuantía de los flujos de caja en el tiempo como la recuperación que debe incluir esa recompensa.

La consideración de los flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos diferentes.

Entonces, el objetivo de descontar los flujos de caja futuros proyectados es entonces, determinar si la inversión en estudio rinde mayores beneficios que los usos de alternativa de la misma suma de dinero requerida por el proyecto.

Los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de caja descontado son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Menos importante es el de razón beneficio-costos descontada.

Aunque actualmente cualquier calculadora financiera de bolsillo permite la aplicación directa de las matemáticas financieras a los procedimientos de evaluación basados en flujo de caja descontados, es absolutamente necesario conocer sus fundamentos conceptuales para su correcta aplicación. Así pues, a continuación se tratarán estos métodos en forma general.

Antes de detallar los criterios expuestos, se presentan a continuación los costos generales del proyecto de acuerdo a los materiales y recursos utilizados; así como, de acuerdo a cada alternativa de diseño.

## 7.2. COSTOS GENERALES DEL PROYECTO

Se consideran aquellos costos que resultan de la instalación y operación del diseño.

Todo lo cual se deberá regir al cronograma de trabajo que define la duración del proyecto (Ver Anexo E).

### 7.2.1. COSTOS DE LA RED SECUNDARIA

Donde se toman en cuenta los costos de todos los materiales y mano de obra utilizados para cubrir los cuatro distritos de la urbanización, los cuales se muestran en las tablas a continuación:

**TABLA 7-A**

#### DISTRITO 1

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S./.)	Valor total
Cable aéreo 10 pr	m	283.59	4821.8	1367357.544
Cable aéreo 20 pr	m	254.23	6472.8	1645579.944
Cable aéreo 30 pr	m	353.86	7531.2	2664890.432
Cable aéreo 50 pr	m	169.19	10859.6	1803497.724
Cable ducto 50pr	m	353.86	9769.2	3457808.34
Kit de empalme de 20 pr	u	4	351600	1406400
Kit de empalme de 30 pr	u	4	351600	1406400
Kit de empalme de 50 pr	u	4	351600	1406400
Kit de empalme de 100 pr	u	2	351600	703200
Kit de mordaza	u	2	7084.8	14169.6
Cajas de dispersión	u	20	77760	1555200
Kit de caja de dispersión	u	20	240898.4	4817968
Armarios	u	1	5731200	5731200
Bloques del armario 100 pr (pres-ares)	u	3	754800	2264400
Bloques del armario 100 (esp-10rn)	u	2	357514.6	715029.6
<b>Total Materiales</b>				<b>30958601.18</b>

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S./.)	Valor total
Tendido de cable aéreo 10pr	m	283.59	1895	537403.05
Tendido de cable aéreo 20pr	m	254.23	1895	481765.85
Tendido de cable aéreo 30pr	m	353.86	1895	670564.7
Tendido de cable aéreo 50pr	m	169.19	1895	320615.05
Tendido de cable ducto 50pr	m	353.86	2643	935489.85
Empalme aéreo directo de 20 pr	u	4	128987	515948
Empalme aéreo directo de 30 pr	u	4	133383	533532
Empalme aéreo directo de 50 pr	u	4	152258	609032
Empalme ducto directo de 50 pr	u	2	341611	683222
Empalme ducto numerado de 100 pr	u	2	388844	777688
Instalación de cajas de dispersión	u	20	46542	930840
Instalación de armarios	u	1	101608	101608
Instalación de mordaza	u	1	23030	23030
<b>Total Mano de Obra</b>				<b>7120738.5</b>

Total Costo de Instalación

**45201078.18**

TABLA 7-B

Costo mano de obra y materiales  
RED SECUNDARIA (DISTRITO 2)

MATERIALES	UNIDAD	CANTI.	VALOR UNITARIO (S/.)	Valor total
Cable aereo 10 pr	m	257.79	4821.6	1242960.26
Cable aereo 20 pr	m	310.39	6472.8	2009092.39
Cable aereo 30 pr	m	170.98	7531.2	1287684.58
Cable aereo 50 pr	m	129	10659.6	1375088.4
Cable ducto 50pr	m	358.49	9769.2	3502160.51
Kit de empalme de 20 pr	u	5	351600	1758000
Kit de empalme de 30 pr	u	4	351600	1406400
Kit de empalme de 50 pr	u	2	351600	703200
Kit de empalme de 100 pr	u	2	351600	703200
Kit de mordaza	u	4	7084.8	28339.2
Cajas de dispersión	u	19	77760	1477440
Kit de caja de dispersión	u	19	240898.4	4577069.6
Armarios	u	1	5731200	5731200
Bloques del armario 100 pr (pres-pres)	u	3	754800	2264400
Bloques del armario 100 (esp-tom)	u	2	357514.8	715029.6
<b>Total Materiales</b>				<b>28781264.5</b>

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	Valor total
Tendido de cable aéreo 10pr	m	257.79	1895	488512.05
Tendido de cable aéreo 20pr	m	310.39	1895	588189.05
Tendido de cable aéreo 30pr	m	170.98	1895	324007.1
Tendido de cable aéreo 50pr	m	129	1895	244455
Tendido de cable ducto 50pr	m	358.49	2643	947489.07
Empalme aéreo directo de 20 pr	u	5	128987	644935
Empalme aéreo directo de 30 pr	u	4	133383	533532
Empalme aéreo directo de 50 pr	u	2	152258	304516
Empalme ducto directo de 50 pr	u	5	341611	1708055
Empalme ducto numerado de 100 pr	u	2	388844	777688
Instalación de cajas de dispersión	u	19	46542	884298
Instalación de armarios	u	1	101608	101608
Instalación de mordaza	u	4	23030	92120
<b>Total Mano de Obra</b>				<b>7639404.27</b>

**Total Costo de Instalación**

**44060073.1**

TABLA 7-C

**Costo mano de obra y materiales RED  
SECUNDARIA (DISTRITO 3)**

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	Valor total
Cable aéreo 10 pr	m	442.35	4821.6	2132834.76
Cable aéreo 20 pr	m	400.13	6472.8	2589961.46
Cable aéreo 30 pr	m	313.46	7531.2	2360729.95
Cable aéreo 50 pr	m	402.16	10659.6	4286864.74
Cable ducto 50pr	m	517.54	9769.2	5055951.77
Kit de empalme de 20 pr	u	5	351600	1758000
Kit de empalme de 30 pr	u	5	351600	1758000
Kit de empalme de 50 pr	u	5	351600	1758000
Kit de empalme de 100 pr	u	2	351600	703200
Kit de mordaza	u	12	7084.8	85017.6
Cajas de dispersión	u	25	77760	1944000
Kit de caja de dispersión	u	25	240898.4	6022460
Armarios	u	1	5731200	5731200
Bloques del armario 100 pr (pres-pres)	u	3	754800	2264400
Bloques del armario 100 (esp-torn)	u	2	357514.8	715029.6
<b>Total Materiales</b>				<b>39165649.9</b>

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	Valor total
Tendido de cable aéreo 10pr	m	442.35	1895	838253.25
Tendido de cable aéreo 20pr	m	400.13	1895	758246.35
Tendido de cable aéreo 30pr	m	313.46	1895	594006.7
Tendido de cable aéreo 50pr	m	402.16	1895	762093.2
Tendido de cable ducto 50pr	m	517.54	2643	1367858.22
Empalme aéreo directo de 20 pr	u	5	128987	644935
Empalme aéreo directo de 30 pr	u	5	133383	666915
Empalme aéreo directo de 50 pr	u	5	152258	761290
Empalme ducto directo de 50 pr	u	5	341611	1708055
Empalme ducto numerado de 100 pr	u	2	388844	777688
Instalación de cajas de dispersión	u	25	46542	1163550
Instalación de armarios	u	1	101608	101608
Instalación de mordaza	u	12	23030	276360
<b>Total Mano de Obra</b>				<b>10420858.7</b>

**Total Costo de Instalación**

**60007367.3**

TABLA 7-D

## DISTRITO 4

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	Valor total
Cable aéreo 10 pr	m	385.39	4821.6	1858196.42
Cable aéreo 20 pr	m	319	6472.8	2064823.2
Cable aéreo 30 pr	m	285.59	7531.2	2150835.41
Cable aéreo 50 pr	m	279.9	10659.6	2983622.04
Cable ducto 50pr	m	338.5	9769.2	3306874.2
Kit de empalme de 20 pr	u	5	351600	1758000
Kit de empalme de 30 pr	u	5	351600	1758000
Kit de empalme de 50 pr	u	4	351600	1406400
Kit de empalme de 100 pr	u	2	351600	703200
Kit de empalme ducto de 50 pr	u	1	351600	351600
Kit de mordaza	u	6	7084.8	42508.8
Cajas de dispersión	u	25	77760	1944000
Kit de caja de dispersión	u	25	240898.4	6022460
Armarios	u	1	5731200	5731200
Bloques del armario 100 pr (pres-pres)	u	3	754800	2264400
Bloques del armario 100 (esp-tom)	u	2	357514.8	715029.6
<b>Total Materiales</b>				<b>35061149.7</b>

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	Valor total
Tendido de cable aéreo 10pr	m	442.35	1895	838253.25
Tendido de cable aéreo 20pr	m	400.13	1895	758246.35
Tendido de cable aéreo 30pr	m	313.46	1895	594006.7
Tendido de cable aéreo 50pr	m	402.16	1895	762093.2
Tendido de cable ducto 50pr	m	517.54	2643	1367858.22
Empalme aéreo directo de 20 pr	u	5	128987	644935
Empalme aéreo directo de 30 pr	u	5	133383	666915
Empalme aéreo directo de 50 pr	u	5	152258	761290
Empalme ducto directo de 50 pr	u	4	341611	1366444
Empalme ducto numerado de 100 pr	u	2	388844	777688
Empalme ducto numerado de 50 pr	u	1	341611	341611
Instalación de cajas de dispersión	u	25	46542	1163550
Instalación de armarios	u	1	101608	101608
Instalación de mordaza	u	12	23030	276360
<b>Total Mano de Obra</b>				<b>10420858.7</b>

Total Costo de Instalación

55902867.1

7.2.2. COSTOS DE RED PRIMARIA,  
MANO DE OBRA, EQUIPOS Y  
MAQUINARIA

MATERIALES	UNI D.	CANTIDA D	VALOR UNITARIO (\$)	Valor total (\$)
FO aereo 6 hilos	m	6300	0.7	4410
FO canalizada 6 hilos	m	8000	0.6	4800
Modurack	u	5	40	200
Distribuidor de FO (bandejas conectoras)	u	2	20	40
OMUX-300	u	2	13500	27000
PSC-240	u	4	11000	44000
Conectores ópticos	u	10	8	80
<b>Total Materiales 2</b>				<b>80506</b>

MANO DE OBRA	No.	Horas/Unidad	Salario Básico / Hora	Factor Salario Real	Salario Real / Hora	Rendimiento Total Hora /Unidad	Costo Sucres	Costo dólares/hora	Costo mensual
Supervisor	1	0.072	1150	5.19	5968.5	0.082	489.417		
Capataz	1	0.0216	1050	5.48	5754	0.0316	181.83		
Cablista	8	0.0216	862.5	6.19	5338.88	0.1728	922.56		
Chofer	2	0.0216	841.67	6.29	5294.1	0.0432	228.71		
<b>Total Mano de Obra</b>	<b>12</b>						<b>1822.517</b>	<b>0.364</b>	<b>58.3</b>

MAQUINARIA	Cantidad	Costo/Hora	Rendimiento Hora/Unidad	Costo sucre	Costo dólares/hora	Costo mensual
Camion 7 Ton.	1	34958.17	0.0216	755.1		
Camioneta	1	12766.15	0.0072	91.92		
Bomba de agua	2	7356.25	0.0072	105.93		
Trailer	1	2312.03	0.0072	16.65		
<b>Total de equipos y maquinarias</b>	<b>5</b>			<b>969.6</b>	<b>0.19</b>	<b>30.4</b>

TOTAL DE COSTOS ENLACE CON FIBROPTICA=\$ 80594.7

EGRESOS TOTALES PROMEDIO =80107(costos)+1800 (sueld y salar) = \$ 81907

### 7.2.3. COSTOS DEL ENLACE MICROONDAS

Los costos para el enlace de microondas se basan en los rubros de equipo e instalación:

EQUIPOS	UNID.	CANTIDAD	VALOR EN S/.	VALOR EN \$ T/C S/ 5.000=
Antenas	u	2	80.000.000	16.000
Cables	m	40	400.000	80
PSC 240	u	2	110.000.000	22.000
Torre	u	2	15.000.000	3000
<b>MANO DE OBRA</b>				
Instalación de antenas	u	2	10.000.000	2000
Instalación PSC	u	2	1750.000	350
Instalación de torre	u	2	20.000.000	4000
Adecuaciones finales			500.000	100
<b>Totales</b>		52	<u>237.650.000</u>	<u>47.530</u>

Sumando el costo total de la red secundaria más el costo de los equipos e instalación del enlace, quedaría:

<b>RED SECUNDARIA</b>		<b>RED SECUNDARIA</b>	
Distrito 1	\$9040.2	Distrito 1	\$9040.2
Distrito 2	8812	Distrito 2	8812
Distrito 3	12000	Distrito 3	12000
Distrito 4	11180.6	Distrito 4	11180.6
<b>Enlace Prim. (Fibra óptica)</b>	80594	<b>Enlace prim. (Microonda)</b>	47530.0
	<u>\$121626.8</u>		<u>\$88562.8</u>

El valor de los ingresos proyectados tanto para fibra óptica como para microonda, se ha realizado considerando como base de ingreso mínimo la tarifa residencial e impuestos a la fecha. Por tanto 25.000 sucres por el número de abonados (480) y eso, a su vez por 6 ya que la proyección se realiza semestra, de donde resultan 72000000, valor utilizado en la Tabla 7-E.

TABLA 7-E

## CALCULO DE LOS INGRESOS EN BASE A LA PROYECCION DEL Dólar

Ingreso semestral (sucres): 72000000

Fecha: Abril/98

AÑO	SEMESTRE	INGRESOS EN SUCRES	Proyección dolar	Ingresos dólares
1999	1	72000000	5315	13546.56
1999	2	72000000	5523	13036.39
2000	1	72000000	6350	11338.58
2000	2	72000000	6780	10619.46
2001	1	72000000	7290	9876.54
2001	2	72000000	7656	9404.38
2002	1	72000000	8231	8747.41
2002	2	72000000	8752	8226.69
2003	1	72000000	9065	7942.63
2003	2	72000000	9352	7698.88
2004	1	72000000	9687	7432.64
2004	2	72000000	10103	7126.56
2005	1	72000000	10456	6885.99
2005	2	72000000	10920	6593.4
2006	1	72000000	11398	6316.89
2006	2	72000000	11636	6187.69
2007	1	72000000	11981	6009.51
2007	2	72000000	12331	5838.94
2008	1	72000000	12854	5601.36
	2	72000000	13050	5517.24

## 7.3. REGLA DEL VALOR ACTUAL NETO(VAN)

Las empresas invierten en diferentes activos reales. Estos incluyen activos tangibles tales como naves y maquinaria, y activos intangibles, tales como contratos de gestión y patentes. El objeto de la decisión de inversión o presupuesto de capital, es encontrar activos reales cuyo valor supere su coste. Lo que se necesita es conocer

como se determinan los precios de los activos, es decir se necesita una teoría de valor, para ello aplicaremos el concepto de Valor Actual Neto.

Visto de una manera muy general, este método asume alguna tasa mínima deseada de retorno. Todos los flujo de caja futuros esperados son descontados al presente, utilizando esta tasa deseada mínima. Si el resultado es positivo, el proyecto es deseable y viceversa. Cuando se escoge entre varias inversiones la que tiene el valor presente neto mayor es la más deseable. Antes de proceder, se debe considerar ciertas suposiciones que se utilizan en este método. Primero, el modelo asume un mundo de certeza: debe estar absolutamente seguro que el flujo de caja esperado ocurrirá en tiempos especificados. Segundo, el modelo asume que la cantidad original de la inversión puede ser evocada como siendo pedida prestada en alguna tasa de retorno especificada, es decir se toma en cuenta los efectos de interés ocasionado por el préstamo.

La creación del Valor Actual Neto como técnica de evaluación de proyectos se debe a que considera la circunstancia de que un sucre recibido inmediatamente es preferible a un sucre recibido en alguna fecha futura. El VAN es una de las técnicas desarrolladas por el Flujo de Efectivo Descontado (FED) para tomar en cuenta el valor del dinero con el tiempo. Para la implantación de éste enfoque, encuentrese el valor presente de los flujos netos de efectivo esperados en una inversión, descontados al costo marginal de capital, y sustráigalos del costo inicial del proyecto. Si el Valor Actual Neto es positivo, el proyecto debería ser aceptado; si es negativo, debería ser

rechazado. Si se tienen dos proyectos mutuamente excluyentes, deberá elegirse el que tenga el Valor Actual Neto más alto.

Otra manera de evaluar el VAN de un proyecto, que facilita las operaciones, es aplicar los coeficientes previamente calculados (existen tablas con coeficientes para  $n$  años y  $t$  tasas de descuento) a todas las cantidades que se desean traer a valor presente.

Para motivo de un análisis más simplificado, en esta tesis se ha escogido aplicar los coeficientes semestrales (a una tasa de descuento del 10% anual).

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

Entonces, se puede expresar la formulación matemática de este criterio de la siguiente forma:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde  $Y_t$  representa el flujo de ingresos del proyecto,  $E_t$  sus egresos e  $I_0$  la inversión inicial en el momento cero de la evaluación. La tasa de descuento se representa mediante  $i$ .

Aunque es posible aplicar directamente esta ecuación, la operación se puede simplificar a una sola actualización mediante

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

donde  $BN_t$  representa el beneficio neto del flujo en el período  $t$ . Obviamente,  $BN_t$  puede tomar un valor positivo o negativo.

Al aplicar este criterio, el VAN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión si el resultado fuese, por ejemplo 100 positivos, indicaría que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente por lo exigido. Si el resultado fuese 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista.

La proyección de acuerdo al VAN se muestra a continuación en la Tabla 7-F.

TABLA 7-F

EVALUACION DEL PROYECTO EN BASE AL VALOR ACTUAL NETO  
 TASA DE RENDIMIENTO : 10%  
 DOLARES

AÑO	SEMEST	INGRESOS	EGRESOS	COEFIC.	VAN de los INGRESOS	VAN de los EGRESOS	VAN Ingre-Egre
1999	1	13546.56	7031.35	0.952	12896.3251	6693.8452	8340.1483
1999	2	13036.39	7031.35	0.907	11824.0057	6377.43445	5446.57128
2000	1	11338.58	7031.35	0.864	9796.53312	6075.0864	3721.44672
2000	2	10619.46	7031.35	0.823	8739.81558	5786.80105	2953.01453
2001	1	9876.54	7031.35	0.784	7743.20736	5512.5784	2230.62896
2001	2	9404.38	7031.35	0.746	7015.66748	5245.3871	1770.28038
2002	1	8747.41	15398.65	0.711	6219.40851	10948.4402	-4729.03164
2002	2	8226.69	14880.76	0.677	5569.46913	10074.2745	-4504.80539
2003	1	7942.63	14378.47	0.645	5122.99635	9274.11315	-4151.1168
2003	2	7698.88	13877.64	0.614	4727.11232	8520.87096	-3793.75864
2004	1	7432.64	13376.12	0.585	4348.0944	7825.0302	-3476.9358
2004	2	7126.56	12874.49	0.557	3969.49392	7171.09093	-3201.59701
2005	1	6885.99	12372.89	0.53	3649.5747	6557.6317	-2908.057
2005	2	6593.4	11871.3	0.505	3329.667	5995.0065	-2665.3395
2006	1	6316.89	11369.67	0.481	3038.42409	5468.81127	-2430.38718
2006	2	6187.69	10868.07	0.458	2833.96202	4977.57606	-2143.61404
2007	1	6009.51	10364.96	0.436	2620.14636	4519.12256	-1898.9762
2007	2	5838.94	9860.09	0.416	2428.99904	4101.79744	-1672.7984
2008	1	5601.36	9358.71	0.396	2218.13856	3706.04916	-1487.9106
2008	2	5517.24	8857.96	0.377	2079.99948	3339.45092	-1259.45144
<b>TOTALES</b>		<b>163947.74</b>	<b>211897.88</b>	<b>12.464</b>	<b>110171.04</b>	<b>128170.398</b>	<b>-15861.68947</b>

#### 7.4. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos futuros de efectivo esperados, o ingresos, con el costo inicial del proyecto. En otras palabras, es la Tasa de Descuento que nos dará un Valor Presente Neto igual a cero.

Cuando se encuentra el TIR tomando en cuenta únicamente los ingresos netos del proyecto (sin contar con los gastos financieros) el valor porcentual encontrado se

puede definir como la tasa máxima de interés que puede ser pagado por el capital empleado en la vida de una inversión sin que se den pérdidas en el mismo.

En cambio cuando se encuentra el TIR en un análisis con gastos financieros (amortización y pago de intereses) incluidos, el valor encontrado toma un nuevo significado y será el mínimo porcentaje de rendimiento que debe tener el capital empleado en la vida de una inversión para que no se den pérdidas en el proyecto.

Obsérvese que la fórmula de la Tasa Interna de Rendimiento, no es más que la fórmula del Valor Presente Neto, con la variante de que se ha despejado la tasa particular de descuento que hace que el valor presente neto sea igual a cero. De tal modo, la misma ecuación básica se usa para ambos métodos, pero en el método del VAN la tasa de descuento,  $k$ , es especificada y el Valor Presente Neto es encontrado, mientras que en el método del TIR se especifica que el VAN deberá ser igual a cero y se debe encontrar el valor de  $R$  que hará que el Valor de Rendimiento puede encontrarse mediante varias maneras. A continuación se describen algunos métodos.

La tasa interna de Rendimiento puede encontrarse mediante **el método de prueba y error**, donde primero se calcula el valor presente de los flujos de efectivo provenientes de una inversión, usando una tasa de descuento seleccionada en una forma un tanto arbitraria. Puesto que el costo de capital para la mayoría de empresas oscila en el rango del 10% al 20%, es de esperarse que los proyectos prometan un rendimiento de por lo menos 10%. Por lo tanto, 10% es un buen punto de partida para la mayor parte de los problemas. Después de calcular el valor presente a un 10%, compararemos el valor presente obtenido de esta manera con el costo de la inversión. Si el valor presente de los flujos de entrada de efectivo es más grande que

el costo de proyecto, debemos disminuir el valor presente, para lo cual debemos elevar la tasa de descuento y repetir nuevamente el proceso. Continuamos hasta que el valor presente de los flujos de entrada de efectivo provenientes de la inversión sean aproximadamente igual al costo del proyecto. La tasa de descuento que produce esta igualdad se define como la Tasa Interna de Rendimiento.

La Tasa Interna de Rendimiento también puede estimarse en forma **gráfica**. Entonces, primero se calcula el Valor Presente Neto a tres o cuatro tasas de descuento. A continuación, grafique estos Valores Netos Presentes contra las tasas de descuento. La intersección de la curva hallada de esta manera, con el eje horizontal es la Tasa Interna de Rendimiento.

Muchas **calculadoras financieras** disponen de una función de Tasa Interna de Rendimiento dentro de su sistema. En tales calculadoras, tan sólo se necesita teclear el costo de por ejemplo \$1000 y los flujos de entrada de efectivo, oprimir el botón IRR (Internal Rate of Return por sus siglas en inglés) y esperar pocos minutos mientras la calculadora ejecuta el proceso de prueba y error, como ya lo describimos, y entonces aparecerá en la pantalla la Tasa Interna de Rendimiento calculada.

Para nuestro análisis se ha escogido una variación del primer método aplicado a computación, para aprovechar de esta manera el trabajo que se ha venido realizando con hoja electrónica. Para ello, se programó la fórmula de los coeficientes y se empezó a incrementar la tasa interna de rendimiento tomando como valor inicial el 15% hasta que se encontró el valor que igualaba el déficit total a cero.

Tabla 7-G

EVALUACION DEL PROYECTO EN BASE DE LA TASA INTERNA DE RETORNO  
 TASA DE RENDIMIENTO: 156.006%  
 DOLARES

AÑO	SEMEST	INGRESOS	EGRESOS	COEFIC.	VAN de los INGRESOS	VAN de los EGRESOS	VAN Ingre-Egre
1999	1	13546.56	7031.35	0.56166	7608.56089	3949.22804	8340.1483
1999	2	13036.39	7031.35	0.31546	4112.45959	2218.10967	1894.34992
2000	1	11338.58	7031.35	0.17718	2008.9696	1245.81459	763.155011
2000	2	10619.46	7031.35	0.09952	1056.84866	699.759952	357.088707
2001	1	9876.54	7031.35	0.0559	552.098586	393.052465	159.046121
2001	2	9404.38	7031.35	0.03139	295.203488	220.714077	74.4894117
2002	1	8747.41	15398.65	0.01763	154.216838	271.4782	-117.261361
2002	2	8226.69	14880.76	0.0099	81.444231	147.319524	-65.875293
2003	1	7942.63	14378.47	0.00556	44.1610228	79.9442932	-35.7832704
2003	2	7698.88	13877.64	0.00312	24.0205056	43.2982368	-19.2777312
2004	1	7432.64	13376.12	0.00175	13.00712	23.40821	-10.40109
2004	2	7126.56	12874.49	0.00099	7.0552944	12.7457451	-5.6904507
2005	1	6885.99	12372.89	0.00055	3.7872945	6.8050895	-3.017795
2005	2	6593.4	11871.3	0.00031	2.043954	3.680103	-1.636149
2006	1	6316.89	11369.67	0.00017	1.0738713	1.9328439	-0.8589726
2006	2	6187.69	10868.07	0.0001	0.618769	1.086807	-0.468038
2007	1	6009.51	10364.96	0.00006	0.3605706	0.6218976	-0.261327
2007	2	5838.94	9860.09	0.00003	0.1751682	0.2958027	-0.1206345
2008	1	5601.36	9358.71	0.00002	0.1120272	0.1871742	-0.075147
2008	2	5517.24	8857.96	0.00001	0.0551724	0.0885796	-0.0334072
<b>TOTALES</b>		<b>163947.74</b>	<b>211897.88</b>	<b>0.12813</b>	<b>15966.2727</b>	<b>9319.5713</b>	<b>0.00583704</b>

## 7.5. RELACION BENEFICIO – COSTO ( B/C)

El Índice de Rentabilidad o Relación Costo-Beneficio, es el valor actual de los flujos de tesorería previstos dividido por la inversión inicial:

$$\text{Índice de Rentabilidad} = VA / I_i$$

El criterio del índice de rentabilidad nos dice que debemos aceptar todos aquellos proyectos que tengan un índice mayor que 1. Si el índice es mayor que 1, el valor actual VA es mayor que la inversión inicial  $I_i$  y por lo tanto, el proyecto debe tener un valor actual neto positivo.

El índice de rentabilidad nos conduce, por lo tanto, exactamente a la misma decisión que nos llevaría el valor actual neto. Sin embargo, al igual que la tasa interna de rentabilidad, el índice de rentabilidad nos puede conducir a decisiones erróneas cuando estamos obligados a elegir entre dos inversiones mutuamente excluyentes.

Cuando la relación Beneficio-Costo se aplica considerando flujos no descontados de caja, lleva a los mismos problemas ya indicados respecto al valor tiempo del dinero. Estas mismas limitaciones han inducido a utilizar factores descontados.

Esta interpretación es más lógica con respecto de los beneficios (ingresos) y costos (egresos con la inversión incluida). Cuando el VAN es cero (ambos términos de la división son idénticos) la RBC será mayor que 1.

Las definiciones de este método respecto al VAN se refieren a que entrega un índice de relación, en lugar de un valor concreto; requiere de mayores cálculos al hacer

necesarias dos actualizaciones (egresos e ingresos) en vez de una, y se debe calcular una razón, en lugar de efectuar una simple resta.

Al aplicar esta relación a los datos sobre ingresos y egresos del proyecto que se está tratando encontramos que es igual a 0.77 como se puede observar en la tabla 7-H.

**TABLA 7-H**

AÑO	SEMESTRE	INGRESOS	EGRESOS	COEFIC.	VAN de los INGRESOS	VAN de los EGRESOS
1999	1	13546.56	7031.35	0.952	12896.3251	6693.8452
1999	2	13036.39	7031.35	0.907	11824.0057	6377.43445
2000	1	11338.58	7031.35	0.864	9796.53312	6075.0864
2000	2	10619.46	7031.35	0.823	8739.81558	5786.80105
2001	1	9876.54	7031.35	0.784	7743.20736	5512.5784
2001	2	9404.38	7031.35	0.746	7015.66748	5245.3871
2002	1	8747.41	15398.65	0.711	6219.40851	10948.4402
2002	2	8226.69	14880.76	0.677	5569.46913	10074.2745
2003	1	7942.63	14378.47	0.645	5122.99635	9274.11315
2003	2	7698.88	13877.64	0.614	4727.11232	8520.87096
2004	1	7432.64	13376.12	0.585	4348.0944	7825.0302
2004	2	7126.56	12874.49	0.557	3969.49392	7171.09093
2005	1	6885.99	12372.89	0.53	3649.5747	6557.6317
2005	2	6593.4	11871.3	0.505	3329.667	5995.0065
2006	1	6316.89	11369.67	0.481	3038.42409	5468.81127
2006	2	6187.69	10868.07	0.458	2833.96202	4977.57606
2007	1	6009.51	10364.96	0.436	2620.14636	4519.12256
2007	2	5838.94	9860.09	0.416	2428.99904	4101.79744
2008	1	5601.36	9358.71	0.396	2218.13856	3706.04916
2008	2	5517.24	8857.96	0.377	2079.99948	3339.45092
TOTALES		163947.74	211897.88	12.464	110171.04	128170.398

**RAZON BENEFICIO COSTO = 0.7737**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) El sistema a ser diseñado responde a la necesidad de implementar tecnología en todas y cada una de las redes de servicio telefónico, pues si bien se conoce el estudio previo realizado para la urbanización VICRIEEL, también se conoce que:
- El costo de mantenimiento por abonado o par-primario se reduciría sustancialmente. Se estima que el ahorro sería de por lo menos el 40% de lo que actualmente PACIFICTEL pagaría por el mantenimiento.
  - PACIFICTEL estaría en condiciones de ofrecer una gama de servicios que generarían muchos ingresos adicionales mejorando así la cartera de planillas que se ofrecería a la Operadora inversionista. Algunos de estos servicios se estiman en lo siguiente:
    - Telefonía.- El incrementar la calidad del servicio, la cantidad de minutos de conversación subiría por lo menos en un 25%.
    - Data Transmission.- Se ofrecería transmisión de datos a altas velocidades a precios competitivos, ganando mercado a empresas como Teleholding, etc.
    - Internet.- Este servicio se ofrecería a todos los abonados que partan de la red de fibra.

- ISDN.- este servicio lo requieren las empresas como PBX que quieran la capacidad de optimizar los recursos de sus centrales volviéndolas más inteligentes.
  - Transmisión de Video e Imagen.- A un futuro muy cercano, PACIFICTEL podría ofrecer telefonía con cable TV. Asimismo ofrecería transmisión de imagen y video por un costo muy competitivo.
- Además, el costo de instalación y reparación, además de ampliación de la planta externa es mucho más bajo en redes de fibra óptica que en redes de cobre tradicional. El costo de obras civiles (canalización y cámaras de revisión) se minimiza o desaparece para trabajos de Red Primaria.
- Todo requerimiento de crecimiento en la demanda y necesidades de la Red, se ampliarían virtualmente fácil dependiendo de las condiciones de la Red.
- 2) Con la introducción de transmisión digital en los planes de mejoramiento del diseño de la planta externa de Guayaquil se logra una reducción considerable en los costos que ella representa.
  - 3) El análisis efectuado al perfil del trayecto del enlace con la ayuda de las cartas topográficas y realizando el cálculo del radio de la primera zona de Fresnel garantiza que no existe obstrucción en el tramo.
  - 4) Al utilizarse la transmisión digital en lugar de la tradicional estructura de cables multipares en el diseño de la red primaria, se logra grandes mejoras en lo que se refiere a calidad de servicio.
  - 5) La instalación de una etapa remota de abonados, permite brindar todos los servicios que se brindan a los abonados conectados a la central digital.

- 6) La presencia de etapas remotas de abonados en conjunto con la transmisión digital, reduce los requisitos de área y de construcción de los edificios donde ellas serán instaladas.
- 7) Las características de los equipos involucrados, fibra óptica y radio enlace, implican que los trabajos de instalación son más rápidos, permitiendo solucionar problemas de demanda telefónica en forma más rápida y efectiva.
- 8) No se hace necesaria la construcción de una nueva ruta de canalización entre la central de la Puntilla y la ciudadela del VICRIEEL debido a que la existente permite la instalación de la fibra, lo cual significa un nuevo ahorro de tiempo y de dinero en la red.
- 9) Los costos de operación y mantenimiento son reducidos.
- 10) El tiempo de instalación, implementación y puesta en marcha del presente estudio se ha proyectado para 90 días, tal como se muestra en el Anexo E.
- 11) Se reduce el área física de las centrales, ya que los equipos terminales utilizados en este diseño son de dimensiones pequeñas.
- 12) Las características físicas y mecánicas de la fibra óptica así como del radio enlace permiten reducir a un mínimo los costos de mantenimiento.
- 13) Los equipos terminales que se utilizan en este proyecto son compatibles con los equipos terminales que se utilizan en las centrales digitales de la ciudad.
- 14) Tanto los diseños de canalización como de redes primarias y secundarias fueron realizados con información recopilada en el campo, y en base a los planos que se tenía sobre el área (que fueron conseguidos en el CRIEEL); además de los planos de altimetría que se encontraron en el Instituto Geográfico Militar.

- 15) En lo referente al análisis de los costos del sistema no se presentan desglosados de manera que se enfrenten algunas alternativas de diseño (en cuanto a equipamiento), pues si bien es cierto este aspecto tienen mucho que ver con el criterio de cada diseñador. Además, hay que notar que no se tomaron en cuenta los gastos generales de administración, ni gastos fiscales (impuestos), es decir que se tomo en cuenta como grandes rubros los costos de instalación (mano de obra, materiales, maquinaria,...) y los de financiamiento si fuera el caso.
- 16) El presente proyecto tendrá una duración de 90 días y se estima que el sistema implementado con fibra tendría un costo de s/.608'134.000 de sucres y un microondas sería s/.442'815.000, esto pasado a dólares a Abril de 1998 da un total de \$ 121.627 y de \$ 88.563 respectivamente, lo que da como resultado una razón beneficio -costo de 0.77 (en proyección a 10 años). Sin embargo se observa que percibirá el retorno de la inversión desde inicios del tercer año por lo cual se recomienda en ese tiempo ampliar la red diseñada en lo que respecta a equipos o reexpresar los valores detallados en proyecciones para reconocer ingresos reales a esas fechas con lo cual se incrementarían la factibilidad y rentabilidad del proyecto.
- 17) En esta tesis, para que su objetivo sea alcanzado no se abarca el financiamiento pues, ésta se visualiza ha sido desarrollada como parte de la asesoría que la empresa operadora recibe. Pues como es lógico notar, el impulso como proyecto de inversión no diera como buenos resultado por el alto costo del equipamiento.
- 18) De los datos obtenidos en cuanto a ingresos mensuales por abonado que percibe PACIFICTEL, se concluye que un porcentaje mayor al 95% de la planilla

normal del abonado lo componene la tarifa básica, las llamadas a celulares e internacionales; se destaca entonces que al abonado se le debe dar más facilidades para el uso de estos dos últimos servicios (celulares e internacionales). Esto es por ejemplo brindar facilidades o incrementar líneas con discado directo.

- 19) Finalmente, se debe indicar que la rentabilidad de todo proyecto en donde PACIFICTEL haga una inversión, dependerá fielmente de las tarifas que se cobre a cada usuario, y así mismo para el logro de incrementos tarifarios (elevación de tarifas), se deberá por hacer cambios de en cuanto al servicio en general.

## BIBLIOGRAFÍA

- OLLAGE José  
DISEÑO DE UN ENLACE INTERCENTRAL LOS CEIBOS-URDESA  
UTILIZANDO UN CABLE TELEFÓNICO CON FIBRA ÓPTICA  
ESPOL, 1982
  
- ROMERO ROSERO Carlos  
ESTUDIO Y DISEÑO DE UN RADIO-ENLACE DIGITAL PARA  
COMUNICACIONES EN LA ZONA RURAL: AZUAY CINCO CANTONES  
ESPOL, 1988
  
- MATUTE PEREZ Freddy  
EXPANSIÓN DE LAS REDES TELEFÓNICAS CENTRAL GUASMO  
ESPOL, 1991
  
- CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS REFERENCIALES  
PACIFICTEL  
Subgerencia de Planta Externa, Julio 1996
  
- IETEL, INSTITUTO ECUATORIANO DE TELECOMUNICACIONES  
NORMAS TÉCNICAS PARA PLANTA EXTERNA  
Quito 1991

- MANUAL DEL PARTICIPANTE

ALCATEL E10, DESCRIPCIÓN DEL AUTOCONMUTADOR OCB-283

INSTITUT DE FORMATION ALCATEL CIT, Edición 1992

- FIBER OPTIC CABLES FOR QUALITY NETWORKING

OPTICAL CABLE CORPORATION

Catálogo, 1995

- TELECOMUNICACION DIGITAL, SIEMENS, TOMO 3

EQUIPO DE LÍNEA PARA SISTEMAS DE TRANSMISION POR FIBRA  
OPTICA

Marcombo, S. A. 1988

Buenos Aires, Argentina