



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA



"PLANIFICACION DE LA RED TELEFONICA DIGITAL DE
LA CIUDAD DE GUAYAQUIL EN LAS AREAS
PERIFERICAS DE BAJA DENSIDAD TELEFONICA"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION ELECTRONICA

Presentada por:

LUIS ENRIQUE BENAVIDES CASTILLO

Guayaquil - Ecuador

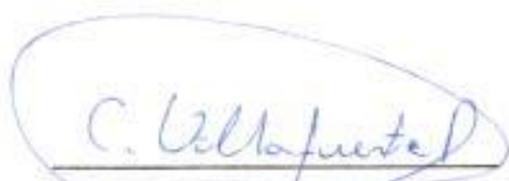
1988

AGRADECIMIENTO

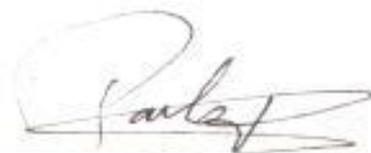
AL ING. PEDRO CARLO PAREDES,
Director de tesis por su total
ayuda y colaboración prestada para
la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MI MADRE Y HERMANOS



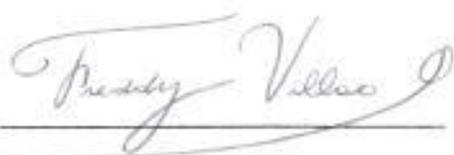
ING. CARLOS VILLAFUERTE
SUBDECANO DE LA FIE



ING. PEDRO CARLO P.
DIRECTOR DE TESIS



ING. SERGIO FLORES M.
MIEMBRO PRINCIPAL



ING. FREDDY VILLO Q.
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

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

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

Luis Benavides C.

LUIS E. BENAVIDES CASTILLO

CAPITULO II

SOLUCION CON CONCENTRADOR TELEFONICO

	Pág.
2.1 Tráfico Telefónico Cuando el Sistema Concentrador no Posea Conexión Interna	46
2.1.1 Tráfico Telefónico en Cada Troncal ...	47
2.2 Solución con Concentrador Digital	47
2.2.1 Razones para Instalar un Concentrador Telefónico Digital	48

CAPITULO III

ESTRUCTURA DEL CONCENTRADOR TELEFONICO DIGITAL

3.1 El Concentrador Telefónico	54
3.2 Estructura del Sistema Concentrador	55
3.3 La Matriz de Conmutación	59
3.4 Sistemas de Conmutación	61
3.5 Red de Conexión	63
3.6 Elementos Conmutadores	72
3.7 Redes de Una, Dos y Tres Etapas	77
3.8 Función BDRSCHT	86
3.9 Modos de Concentración de Líneas	87
3.10 Dimensionamiento del Concentrador Telefónico	92

CAPITULO IV
 ESTUDIO DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL
 CONCENTRADOR

	Pág.
4.1 Análisis de Características Técnicas del Concentrador a ser Instalado	95
4.2 Aplicación con Cable Troncal PCM y Fibra Optica	101
4.2.1 Bases de los Sistemas de Transmisión PCM	102
4.2.2 Posibilidades de Operación de la Técnica PCM	106
4.3 Bases del Sistema de Transmisión por Fibra Optica	109
4.3.1 Principales Características del Cable de Fibra Optica	112

CAPITULO V
 ESTUDIO DE COSTOS

5.1 Costos de Instalación y Mantenimiento	115
5.1.1 Precios de Cables Telefónicos y Fibras Opticas	116
5.1.2 Gastos de Inversión	117
5.2 Comparación de Costos Entre el Uso de	

	Pág.
Concentrador y Aumento del Número de Líneas Telefónicas	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFIA	130

INTRODUCCION

Un concentrador es un dispositivo de conmutación que realiza la función de concentrar N abonados a un número n de circuitos.

La necesidad del concentrador surge al existir zonas, en las que por su escasa demanda de abonados, no es económicamente rentable la instalación de una central.

El desarrollo del proceso de planificación proporciona datos acerca del número posible de teléfonos necesitados en el presente y futuro, y la cantidad de tráfico que puede ser esperado.

Por consiguiente, es preciso, antes de tomar cualquier otra medida, evaluar estas necesidades. Este avalúo de la demanda presente y futura es el propósito de la planificación.

Las necesidades de telecomunicaciones pueden describirse por el número de abonados que han de conectarse a la red y el tráfico que estos generen.

Para la planificación se necesitan pronósticos que describan estas necesidades tanto en el tiempo como en el espacio.

CAPITULO I

ESTUDIO DE LA SITUACION ACTUAL Y FUTURA DEL SECTOR PERIFERICO

Hace ya tiempo que se ha reconocido que la posibilidad de separar la red de conexión de las propias centrales, concretamente separar las primeras etapas de concentración de líneas y llevarlas al centro de gravedad de un grupo de abonados distantes, reporta economías considerables en la planta exterior. El elemento de selección alejado (concentrador) es dependiente para su funcionamiento del centro principal. Esta organización, dispersa de la conmutación no es nueva, pero la electrónica aporta para ello muchas facilidades, gracias al dialogo directo entre los órganos de control de la central principal y del centro satélite.

La estructura que presentarían este tipo de redes sería tal como la mostrada en la figura 1.1.

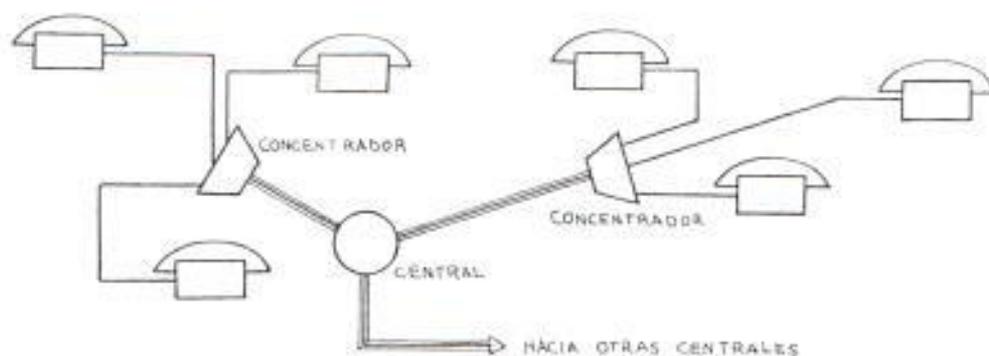


fig. 1.1 Estructura de red

Antiguamente los abonados se conectaban a concentradores, que estaban emparejados con otros elementos recíprocos, expansores, que se conectaban a tantas líneas de central, como abonados al concentrador. Esta forma de organización no tiene mas ventaja que el ahorro de cable a costa de introducir estos dos nuevos elementos. Modernamente se ha procurado no solo ahorrar cable sino equipo, utilizando como concentrador parte de la red de conexión de la central que se situa remotamente.

Las instalaciones telefónicas se planifican de tal forma que, incluso en los periodos de tráfico telefónico más intenso, o sea, en las llamadas horas cargadas, puedan establecerse con gran probabilidad las comunicaciones que deseen los abonados. La cantidad de líneas y equipos de conmutación que deban preverse para atender el tráfico telefónico, se establecerá, por lo tanto, normalmente de forma tal, que durante las horas cargadas solo un porcentaje pequeño de las comunicaciones deseadas no pueda ser establecido o no lo pueda ser en el acto, o sea, que se pierde o que debe esperar, por falta de equipos de conmutación.

La solución teorica de tales problemas de cálculo cae dentro del sector de la teoría del tráfico telefónico, como autor de la cual se considera a A. K. Erlang. Para

las tareas prácticas de planeamiento y dimensionamiento en la planificación y desarrollo de instalaciones telefónicas se necesitan, sin embargo, datos que permitan ver inmediatamente las cantidades de equipos de conmutación y líneas que hay que proveer.

El presente capítulo contiene tales datos fundamentales de dimensionado que se desarrollarán a continuación.

1.1 CONFIGURACION DE LA ACTUAL RED TELEFONICA

1.1.1 Plan de Enlace Intercentral

El plan de enlace intercentral para la red local de Guayaquil estará formado por una red multicentral cuya configuración se presenta en la figura 1.2.

La red esta formada por veintisiete centrales locales (agrupadas en diecisiete áreas de central) de las cuales doce son analógicas y quince son centrales digitales. Existirán también dos centrales tandem digitales para el tráfico local de desborde. La distribución de las líneas para la ciudad de Guayaquil se presentan en la tabla 1.1 y su recuadro adicional.

Tabla 1.1

Distribución de líneas para la ciudad de Guayaquil

CENTRALES	EXISTENTE/	AMPLIACION	CENTRALES	
	ADQUISICION	PROPUESTA	NUEVAS	TOTAL
Centro	28000	5000	-	33000
Boyaca	22000	3000	-	25000
Norte	20000	5000	-	25000
Urdesa	9000	-	10000	19000
Deste	21000	4000	-	25000
Sur	21000	4000	-	25000
Los Ceibos	5000	-	-	5000
F. Cordero	9000	-	10000	19000
Portete	11000	4000	-	15000
El Guasmo	16000	3000	-	19000
Alborada	20000	-	-	20000
Duran	10000	-	-	10000
Bellavista	5000	5000	-	10000
Mapasingue	7000	3000	-	10000
Samanes	-	-	5000	5000
Cerro Azul	-	-	5000	5000
La Puntilla	-	-	5000	5000
Colinas de los				
Ceibos	-	-	5000	5000
Sauces	-	-	10000	10000
25 de Julio	-	-	10000	10000
Primavera(Duran)	-	-	5000	5000

Pascuales	-	-	10000	10000
La Chala	-	-	5000	5000
	-----	-----	-----	-----
	219000	36000	65000	320000

Detalle de distribución de 219000 líneas de centrales para la ciudad de Guayaquil.

CENTRALES	EXISTENTE		INST/CONT	NUEVAS
	ELECTROM.	DIGITAL	DIGITALES	DIGITALES
Centro I	10000			
Centro II	8000			
Centro III*	-	10000		
Boyaca I	10000			
Boyaca II	5000			
Boyaca III	-	-	-	7000
Norte I	10000			
Norte II	-	10000		
Urdesa	9000			
Deste I	10000			
Deste II	5000			
Deste III	-	-	-	6000
Sur I	10000			
Sur II	5000			
Sur III	-	-	6000	-
Los Ceibos	5000			
F. Cordero	9000			
Portete I	5000			

Portete II	-	-	-	6000
Guasmo I	9000			
Guasmo II	-	-	-	7000
Alborada I	5000			
Alborada II	-	-	15000	
Duran	-	5000	5000	
Bellavista*	-	5000		
Mapasingue	-	-	7000	
Samanes	-	-	-	5000
Cerro Azul	-	-	-	5000
La Puntilla	-	-	-	5000
	-----	-----	-----	-----
Total:	115000	30000	33000	41000

* Central Tandem

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

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

Todos los enlaces serán digitales excepto aquellos entre centrales analógicas; y, aquellos entre centrales analógicas y digitales situadas en el mismo edificio. La figura 1.3 muestra la red de fibra óptica intercentral de Guayaquil, con las centrales y enlaces digitales actuales y futuros.

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

DE CENTRAL	A CENTRAL	TIPO DE ENLACE
digital	digital	D/D
digital	analógica	D/A

Además éste plan prevee como alternativa el

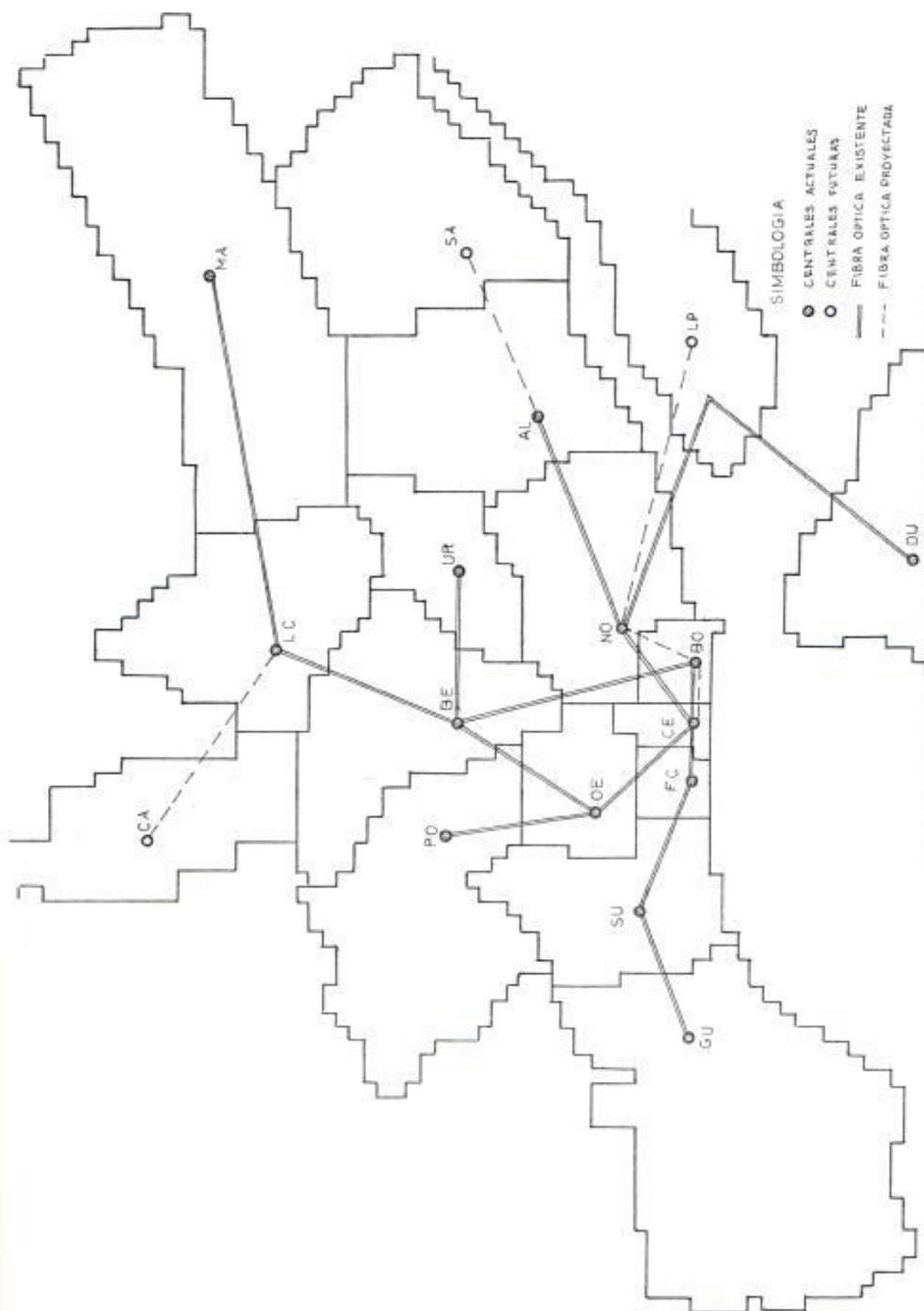


FIG. 1.3 RED DE FIBRA OPTICA INTERCENTRAL DE GUAYAQUIL

incremento de la velocidad de transmisión, tanto a 8 Mbit/s (120 canales de voz) como a 34 Mbit/s (480 canales de voz), utilizando para esto los siguientes tipos de enlaces.

- Cable coaxial
- fibra óptica
- Cable microcoaxial
- radioenlace (10 a 15GHz)

1.2 IDENTIFICACION Y VALORIZACION DE LAS AREAS PERIFERICAS DE BAJA DENSIDAD TELEFONICA

El desarrollo del proceso de planificación proporciona datos acerca del número posible de teléfonos necesitados en el presente y futuro, y la cantidad de tráfico que puede ser esperado. Por consiguiente, es preciso, antes de tomar cualquier otra medida, evaluar estas necesidades. Este avalúo de la demanda presente y futura es el primer propósito de planificación.

En materia de telecomunicaciones, la localización geográfica de la demanda reviste una importancia muy específica, de carácter mucho más crucial que para otras redes de distribución (electricidad, etc.). Este carácter específico aparece claramente cuando se sabe que, en principio, cada abonado dispone de

un par individual que le une a su central de conexión, que en nuestro caso sería el concentrador y éste a la central del sector, por medio de cualquier medio digital (fibra óptica, cable coaxial, etc.).

Las necesidades de telecomunicaciones pueden describirse por medio de dos parámetros:

- número de abonados que han de conectarse a la red
- el tráfico que éstos generan.

Para la planificación se necesitan pronósticos que describan estas necesidades tanto en el tiempo como en el espacio.

La calidad de la planificación dependerá en alto grado de la calidad de los pronósticos. Cuanto más tiempo comprenda un pronóstico tanto más inseguro será. Ello implica que un planeamiento a largo plazo no debe hacerse tan detallado como uno a corta perspectiva.

-El pronóstico sobre abonados deberá describir la variación en número de abonados durante el periodo de planificación. Puede ser necesario dividir los abonados en diferentes categorías, por ejemplo

abonados familiares, de negocios, etc. Pero para el caso que se analiza aquí sólo tomamos en cuenta a los abonados de tipo industrial, tanto en lo que respecta a pronósticos de abonados como a pronósticos de tráfico.

Para describir la distribución geográfica de éstos abonados se presenta la fig. 1.4. Pero en esta tesis sólo se tomarán en cuenta a los abonados industriales (oscuro) que se encuentran en la periferia.

La simbología y un desglose por sectores se presenta más adelante en la figura 1.6, también se indica las hectáreas ocupadas y el porcentaje que estas representan.

-El tráfico varía durante el día (figura 1.5) así como durante los días de la semana. Ocurren además variaciones durante diferentes épocas del año, con mayor tráfico antes de grandes fiestas y menos tráfico durante periodos de vacaciones, etc. Estas variaciones del tráfico forman las bases para determinar cuándo ocurre la hora cargada durante el día y el volumen de tráfico durante esa hora. Todo el dimensionamiento tiene lugar a partir de la base del tráfico durante la hora cargada.



FIG. 1.4 EDIFICACIONES RESIDENCIALES, INDUSTRIALES Y LIBRES



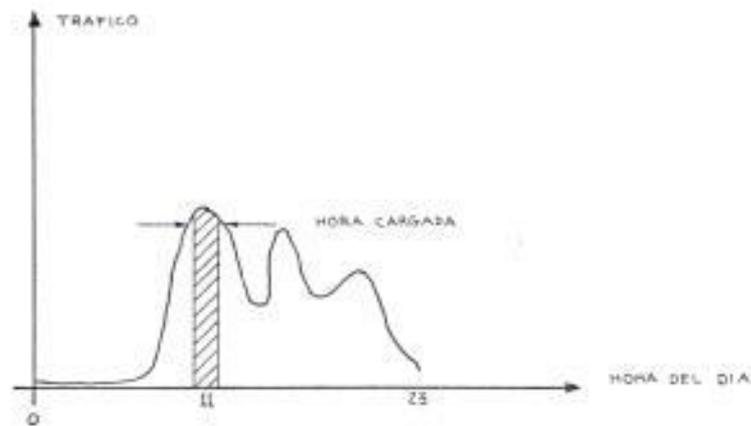


Fig. 1.5 Perfil de tráfico característico.

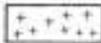
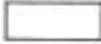
	Ha	%
 Area edificada (menos área edi. ind.)	9404	29,32
 Area libre "con uso asig nado" residencial	1204	3,75
 Area edi. ind.	1526	4,75
 Area libre "con uso asig nado" ind.	421	1,31
 Area libre	19508	60,84
Area metropolitana total	32063	100,00

fig. 1.6 Desglose del plano de la fig. 1.4

Las variaciones en el volumen de tráfico dependen de que los abonados de la red difieren en lo que respecta a intensidades de tráfico y al objeto del mismo. Estas características del tráfico varían

además entre diferentes categorías de abonados. Los pronósticos de abonados exhiben a menudo diferentes ritmos de crecimiento para las diferentes categorías de abonados. Esto hace necesario confeccionar un pronóstico de tráfico específico para la categoría para la cual vamos a planificar.

Los Pronósticos de tráfico deberán describir el crecimiento de tráfico en la red durante el periodo de planificación.

No es posible describir los requisitos de tráfico de cada abonado individual. Es sin embargo una simplificación demasiado burda el suponer que todos los abonados de la red tienen las mismas necesidades de tráfico. La red se divide por tanto preferentemente en zonas de tráfico dentro de las cuales se considera que los abonados tienen necesidades de tráfico similares (fig. 1.4).

La figura 1.4 fue elaborada por el Departamento de Planeamiento Urbano; este mismo departamento propone una clasificación de usos del suelo que permita la utilización de la información de la cual ellos disponen. La clasificación a que nos referimos es la siguiente:

- Residencial:
 - sector formal
 - sector informal
- Residencial en desarrollo:
 - Áreas en proceso de ocupación
- Industrial:
 - Industrias, artesanías (no se ha considerado las artesanías combinadas con viviendas); avícolas, ladrilleras, etc.
- Industria peligrosa:
 - Terminales y depósitos de combustibles y elementos explosivos.
- Comercial:
 - Casco central, corredores comerciales, centros comerciales (no se ha considerado comercio combinado con vivienda)
- Áreas verdes:
 - Parques
- Equipamiento socio cultural
 - Educación, salud, comunicaciones, seguridad, administración, instalaciones deportivas, etc.
- Equipamiento especial:
 - Terminales: aéreos, te -

restres, marítimos. Áreas militares, infraestructura, etc.

-Vías en

desarrollo:

-En proceso de construcción.

-Áreas libres:

-Áreas sin uso.

Para efectos de la identificación, graficación y cuantificación, hemos utilizado la división de ciudad propuesta por el D.P.U. Dicha propuesta plantea 11 divisiones (nuevas parroquias) cuya nomenclatura provisional está en orden alfabético y que en nuestro trabajo la denominaremos zonas:

- Zona A: Parroquia Ximena
- Zona B: Parroquias: Febres cordero, Letamendi
- Zona C: Parroquias: Carbo, Roca, Rocafuerte, Olmedo, Bolívar, Ayacucho, García Moreno, Sucre, Nueve de Octubre, Urdaneta, Barrio Drellana, Letamendi (parte).
- Zona D: Parroquia Tarqui (Urdesa, Miraflores, etc.).
- Zona E: Parroquia Tarqui (Alborada, Garzota

etc.).

Zona F:	Pascuales
Zona G:	Durán
Zona H:	Isla Santay
Zona I:	Isla Trinitaria
Zona J:	Puerto Azul, Via a la costa, etc.
Zona K:	Cerro Azul

En cuanto al crecimiento urbano en general, al momento se pueden identificar con claridad tendencias hacia los cuatro puntos cardinales. Así también el crecimiento industrial en si se observa hacia el norte, a lo largo de la vía a Daule y de la avenida Francisco de Orellana, hacia el este en Durán y localizaciones menores al sur.

En la tabla 1.2 se describen los usos del suelo por zonas, del área metropolitana de Guayaquil a 1985.

Al momento las áreas con uso asignado industrial comprende 421 Has. , como se indica en la figura 1.6 del plano de la fig. 1.4.

En la actualidad los parques industriales existentes tienen una ocupación que está por debajo del 40%, y si a ésta situación le agregamos las 421 Has. de "uso asignado industrial" tendríamos una sobre

Tabla 1.2

Usos del Suelo por Zonas del Area Metropolitana de Guayaquil

ZONAS	Residen- cial	Res. en des- desarrollo	Ind. en desarrollo	Ind. pes- quera	Ind. pes- quera	Comercial verdes	Equip. Soc. Cult.	Equip. Soc. Cult.	Equip. Soc. Cult.	Vias desarrollo	Vias desarrollo	Areas libres	Area Total														
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%													
A : P. Ximena: Iona Surti Guasmo	1387	34,47	132	9,22	15	0,5	0,17	0,6	0,99	66	10,09	346	55,00	523	18,21	313	1,48	2783	8,67								
B : BEV, etc.																											
C : P. Letaendi-Febres Cordero	996	24,26				20	7,0	0,6	0,99	44	6,72			571	19,88					1631	5,08						
D : Suburbio tradicional																											
E : Zona Central	504	12,28				147	51,48	8,0	13,28	54	8,25			371	12,92								1084	3,38			
F : 12 Parroquias																											
G : P. Tarqui: Urdesa, Ceibos,	573	13,96	163	27,95	257	17,96				277	42,35	203	32,37	788	27,44	4,88	40,36	1413	6,68	3913	12,20						
H : Mapasingue, Atarazana,						8	2,80			128	19,57	46	7,31	134	4,66	52	23,85	2060	9,74	2891	9,01						
I : P. Tarqui: Alburada, Pros- perina, etc	96	2,33	88	15,09	769	53,81				51	7,79			143	4,98	55	25,22	2262	10,70	3464	10,80						
J : Pascuales										30	4,58	34	5,40	210	7,31	23	10,55	2348	11,11	3086	9,62						
K : Duran	299	7,28	71	12,17	71	4,96																					
L : Isla Santay																											
M : Isla trinitaria																											
N : Via a la costa - Puerto Azul, etc			165	28,30										35	1,21												
O : Cerro Azul, etc						9	14,95	4	0,61					96	3,34												
P : Totales	4104	100	583	100	1429	100	97	100	285,5	100	60,2	100	629	100	2871	100	218	100	21134	100	32063	100					
Q : Totales	17,79		1,81		4,45		0,30		0,89		0,18		1,96		8,95		0,67		65,91		100						



FIG. 17 TENDENCIAS ACTUALES DE LA LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL

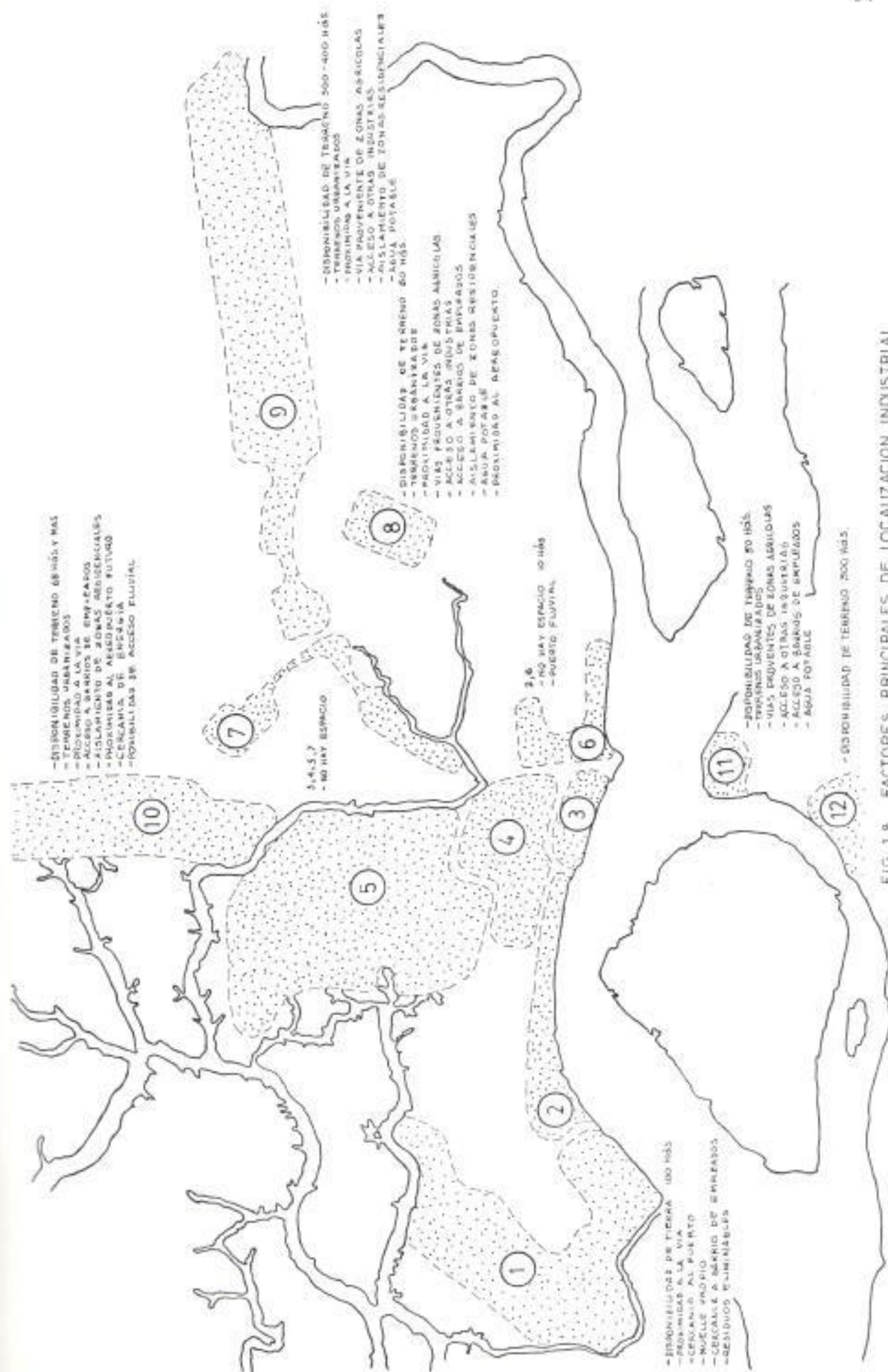


FIG. 1.8 FACTORES PRINCIPALES DE LOCALIZACION INDUSTRIAL

oferta de lotes industriales. Por esta razón creemos que estas 421 Has. se van a desarrollar en el mediano y largo plazo o probablemente cambien de uso.

En la fig. 1.7 se muestran las tendencias actuales de la localización industrial y en la fig. 1.8 los factores principales de localización industrial.

Observando las tendencias actuales de localización industrial, que se muestran en la tabla 1.2 y la fig. 1.8, se ha tomado a Durán como lugar adecuado por presentar dispersión de abonados industriales, una figura detallada del sector se muestra en la figura 1.9.

1.2.1 Ubicación de las Areas Identificadas con Relación a la Red Telefónica

Las zonas industriales identificadas, se encuentran en Durán, que actualmente están siendo servidas por la central que lleva el nombre de la zona, Durán; actualmente se está pensando montar otra central, con la cual se pueda dar un mejor servicio a toda la zona que esta nueva central cubriría.

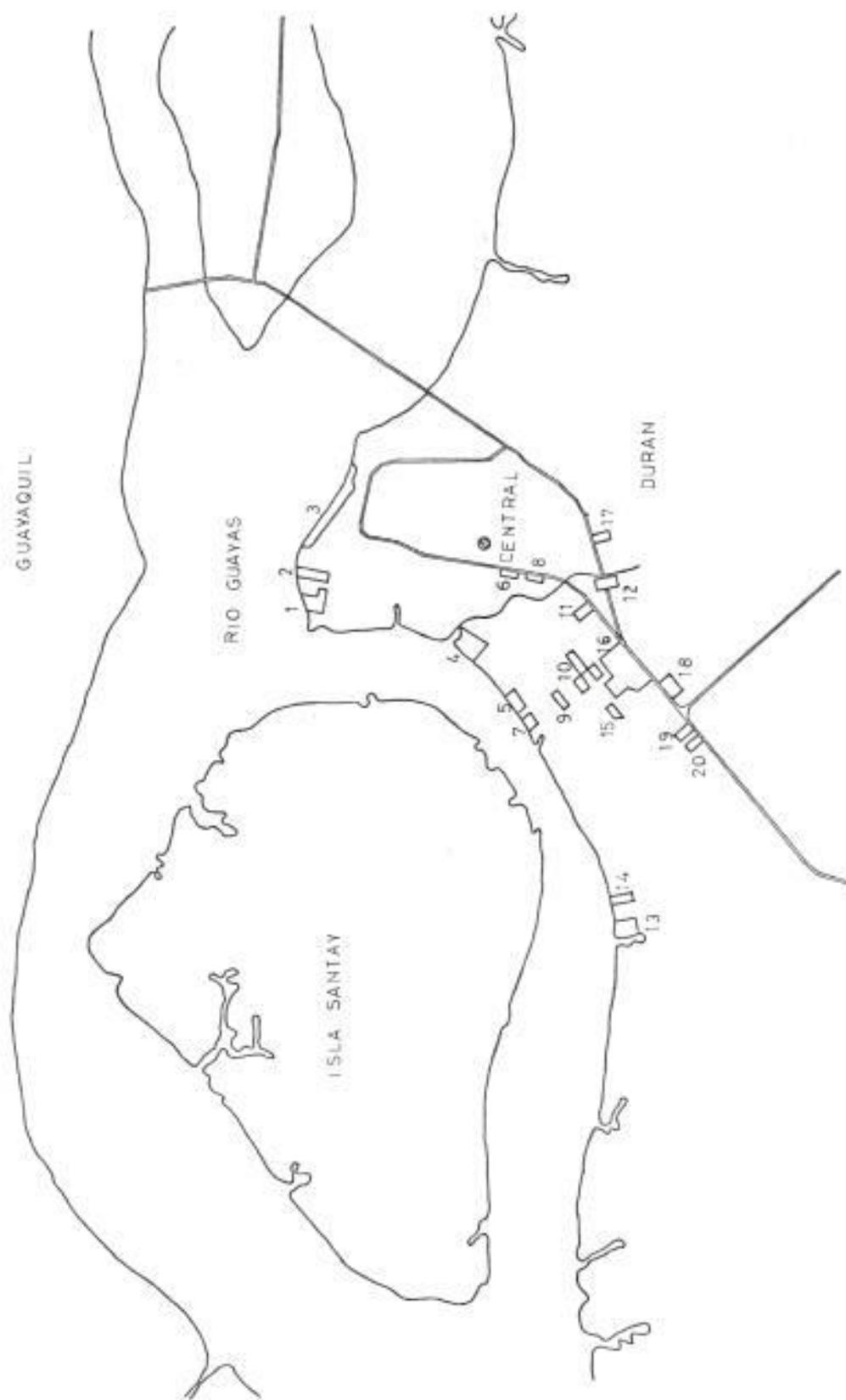


FIG. 1.9 LOCALIZACION INDUSTRIAL DE DURAN

1.3 SITUACION TELEFONICA ACTUAL Y FUTURA DE LAS AREAS IDENTIFICADAS.

En la figura 1.9 se observa la enumeración de los sectores industriales del 1 al 20, los cuales han sido divididos en 6 zonas que contienen a industrias próximas entre ellas. En la tabla a continuación esta descrito que sectores industriales próximos han sido unidos para formar la zona que va servir un concentrador.

Tabla 1.3

Zonificación del sector industrial

ZONA	1	2	3	4	5	6
SECTORES	1,2,3	4,5,7	6,8,11,12,17	9,10,15,16	13,14	18,19,20
LINEAS	80	35	45	90	35	35

En la fig. 1.7 se observa que Durán tiene un tipo de industria grande, que son servidas por un número de líneas que no son suficientes para dar un eficiente servicio telefónico actual, peor el futuro.

El análisis en lo que resta de este capítulo tiene por objeto, el justificar la instalación de concentradores telefónicos con un mínimo número de

troncales mediante los cuales se permite un eficiente despacho del volumen de tráfico especialmente para una proyección futura de hasta cinco años.

La justificación económica y técnica del por que utilizar concentradores telefónicos se la realizará en los capítulos siguientes.

1.3.1 Demanda Telefónica Actual y Futura

Para el análisis es necesario determinar el volumen actual de tráfico y en base a este resultado realizar la proyección futura.

Para tal efecto, consideraremos lo siguiente:

- a) La densidad de tráfico telefónico durante la hora pico es de 0,074 Erlang, valor que ha sido estimado por IETEL para Durán.
- b) Admitiremos un grado de servicio del 1%, este valor es el más común en los equipos de conmutación telefónicos.

La demanda actual estará determinada por la siguiente fórmula:

$$D_i = 0.1 \cdot d$$

1.1

Donde:

D_i = Demanda inicial del tráfico

Q = Número de abonados

d = Densidad telefónica de cada abonado

Considerando el grado de servicio (B) del 1% y utilizando las tablas de tráfico telefónico de Erlang para sistemas de pérdidas de accesibilidad completa localizadas en la referencia 6, obtenemos el número de líneas de salida N . Los resultados se muestran en la tabla 1.4.

Tabla 1.4

Cálculo de tráfico

ZONA	1	2	3	4	5	6
Q	80	35	45	90	35	35
D_i	5,92	2,59	3,13	6,66	2,59	2,59
N	12	7	8	13	7	7

1.3.1.1 Proyección Futura

Determinaremos la demanda telefónica para dentro de 5 años, utilizando la fórmula de interés compuesto.

Considerando que el servicio telefónico tiene un incremento que obedece a una curva exponencial con el tiempo y tomando en cuenta que la tasa de crecimiento anual considerada para el sector industrial en la ciudad de Guayaquil es del orden del 8%, se tendrá:

$$D_f = D_i(1+w)^t \quad 1.2$$

Donde:

D_i = Demanda inicial

D_f = Demanda al cabo de un tiempo t

w = Tasa de crecimiento de la demanda comercial

t = Tiempo de proyección

Por consiguiente la demanda telefónica para los tráficos y el número necesario de líneas de salida para dentro de 5 años serán los mostrados en la tabla 1.5.

La proyección del número de líneas para 5 años viene dada por :

$$L_f = L_i(1+w)^t \quad 1.3$$

Donde:

Li= Número de líneas iniciales

Lf= Número de líneas finales

Tabla 1.5

Proyección del tráfico

ZONA	1	2	3	4	5	6
Di	5,92	2,59	3,33	6,66	2,59	2,59
Df	8,69	3,81	4,89	9,79	3,81	3,81
N	16	9	10	17	9	9

De manera que la proyección para dentro de 5 años de las líneas actuales será de:

Tabla 1.6

Proyección de líneas

ZONA	1	2	3	4	5	6
Li	80	35	45	90	35	35
Lf	117	51	66	132	51	51

1.3.1.2 Cálculo del Tráfico Telefónico por cada Troncal

El tráfico llevado por cada circuito o troncal está dado por la siguiente

ecuación:

$$p = \frac{(1-B)D_i}{N} \quad 1.4$$

Donde:

N= Número de líneas que conectan el concentrador de líneas a la central

B= Grado de servicio

$(1-B)D_i$ = Tráfico llevado

Tabla 1.7
Tráfico por troncal

ZONA		1	2	3	4	5	6
ACTUAL	Di	5,92	2,59	3,33	6,66	2,59	2,59
	N	12	7	8	13	7	7
	P	0,49	0,37	0,41	0,51	0,37	0,37
PROYECCION	Di	8,59	3,81	4,89	9,79	3,81	3,81
	N	16	9	10	17	9	9
	P	0,54	0,42	0,48	0,57	0,42	0,42

La tabla 1.7 muestra los tráficos generados actualmente y el tráfico futuro por cada troncal hacia la central.

1.3.2 Optimización del Equipo de Conmutación a Cinco Años

Para optimizar el estudio de conmutación para el tiempo futuro, consideraremos los resultados que nos presenta la tabla 1.5 y la tabla 1.6, los cuales resumiremos en la tabla 1.8 presentada abajo.

Tabla 1.8
Abonados y troncales proyectados

ZONA	1	2	3	4	5	6
ABONADOS	117	51	66	132	51	51
TRONCALES	16	9	10	17	9	9

Las necesidades de telecomunicaciones pueden describirse por medio dos parámetros :

- número de abonados que han de conectarse a la red
- el tráfico que éstos generán

Para la planificación se necesitan pronósticos que describan estas necesidades tanto en el tiempo como en el espacio. Todo esto ya fue previsto, en la parte anterior del capítulo, para obtener los resultados presentados en la tabla 1.8.

CAPITULO II

SOLUCION CON CONCENTRADOR TELEFONICO

Ante la circunstancia del mal servicio que se da a estas zonas, es necesario tomar alguna solución que sea óptima.

Una solución sería instalar un número muy grande de cables para llevar el sobre exceso de tráfico, lo cual resultaría en una gran inversión económica y poco técnica.

Si utilizamos el sistema concentrador, ahorraremos el trabajo de instalar nuevos cables, inclusive, utilizaremos un número menor de troncales a las ya instaladas. El sistema concentrador es detallado más ampliamente en el próximo capítulo.

El sistema de conmutación de un concentrador, a menudo utiliza la concentración y la multiplexión juntas. La concentración para la interfaz con los abonados y la multiplexión para la interfaz con las troncales. Estos sistemas concentradores a instalarse en Durán, deberán tener la capacidad para manejar el tráfico telefónico de 0.074 Erlang por abonado.

También deberán tener las capacidades máximas de abonados y troncales indicadas en la tabla 2.1; estas

troncales pueden ir conectadas a multiplexores PCM (Pulse Code Modulation), tal como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Abonados y troncales proyectadas

ZONA	1	2	3	4	5	6
ABONADOS (M)	117	51	66	132	51	51
TRONCALES (N)	16	9	10	17	9	9
LINEAS PCM (MUX)	2	2	2	2	2	2

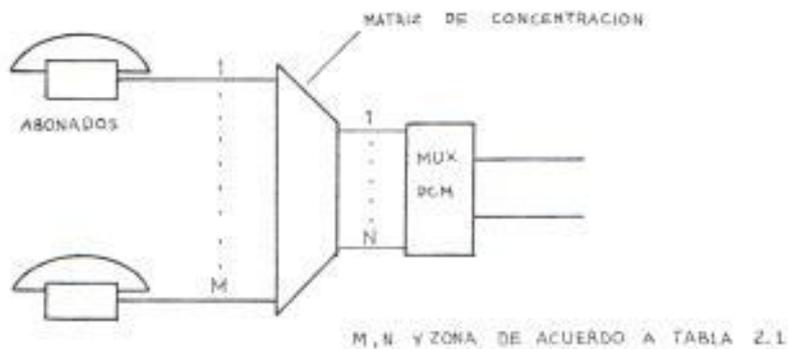


fig 2.1 Configuración de concentrador

De manera que el enlace del concentrador y la central estará constituido de un sistema de canales PCM y debido a que la transmisión y recepción digital es unidireccional, entonces cada canal PCM estará formado

por dos pares telefónicos por multiplexor PCM, constituyéndose un total de 12 pares telefónicos, a través de los cuales se manejará el tráfico actual y el que se tendrá dentro de 5 años, de manera eficiente durante la hora pico.

2.1 TRAFICO TELEFONICO CUANDO EL SISTEMA CONCENTRADOR NO POSEA CONEXION INTERNA

Con una conexión interna, se quiere decir que una llamada entre dos abonados pertenecientes a un mismo sistema se establece dentro de la red de concentración del sistema. Es decir que la conexión interna no la realizará la central principal.

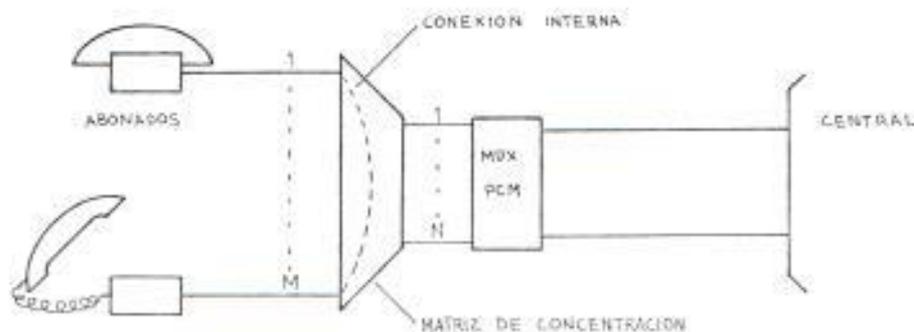


fig. 2.2 Conexión de 2 abonados

La figura 2.2 muestra la situación descrita arriba, en la que el tráfico interno y externo (hacia otros abonados no pertenecientes a la misma zona) es

manejado por el concentrador. Se eligió esta modalidad porque un concentrador que maneje las conexiones internas resulta más caro y porque se lo consideró innecesario.

2.1.1 Tráfico Telefónico en cada Troncal

Estos cálculos tienen que ver con el tráfico en cada troncal, para el caso de tener concentradores que puedan realizar conexiones internas. Las razones para no trabajar con este tipo de concentrador ya fueron expuestas.

2.2 SOLUCION CON CONCENTRADOR DIGITAL

La tendencia actual es llegar a una red totalmente digital, pero este no puede ser repentino, el hecho de que la red actual sea casi totalmente analógica inpondrá una inercia al paso de analógico a digital.

Una estrategia desarrollada específicamente para la introducción de los sistemas digitales es el principio de superposición, en el que se forma una red digital conectada a la analógica pero paralela a ella, por esto se ha ideado una solución, al instalar sistemas concentradores netamente digitales.

El concentrador telefónico digital, realizará la conmutación de tiempos discretos en PCM realizándose al mismo tiempo la concentración de dichos pulsos sobre una sola vía, dando lugar a la transmisión de la información en un tren de pulsos hacia la otra central pública.

2.2.1 Razones para Instalar un Concentrador Telefónico Digital

En los momentos actuales, la tecnología se ha desarrollado a gran velocidad de manera que en corto tiempo, todos los grandes sistemas telefónicos llegarán a ser completamente digitales, dando lugar a muchas ventajas técnicas y económicas como por ejemplo las siguientes:

- a) Cuando los conmutadores y las líneas de transmisión utilizan las mismas técnicas y tienen parámetros comunes, se puede interconectar directamente sin convertidores A/D y sin degradación de la calidad de la transmisión.
- b) Gracias al desarrollo de las técnicas de tratamiento digital de la información, la

industria de fabricación de componentes ha desarrollado circuitos integrados más complejos. El rápido aumento del número de aplicaciones basadas en el modo digital de funcionamiento ha incrementado la demanda de esos componentes y su producción en cantidades cada vez mayores, ha permitido reducir considerablemente los precios.

La gran demanda de estos componentes, ha permitido la producción de circuitos con gran escala de integración (LSI), de manera que el ensamblaje de dichos componentes, a menudo encapsulados de modo uniforme, puede automatizarse en gran medida, lo que que indudablemente contribuirá a una reducción adicional de costos de los equipos.

Con la tecnología digital, cada uno de los circuitos de cuantificación, codificación y memoria ejecuta individualmente una función simple; es la agrupación de un gran número de circuitos elementales idénticos, lo que permite ejecutar las complejas operaciones digitales necesarias para la transmisión de señales multiplexadas. En cambio, las técnicas analógicas emplean también

componentes electrónicos, pero el número de tipos diferentes de componentes es mucho mayor (semiconductores, inductancias, condensadores, etc.) y su utilización más compleja requiere un grado de precisión particularmente elevado.

A medida que se difunden las técnicas digitales, los fabricantes se ven obligados a producir los sistemas analógicos en cantidades cada vez menores, lo que tiende a aumentar los costos de producción, de manera que la producción de sistemas analógicos podría cesar próximamente, y los sistemas analógicos irán desapareciendo gradualmente .

- c) Los circuitos integrados, entre ellos los LSI, han permitido que disminuya ostensiblemente el hardware, logrando que los equipos se reduzcan tanto en el tamaño como en el peso, facilitando de este modo la construcción de los edificios donde deberán ser instaladas y por consiguiente, dando lugar a una reducción de costos.

- d) La tecnología digital ha permitido una baja

considerable en lo referente a la disipación de potencia y además está logrando que el costo de las memorias tienda a ser menor que el costo de las puertas, por consiguiente, será posible obtener una red de conmutación con una baja congestión interna, ya que sería factible agrandar la matriz lógica de conmutación aumentando el grado de multiplexión por medio de la división de tiempo.

- e) La tecnología digital permite la facilidad de instalación por cuanto se reduce el abundante cableado entre los paneles y los bastidores. Además de que se mejora la calidad de transmisión, permite mayor libertad en la asignación de pérdidas en cada tramo de una vía de transmisión, permitiendo un funcionamiento más efectivo de la red.

- f) Las técnicas de tratamiento de la información codificada en forma digital se aplican de modo similar a la transmisión y a la distribución, permitiendo que la tecnología industrial sea la misma. Gracias a esta tecnología unificada es posible

normalizar los tipos de componentes y su montaje, dicha normalización aportará diversas ventajas desde el punto de vista de mantenimiento.

g) Los estudios de las relaciones entre la distancia y los costos de transmisión, demuestran que los sistemas digitales son más económicos que los sistemas analógicos para las distancias cortas y medias. Ello se debe principalmente a la facilidad de multiplexión y a la normalización de los equipos terminales. Los progresos actuales de la tecnología, refuerzan esta tendencia de manera que el umbral económico de digitalización se desplazará a distancias cada vez mayores.

h) La tecnología digital además de ofrecer una gran versatilidad, permite el ahorro de cobre de las líneas de abonados ya que con el sistema de conmutación digital es posible realizar la concentración de tráfico cerca de los abonados, realizándose la unión del concentrador o concentradores telefónicos con la central por medio de un enlace PCM.

- i) Las técnicas digitales de integración en gran escala (LSI) hacen económica la conmutación digital por división de tiempo. Mediante el uso de componentes de acción rápida es posible diseñar unidades de conmutación económicas de gran capacidad con la correspondiente reducción del número de etapas de conmutación en las centrales.

- j) La conexión directa entre conmutadores digitales y líneas de transmisión digitales, se traduce en ahorros considerables en los costos de conversión y proporcionan una red más eficiente y flexible.

Con las razones expuestas es aconsejable utilizar la tecnología digital para la implementación, de manera que el concentrador telefónico para el sector industrial de Durán debería ser digital. Aunque, hay que destacar que si se trabaja en un entorno digital, el concentrador no es necesariamente digital.

CAPITULO III

ESTRUCTURA DEL CONCENTRADOR TELEFONICO DIGITAL

3.1 EL CONCENTRADOR TELEFONICO

Un concentrador es un dispositivo de conmutación que da servicio telefónico a un cierto número de abonados a través de un número de líneas menor que el de los abonados.

Los concentradores podrán estar conectados a centrales SPC o temporales.

El concentrador telefónico básicamente está constituido de dos partes tal como las mostradas en la figura 3.1, una parte remota y una parte en la central, estando conectados entre sí por las líneas de transmisión.

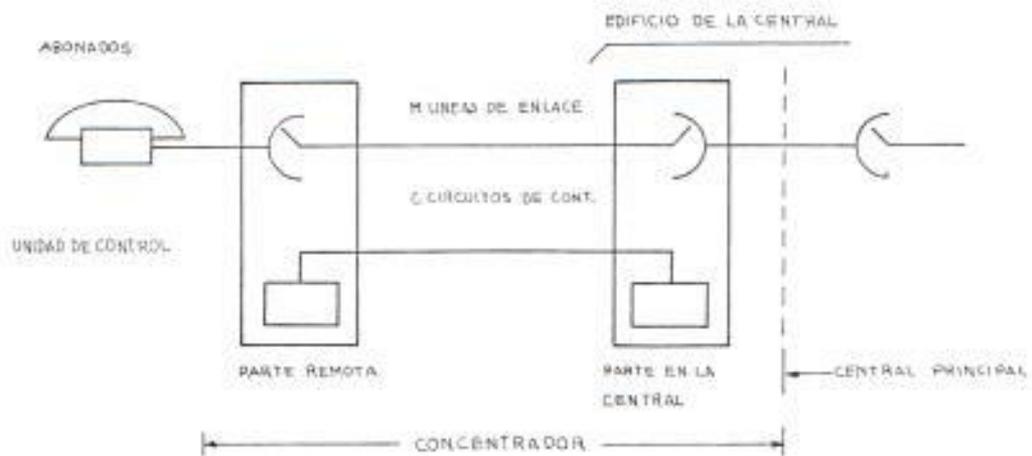


fig. 3.1 Constitución del concentrador

La parte remota que se encuentra cerca a los abonados constituye el concentrador telefónico propiamente dicho, en cambio la parte en la central que está localizada en el edificio de la central local poseerá los conmutadores que permitirán conectar las líneas a un mayor número de líneas de abonado, además tendrá un circuito de control para manejar el funcionamiento de la parte remota del abonado.

3.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA CONCENTRADOR

Consideremos un sistema concentrador en bloque funcionales, como se muestra en la figura 3.2, donde la parte en la central y la parte remota están enlazadas por líneas de transmisión PCM. La parte remota esta conformada de una unidad telefónica, una unidad de control y de un terminal de central. A continuación se describen cada uno de ellos.

La unidad telefónica también está conformada de tres partes como son: El circuito de línea, la red de conmutación y el convertidor PCM.

-El circuito de línea provee a cada línea de abonado, el cual permite la interfaz entre dicha línea con el sistema concentrador, debe suministrar

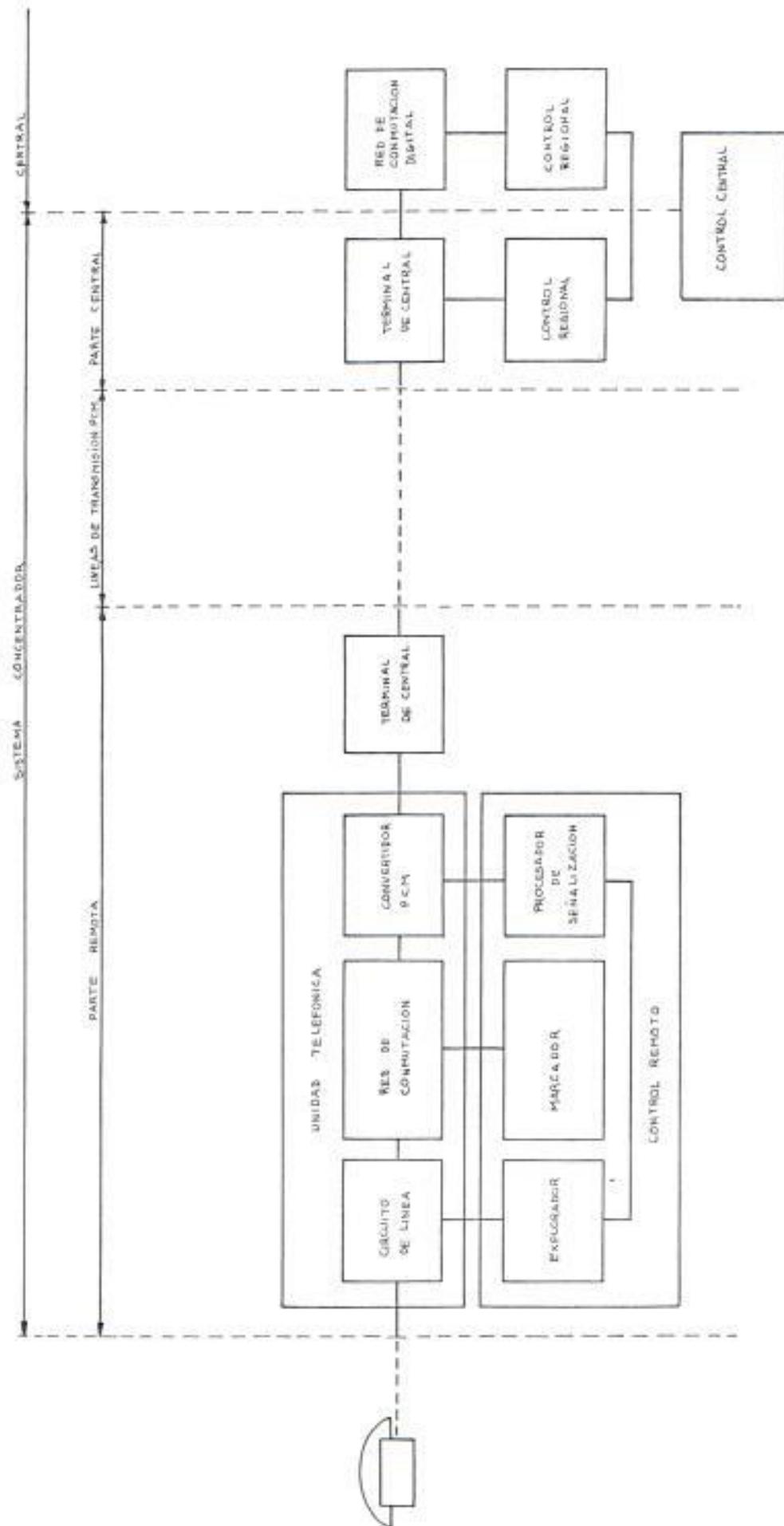


FIG. 3.2 ESTRUCTURA Y CONEXIONES SIMPLIFICADAS DE CONCENTRADOR

la corriente de llamada y la de conversación y además deberá realizar la conversión de 2 a 4 hilos.

Este circuito tiene que cumplir con la función BORSCHT, que se verá posteriormente.

-La red de conmutación es un medio con el cual se concentran las líneas de abonados, para utilizar sus salidas con mayor eficiencia, por que generalmente las líneas de abonado conducen un valor muy bajo de tráfico, por lo que sería muy antieconomico realizar la conmutación bajo estas condiciones.

Dependiendo de la tecnología, la red de conmutación puede ser electromecánica, electrónica analógica y electrónica digital.

-El convertidor PCM, conocido mas comunmente como CODEC (codificador y decodificador), realiza la conversión de analógico a digital, de las señales concentradas provenientes de la red de conmutación, obteniendose señales PCM.

La instalación de los CODEC a la salida de la red de conmutación, dependerá de la tecnología usada

por esta última, ya que que si las señales en la red de conmutación son PCM, entonces no será necesario instalar los CODEC a la salida de la concentración.

El terminal de central está localizado tanto en el concentrador remoto como en la central local, y sirve para la interfaz hacia las líneas de transmisión. También desempeña otras funciones como el tramado, la extracción del reloj, la inyección y extracción del intervalo de señalización en la corriente de bits.

La unidad de control está integrada de un explorador, un marcador y un procesador de señalización.

-El explorador examinará periódicamente las líneas de abonado con el objeto de determinar su estado (ocupado o desocupado).

-El marcador se encarga de realizar operaciones en la red de conmutación, tales como "búsqueda de vía" y "conmutación" de los puntos de cruce.

-El procesador de señalización que esta sujeto a las órdenes del control central, y que realizará la

detección de los errores, de manera que si se detecta un error, solicitará la retransmisión, en caso contrario enviará la orden hacia la subunidad apropiada.

3.3 LA MATRIZ DE CONMUTACION

Es bien conocido que, en las redes de conexión, los puntos de cruce se organizan matricialmente con la finalidad de favorecer el marcaje de los mismos, como se muestra en la figura 3.3

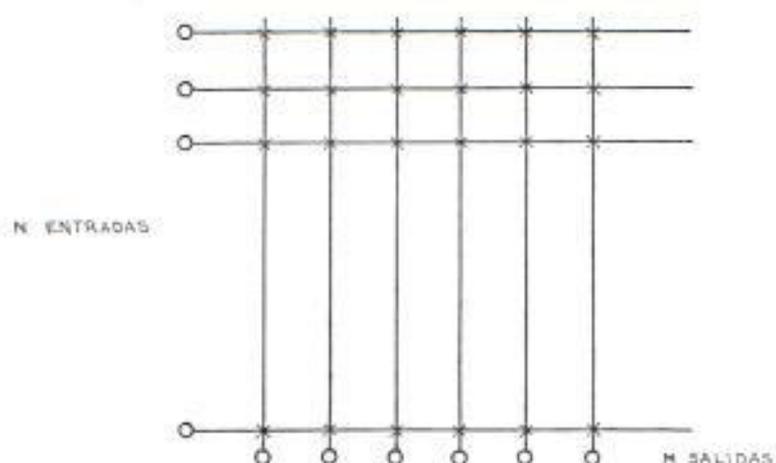


fig. 3.3 Matriz de conmutación

Siendo las X los puntos de cruce, formados por las intersecciones de las líneas vertical y horizontal.

La matriz de conmutación cuyos puntos físicamente hablando pueden ser contactos metálicos de tipo abierto o de tipo herméticamente cerrado, diodos,

transistores, SCR, etc. ,servirán para conectar cualquiera de las N entradas a cualquiera de las M salidas.

Una red de conexión de un sistema de conmutación puede ser de una o varias etapas, dependiendo su estructura concreta de cálculos de tráfico. Cada etapa suele estar constituida por un conjunto de matrices básicas, que a su vez son combinaciones de matrices elementales.

Por lo tanto los arreglos de conmutación comunmente utilizados, se han dimensionado en valores estandar, determinados por el parametro 2 a la n , (siendo $n=0,1,2,3,\dots$ etc.), de manera que se tendrán matrices cuyo dimensionamiento sean de $4,8,16,32,64,128,256,512$, etc, hasta un valor máximo limitado por la tecnología. En la figura 3.4 se muestran algunos arreglos tipicos de diferente dimensión.

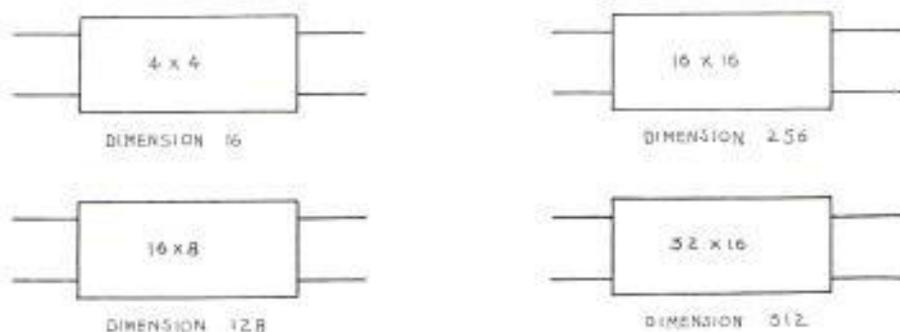


fig. 3.4 Matrices típicas

Los arreglos de conmutación pueden ser realizados con o sin concentración o expansión en cualquier etapa, cuando las salidas son menores que las entradas $M < N$, el arreglo es de concentración y si sucede lo contrario, es decir $M > N$, el arreglo es de expansión.

La relación de concentración viene dada por la relación del número de entradas al número de salidas $B = N/M$ y puede ser obtenida en dos etapas como se muestra en la figura 3.5, pudiendo lograrse concentraciones con las relaciones de 2:1, 4:1, 6:1, 8:1, etc. , dependiendo del número de (q) equipos de la red, por consiguiente podríamos concentrar 64/128/192/256 o más líneas a 32 líneas.

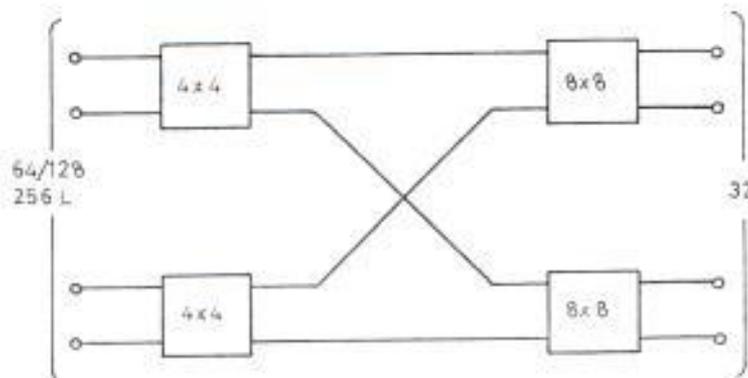


fig. 3.5 Concentración en 2 etapas

3.4 SISTEMAS DE CONMUTACION

Sistemas de conmutación es un término o expresión

fácil de comprender en el campo de las comunicaciones telefónicas, que encierra el significado de interconexión de abonados, dentro de grupos ordenados en dimensión, que comprenden desde una nación con gran población hasta una comunidad aislada o grupo individual. Esta interconexión puede ser establecida de dos maneras distintas, que pueden ser controladas por la salida o por la entrada:

-En conmutación espacial, se establece un camino físico permanente entre las líneas correspondientes durante su comunicación. Este itinerario está constituido por la colocación, punto a punto, de mallas elementales formadas por puntos de cruce, es decir, de órganos capaces de dejar pasar las corrientes de conversación o bien de bloquearlas. El punto de cruce más corrientemente utilizado es una pareja de contactos metálicos, estructurados en selectores, multiselectores o matrices, tal como ya se ha descrito.

-En conmutación temporal, el camino no se establece de manera permanente, ni siquiera durante la comunicación. Esta tiene lugar periódicamente, un cierto número de veces por segundo y durante muy cortos instantes, lo que permite solamente transmitir cada vez una muestra de la modulación,

pero multiplexando las muestras en tiempo, puede utilizarse un mismo camino como soporte simultáneo de un conjunto de comunicaciones.

3.5 RED DE CONEXION

La red de conexión es la parte de las centrales encargada de relacionar, dos a dos, las líneas telefónicas. La función de conexión puede ser realizada de dos maneras distintas: Conmutación espacial y conmutación temporal que ya fueron tratadas anteriormente; de tal manera que existen dos tipos de redes de conexión, la espacial y la temporal.

Las redes de conexión de tipo espacial difieren entre sí por los puntos de cruce utilizados, pero tiene todas una arquitectura análoga, consistente en un agrupamiento de los puntos de cruce en selectores o matrices y de éstos en etapas de selección. Solamente las dimensiones y la cantidad de órganos es lo que varía de un sistema a otro.

Las características de los elementos individuales de conmutación, es decir, los puntos de cruce, y la forma en que son asociados afectan a las funciones básicas e influyen sobre el control, por supuesto

que lo recíproco también es cierto.

La aplicación del principio de multiplex por división en el tiempo a la conmutación, ha dado lugar a las redes de conexión temporales, en las que cada camino es compartido por varias conexiones.

la conmutación temporal tiene esencialmente la misión de llevar una muestra que se presenta sobre una línea múltiple entrante a un canal temporal determinado de una línea multiplex saliente. Esta muestra puede representar la modulación vocal por amplitud MIA (PAM) o por una codificación MIC (PCM).

Redes de conexión PAM (MIA). En una red espacial cada camino es utilizado única y exclusivamente para una conexión concreta durante todo el tiempo que dura la misma. Por el contrario, en una red temporal cada camino es compartido por varias conexiones.

Esto es posible debido al proceso de muestreo de las señales, que consiste fundamentalmente en transmitir, en lugar de las señales analógicas completas, muestras (impulsos) de las mismas, con una duración concreta y tomadas cíclicamente en intervalos prefijados. Lo que permite introducir muestras de otras señales en los tiempos libres

entre intervalos.

Las muestras se toman con un periodo T, tal que :

$$F = 1/T \geq 2f_m \quad 3.1$$

donde:

f_m = La mayor frecuencia de la señal analógica

En la figura 3.6 se muestra un esquema muy simplificado de lo que sería la conmutación MIA. La red de conexión sólo está constituida por el circuito multiplex, al cual pueden conectarse las parejas de abonados de interés en los momentos oportunos.

Cada abonado puede conectarse al circuito multilex cuando se cierra su interruptor correspondiente.

Para conectar, por ejemplo, los abonados 1 y 4, sería preciso cerrar los interruptores 1 y 4 en el mismo instante de tiempo o instante de muestreo y repetir esos cierres a una frecuencia igual a la frecuencia de muestreo. En otros instantes de muestreo se conectarán, por ejemplo, los abonados 3 y N.

Los instantes de muestreo no son asignados a los

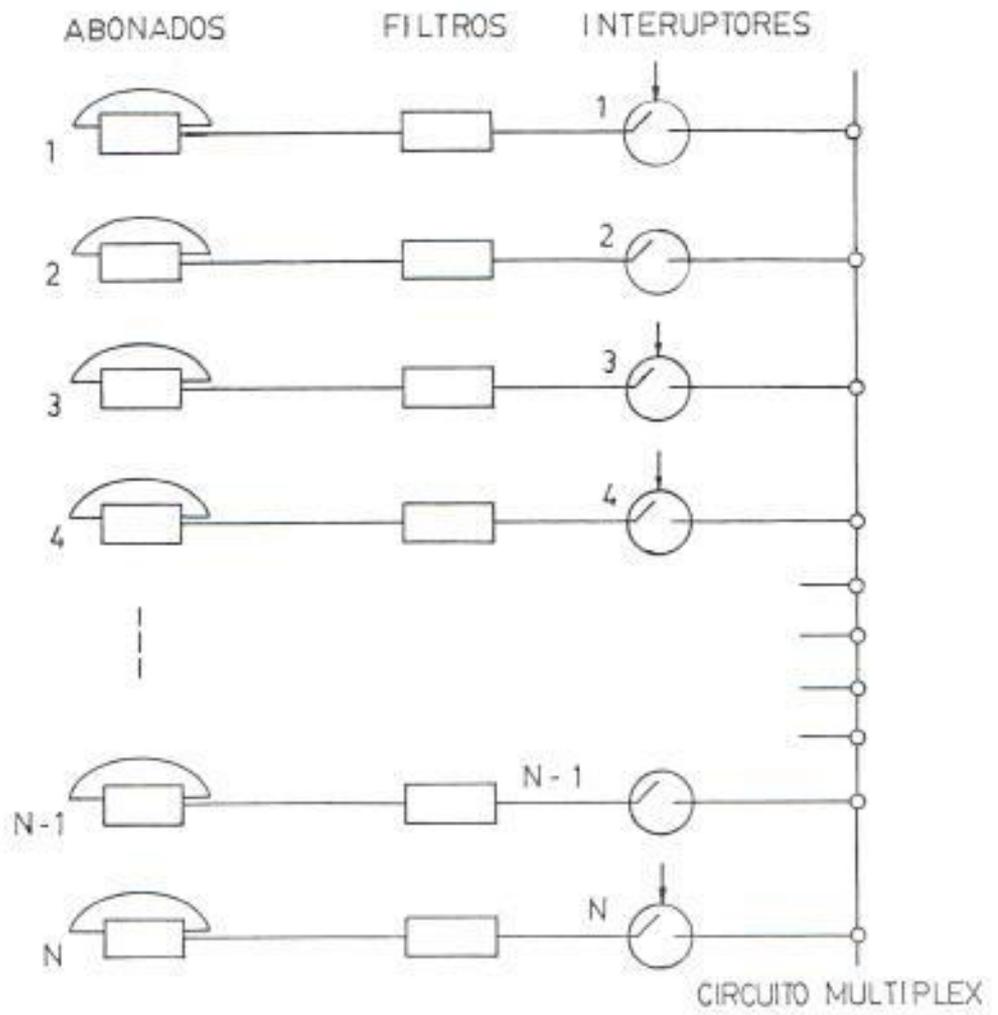


FIG. 36 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA RED PAM (MIA)

abonados más que cuando éstos lo solicitan; por este motivo con K instantes de muestreo insertos en un periodo de muestreo, se puede atender a un número N de abonados, aunque sólo pueden utilizarlos simultáneamente K abonados.

Toda la red de conexión se resume en K puntos de conexión al circuito múltiplex (uno por abonado). Una red de tipo espacial equivalente necesitaría $N \cdot K$ puntos de conexión. La aparente sencillez de la red de tipo temporal y la economía considerable de puntos de conexión hacen que el principio de la conmutación temporal sea particularmente atractivo para una solución completamente electrónica de los problemas de conmutación.

Otro aspecto a considerar es la forma de controlar los interruptores de muestreo correspondientes a una pareja de abonados, de tal manera que sean actuados simultáneamente en los momentos oportunos. Esta función es realizada por memorias que almacenan la identidad de los dos abonados a conectar en un cierto intervalo.

La capacidad de memoria necesaria para diferenciar todos los estados de ocupación de una red de conexión dependerá del número N de abonados y del

número de conexiones simultáneas.

Para direccionar, en binario, a un abonado llamante entre N y a un abonado llamado entre N se necesitan:

$$\log_2 N + \log_2 N = 2 \log_2 N \text{ bits} \quad 3.2$$

Como se pueden establecer K conexiones simultáneas se necesitarán en total:

$$2K \log_2 N \text{ bits} \quad 3.3$$

Es posible alcanzar esa capacidad en un conmutador MIA con K intervalos de tiempo por periodo de muestreo, disponiendo de dos memorias de direccionamiento con K registros cíclicos cada una. Cada registro contiene la dirección de un abonado codificado en forma binaria. Los bloques de registro serán leídos en parejas y secuencialmente.

En la figura 3.7 se muestra la conexión de los abonados 1 y 5. Lo primero que hará el control es buscar un intervalo de tiempo libre en el periodo de

muestreo. Supongamos que encuentra el 7. Entonces el marcador escribirá en la célula 7 de la primera memoria de direccionamiento (llamantes) la configuración de bits que direcciona al abonado 1; asimismo, escribirá en la célula 7 de la segunda memoria de direccionamiento (llamados) la configuración de bits que direccionan al abonado 5. Así pues, cada intervalo de tiempo 7 del periodo de muestreo, serán leídas las palabras 7 de las 2 memorias de direccionamiento, lo cual provocará la actuación de los interruptores de los abonados 1 y 5, que quedarán conectados durante el intervalo 7, repitiéndose el proceso por cada periodo de muestreo.

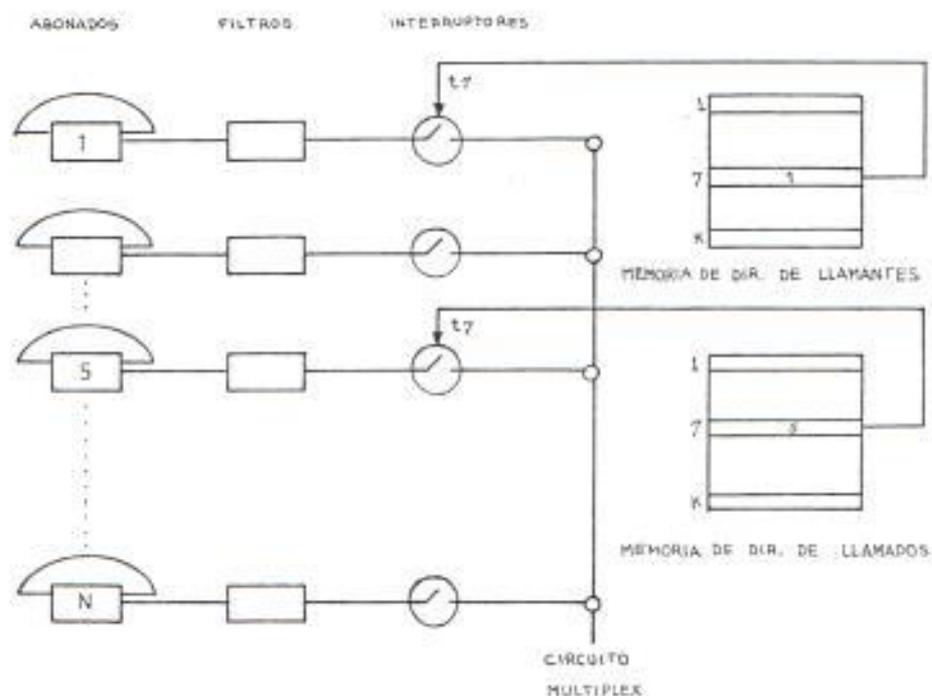


fig. 3.7 Red de conmutación FAM (MIA)

Para el correcto funcionamiento del mecanismo descrito, es necesario que las dos memorias estén perfectamente sincronizadas, accediéndose a la vez a las mismas y de forma secuencial.

Para hablar de redes de conexión MIC(PCM) es necesario primero hablar un poco de la modulación MIC, que consiste en muestrear, cuantificar la señal analógica telefónica, de forma que al final del proceso se obtenga un tren de bits. Si a esto se añade un multiplexaje adecuado de señales telefónicas, se llega a la configuración de señal representada en la figura 3.8 tal configuración se denomina trama.

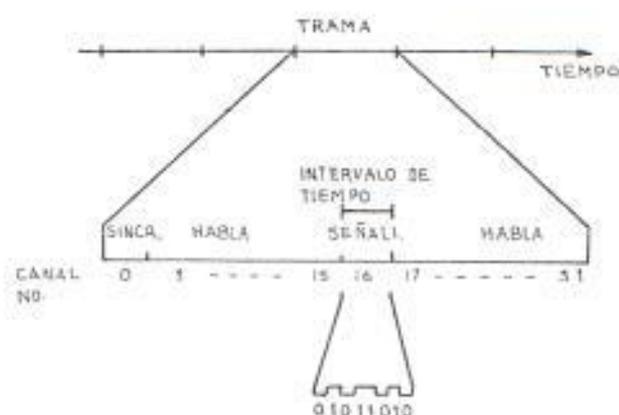


fig. 3.8 Configuración del tramado PCM (MIC)

En esta figura se muestra una trama de 32 canales. El canal 0 contiene información de alineación de trama y el canal 16 información de señalización. Cada uno de los canales restantes corresponde a un circuito telefónico, llevando la información codificada mediante 8 bits. La trama tiene una duración de 125 microsegundos.

En un circuito MIC las direcciones de ida y de vuelta están completamente separadas, por tanto existirá una trama para cada sentido con sus canales entrantes y salientes, respectivamente.

En una red de conexión MIC se conectan únicamente circuitos MIC, cuyas señales tendrán un formato análogo al descrito. Su misión esencial consistirá en trasladar un conjunto de 8 bits, pertenecientes a un intervalo de tiempo i de una trama n , a un intervalo de tiempo j de una trama m . Este proceso puede precisar, aunque no siempre, dos operaciones:

-Una transferencia física de un múltiplex a otro: operación de conmutación espacial.

-Una retención de la muestra en una memoria, durante una fracción del ciclo de 125 microsegundos: operación de conmutación temporal.

En el caso de que los dos canales MIC, pertenezcan al mismo múltiplex, puede eliminar la conmutación espacial.

5.6 ELEMENTOS CONMUTADORES

Existen diversas estructuras para redes de conexión temporales. No obstante, siempre encontraremos etapas T o una mezcla de etapas T y etapas S. Las etapas T están constituidas por los conmutadores temporales y las etapas S por los conmutadores espaciales.

Un conmutador temporal permite conmutar un canal entrante con otro canal saliente. Para realizar esta operación se precisarán dos tipos de memorias en tal conmutador: memorias intermedia para almacenar las informaciones entrantes, y memorias de control para encaminar adecuadamente dichas informaciones hacia la salida.

Dependiendo de la disposición relativa de ambos tipos de memoria, se presentan dos tipos de conmutadores temporales: Los de control por la salida y los de control por la entrada.

En la figura 3.9 se presenta el esquema de un conmutador temporal controlado por la salida, donde

pueden observarse los dos tipos de memorias mencionados: intermedia y de control.

Las palabras de la memoria intermedia están asociadas a los canales entrantes, en ellos se almacenan secuencialmente las informaciones entrantes en el orden en que van llegando de acuerdo a su posición en la trama entrante. La memoria de control contiene, en cada instante de salida, la dirección de la palabra de la memoria intermedia que debe ser transferida al canal correspondiente en la trama saliente.

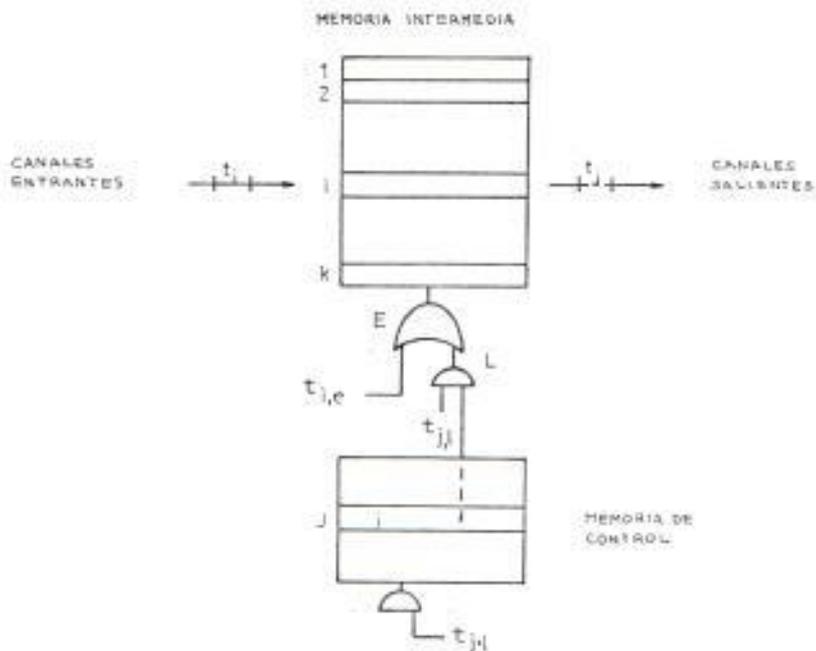


fig. 3.9 Conmutador temporal

En la figura 3.9 se ha considerado que el circuito MIC (parte entrante y parte saliente) comprende K

canales, con n bits por canal.

La memoria intermedia comprende K palabras de $\log K$ bits, que son los bits necesarios para direccionar las K palabras de la memoria intermedia.

La memoria intermedia dispone de dos circuitos de direccionamiento: para escritura (E) y para lectura (L).

Cada intervalo de tiempo t_m (de duración igual a la de un canal), está dividido en dos tiempos elementales $t_{m,e}$ y $t_{m,l}$. En $t_{m,e}$ se escribe en la palabra m de la memoria intermedia la información contenida en el canal m de la trama entrante. En $t_{m,l}$ la palabra m de la memoria de control direcciona la palabra n de la memoria intermedia, cuyo contenido debe ser transferido al canal m de la trama saliente.

Para aclarar el funcionamiento del conmutador temporal controlado por la salida, se describe a continuación; la conexión del canal i de la trama entrante al canal j de la trama saliente, véase la figura 3.9. En $t_{i,e}$ se escribe en la palabra i de la memoria de control, que contendrá (habrá sido escrita previamente por los órganos de control

adecuados) la dirección de la palabra i de la memoria intermedia, cuyo contenido será transferido al canal j de la trama saliente.

Así pues, en este tipo de conmutador la escritura es secuencial, siendo la lectura controlada.

El funcionamiento del conmutador temporal controlado por la entrada es análogo al que se acaba de describir, con la diferencia de que aquí se tiene una escritura controlada y una lectura secuencial.

Otro elemento conmutador es el espacial que permite, en el caso más general, encaminar las informaciones contenidas en la parte entrante de M circuitos MIC hacia la parte saliente de N circuitos MIC. Dichos encaminamientos son efectuados bajo el mando del control adecuado.

La figura 3.10 representa un esquema general de la constitución de un conmutador espacial. Bajo el supuesto de que cada circuito MIC consta de k canales, este conmutador consta de M demultiplexores, k conmutadores espaciales de M entradas y N salidas y N multiplexores. La función de los demultiplexores consiste en separar los canales de cada trama entrante, de modo que a cada

conmutador espacial lleguen canales del mismo rango. En el conmutador espacial 1 entrarán los canales 1 de todos los circuitos MIC, saliendo de él los canales 1 de todos los circuitos. Los multiplexores reconstituirán a la salida cada una de las tramas, de cada circuito MIC en su parte saliente.

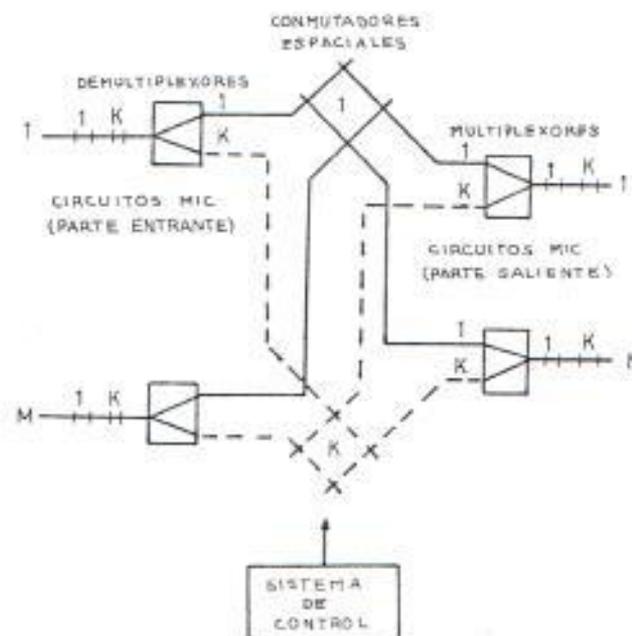


fig. 3.10 Conmutador espacial

El conmutador espacial constituye, por sí mismo, una red de conexión, pero su utilización aislada encuentra serios inconvenientes. Por una parte existen problemas de sincronismo (circuitos MIC entrante con el reloj del conmutador) y de cableado cuando se trata de realizar grandes conmutadores. Además, es preciso insistir en que no se puede establecer una comunicación entre canales de diferente rango en el tiempo, tarea que es realizada

por el conmutador temporal.

3.7 REDES DE UNA, DOS Y TRES ETAPAS

Una red de una sola etapa es aquella que está constituida por un sólo conmutador temporal. Existen muchos modos de realizar este tipo de red, que difieren entre sí por la manera de asociar las memorias intermedias y las memorias de control. Como ejemplo se va a estudiar la red T representada en la figura 3.11.

Se trata de una red controlada por la salida. Así pues, la escritura es secuencial, siendo la lectura controlada. Se supone que se van a conmutar N circuitos MIC, que por ser unidireccionales aparecerán tanto en la entrada como en la salida, con 32 canales por circuito. A cada circuito MIC está asociada una memoria intermedia de 32 palabras de 8 bits. En esta memoria se almacenan y regeneran las informaciones entrantes, de una manera secuencial, de acuerdo con un cierto sincronismo.

El problema a resolver consiste en encaminar un canal de un circuito MIC a otro circuito MIC. Para ello, cada intervalo de tiempo (cuya duración es la misma que la de un canal) está descompuesto en $N+1$

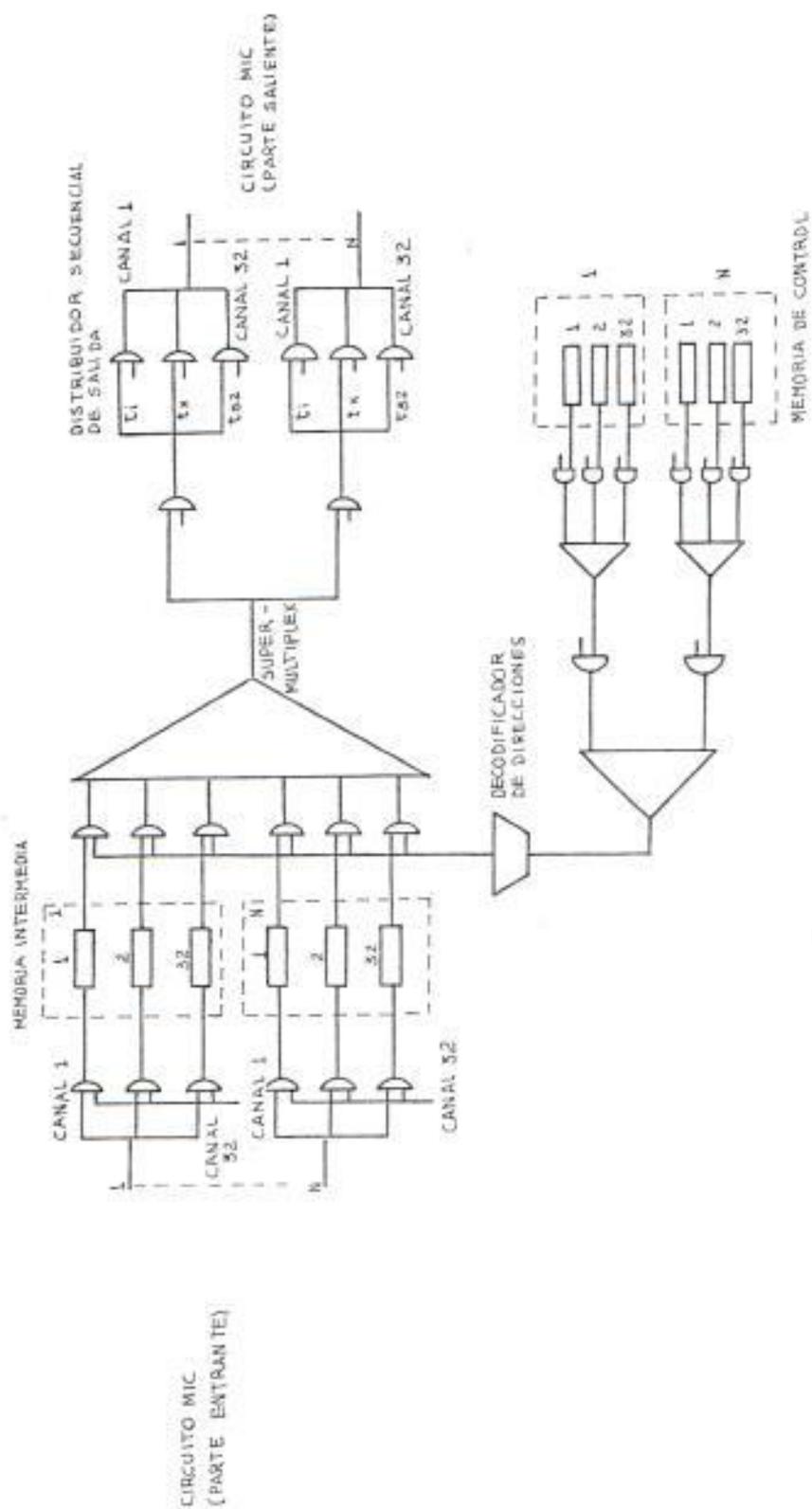


FIG. 3.11 RED T DE UNA ETAPA

tiempos elementales: uno reservado a la escritura en las memorias intermedias y N reservados al encaminamiento del contenido de las memorias intermedias hacia los canales salientes de los circuitos MIC.

Así pues, cada intervalo de tiempo t_i , está descompuesto en $N+1$ tiempos tales que:

-En el tiempo t_i , se realiza la escritura de las informaciones entrantes del canal i de cada circuito MIC, en las palabras de memoria intermedia asociadas.

-En el tiempo t_i+k , con $1 \leq k \leq N$, el contenido de la palabra $i+k$ de la memoria de control direcciona la palabra, de la memoria intermedia, cuyo contenido debe ser encaminado al canal saliente i del circuito MIC k .

Es decir, en cada intervalo de tiempo t_i se escriben todas las palabras de la memoria intermedia correspondiente a dicho t_i (una palabra i por circuito MIC) y se extraen informaciones por los canales salientes i de los circuitos MIC.

A título de ejemplo, se describe a continuación la

conexión del canal 2 del circuito MIC 1 con el canal 32 del circuito MIC N.

En el tiempo t_2 se escribe en las palabras 2 de las memorias intermedias la información de todos los canales entrantes 2 de los circuitos MIC. Una de ellas será la palabra 2 de la memoria intermedia 1 (asociada al circuito MIC 1). En el tiempo t_{32+N} la palabra de memoria de control (32,N) direcciona a la palabra de memoria intermedia (2,1), cuyo contenido será transferido al canal saliente 32 del circuito MIC N.

De igual forma, y en tiempos correspondientes, deberá transferirse la información del canal entrante 32 del circuito MIC N al canal saliente 2 del circuito 1, para lo cual la palabra de memoria de control (2,1) debería contener (32,N).

La red descrita no posee bloqueo alguno, pues las informaciones se van extrayendo por los circuitos MIC (parte saliente) dentro de cada intervalo de tiempo, mediante el barrido secuencial de la memoria de control y el distribuidor secuencial de salida.

La red T estudiada encuentra su limitación, en capacidad, en 32 circuitos MIC ya que esto conduce a

tener tiempos de acceso a memoria de 120 nseg., que pueden considerarse razonablemente manejables con las actuales tecnologías.

De cualquier forma, si se quiere llegar a más altas capacidades es preciso prever el multiplexaje de las informaciones entrantes sobre varios conmutadores rectangulares, que tengan en su entrada todos los circuitos MIC y en sus salidas grupos de 32, el pago a ello es el aumento considerable de memorias.

Para solventar el problema económico que presentan las redes T, en cuanto se superan ciertas capacidades, se pensó en ampliar el número de etapas.

En un primer paso, los estudios se orientan hacia las redes de dos etapas. Surgieron así las estructuras ST, TS, y TT. Dichas estructuras presentan problemas importantes por lo que no han sido utilizadas.

Las iniciativas encaminadas hacia redes MIC de dos etapas, para conseguir aumentar la capacidad alcanzada con una red de tipo T, terminaron en la práctica en redes de tres etapas tipo TST o STS.

La estructura TST es una red de conexión temporal

con dos etapas T y una etapa S. En la figura 3.12 se muestra una estructura simplificada de red TST con 3 circuitos MIC, conteniendo cada uno de ellos 32 canales. En la práctica, el número de circuitos a conmutar es mucho más grande, llevándose a cabo en las redes reales un multiplexaje previo y una conversión serie paralelo, antes de acceder a las memorias intermedias de entrada. Sin embargo, es útil referirse a esta estructura simplificada por razones de sencillez.

En la figura 3.12 aparecen los dos tipos de memorias ya varias veces mencionados:

- Memorias intermedias, en las que se almacenan las informaciones entrantes y salientes.

- Memorias de control, que gobiernan la lectura y escritura de las memorias intermedias, y controlan la matriz espacial. Estas memorias de control son escritas por la unidad de control del sistema.

Se tienen 3 memorias intermedias de entrada, correspondientes a la informaciones entrantes de los 3 circuitos MIC, y 3 memorias intermedias de salida, correspondientes a las informaciones salientes de los 3 circuitos MIC. Cada una de estas memorias

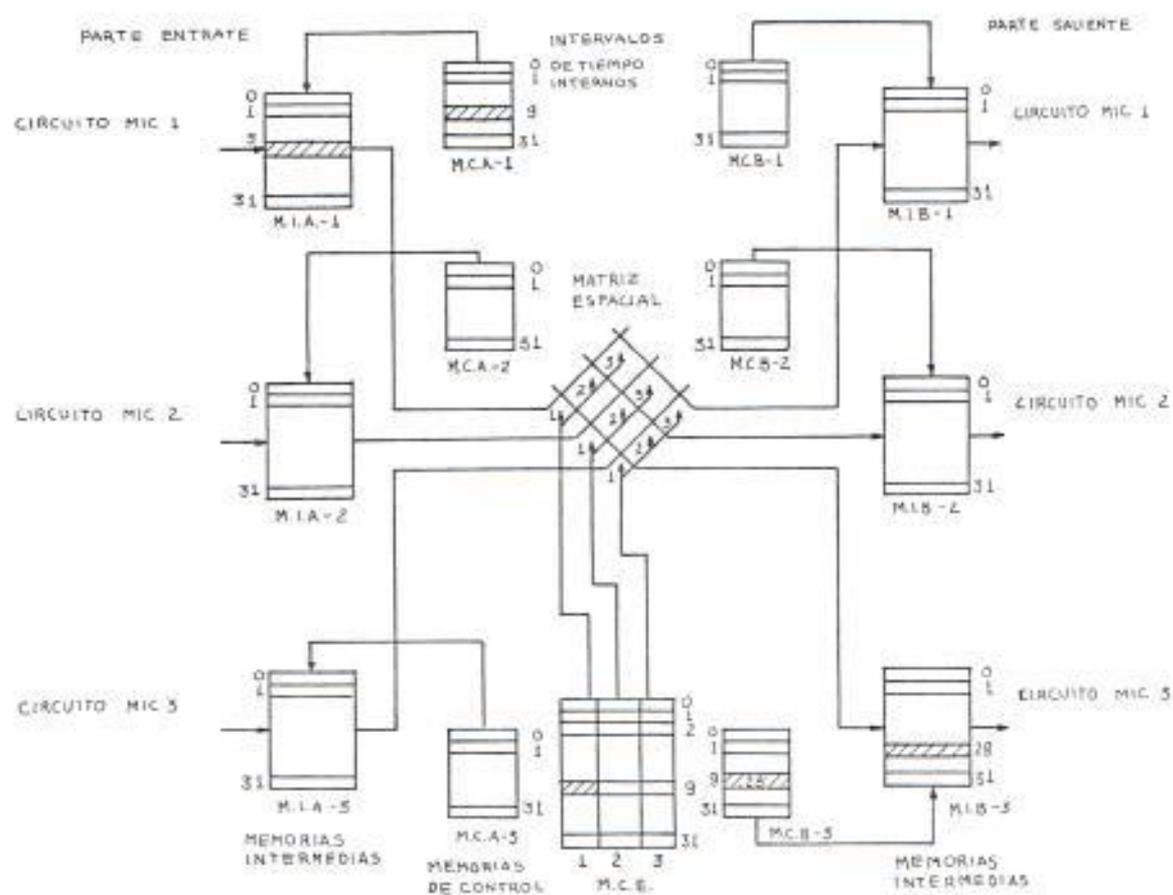


FIG. 3.12 ESTRUCTURA TST

contiene 32 palabras de 8 bits.

Por otra parte, existen 6 memorias de control de las memoiias intermedias, estando asociada cada una de ellas a una memoria intermedias. Se trata de memorias con 32 palabras de $\log 32 = 5$ bits cada una.

También puede observarse una memoria de control de la matriz espacial, que está dividida en 3 zonas, correspondiendo cada una de ellas a uno de los 3 buses salientes de la primera etapa T. Cada zona consta de 32 palabras de 2 bits.

La escritura en las memorias intermedias de entrada es secuencial, mientras que su lectura es controlada por las memorias de control. La escritura en las memorias intermedias de salida es controlada y su lectura secuencial. Esto es equivalente a decir que la etapa T de entrada funciona controlada por la salida, mientras que la etapa T de salida funciona controlada por la entrada.

Generalizando a una red con N circuitos MIC, en un mismo intervalo de tiempo interno se podrían establecer hasta un máximo de N conexiones simultáneas en el caso ideal. Para tal configuración

se necesitarían:

-2N memorias intermedias de 32 palabras de 8 bits cada una.

-2N memorias de control asociadas a las memorias intermedias, con 32 palabras de 5 bits cada una.

-N memorias de control asociadas a la matriz espacial, con 32 palabras de $\log N$ bits cada una.

-1 matriz espacial con N entradas y N salidas.

La estructura STS es una red de conexión temporal a 3 etapas, siendo en este caso la etapa T intermedia entre las dos etapas S.

El funcionamiento correcto de la red STS requiere un perfecto sincronismo entre las tramas entrantes de los circuitos MIC.

Anteriormente se prefería la estructura STS, debido a que la estructura TST requiere, por el hecho de poseer dos etapas T, mayor número de palabras de memoria que el necesitado por la estructura STS.

Actualmente, es mucho más sencillo integrar memorias

que matrices espaciales. El costo de las memorias integradas está decreciendo notablemente.

Las tendencias actuales muestran una mayor inclinación hacia la estructura TST.

3.8 FUNCION BORSCHT

Muchos sistemas de conmutación digital, ya sean locales, combinaciones de local interurbano o privado se instalan en forma solitaria sin hacer ningún cambio simultáneo en el bucle de la red de abonados, ni en el terminal del abonado.

Un sistema de conmutación digital necesita circuitos de línea de abonado que contengan CODEC y dispongan de las funciones BORSCHT que están también incluidas en un equipo interurbano de un sistema de conmutación temporal, deberían proporcionarse para cada línea de abonado en los conmutadores digitales locales ya que los sistemas digitales no pueden aceptar señales en corriente continua o señales de alto nivel.

La palabra BORSCHT está formada con las iniciales (del inglés) de los puntos más importantes para la interfaz con la línea de abonado.

- B - Battery Feed: suministro de corriente para la conversación
- O - Overvoltage Protection: protección contra sobretensiones
- R - Ringing: emisión de la corriente de llamada
- S - Supervision and Signaling: supervisión del estado del bucle
- C - Codec: codificación y decodificación
- H - Hybrid: conversión de 2 a 4 hilos
- T - Test Acces: prueba de la línea del abonado

3.9 MODOS DE CONCENTRACION DE LINEAS

El modo de concentración de líneas, como se muestra en la tabla 3.1, se clasifican en 2 tipos: de división espacial analógica y de división temporal digital.

El sistema de concentración analógico se subdivide en 2 hilos y 4 hilos, de acuerdo a la ubicación del circuito híbrido, teniendo así el modo individual o comun. Dichos modos se muestran en la figura 3.15.

En los conmutadores electromecánicos tradicionales y en los conmutadores electrónicos de alta tensión a 2 hilos los circuitos BORSCHT son localizados después de la etapa de conmutación en la concentración de

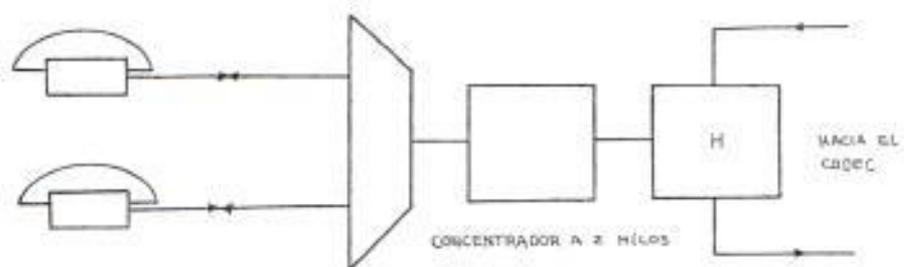
Tabla 3.1

Modos de Concentración de Líneas

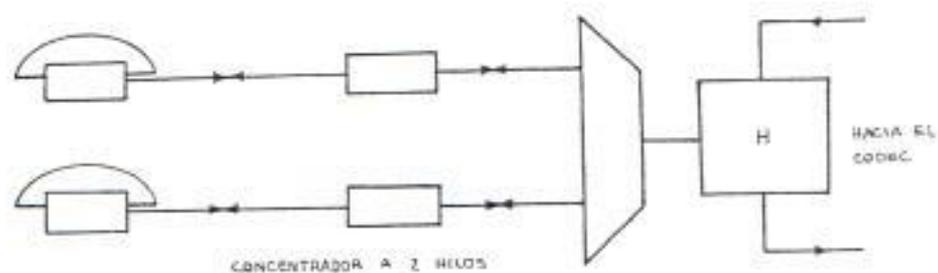
CASO	Modo de Concentración de tráfico	Funciones		B	O	R	S	C	H	T	COMENTARIOS
		Concentrador									
a	Modo	Electromecánico		C	C	C	C	C	C	C	1. En caso de BORSCHT compartido, los puntos de cruce deberían tener un aguante de más de 500 voltios. 2. Es imposible una pérdida de 0 dB, debido a que el circuito híbrido es compartido.
b	Análogo	Electrónico de Alta Tension (2 hilos)		C	C	C	C	C	C	C	
c	de División	Electrónico de Baja Tension (2 hilos)		I	I	I	I	C	C	I	
d	Espacial	Electrónico de Baja tension (4 hilos)		I	I	I	I	C	I	I	1. Ambos tienen el mismo circuito BORSCHT. 2. Es posible una pérdida de 0dB si el ajuste de los circuitos híbridos son dados por línea.
e	Modo Digital de División Temporal			I	I	I	I	I	I	I	

I= Modo Individual

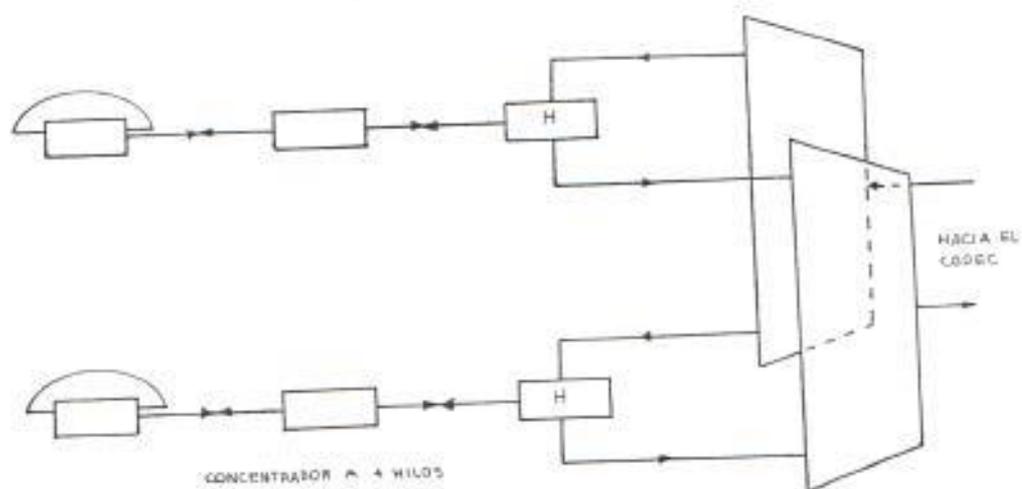
C= Modo Común



MODO COMUN - ALTA TENSION



MODO COMUN - BAJA TENSION



MODO INDIVIDUAL

FIG. 3.13 ESQUEMAS DE MODOS DE CONCENTRACION

línea y compartidos entre un amplio número de líneas de abonado.

Los conmutadores electrónicos de división de espacio electrónico de 2 hilos que utilicen puntos de cruce de semiconductores de baja tensión tendrán en cada línea los circuitos con la función BORST mientras que los circuitos con la función CH irán después de la etapa de conmutación y serán compartidas por todas las líneas de abonado.

Los conmutadores de división de espacio electrónico de 4 hilos y los conmutadores de concentración de división de tiempo deberán tener en cada línea de abonado un circuito BORSHT y BORSCHT respectivamente (ellos difieren solamente en el arreglo del codec) ya que los puntos de cruce no pueden permitir tensiones y corrientes altas.

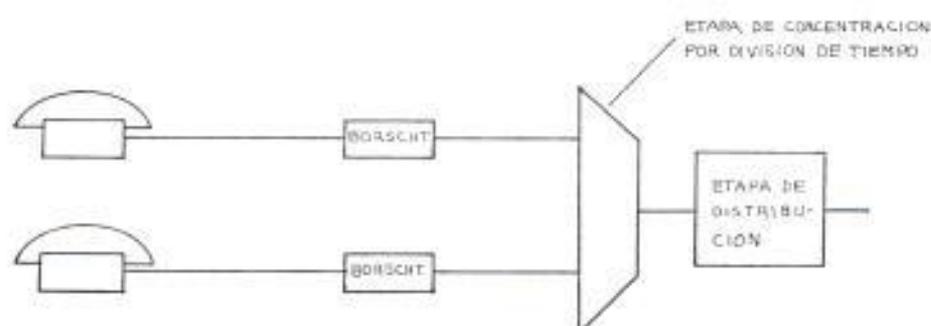


fig. 3.14 Concentración por tiempo

En la figura 3.14 se muestra el principio del

sistema de concentración por división de tiempo.

A través de la red de conmutación digital no es posible que pueda pasar una señal de alto voltaje como es -48[V] o la corriente de timbrado.

La posición del circuito de abonado es necesariamente anterior a la etapa de concentración y correspondiente para cada abonado, porque ambas etapas de concentración y distribución conforman la red de la vía de conversación digital.

En la figura 3.15, se muestra el principio del sistema de concentración por división de espacio, cuya constitución de la vía de conversación puede estar conformada por 2 o 3 etapas.



fig 3.15 Concentración por espacio

La ventaja del sistema de concentración por división de espacio es el menor requerimiento de circuitos con respecto al número total de circuitos de

abonados; sin embargo, del sistema de concentración por división de tiempo podemos esperar la misma posibilidad en el futuro a medida que el costo del LSI disminuya. Si se conforma un conmutador temporal con una alta capacidad y una sola etapa, se tendría la ventaja de un tráfico flexible y además, una menor atenuación en la transmisión, pudiéndose pensar en un enlace digital de extremo a extremo.

3.10 DIMENSIONAMIENTO DEL CONCENTRADOR TELEFONICO

Para el dimensionamiento de los concentradores deberemos hacer ciertos ajustes, ya que para la concentración se utilizaran concentradores convencionales. Los resultados sin ajustes se muestran en la tabla 2.1 del capítulo II.

A partir de estos valores determinaremos nuevos valores de grado de servicio B que se establecen.

Estos nuevos valores son M (abonados) y N (troncales).

Para el cálculo de B utilizamos la siguiente fórmula:

$$B = E_{1,N}(D) = \frac{\frac{D^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{D^i}{i!}} \quad 3.4$$

Donde:

B = Grado de servicio (congestión)

D = Tráfico ofrecido

N = Troncales

Puesto que la fórmula generalmente no se puede resolver de forma explícita para calcular D, se debe hacer el cálculo de la oferta D admisible de forma iterativa con los valores correspondientes a N y B conocidos.

Para la evaluación numérica está muy adecuada la fórmula de recurrencia:

$$B = E_{1,N+1}(D) = \frac{D * E_{1,N}(D)}{N+1 + D * E_{1,N}(D)} \quad 3.5$$

Por consiguiente los resultados son los presentados en la tabla 3.2.

Los concentradores telefónicos digitales se deberán conectar a la central local por medio de señales multiplexadas. Por consiguiente el tráfico telefónico a ser transmitido será llevado a través

de 2 pares de hilos telefónicos por multiplexor.

Tabla 3.2

Dimensión de los concentradores

ZONA	1	2	3	4	5	6
ABONADOS (M)	128	48	64	128	48	48
TRAFICO (D)	9,47	3,55	4,74	9,47	3,55	3,55
TRONCALES (N)	16	8	16	16	8	8
CONGESTION (B)	1,89	1,82	0,0027	1,89	1,82	1,82

La forma en que se configura esto se muestra en la figura 2.1 del capítulo 2 pero con los valores de concentradores presentados en la tabla 3.2 de éste capítulo.

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DEL CONCENTRADOR TELEFONICO A SER INSTALADO

4.1 ANALISIS DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL CONCENTRADOR A SER INSTALADO

Los concentradores telefónicos a instalarse en el sector industrial de Durán, para tener eficiente funcionamiento deberán cumplir con ciertas características técnicas, las cuales enunciaremos a continuación.

a) Número de abonados

Los concentradores telefónicos deberán tener una flexibilidad para variar su capacidad desde un cierto número de abonados hasta el número de líneas de abonados mínimos indicados en la tabla 3.2 del capítulo anterior.

b) Concentración de tráfico

Los concentradores telefónicos deberán realizar concentraciones de 8:1, 6:1 y 4:1 por cuanto realizarán concentraciones de 128 a 16, 48 a 8 y 64 a 16 respectivamente. Los concentradores en total

son 6 pero se utilizarán 2 de 128 a 16, 3 de 48 a 8 y 1 de 64 a 16.

c) Tráfico

La capacidad de tráfico que deberán manejar los concentradores telefónicos para dar servicio a los abonados en las diferentes zonas se presentan en la tabla 3.2.

d) Tráfico por línea de abonado

Los concentradores telefónicos en el caso más extremo, deberán tener la capacidad de manejar durante la hora pico una carga de tráfico promedio por línea de abonado de por lo menos de 0.074 Erlang o más, puesto que se ha considerado a ésta como la densidad de tráfico de un abonado en la zona industrial de Durán.

e) Resistencia de bucle

La resistencia de bucle con corriente de alimentación (abonado descuelga) varía de acuerdo con el fabricante del concentrador, sin embargo puede considerarse permisible una resistencia de 2000 ohmios.

f) Puntos de cruce de la matriz de conmutación

El uso de puntos de cruce electrónicos CMOS es común en concentradores digitales. Los fabricantes tratan de limitar el número de etapas de concentración con el objeto de minimizar los problemas de transmisión.

g) Circuitos de línea del concentrador telefónico

Los circuitos de línea ejecutan la tarea de interfaz con las líneas de abonado. El circuito de línea es un circuito del que se provee a cada línea de abonado y debe suministrar la corriente de llamada y la de conversación y realizar la conversión de 2 a 4 hilos. Este circuito tiene que cumplir con la función BORSCHT.

En los concentradores electromecánicos tradicionales, los circuitos BORSCHT están localizados después de la etapa de conmutación en la concentración de línea y compartido entre un grupo numeroso de líneas de abonado. Mientras que por otro lado, en el caso de utilizarse un conmutador de concentración de división de tiempo o espacial, deberían tener un circuito BORSCHT y BORSHT respectivamente sobre cada línea de abonado, ya que

los puntos de cruce no pueden permitir altos valores de voltaje y corriente.

h) Ruido y Distorsión

Las distorsiones de atenuación y por retardo de grupo vienen determinados por los filtros situados en los codec, el ruido se produce en los codec, manteniéndose bajo los límites de las recomendaciones CCITT puede indicarse el valor de - 50dBmop.

i) Estabilidad

En los bucles de 4 hilos se producen oscilaciones parásitas (canto) cuando los procesos de equilibrado y amplificación de una línea dan como resultado una atenuación de 0dB, o negativa. Para tener la seguridad de que tal inestabilidad no se produzca, hay que preveer una atenuación mínima por línea, de manera que las pérdidas de retorno del híbrido deben ser iguales o mayores a 20 dB en el rango de 300 a 3400 hz.

j) Fuente de poder

Un valor típico de voltaje usado para la

alimentación de los concentradores telefónicos es de -48 [v] de corriente continua, aunque también hay energizados con corriente alterna. Esta alimentación puede provenir desde la central telefónica Durán. Sin embargo, para mayor confiabilidad, en el concentrador telefónico deberá haber una batería de reserva, ya que en el caso de suceder alguna falla en la alimentación de la central local, se realice un cambio automático para que funcione la batería.

La capacidad de la batería de reserva deberá ser suficiente para mantener el procesamiento de llamada durante 8 horas bajo una carga de hora pico.

k) Condición ambiental

El concentrador debe estar dentro de una de las industrias pertenecientes a la zona que él va a servir, para evitar la construcción de una edificación que encarezca esta implementación.

La temperatura ambiente y el grado de humedad en el lugar donde va a ser instalado deben ser inferiores a los límites máximos para los cuales han sido construidos los concentradores telefónicos, de manera que el rango de temperatura ambiental para una operación normal debería ser de unos -40 C a

+60 °C y un grado de humedad relativa de hasta el 80 %.

l) Requerimientos del sistema

El concentrador telefónico deberá ser capaz de permitir la conexión de cualquier tipo de aparato telefónico normalizado, sea de disco o teclado decádico o de multifrecuencia.

m) Pruebas y mantenimiento

En el concentrador telefónico deberían estar incluidas funciones de prueba y mantenimiento.

n) Alarmas

Facilidades de alarmas deberían estar incluidas en el equipo con el objeto de detectar las fallas, ya sean éstas menores en el caso de que una parte del sistema esté funcionando mal sin afectar al funcionamiento de todo el sistema o fallas mayores cuando un mal funcionamiento del equipo afecte a todo el sistema. Las señales de alarma serán detectadas en la central pública por el hardware o el software y serán indicadas en forma visual y audible.

4.2 APLICACION CON CABLE TRONCAL Y FIBRA OPTICA

Los principales medios de transmisión usados en telecomunicaciones, actualmente son cables, fibras ópticas y radioenlaces.

Los medios principales de transmisión por cable son: cables de pares simétricos que constituyen el medio principal en las redes urbanas y primarias y permiten el empleo de sistema PCM de 2Mbit/s, cables o grupos de pares aislados y protegidos, cable microcoaxial y coaxial.

Los radioenlaces se utilizan tanto para pequeña como para mediana o gran capacidad, ya sea para su uso en redes rurales, o para redes urbanas de alta densidad telefónica.

Con el empleo de la técnica digital se han podido utilizar bandas superiores a 13 GHz, no aptas para la transmisión analógica.

Las fibras ópticas, son el medio de transmisión más reciente, siendo el medio más apropiado para reemplazar, en el futuro cercano, a los cables.

Las fibras ópticas, que operan en la longitud de

onda óptica del espectro electromagnético, tienen un potencial de ancho de banda casi ilimitado.

En la actualidad se utilizan sistemas de comunicación de fibra óptica en Estados Unidos, Canadá, Alemania, Inglaterra, Ecuador, Japón y otros países. Evidentemente, tienen posibilidades muy amplias de uso en servicios de banda ancha en el futuro.

4.2.1 Bases de los Sistemas de Transmisión PCM

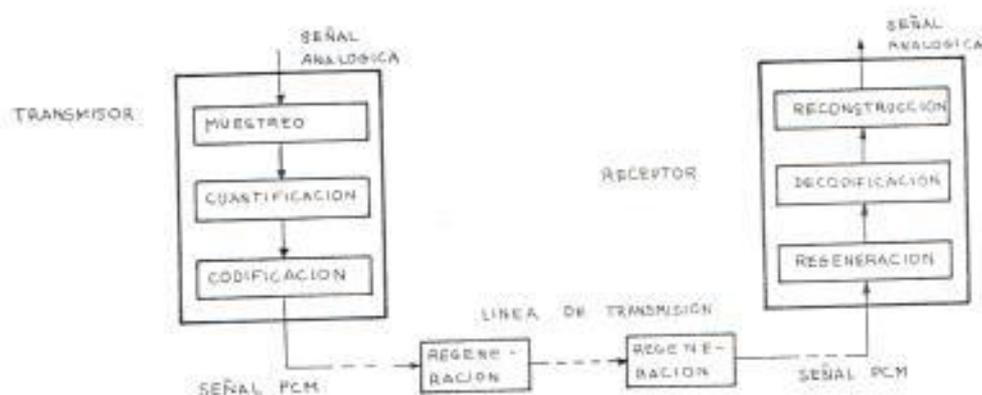


fig. 4.1 Sistema básico de transmisión PCM

La figura 4.1 esquematiza un sistema básico de transmisión PCM. Aquí daremos una descripción breve de los procesos presentados en la figura de arriba.

El proceso de elegir los puntos de medición en la curva de conversación analógica se denomina muestreo. En el significado eléctrico práctico, muestrear es tomar valores instantáneos de la señal analógica a intervalos de tiempo iguales. Los valores de medición se denominan "muestras". Cuando efectuamos el muestreo, tomamos el primer paso hacia una representación digital de la señal de conversación porque los instantes de muestreo elegidos nos dan las coordenadas de tiempo de los puntos de medición.

Las amplitudes de las muestras pueden tomar todos los valores de la gama de amplitudes de la señal de conversación. Cuando medimos las amplitudes de las muestras tenemos que efectuar un redondeo por razones prácticas. En el proceso de redondeo, o proceso de cuantificación, a todas las amplitudes de las muestras entre dos marcas de la escala se le dará el mismo valor cuantificado. El redondeo de las muestras provoca un error irreparable, distorsión de cuantificación, en la señal.

Cada muestra cuantificada es luego representada por el número de la marca de la

escala, es decir, ahora conocemos las coordenadas en el eje de amplitud de las muestras.

El proceso de muestreo y cuantificación brinda una representación digital de la señal de conversaciõn original pero no en una forma más apropiada para la transmisión sobre una línea o itinerario de radio. Se requiere la traslación a una forma de señal diferente. este proceso se denomina codificación. Generalmente los valores de las muestras se codifican en forma binaria, de modo que el valor de cada muestra se representa con un grupo de elemetos binarios. Típicamente, una muestra cuantificada puede tomar uno de 256 valores. En forma binaria, la muestra estará representada por un grupo de 8 elemetos. Este grupo de aquí en adelante se denomina palabra PCM. Para los propósitos de transmisión, los valores binarios 0 y 1 pueden tomarse como correspondientes a la ausencia o presencia de un impulso eléctrico.

En la línea de transmisión los impulsos de las palabras PCM se distorsionarán gradualmente. Sin embargo, mientras sea posible distinguir

entre la ausencia y la presencia de un impulso, no ha ocurrido ninguna pérdida de información. Si el tren de impulsos es regenerado, es decir, los impulsos muy distorcionados son reemplazados por impulsos frescos a intervalos adecuados, la información puede transmitirse a largas distancias con prácticamente nada de distorsión. Esta es una de las ventajas de la transmisión digital sobre la transmisión analógica; la información está contenida en la existencia o no de un impulso en vez de estarlo en la forma del impulso.

En el lado de recepción las palabras PCM se decodifican, es decir, son trasladados nuevamente a muestras cuantificadas. La señal de conversación analógica es luego reconstruida mediante interpolación entre las muestras cuantificadas. Hay una pequeña diferencia entre la señal de conversación analógica del lado de recepción y la señal correspondiente del lado de transmisión a causa del redondeo de las muestras de conversación. Esta diferencia, como ya se dijo, se conoce como distorsión de cuantificación.

4.2.2 Posibilidades de Operación de la Técnica PCM

Las ventajas principales de la transmisión digital pueden resumirse como sigue:

- a) Costo reducido de los aparatos
- b) Buena calidad de transmisión
- c) explotación óptima de los medios de transmisión
- d) Flexibilidad en la planificación de redes
- e) Mayor facilidad de mantenimiento.

Es oportuno recordar brevemente los aspectos más significativos, por cada uno de los puntos arriba indicados.

a) Costo reducido de los aparatos :

- El equipo múltiplex PCM constituye una alternativa interesante, con respecto al cable en baja frecuencia, a partir de distancias de 8 - 10 Km,
- el costo de los equipos terminales PCM resulta menor con respecto al correspondiente equipo FDM, lo que pone al equipo PCM conveniente desde el punto de

vista económico en el caso de enlaces de corta y mediana distancia,

- la disponibilidad de aparatos de línea digitales de gran capacidad permiten emplear económicamente los sistemas PCM aún en los enlaces de mediana y larga distancia.

b) Buena calidad de transmisión :

- Elevada insensibilidad a los ruidos de línea,
- ruido en el canal de voz independiente de la longitud de la línea.

c) Explotación óptima de los medios de transmisión :

- utilización de medios con características no seleccionadas (por ejemplo cables de baja frecuencia),
- posibilidad de utilizar cables con características sistemas FDM (por ejemplo cable microcoaxial),

- posibilidad de empleo de nuevos medios: como por ejemplo la fibra óptica.

d) Flexibilidad en la planificación de redes :

- Explotación de cables existentes con el objeto de satisfacer a la demanda no planeada de desarrollo del tráfico telefónico, especialmente en áreas urbanas,
- posibilidad de ajustar las inversiones a las necesidades reales reduciendo la inversión inicial,
- facilidades de operación para servicios nuevos pues el medio es "transparente" con respecto a señales diferentes (por ejemplo datos, facsimil, etc).

e) Mayor facilidad de mantenimiento :

El mantenimiento de sistemas PCM es más sencillo con respecto a los sistemas FDM, por las razones siguientes:

- Ausencia de ajustes,
- reducción del mantenimiento de rutina.

4.3 BASES DEL SISTEMA DE TRANSMISION POR FIBRA OPTICA

Un diagrama de bloques simplificado de un enlace de comunicación con fibra óptica es mostrado en la figura 4.2. La fuente óptica en la figura puede ser un LED o un diodo laser con salida en la región de 820 - 850 nm. El medio de transmisión puede ser una o más fibras. El detector óptico o receptor puede ser un diodo PIN o un foto diodo de avalancha (APD). La transmisión puede o no tener repetidoras, dependiendo esto de la aplicación.

Es más comun, en la industria de fibras ópticas, hablar de longitud de onda óptica antes que de frecuencias. Los sistemas hoy día operan en la región de 0.8 a 0.9 μm . Esta banda es mostrada en la figura 4.3, el espectro radio/óptico desde 300 Mhz a 1000 terahertz (THz).

Hay tres categorías de fibras distinguidas por sus propiedades físicas y modales:

- * Modo único
- * Índice escalonado (multimodo)
- * Índice gradual (multimodo)

La fibra de modo único es designada así porque la

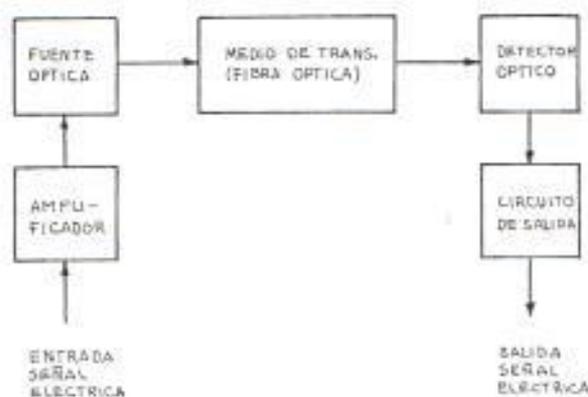


fig. 4.2 Típico Enlace de Comunicación por Fibra Óptica

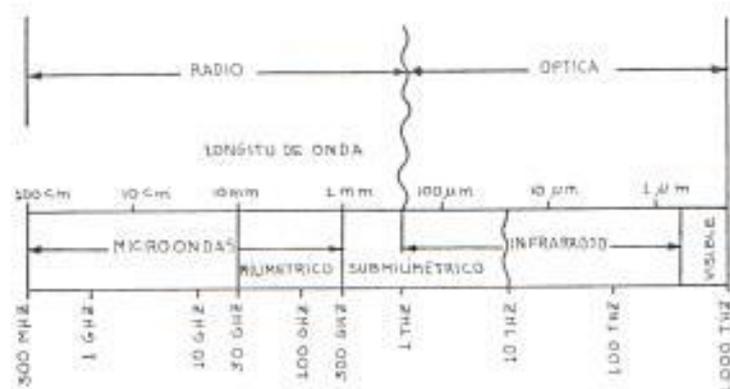


fig. 4.3 Espectro de Frecuencia arriba de los 300 Mhz.

luz se propaga en un medio con un sólo índice de refracción. Si la fuente óptica opera en los 820 nm, para una fibra modo único el máximo diámetro sería de 2.6 μm .

La fibra de índice escalonado es caracterizada por un cambio abrupto en el índice de refracción, y la fibra de índice gradual es caracterizada por un continuo y suave cambio en el índice de refracción.

La fibra de índice escalonado es más económica que la de índice gradual.

En cuanto a las fuentes de luz, más propiamente llamadas fuente de fotones, tiene la función fundamental, en un sistema de comunicación con fibra óptica, de convertir eficientemente la energía eléctrica (corriente) en energía óptica (luz) , en una manera que permita a la luz salir lanzada efectivamente dentro de la fibra óptica.

Las dos fuentes de luz más ampliamente usadas en sistemas de comunicación con fibras ópticas son el LED de superficie grabada y el diodo de inyección laser (ILD). Los LED e ILD son fabricados de los mismos componentes semiconductores básicos y tienen similares estructuras de junturas. Ellos difieren

considerablemente en su característica de rendimiento. Los LED son menos eficientes que los ILD, pero son baratos.

Con la presente tecnología el LED es capaz de lanzar alrededor de 100 uW de potencia óptica dentro de la fibra. Un diodo laser con la misma entrada puede lanzar arriba de los 7 mW dentro del mismo cable.

Los detectores (receptores) más comunmente utilizados para sistemas de comunicación por fibra óptica son los fotodiodos, el PIN o APD. La terminología PIN deriva de construcción semiconductor del dispositivo, donde un material intrínseco (I) es usado entre la estructura P-N del diodo.

Un fotodiodo puede ser considerado como un contador de fotones.

4.3.1 Principales Características del Cable de Fibra Óptica

Las principales características del cable de fibra óptica respecto a la de un cable tradicional son las siguientes:

Gran capacidad de enlace y transmisión a alta velocidad. El amplio ancho de banda de las fibras ópticas asegura la transmisión a alta velocidad. Una sola fibra puede llevar cantidades grandes de información.

En el empleo en área Urbana; debido a la baja atenuación que ofrecen los cables de fibras ópticas, es posible minimizar la instalación de regeneradores de línea reduciendo por consiguiente los efectos de inversión, instalación y mantenimiento.

Señal de transmisión de alta calidad. Siendo un aislador, las fibras ópticas, todas ellas reflejan luz y llevan señales limitadas dentro del núcleo. De este modo la guía de onda de fibra óptica es completamente libre de ruido o conversaciones cruzadas, esta puede transmitir señales de alta calidad sin problemas.

La inducción de corrientes eléctricas. Por el mismo motivo de que la fibra óptica es un aislador, los cables de alta tensión no inducen corrientes eléctricas en las fibras, pudiendo ir éstas dentro de los cables de alta tensión, también son insensibles a las

perturbaciones atmosféricas (rayos).

Equipo de transmisión de peso liviano y compacto. Teniendo un amplio ancho de banda y siendo de dimensiones reducidas, que permiten utilizar los conductos de cable existentes. Esto ayuda también a que el equipo de transmisión rinda más, siendo liviano y compacto.

Costo esperado menor. En base a las evaluaciones de costo más confiables que se encuentran en la literatura especializada, la relación de costo por circuito en un sistema de 34 Mbit/s y longitud 10 Km, entre el sistema de cable convencional el sistema con cable en fibra óptica resulta aproximadamente de 1.5.

Con respecto a las máximas distancias obtenibles sin regeneradores, éstas se determinan teniendo en cuenta no sólo la atenuación de la fibra, sino también la potencia de la fuente de emisión de la energía radiante (LED o LASER).

En el momento actual, se alcanzan los

siguientes valores:

Fuente Emisiva	34 Mb/s	140 Mb/s
LED	6 Km	---
LASER	12 Km	8 Km.

CAPITULO V

ESTUDIO DE COSTOS

5.1 COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO

Para la realización de este estudio deberemos distinguir entre los llamados gastos de inversión y de explotación.

Los gastos de inversión tienen que ver con los costos de los equipos y su respectiva instalación, en cambio los gastos de explotación se refieren a los costos rutinarios debido al mantenimiento del sistema.

El enlace entre el concentrador telefónico y la central local puede ser con cable o fibra óptica a través de una canalización subterránea, se efectuará un pequeño estudio de costos de la canalización.

5.1.1 Precios de Cables Telefónicos y Fibras Ópticas

Los precios de cables telefónicos y fibras ópticas pueden fluctuar mucho de un momento a otro, debido a los cambios de precios que se producen en el mercado nacional e internacional. En vista de que el costo del

cable representa la mayor parte del total de una red, es necesario conocer los precios actuales.

En la tabla 5.1, se muestran los precios para los diferentes tipos de cable, de cobre multipar que podrían utilizarse.

Los precios son de compra local para marzo de 1988.

En la tabla 5.2, se muestran los precios para los diferentes tipos de cable de fibra óptica y diferente número de fibras que podrían utilizarse.

Como se ha mencionado anteriormente el enlace entre el concentrador telefónico y la central local se puede efectuar utilizando cables multipar de cobre o cables de fibra óptica.

5.1.2 Gastos de Inversión

De la información obtenida del mercado nacional, ha sido posible averiguar el costo aproximado de un concentrador digital sin capacidad de establecer conexiones internas,

Tabla 5.1

Precios de cable multipar de cobre

Precios en s/. x mts.	
cable	Precio
10x2x0,4	160
50x2x0,4	677
70x2x0,4	922
150x2x0,4	1864
50x2x0.6	785

Tabla 5.2

Precio de cable de fibra óptica

No de fibras	Atenuacion dB/ Km	Ancho de banda Mhz - Km	US/mts.
1	5	20	1,97
2	5	20	3,89
6	5	20	10,14

es de \$ 700 dólares por línea.

De manera que para una instalación de los concentradores telefónicos en Durán serán los mostrados en la tabla 5.3.

Tabla 5.3

Precio de los concentradores

ZONA	1	2	3	4	5	6
ABONADO	128	48	64	128	48	48
\$ U.S (mil)	89,6	33,6	44,8	89,6	33,6	33,6

Un verdadero costo exacto se podrá determinar únicamente a través de un concurso de ofertas.

El concentrador telefónico utiliza líneas PCM, entonces tendremos 2 líneas físicas PCM (transmisión y recepción) y una línea de alimentación, existen concentradores con líneas PCM de respaldo, idénticas a las ya mencionadas. Estas líneas PCM pueden utilizarse con cable de cobre o fibra óptica.

De la fig. 1.9 del capítulo 1 obtenemos las distancias de zona a la central Durán que se presentan en la tabla 5.4.

Puesto que la canalización no va tendida en forma recta, se ha considerado en el cuadro un 20 % adicional a las distancias.

Tabla 5.4

Distancias desde central a zonas

ZONA	1	2	3	4	5	6
DISTANCIA (Km)	2,00	1,07	0,49	1,64	4,21	2,50
DIST. + 20%	2,4	1,28	0,59	1,97	5,05	3,00

Si consideramos el concentrador telefónico digital, como indicamos anteriormente, entonces para el despacho telefónico al 100% de la demanda se necesitarán de 2 pares de hilos telefónicos. Para mayor confiabilidad se debería utilizar pares de hilos adicionales, de manera que se requerirá que el enlace entre el concentrador y la central consiste de un cable que contenga un número mayor de 4 pares. Aunque, es necesario indicar que cable multipar de cobre subterráneo, existe desde 10 pares en adelante; este cable es protegido con una chaqueta de aluminio y con una gelatina aislante entre los pares para protegerlos de la inducción y la corrosión.

Utilizando el cable de cobre de 10 pares

subterráneo y diametro 0,4 mm para las distancias por zonas mostrada en la tabla 5.4, tenemos que el costo de los cables serán los mostrados en la tabla 5.5.

Tabla 5.5

Costo usando cable de cobre

ZONA	1	2	3	4	5	6
SUCRES (mil)	384,00	205,63	95,81	315,46	809,08	480,00

Si en vez de realizar la transmisión PDM a través de cable de cobre, utilizamos fibra óptica, entonces la transmisión telefónica se la podría efectuar simplemente a través de 2 fibras, la una para transmisión y la otra para la recepción. El costo sera el mostrado abajo.

Tabla 5.6

Costo usando fibra óptica

ZONA	1	2	3	4	5	6
U.S. (mil)	7,78	4,17	1,94	6,39	16,39	9,73

El costo de canalización, cuando se efectua en tierra es de s/. 458 en materiales y s/. 506

en mano de obra, todo esto por cada metro y por vía.

Utilizaremos canalización de 2 vías, para cuyo caso el precio de materiales utilizados es de s/. 916 y s/. 1012 en mano de obra, cada una por metro.

Tabla 5.7

Costos de canalización

ZONA	1	2	3	4	5	6
DISTANCIA(Km)	2,40	1,29	0,59	1,97	5,06	3,00
SUCRES (mil)	2198,4	1181,6	540,4	1804,5	4634,9	2748,0

En nuestro análisis, el costo total por zonas, incluyendo el costo del concentrador será el mostrado en la tabla 5.8. Los precios fueron calculados a \$ 275 sucres por dólar, que corresponde al precio fijado por la actual política monetaria, para el dólar de importación /exportación, en el mercado de flotación controlada.

En lo que concierne al costo de instalación es muy difícil determinar un costo, por cuanto es un valor que puede estar sujeto a variaciones debido a los problemas y cambios económicos de

Tabla 5.8

Costo total para fibra y cable de cobre

	Zona	1	2	3	4	5	6
	Abonados	128	48	64	128	48	48
	Distancias	2,40	1,29	0,59	1,97	5,06	3,00
	Canalización	2198,40	1181,60	540,40	1804,50	4634,96	2748,00
	Concentrador	24640	9240	12320	24640	9240	9240
	Cable de cobre	384,00	205,63	95,81	315,46	809,08	480,00
	Fibra óptica	2567,40	1374,78	640,53	2109,03	5409,69	3209,25
	Cable de cobre	27222,40	10627,23	12956,21	26759,96	14684,04	12468,00
	Fibra óptica	29405,80	11796,38	13500,93	28553,53	19284,65	15197,25
	Cable de cobre	212,67	221,40	202,44	209,06	305,91	259,75
	Fibra óptica	229,73	245,75	210,95	223,07	401,76	316,60
Precios en miles							
Total para sistema con							
Total por abonado con							

nuestro País.

Geneneralmente el costo de instalación puede variar entre un 10% a un 20% del costo del equipo adquirido. Se ha tomado un valor promedio, dando los siguientes valores:

Tabla 5.9

Costo de instalación

SUCRES	FIBRA OPTICA	17660,78
(mil)	CABLE DE COBRE	15707,67

En los gastos de instalación estan incluidos la mano de obra y los gastos generales.

El costo de mantenimiento de los concentradores dependerá de la compañía comprometida para este efecto. Sin embargo vale indicar que un concentrador con tecnología digital tiene menos porcentaje de averías que uno electromecánico.

5.2 COMPARACION DE COSTOS ENTRE EL USO DE CONCENTRADOR Y AUMENTO DEL NUMERO DE LINEAS TELEFONICAS

Para hacer la comparación es necesario primero determinar el costo en el caso que se realice la instalación tendiendo cables multipares desde la central hasta los diferentes sectores a ser servidos. En la tabla 5.10 se indica el cable multipar y los precios por zonas y el total.

Tabla 5.10

Costo para el caso de aumento de pares

ZONA	1	2	3	4	5	6
ABONADOS	117	51	66	132	51	51
DISTANCIAS (Km)	2,40	1,29	0,59	1,97	5,06	3,00
CABLE MULTIPAR	150	50	70	150	50	50
SUCRES (mit)	3728,00	725,06	460,07	3062,55	3311,05	1692,50

Haciendo una comparación de los precios calculados en la tabla 5.8 con los de la tabla 5.10, observamos que aumentando el número de troncales, el precio es menor que haciendo la instalación de concentradores en las diferentes zonas, en cualquiera de de las tres formas que decidamos instalarlo (fibra óptica, cable de cobre multipar o utilizando los cables existentes).

La ventaja del sistema concentrador, reside en las

razones expuestas en los capítulos 1 y 2, además si se decidiera, por ejemplo, instalar concentradores haciendo uso de los cables existentes, apenas ocuparía 2 o 4 pares por concentrador dejando libre el resto de troncales para otros usos y tener cubierta la demanda para 5 años.

Con fibra óptica es igual pero teniendo las ventajas que ésta presenta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- De los pares telefónicos que actualmente sirven para conectar las diferentes zonas con la central pública (Central Durán), se utilizarían 2 pares por concentrador o zona para conectarlo con la central, y a través de éste reducido número de pares no sólo se solucionaría el servicio telefónico actual sino el futuro, dentro de 5 años cuando la demanda telefónica aumente.
- 2.- Según los estudios que se están realizando de las relaciones entre la distancia y los costos de la transmisión están demostrando que los sistemas digitales son más económicos que los sistemas analógicos para distancias cortas y medias (5 y 6 km).
- 3.- El extraordinario desarrollo de la tecnología de integración de circuitos y de la integración en gran escala reducirá los costos de los equipos terminales digitales y de los repetidores digitales. El costo de los medios de transmisión también se irá reduciendo con la introducción de los cables de fibra óptica que tienen una excelente eficacia para la transmisión digital.

- 4.- Los costos de los concentradores telefónicos digitales considerados en ésta tesis, son establecidos por medio de un costo por línea de abonado. La mejor forma que consideramos en bajar un poco el valor de la inversión, es considerando un orden de prioridades entre zonas, quizás tomando el factor distancia, así la zona 3 cuya periferia en su sector más cercano se encuentra apenas a 499 metros, tendría menos prioridad que la zona 5 que se encuentra a 4214 metros; así la zona 5 debería ser servida antes que la zona 3, ya que ésta podría conectarse a la central por medio de cable multipar de 70 pares en lugar de un concentrador digital.
- 5.- Las llamadas de los abonados que van a ser servidos por concentradores gozarán de las mismas ventajas de comunicación que cualquier otro abonado de la ciudad de Guayaquil.
- 6.- Si el concentrador va a ser conectado a una central digital moderna que utiliza conmutación por división de tiempo, no será necesario utilizar ni "terminal principal", ni "unidad de interfaz" ya que la entrada proveniente del concentrador será procesada directamente.

- 7.- En el caso de que el concentrador sea conectado a una central pública de control por programa almacenado (spc), se lo deberá hacer mediante una unidad de interfaz la cual opera fundamentalmente como multiplexor. La salida de la información de 2 Mbit/s. de cada par de hilos se convertirá en canales de frecuencia de voz, estos canales que llevan tráfico concentrado se conectarán a la etapa de conmutación de la central.
- 8.- Debido a que las velocidades de transmisión utilizadas actualmente no son altas, es recomendable, a fin de abaratar costos utilizar cable de cobre, ya que el cable de fibra óptica da como resultado una inversión demasiado elevada.
- 9.- También es necesario decir que en el análisis económico que se realizó en el capítulo V, encontramos que no hay una ventaja económica, pero a través de los anteriores capítulos nos damos cuenta de la ventaja técnica que existiría con la instalación de concentradores digitales.

BIBLIOGRAFIA

1. S. Bergsten y A. Rudberg, "Optimización de Redes de Telecomunicación", Ericsson Review, No. 3 (Agosto, 1982), pp. 138- 147.
2. R. L. Freeman, Telecommunication System Engineering Analog and Digital Network Design, (New York: John Wiley & Sons, 1980), pp. 343- 360.
3. R. L. Freeman, Telecommunication Transmission Handbook (2da. edición; New York: John Wiley & Sons, 1981).
4. J. E. Flood, Telecommunication Networks, (Londres: Peter Peregrinus Ltd., 1977), Capítulo 4.
5. D. Misin, Aspectos Fundamentales de los Sistemas de Digitales de Transmisión, (Aplicaciones Teletra, 1981).
6. Siemens - Aktiengesellschaft, Teoría del Tráfico Telefónico Tablas y diagramas, 1982.
7. Compañía Telefónica Nacional de España, Sistemas de

Comunicación Electrónica, 1980.