



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**



TILIZACION DE ALTERNATIVAS DE TRANSMISION  
EN EL DISEÑO DE LA PLANTA EXTERNA  
DE LA RED TELEFONICA DE IETEL”

**TESIS DE GRADO**

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

Especialización: **ELECTRONICA**

Presentada por:

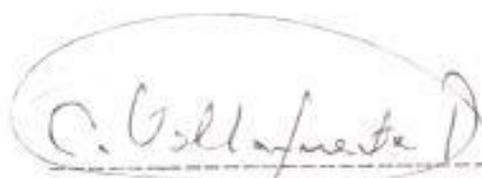
**VICTOR HUGO SANDOVAL CABRERA**

Guayaquil - Ecuador

1.988

DEDICATORIA

A mi familia.



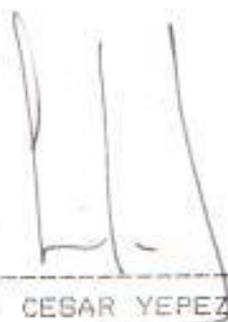
ING. CARLOS VILLAFUERTE P.

SUBDECANO DE LA FIE



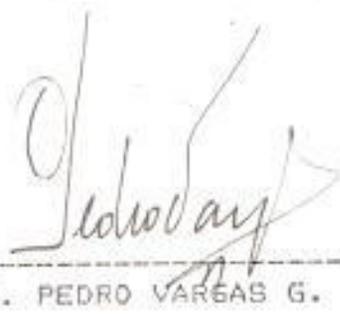
ING. JAIME SANTORO D.

DIRECTOR DE TESIS



ING. CESAR YEPEZ F.

MIEMBRO PRINCIPAL



ING. PEDRO VARGAS G.

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).



VICTOR HUGO SANDOVAL CABRERA

## RESUMEN

El diseño de la actual planta externa de la red telefónica la divide en red primaria, secundaria e intercentral.

Con la introducción de la transmisión MIC por fibra óptica en la red intercentral de Guayaquil, se consiguió mejorar tanto cuantitativa como cualitativamente los enlaces entre las centrales telefónicas. Sin embargo aún persiste el problema en las redes primaria y secundaria debido, principalmente, a la falta de líneas físicas, por lo que es meritorio buscar una nueva solución a este problema, distinta al tradicional montaje de cables multipares desde el distribuidor principal de la central.

Este trabajo presenta el análisis de posibles soluciones a este problema y la aplicación en la resolución de una zona específica de Guayaquil, tomando en cuenta las características actuales de nuestra red telefónica y haciendo uso de la más moderna tecnología disponible al momento.

## INDICE GENERAL

RESUMEN	VI	
INDICE GENERAL	VII	
INDICE DE FIGURAS	X	
INDICE DE CUADROS	XII	
INTRODUCCION	13	
CAPITULO PRIMERO		
MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS		
1.1	Antecedentes Históricos.-	14
1.2	Definición de conceptos.-	15
1.2.1	Muestreo.-	17
1.2.2	Cuantificación.-	22
1.2.3	Codificación.-	24
1.3	Cuantificación no lineal.-	26
1.4	Compresión-Expansión.-	31
1.5	Trama.-	44
1.5.1	Estructura.-	46
1.5.2	Sincronización.-	48
1.6	Distorsión de cuantificación.-	51
1.7	Ruido.-	58
1.8	Diafonía.-	61
CAPITULO SEGUNDO		
EQUIPOS DE ADAPTACION		
2.1	Generalidades.-	63

2.2	Transmisión-Recepción.-	64
2.3	Señalización.-	81
2.4	Adaptación a la línea.-	103
2.4.1	Terminal de línea.-	116
2.4.2	Regeneradores.-	122
2.4.3	Alimentación de los equi- pos.-	126
2.5	Equipos de multiplexación.-	128
CAPITULO TERCERO DISEÑO DEL SISTEMA		
3.1	Estructura actual de la red telefónica de Guayaquil.-	138
3.2	Objetivo del diseño.-	157
3.3	Primera alternativa. Uso del multiplexor remoto de abonados.-	160
3.4	Segunda alternativa. Uso de la etapa remota de abonados.-	165
3.5	Situación actual de la Plan- ta externa de la Ciudadela Puerto Azul.-	171
3.6	Necesidades actuales y futuras de la Ciudadela Puerto Azul.-	172

3.7	Análisis de problema telefónico de la Ciudadela Puerto Azul.-	173
3.8	Selección del equipo correspondiente.-	179
CAPITULO CUARTO		
ADAPTACION DEL SISTEMA		
4.1	Adaptación del sistema a la red existente.-	188
4.2	Mantenimiento de la red.-	190
4.3	Perspectivas.-	193
CAPITULO QUINTO		
COSTOS		
5.1	Análisis de los costos que representa el diseño.-	195
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		198
APENDICES		
A.	Conceptos sobre tráfico telefónico.	200
BIBLIOGRAFIA		213

## INTRODUCCION

Con el paso de los años, el Hombre ha encontrado nuevas y rápidas formas de comunicarse.

Al principio de los tiempos, la música era la única forma que el hombre conocía para transmitir sus ideas y sentimientos, hoy sigue siendo un sistema muy importante para hacerlo, pero la velocidad y distancias alcanzadas son mucho mayores y quien sabe si algún día ellos lleguen a otros lugares mucho más distantes y desconocidos por nosotros.

En las siguientes páginas podrás encontrar la teoría y los medios que el hombre ha desarrollado para ayudarse en la conquista de su principal objetivo: COMUNICARSE.

## CAPITULO PRIMERO

### MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS

#### 1.1 Antecedentes Históricos.-

La idea de utilizar la transmisión de voz aplicando la modulación por impulsos codificados, MIC, conocida como PCM por sus siglas en Inglés, fue propuesta en 1937 por A.H. Reeves, quien trabajaba para ITT en París. Al año siguiente fue registrada la patente francesa y un año después, en 1939, la británica.

En 1948, la Bell Telephone confirmó las teorías aplicándolas a la práctica, pero ningún trabajo se pudo empezar sino hasta 1956, debido a las dificultades técnicas de la época.

Los primeros sistemas puestos en operación fueron los de la ATT de Estados Unidos, en 1962, y desde esa fecha el avance tecnológico en el diseño de sistemas MIC ha sido muy notorio, gracias, especialmente a la introducción y desarrollo de los

componentes digitales, lo que ha permitido diseñar sistemas mucho más eficientes.

En el Ecuador hubo algunos trabajos relacionados con la aplicación de este sistema de transmisión, los cuales no fueron significativos, hasta que en el año de 1986 se introdujo por primera ocasión la Transmisión por Impulsos Codificados en forma masiva como parte del programa de 73500 líneas digitales que incluía, además de las centrales digitales, todo el sistema de transmisión también digital. Esto permitió que en dicho año, en la Región 2 de IETEL, la compañía ERICSSON de Suecia y en la Región 1 de IETEL, la compañía NEC de Japón, pusieran en servicio los primeros sistemas de transmisión digital aplicados a la red intercentral tanto de Guayaquil como de Quito.

## 1.2 Definición de conceptos.-

MIC es un proceso por el cual una señal analógica es convertida en digital, y viceversa, y consta de tres etapas que son: el muestreo, la cuantificación y la codificación. De esta manera, existe una correspondencia biunívoca entre ambas señales por lo

tanto la señal analógica puede ser reconstruida a partir de la digital.

Pero para que la señal reconstruida sea lo más parecida a la señal fuente, es necesario que se cumplan ciertos requisitos, los mismos que se explican a continuación.

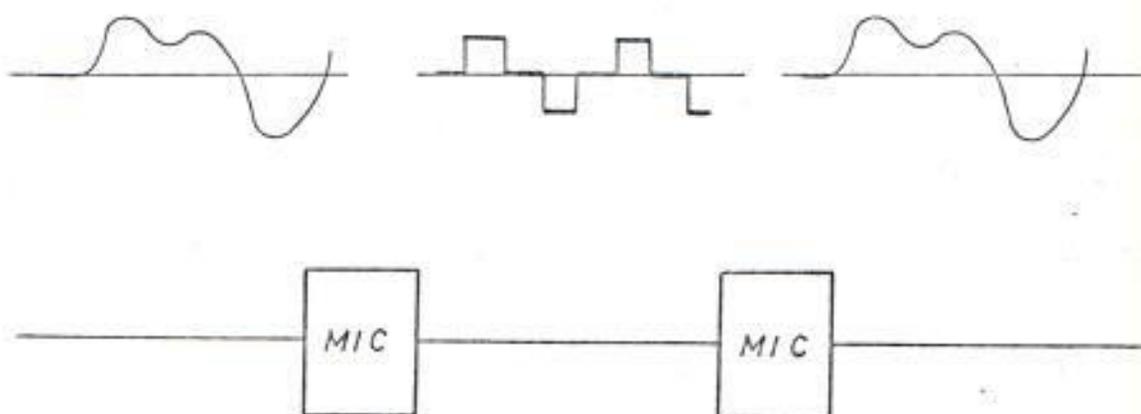


Figura 1.1  
Esquema de la transmisión MIC.

### 1.2.1 Muestreo.-

En determinadas aplicaciones puede resultar innecesaria o impráctica la propiedad de continuidad de las señales analógicas.

En el caso de la modulación por impulsos codificados, tratar de convertir cada uno de los puntos de una señal analógica en digital nos llevaría a la necesidad de utilizar palabras formadas por un número infinito de BITS, puesto que, es claro, una señal analógica está formada por un número infinito de puntos.

Lo que se hace entonces es tomar muestras de la señal fuente, a intervalos regulares y se asume que este valor se mantiene constante durante todo el intervalo de muestreo. Luego al pasar la señal, así muestreada, por un filtro pasabajos se puede reconstruir, idealmente, la señal fuente.

Este proceso se fundamenta en el teorema del muestreo que dice:

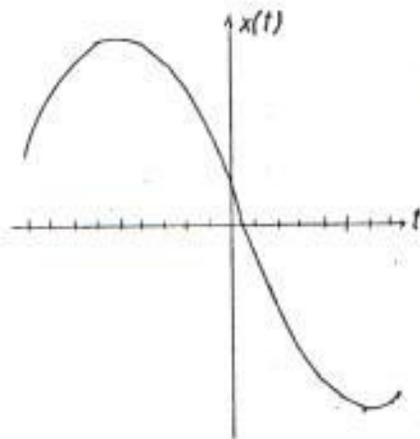
Si una señal  $x(t)$  no contiene componentes para frecuencias superiores a  $f=W$ , entonces esta señal está completamente representada por muestras instantáneas tomadas a intervalos uniformemente espaciados, con un período  $T_s < 1/2W$ .

La señal puede ser reconstruida exactamente, a partir de la señal muestreada, haciéndola pasar por un filtro pasabajos ideal de ancho de banda  $B$ , donde  $W < B < F_s - W$ .  $F_s$  es la frecuencia de muestreo y está dada por  $F_s = 1/T_s$ .

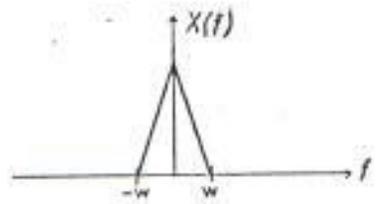
El teorema del muestreo puede ser demostrado matemáticamente y el diagrama espectral de la figura 1.2 ilustra su enunciado.

En la figura 1.2.a y 1.2.b se representa a la señal fuente y su respectivo espectro de frecuencias.

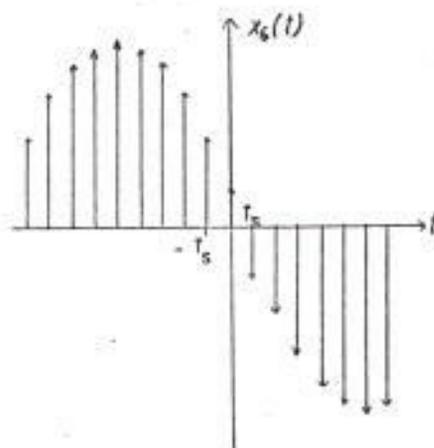
Debe notarse que ésta es una señal limitada en frecuencia y que su componente más alta es  $W$ .



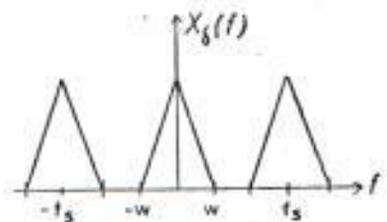
a. Señal fuente



b. Espectro de la señal fuente



c. Señal muestra



d. Espectro de la Señal muestra

Figura 1.2

Espectro de una señal muestreada .

La figura 1.2.c representa la señal muestreada a partir de la señal fuente, a intervalos de tiempo uniformes  $T_s$ . La figura 1.2.d ilustra el espectro de la señal muestreada, debe notarse que el mismo se obtiene de la repetición consecutiva del espectro de la señal fuente a intervalos iguales a la frecuencia de muestreo  $F_s$ .

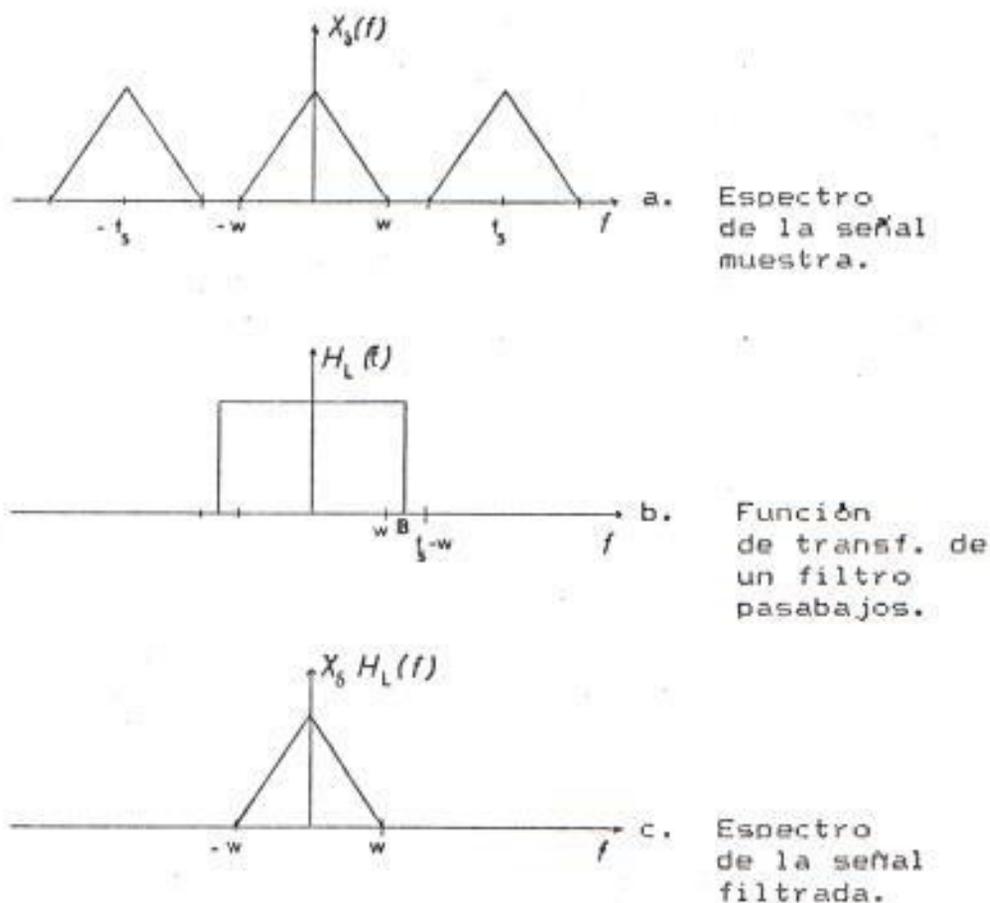


Figura 1.3 Efecto de un filtro P. B.

Se ve claramente que si la señal muestreada se hace pasar por un filtro pasabajos ideal, con una frecuencia de corte entre  $W$  y  $F_s - W$ , figura 1.3.a. y 1.3.b, el espectro de la señal resultante, figura 1.3.c, será exactamente igual al de la figura 1.2.b, por lo tanto la señal así obtenida será igual a la señal fuente, habiéndose conseguido reconstruir esta señal a partir de sus muestras.

Si el filtro tiene un ancho de banda  $B$  fuera de los límites indicados,  $W$  y  $F_s - W$ , entonces la señal no puede ser reconstruida exactamente, lo mismo ocurre si la frecuencia de muestreo no es superior a  $2W$ , es decir si no se cumple que  $T_s < 1/2W$ .

Esto se ilustra en la figura 1.4.

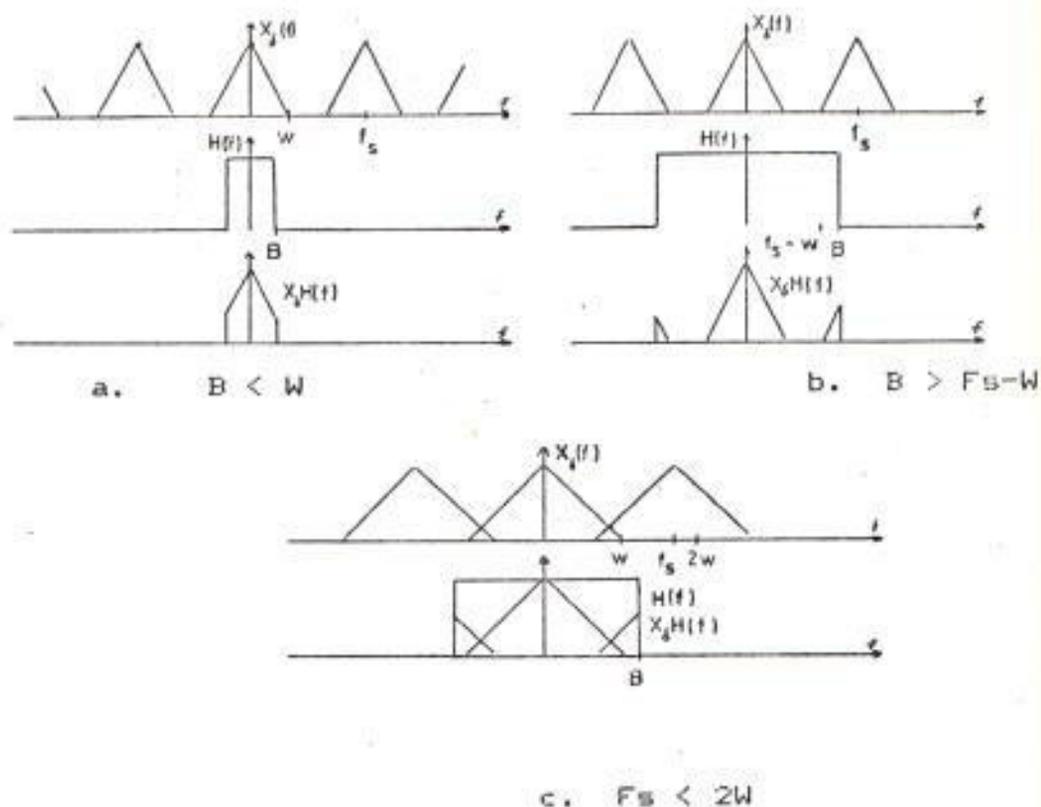


Figura 1.4  
Errores en el muestreo

### 1.2.2 Cuantificación.-

Una vez que la señal fuente, que en nuestro caso es una señal de voz, ha sido muestreada, cada una de estas muestras puede tomar un valor dentro de un rango infinito de valores, correspondiente a la amplitud de la señal muestreada, lo cual implicaría la necesidad de una palabra digital de longitud infinita, para describir exactamente cada una de

las muestras.

Lo que se hace, por lo tanto, es utilizar un procedimiento de aproximación, conocido como cuantificación, que consiste en dividir el rango infinito de valores correspondientes a la amplitud de la señal muestra, en subintervalos llamados intervalos de cuantificación.

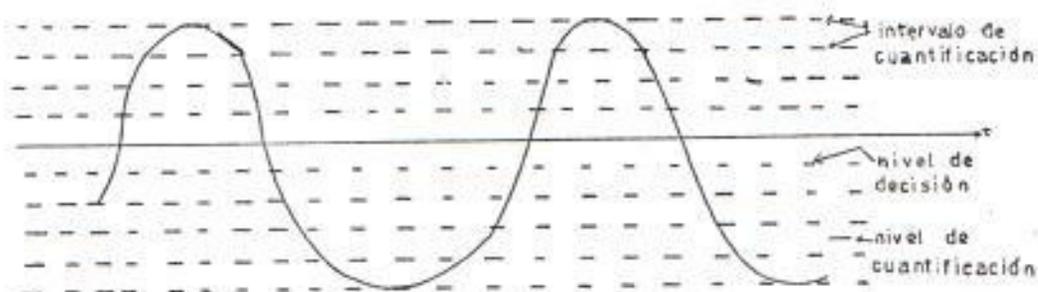


Figura 1.5  
Cuantificación

En la figura 1.5 se observa que el rango de la señal muestreada ha sido dividido en intervalos de cuantificación. El límite entre dos intervalos de cuantificación se denomina Nivel de Decisión y el punto central de cada intervalo, se denomina Nivel de Cuantificación.

Por lo tanto, el valor de cada muestra se aproxima

al valor correspondiente al nivel de cuantificación del intervalo de cuantificación donde se encuentra dicha muestra, tal como se ve en la figura 1.6.

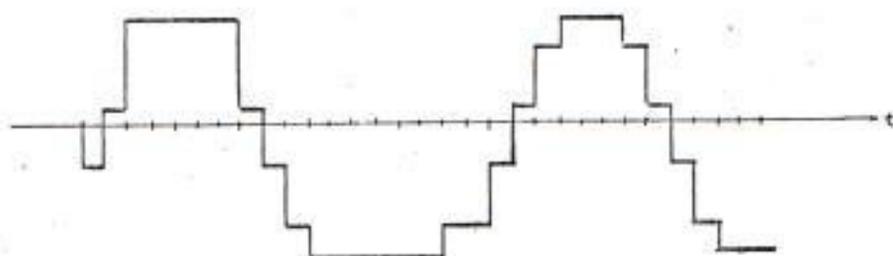


Figura 1.6  
Señal Cuantificada

### 1.2.3 Codificación.-

Una vez que las muestras de la señal de entrada han sido cuantificadas, es necesario asignarles un valor numérico que pueda ser representado por una palabra digital, a este proceso se denomina codificación.

De esta forma a cada nivel de cuantificación le corresponde biunívocamente un valor, que en MIC se designa en forma binaria.

Esta palabra binaria consta de un bit de polaridad, el bit más significativo, y un valor absoluto dado

por el resto de bits. El valor absoluto corresponde a la amplitud de la muestra y la polaridad indica si la muestra es positiva, cuando dicho bit es 1, o negativa, cuando es 0.

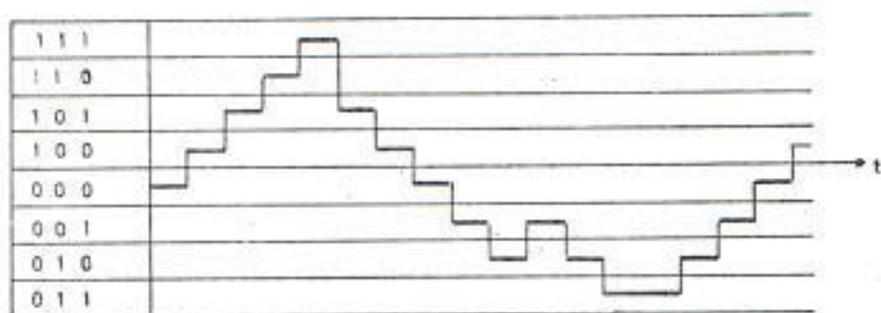


Figura 1.7  
Codificación

En la figura 1.7 se observa la muestra cuantificada y codificada.

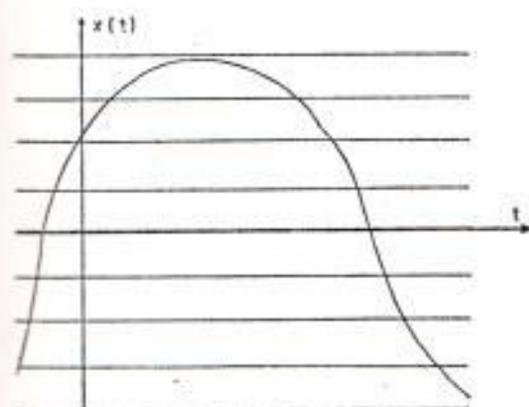
En este caso, el número de bits de la palabra que se ha utilizado para la codificación es de 3, lo que permite una combinación de ocho valores, cada uno de los cuales corresponde única y exclusivamente a cada uno de los intervalos de cuantificación en que se ha dividido el rango de la señal.

En esta figura se observa también que el bit de polaridad es 1 para los valores positivos de la señal y 0 para los negativos.

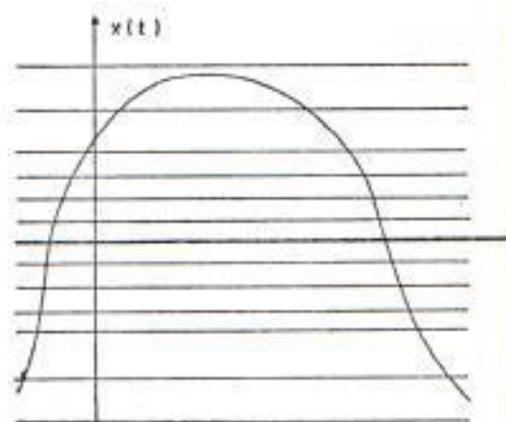
Por otro lado, la asignación del valor absoluto no es de mayor importancia siempre que la relación valor absoluto  $\leftrightarrow$  intervalo de cuantificación sea biunívoca, pero por razones prácticas, se ha escogido valores consecutivos para cada uno de los niveles, como se aprecia en la figura.

El método más comúnmente utilizado en MIC para la conversión analógico-digital, es el de las aproximaciones sucesivas.

### 1.3 Cuantificación no lineal.-



a.



b.

Figura 1.8  
Cuantificación no lineal

La cuantificación lineal implica el uso de intervalos de cuantificación uniformes, por lo tanto, en la cuantificación no lineal dichos intervalos no son uniformes, en otras palabras, la separación entre los niveles de decisión no es constante.

La figura 1.8.a muestra una función de cuantificación lineal. Obsérvese que los intervalos de cuantificación son todos iguales. La figura 1.8.b muestra una función de cuantificación no lineal, nótese la diferencia entre los intervalos de cuantificación en este caso comparado con el de la cuantificación lineal.

Si la señal de entrada es tal como se da en la figura 1.9.a, entonces la figura 1.9.b corresponde a la señal cuantificada linealmente de acuerdo al gráfico de la figura 1.8.a, y la figura 1.9.c corresponde a la cuantificación no lineal de acuerdo a la función dada por la figura 1.8.b.

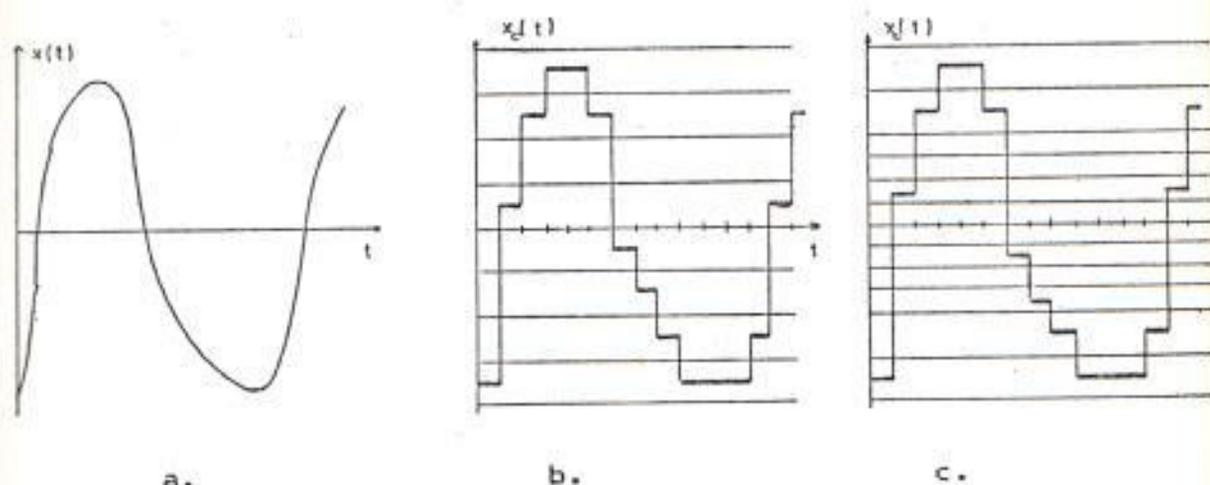


Figura 1.9

Comparación entre la Cuantificación lineal y no lineal

Se puede concluir, por lo tanto, que la codificación es la conversión analógico-digital de una señal de entrada, que en este caso ha sido muestreada y cuantificada. Esta conversión es mejor cuando el número de intervalos de cuantificación es mayor, pero esto implica que la palabra digital que se utiliza necesita un número mayor de bits. Concretamente, una palabra de  $n$  bits permite una codificación de  $2^n$  ( $2$  elevado a la  $n$  potencia) intervalos de cuantificación.

En la aplicación que nos interesa, esto es la conversión analógico-digital de una señal de voz, es importante considerar la característica de la distribución estadística de este tipo de señales. En la figura 1.10 se muestra, en el eje de las

abscisas, la magnitud de las señales de voz relativas a su valor RMS y, en el eje de las ordenadas, la probabilidad de que el valor de la abscisa sea excedido.

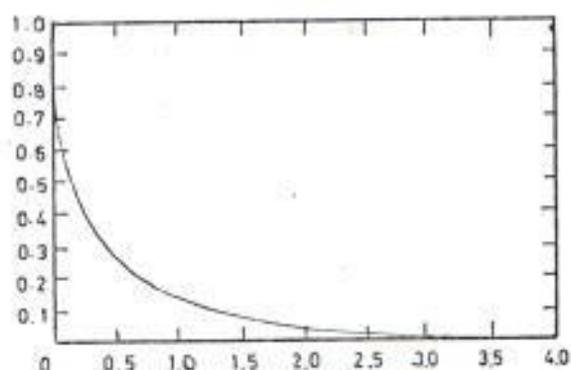


Figura 1.10  
Magnitud relativa de voz

De la figura anterior se desprende que en la mayoría de los sistemas de transmisión de voz predominan los niveles bajos de voz. Por ejemplo, el 50% del tiempo la magnitud de las señales de voz es inferior a un cuarto de del valor RMS y que únicamente el 15% del tiempo, esta magnitud sobrepasa el valor RMS. Este hecho se visualiza mejor si se considera que una conversación normal consta de pausas y de niveles muy bajos de voz en cada dirección de transmisión, propiedad que se utilizará más adelante cuando se estudie los equipos de adaptación en el capítulo segundo.

De lo estudiado en el párrafo anterior se concluye que la característica de la función de cuantificación para señales de voz debe ser tal que ofrezca mayor fidelidad para los niveles bajos a expensas de una inferior calidad para los niveles altos de voz. Este es el motivo por el cual se utiliza la cuantificación no lineal, ya que al utilizar un mayor número de intervalos de cuantificación para los niveles bajos de señal que para los altos (esto implica que la separación entre los niveles de decisión no es uniforme, es decir cuantificación no lineal) se cumple con los requerimientos de la función de cuantificación.

CCITT, en su norma G.711, recomienda que la frecuencia de muestreo sea 8000 muestras por segundo, es decir 8Khz., lo cual satisface los requerimientos del teorema del muestreo ya que el límite de banda superior del canal de habla es 3.4 Khz. lo que nos da una frecuencia de muestreo de al menos 6.8Khz. La misma norma recomienda el uso de 8 bits por muestra y el uso de leyes de codificación conocidas como Ley-u, para sistemas de 24 canales utilizados en Estados Unidos, y Ley-A, para los sistemas utilizados en Europa. En Ecuador se utiliza la Ley-A de

codificación. Estas leyes se estudiarán más adelante, en la sección correspondiente a compresores-expansores, en este capítulo.

#### 1.4 Compresión-Expansión.-

En la sección anterior se analizó las diferencias entre la cuantificación lineal y la no lineal, y la ventaja que tiene esta última en el caso de niveles bajos de señal. Se entiende además que la señal codificada debe ser decodificada a la salida del canal de voz, esto dará como resultado una señal de las mismas características que la señal cuantificada, la misma que debe ser convertida en pulsos (muestras) que al pasarse por un filtro pasabajos, de acuerdo al teorema del muestreo, proporcionará, a la salida, una señal que debe ser lo más parecida a la señal fuente, dándose de esta forma la transmisión de voz entre dos puntos. En la práctica, al muestreo le sigue el mantenimiento de la señal, lo que significa que después del muestreo se tiene una señal cuyo valor permanecerá constante durante el período de muestreo y será igual al valor instantáneo de la muestra.

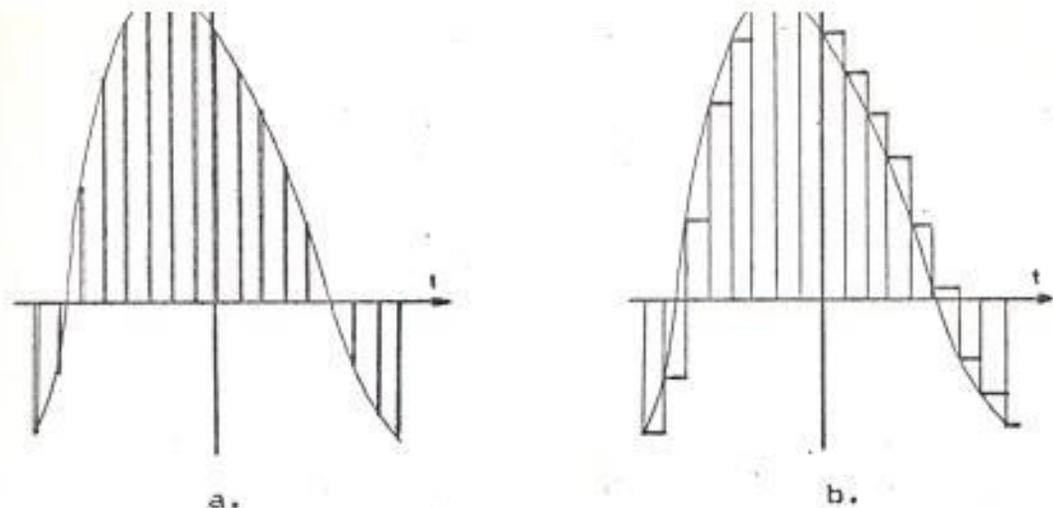


Figura 1.11  
Muestreo y mantenimiento

La figura 1.11.a muestra una señal muestreada y la figura 1.11.b muestra la misma señal muestreada y mantenida.

El proceso de muestreo y cuantificación no lineal de la señal de entrada se puede substituir por un proceso que se denomina compresión, y que constituye en la distorsión logarítmica de la señal de entrada, seguido por el muestreo y cuantificación lineal del resultado de esta distorsión.

De lo visto en el párrafo anterior se concluye que a la salida del canal de habla una vez que la señal digital recibida ha sido decodificada y las muestras así obtenidas han sido filtradas, se obtiene una señal analógica distorsionada. A la recuperación de la señal original, a partir de la dis-

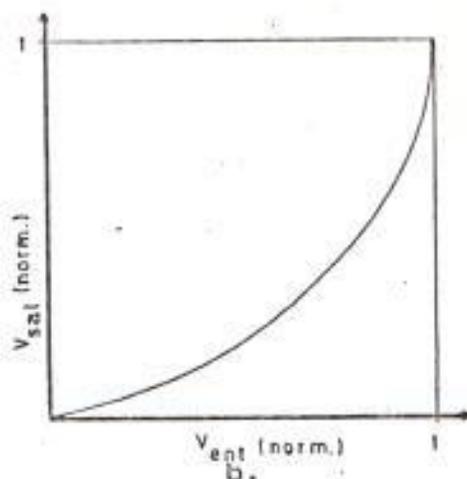
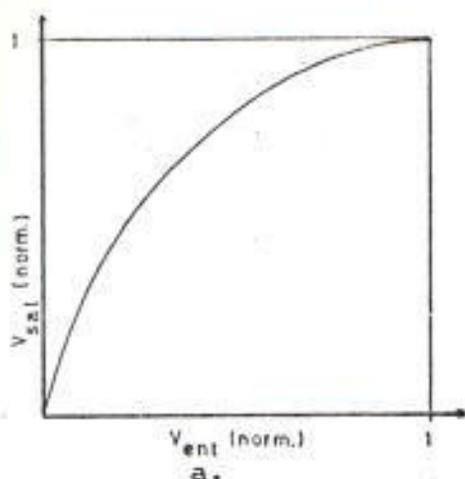


Figura 1.12  
Características de Compansión

torsionada, se denomina expansión, y la característica de un circuito expansor será la inversa del correspondiente compresor. A la combinación de los circuitos de compresión y expansión se denomina compansores. La figura 1.12.a muestra la característica de un circuito compresor y en la figura 1.12.b se tiene la característica de su correspondiente expansor.

La figura 1.14 muestra el diagrama de bloques esquemáticos para el caso de la modulación por impulsos codificados.



$$Y = Y_{\max} \frac{\ln(1 + u(|X|/X_{\max})^6)}{\ln(1 + u)} \operatorname{sgn}(X)$$

Ley - u

$$Y = \begin{cases} Y_{\max} \frac{A(|X|/X_{\max})}{1 + \ln(A)} \operatorname{sgn}(X), & \text{D} \leq \frac{|X|}{X_{\max}} \leq \frac{1}{A} \\ Y_{\max} \frac{1 + \ln(A(|X|/X_{\max})^6)}{1 + \ln(A)} \operatorname{sgn}(X), & \frac{1}{A} < \frac{|X|}{X_{\max}} < 1 \end{cases}$$

Ley - A

donde  $u$  y  $A$  son constantes positivas, cuyos valores típicos son  $u=255$  y  $A=87.6$ ,  $X$  e  $Y$  representan los voltajes de entrada y salida respectivamente,  $X_{\max}$  e  $Y_{\max}$  son los mayores voltajes positivos posibles para dichas señales,  $|X|$  es el valor absoluto de  $X$  y  $\operatorname{sgn}(X)$  es la función, signo definida como sigue:

$$\operatorname{sgn}(X) = \begin{cases} +1, & X \geq 0 \\ -1, & X < 0 \end{cases}$$

Función signo.

La figura 1.15 proporciona las características de compresión para ambas leyes.

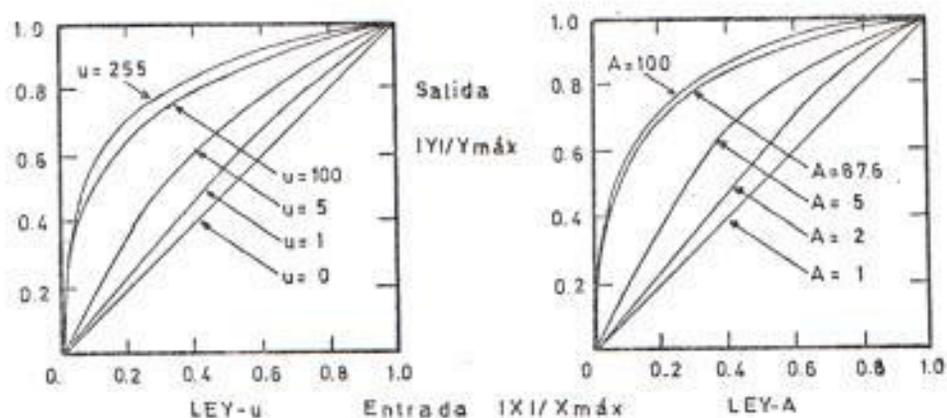


Figura 1.15  
Leyes de compresión

Si se reemplaza  $X/X_{máx}$  por  $X'$  e  $Y/Y_{máx}$  por  $Y'$ , donde  $0 \leq X' \leq 1$  y  $-1 \leq Y' \leq 1$ , en la ecuación para la Ley-A, se obtiene la ecuación normalizada:

$$Y' = \begin{cases} \frac{1 + \ln(A \cdot |X'|)}{1 + \ln(A)} \operatorname{sgn}(X'), & \frac{1}{A} \leq |X'| \leq 1 \\ \frac{A \cdot X'}{1 + \ln(A)}, & 0 \leq |X'| < \frac{1}{A} \end{cases}$$

Ley - A normalizada.

En la figura 1.16 se observa la característica para la compresión de acuerdo a la LEY-A. Esta característica tiene la cualidad de que puede ser dividida en 13 segmentos lineales que están numerados, en dicha figura, del 1 al 13. Nótese que el rango para el segmento número 7 es cuatro veces mayor que para los demás segmentos y que los rangos de éstos son todos de la misma longitud. En cuanto al dominio de cada segmento, notese que para los segmentos de los extremos es  $1/2$ , para los siguientes  $1/4$  y así sucesivamente hasta  $1/64$ , el segmento número 7 realmente ocupa  $2/64$  del dominio por corresponder a ambos lados del eje  $x$ .

Si se considera que las muestras se codifican con palabras de 8 bits, esto equivale a dividir el rango de la función Ley-A, en  $2^{**}8=256$  intervalos de cuantificación los mismos que, por usarse cuantificación lineal tal como se explicó al comienzo de esta sección, son todos iguales, entonces el número de intervalos por cada segmento está dado por:

256 intervalos de cuantificación dividido para 16 segmentos de  $1/8$  en que se ha dividido el rango

multiplicado por:

a) 4 de estos segmentos que corresponden al segmento No.7, da como resultado  $256/16*4=64$ .

b) 1 de estos segmentos que corresponde a cada segmento excepto el No.7, da como resultado  $256/16*1=16$ .

Esto significa que al segmento No.7 le corresponde 64 intervalos de cuantificación lineal, 32 hacia el lado positivo del eje y 32 hacia el negativo, y a los demás segmentos les corresponde 16.

En este punto es necesario recordar que la función de la que se habla, representada en la figura 1.16, es una función de compresión, que su dominio corresponde a la amplitud de la señal de entrada y su rango corresponde a la amplitud de la señal distorsionada.

Nótese, en la figura 1.16, que al lado positivo del segmento No.7 le corresponde  $1/64$  del dominio y que a esta fracción le corresponde 32 intervalos de

cuantificación lineal. Si la función de compresión tuviera, para todo el dominio, la misma pendiente que para el segmento No.7, entonces equivaldría a tener 2048 intervalos de cuantificación lineal a cada lado del eje, 4096 en total, por lo tanto el número de bits requerido en la palabra digital sería de 12 bits ( $2^{12}=4096$ ).

Esto significa que la compresión de acuerdo a la Ley-A, equivale a la cuantificación no lineal, utilizando muestras de 8 bits, pero con una resolución de 12 bits para los niveles más bajos de señal.

Los primeros sistemas MIC no utilizaban la cuantificación no lineal, utilizaban compresores, pero los requisitos de estabilidad de éstos, eran muy difíciles de cumplir por lo que el método se abandonó.

Se recurre, entonces, a lo que se conoce como conversión analógico-digital iterativa o método de aproximaciones sucesivas. Este método consiste en el mantenimiento ("hold") de la muestra durante el intervalo de tiempo que dura la conversión, esta

muestra se compara luego con los distintos niveles de decisión en que se ha dividido el rango de la señal de entrada de tal forma que los bits se determinan en orden decreciente.

El primer bit en ser determinado es el de polaridad (bit más significativo), para esto la lógica de control utiliza como señal B a la entrada del circuito comparador, el nivel de voltaje  $0 \text{ V}$  y si la muestra, a la entrada A del comparador es mayor que cero, la salida del comparador será uno, en caso contrario cero.

Inmediatamente después se determina el siguiente bit de la palabra digital. Para esto la lógica de control, dependiendo del bit generado anteriormente, pondrá a la entrada B del comparador el siguiente nivel de decisión que será el correspondiente al nivel medio entre el nivel de decisión  $0$  y el mayor nivel de decisión, esto es  $+V_{\text{máx}}$ , si la salida del comparador es uno, equivalente a una muestra positiva, o entre  $0$  y  $-V_{\text{máx}}$ , si la salida del comparador es cero, equivalente a una muestra

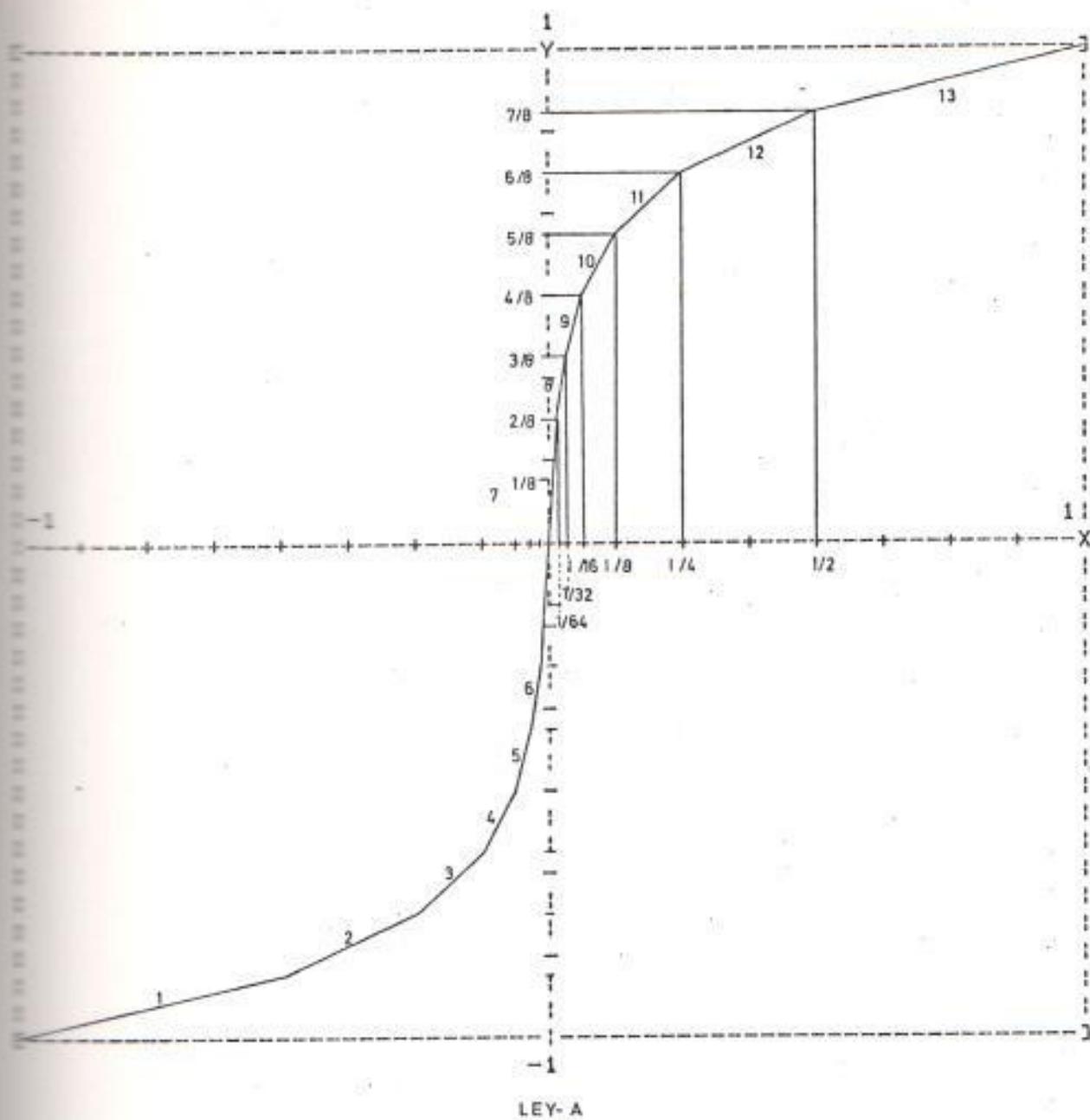


Figura 1.16  
Ley - A de Compresión

negativa. La salida del comparador será uno, si el valor absoluto de la entrada A es mayor que el valor absoluto de la señal en B y cero en caso contrario.

Los siguientes bits se determinan en forma similar, siempre es la lógica de control la que decide el valor de la señal a colocarse en la entrada B del comparador, de acuerdo al último bit generado y este valor será el nivel de decisión que corresponda al nivel medio del intervalo donde se encuentra la muestra, y así hasta completar los 8 bits de la palabra digital. De esta forma la aproximación será de precisión creciente, puesto que el siguiente bit a determinarse es siempre menos significativo o de mayor precisión. Nótese que la muestra, aplicando este método, se va encerrando dentro de niveles de decisión hasta llegar a los niveles consecutivos, esto es al intervalo de decisión, donde se encuentra la muestra, con la ventaja de que los bits que forman la palabra digital, que codifica la muestra, se generan en forma automática. Este sistema en sí constituye el convertidor analógico digital.



Figura 1.17  
Diagrama del circuito A/D.

La figura 1.17 es el diagrama esquemático del convertidor analógico-digital iterativo. En el primer bloque, MANT, se recibe la señal analógica y se la mantiene el tiempo necesario para la conversión. El bloque COMP es el comparador del sistema, consta de dos entradas, A y B, y la salida será un valor binario de acuerdo al resultado de la comparación de las entradas. El bloque CONTR representa la lógica de control del sistema que de acuerdo con la salida del mismo, genera una palabra digital que representa a cada uno de los niveles de decisión, la misma que es convertida en señal analógica en el bloque D/A, para ser utilizada por el comparador en su entrada B. Todo esto, tal como se estudió anteriormente.

## 1.5 Trama.-

Se va a concentrar el estudio en esta sección a los sistemas MIC de 32 canales, que son los que se utilizan en el Ecuador.

En las secciones anteriores se ha estudiado la conversión analógico-digital de una señal limitada en frecuencia. En el caso de esta aplicación se trata de una señal de voz.

Aplicando los conceptos vistos hasta ahora a un sistema MIC de transmisión de voz, se entiende sin duda que la señal de voz deberá ser muestreada 8000 veces por segundo, lo que nos da un período de  $1/8000 = 125 \text{ uSeg.}$ , es decir que cada 125 microsegundos se transmitirá la información correspondiente a una conversación telefónica, esto es, la palabra digital de 8 bits que codifica la señal en ese instante.

Si el sistema fuese diseñado para transmitir la información de una sola conversación telefónica, entonces el número de bits a transmitirse sería 8 bits por muestra \* 8000 muestras por segundo, lo que da un total de 64 Kbits por segundo, que

constituye un canal de transmisión.

Un sistema de transmisión MIC de primer orden, está diseñado para transmitir información a razón de 2048 Kbits por segundo, esto significa que en un mismo intervalo de tiempo se puede introducir información correspondiente a  $2048 \text{ Kbits/seg} \div 64 \text{ Kbits/seg}$  es decir 32 canales de transmisión.

Lo que se hace es utilizar multiplexación por división de tiempo y al intervalo de 125  $\mu$ Segs. se lo divide en 32 intervalos de tiempo y se introduce los 8 bits de cada uno de los 32 canales en dichos intervalos en forma consecutiva de tal manera que al canal 0 le corresponde el intervalo de tiempo 0, al canal 1 el intervalo 1 y así sucesivamente hasta llegar al canal 31 al que le corresponde el intervalo de tiempo 31, para luego comenzar esta secuencia nuevamente a partir del canal 0. A esta secuencia de 32 intervalos de tiempo, se denomina trama. Debe notarse que la velocidad de transmisión por cada canal, sigue siendo de 64 kbits por segundo por cuanto el número de bits que codifican la muestra y la frecuencia de muestreo no han variado para cada canal después de haber utilizado la

multiplexación por división de tiempo.

### 1.5.1 Estructura.-

La función básica de un sistema de transmisión digital es reconstruir, a partir de la señal obtenida a la salida del sistema, una señal que sea lo más parecida a lo que fue a la entrada del mismo. Para que esto sea posible, ambos lados del sistema deben funcionar en forma sincronizada, esto es, el lado receptor debe reconocer en que momento comienza cada trama. Para este efecto, el lado transmisor inserta un patrón digital, es decir una secuencia de unos y ceros, en el canal cero que se ha definido como el canal de sincronización. Este código de sincronización ha sido determinado probabilísticamente y es X0011011. El valor X es un dígito que aún no ha sido asignado y está reservado para un futuro uso internacional, pero que en los sistemas actuales se ha fijado en uno. El lado receptor, al reconocer este patrón, identifica el inicio de trama, la misma que terminará una vez recibidos los 32 intervalos de tiempo. A este código se lo denomina patrón de identificación o

palabra de alineación de trama.

La palabra de alineación de trama no se transmite en todas las tramas, se lo hace pasando una trama que, por comodidad, se las denomina tramas pares. En el canal cero de las tramas impares se transmite información relacionada a los casos de fallo entre los dos terminales (lado transmisor y lado receptor).

Otro factor determinante en el estudio de la trama, es el tipo de señalización que se utiliza. En el País se utilizan actualmente dos tipos de señalización en los sistemas de transmisión MIC pero, en esta sección, se realizará el análisis de la trama considerando un sistema de señalización conocido como señalización por canal asociado o CAS. En este tipo de señalización se utiliza uno de los 32 canales de transmisión para la señalización entre los dos puntos de transmisión, que consiste en el intercambio de información relacionada a los canales entre dichos puntos.

Para este efecto se utiliza el canal número 16 para la transmisión de la señalización.

Se tiene entonces que una trama está formada por 32 intervalos de tiempo o canales, de los cuales el canal número cero se utiliza para la sincronización y control del estado de alarma del sistema y el canal 16 para la señalización, quedando 30 canales para la transmisión de habla. Por este motivo, a este sistema se lo denomina también, sistema MIC 30/32.

#### 1.5.2 Sincronización.-

Como se vio en la sección anterior, el intervalo de tiempo cero se utiliza para transmitir la palabra de alineación de trama cada dos tramas que se denominan tramas pares y la palabra de alarma en las tramas impares.

Al conjunto de 16 tramas consecutivas se denomina multitrama. Las tramas en la multitrama se numeran del 0 al 15.

La estructura del intervalo de tiempo cero en las tramas pares es, como ya se ha mencionado, X0011011 y en las tramas impares el bit 1 y los bits del 4

al 8 están reservados para futuros usos, mientras que el bit 2 es siempre 1, en contraste con el mismo bit para las tramas pares, es decir, en la palabra de sincronización. Es el bit 3 el que lleva la información sobre el estado de alarma del sistema, cuando dicho bit es 1 es indicación de alarma, en caso contrario es cero.

El lado receptor debe iniciar sincronizando la trama. Para esto, el receptor compara la palabra recibida con el patrón 10011011 y si no es igual, desplaza un bit para recibir el siguiente y efectuar la comparación, así hasta encontrar la palabra de sincronización. Para determinar si ésta es efectivamente la palabra buscada, se avanza al intervalo de tiempo cero de la siguiente trama, el cual debería contener la palabra de alarma y si el bit 2 de esta palabra es 0, se desplaza un bit y se empieza la secuencia nuevamente, pero si dicho bit es 1 la palabra encontrada al comienzo es efectivamente la de sincronización. Luego, con el propósito de reconfirmar los resultados, se avanza al intervalo cero de la siguiente trama y se investiga si dicha palabra corresponde al patrón de sincronización, en cuyo caso se considera a la trama sincro-

nizada, en caso contrario se desplaza un bit y se comienza esta secuencia una vez más.

Si la palabra de sincronización es incorrecta en las tres siguientes tramas, se resincroniza el sistema empezando la secuencia descrita anteriormente. Durante la operación normal, esta resincronización es innecesaria.

Una vez que se ha alcanzado la sincronización de trama, el lado receptor debe reconocer en qué número de trama, dentro de las 16 que forman la multitrama, se encuentra. Para esto se utiliza el intervalo de tiempo 16 (que, como se vio, está designado para la señalización) para transmitir la palabra de sincronización de multitrama cuyos bits del uno al cuatro son siempre cero y constituyen el elemento de sincronización, los bits cinco, siete y ocho están reservados para uso nacional y se fijan en 1 cuando no son usados y el bit seis se utiliza para transmitir información acerca del estado de alarma en la multitrama, siendo sus condiciones las mismas que para el bit de alarma en el caso de la palabra de alarma de trama.

Como el sistema ya sabe cual es el intervalo de tiempo cero, y por lo tanto cada uno de los demás intervalos en cada trama, la sincronización de multitrama consiste en esperar hasta que aparezca la media palabra de sincronización de multitrama, esto es la secuencia 0000, una vez que esto se da se considera al sistema sincronizado, siendo ésta la trama número cero de la multitrama. Cuando dos palabras de sincronización de multitrama son incorrectas, es necesaria la resincronización. Es muy poco probable que esta secuencia de sincronización de multitrama sea el resultado de una imitación y el hecho de considerar que el error sea en dos palabras de sincronización de multitrama consecutivas, hace al sistema bastante estable.

#### 1.6 Distorsión de cuantificación.-

Cuando la señal fuente ha sido muestreada, el resultado será una señal que, al ser pasada por un filtro pasabajos, puede ser reconstruida fielmente.

Pero la señal objeto de este estudio ha sido previamente cuantificada y luego transmitida. En el proceso de cuantificación, tal como ya se lo ha

descrito, esta muestra, cuyo valor debe entenderse es igual al valor instantáneo de la señal fuente al momento de ser tomado, se aproxima al nivel de cuantificación más cercano antes de ser codificado.

Por lo tanto, la señal que se ha cuantificado no es exactamente igual a la señal que se ha muestreado. La diferencia entre estas dos señales se conoce como distorsión de cuantificación, la cual se define como  $e(t) = s(t) - q(t)$ , donde  $s(t)$  es la señal fuente y  $q(t)$  es la señal cuantificada.

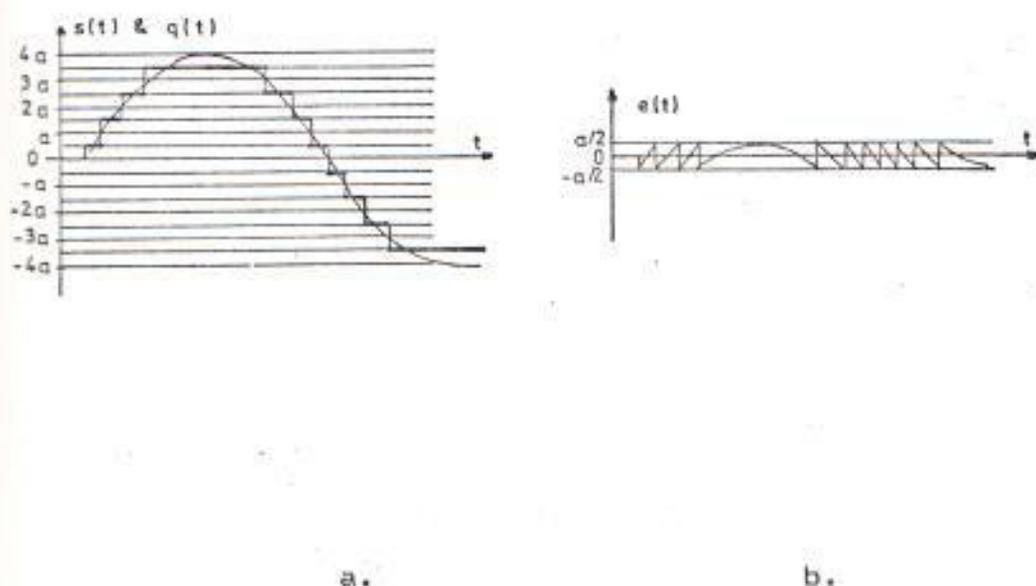


Figura 1.18  
Error de Cuantificación

La figura 1.18.a muestra una señal sinusoidal, de la forma  $s(t) = 4a \text{ Sen}(\omega t)$  donde  $\omega = 2 \text{ PI} / T$ , a la que se le ha aplicado cuantificación lineal, con pasos de cuantificación de  $a$  unidades. En la figura 1.18.b se tiene la diferencia entre la señal fuente y la señal cuantificada, es decir esta figura representa el error causado por la cuantificación.

Nótese que esta señal de error, a pesar de no ser lineal, puede aproximarse a una señal diente de sierra si el número de etapas de cuantificación es lo suficientemente grande, como ocurre en un caso real. Por lo tanto, la señal de error puede representarse como  $e(t) = (a/t_s).t$ , donde  $t_s$  es el tiempo que demora la señal en pasar de un intervalo de cuantificación a otro.

La potencia de esta señal fuente será:

$$P_s = (1/T) \int_{-T/2}^{T/2} |s(t)|^2 dt$$

$$= (1/T) \int_{-T/2}^{T/2} |4a \text{ Sen}(\omega t)|^2 dt$$

$$= (1/T) \int_0^{T/2} 16(a**2) \int_0^{T/2} \text{Sen}(wt) dt$$

$$= (1/T) \int_0^{T/2} 16(a**2) \int_0^{T/2} (1/2) \text{Sen}(wt) \text{Cos}(wt) dt$$

$$= (1/T) \int_0^{T/2} 16(a**2) dt$$

$$= 8 (a**2)$$

Y la potencia de la señal de error está dada por:

$$P_e = (1/t_s) \int_{-t_s/2}^{t_s/2} a \cdot t / t_s dt$$

$$= (1/t_s) (a / t_s) \int_{-t_s/2}^{t_s/2} t^2 dt$$

$$= (1/12) (a**2)$$

La relación señal/distorsión, en este caso está dada por:

$$SDR = 10 \text{ LOG } (P_s/P_e)$$

$$\text{SDR} = 10 \text{ LOG } \left[ \frac{8 a^{**2}}{(a^{**2} / 12)} \right]$$

$$= 10 \text{ LOG } 96 = 19.8 \text{ db.}$$

Si se duplica el número de intervalos de cuantificación aplicados a la señal anterior, entonces el paso de cuantificación será la mitad del paso original, esto es  $a/2$ . Nótese que sin importar la dimensión del paso, el valor absoluto del error causado por la distorsión de cuantificación no puede ser superior que la mitad de este paso.

En este caso  $e(t) = (a/2ts).t$  y la potencia de la señal de error está dada por:

$$P_e = a^{**2}/48.$$

Por lo tanto la relación señal/distorsión es

$$\text{SDR} = 10 \text{ LOG } \left[ \frac{8.a^{**2}}{(a^{**2}/48)} \right]$$

$$= 10 \text{ LOG } [ 8 \times 48 ]$$

$$= 10 \text{ LOG } 96 \times 4$$

$$= 10 \text{ LOG } 96 + 10 \text{ LOG } 4$$

$$= 19.8 + 6 = 25.8 \text{ db.}$$

En general, si  $n$  es el número de pasos de cuantificación aplicados a la señal de este ejemplo, entonces la longitud de cada paso será  $L = (1/n) \cdot V_{p-p} = (1/n) \cdot (8a)$ , por lo tanto la señal diente de sierra generada tendrá una amplitud de  $8a/n$  y su ecuación es:

$$e(t) = 8 \cdot a \cdot t / (n \cdot t_s)$$

Su potencia promedio es  $P_e = 16 \cdot a^2 / (3 \cdot n^2)$

La relación señal/distorsión es

$$SDR = 10 \text{ LOG } \left( \frac{3 \cdot n^2}{2} \right) \text{ dB}$$

Nótese que el valor de la potencia promedio de la señal fuente no ha variado a lo largo de este análisis, puesto que el incremento de intervalos de cuantificación no la afecta.

Se puede concluir que si el número de intervalos de cuantificación es mayor, entonces la relación señal/distorsión es mejor.

Este hecho justifica el uso de cuantificación no lineal. Es fácil entender ahora, que la cuantifica-

ción no lineal proporciona una SDR buena para señales de niveles bajos sacrificando esta relación para el caso de señales de niveles altos, puesto que en la cuantificación no lineal, se utiliza un mayor número de intervalos de cuantificación para niveles bajos que para los altos.

Otro aspecto que hay que resaltar ahora, es el hecho de que la Ley - A de cuantificación, proporciona una amplificación lineal de la señal para niveles bajos que sumado al hecho de tener más intervalos de cuantificación en esta zona, proporciona una salida de características muy similares a las de la entrada en el intervalo de interés.

De esta manera, la relación señal/distorsión es uno de los factores fundamentales en el diseño de un sistema MIC, concretamente en la selección del número de bits que conforman la palabra digital de codificación. Tal como ya se lo ha mencionado, CCITT establece el uso de 256 intervalos de cuantificación, equivalentes a 8 bits, con una resolución de 12 bits para niveles bajos, lo que proporciona una SDR aproximadamente de 34 db para señales de -30dbm0.

## 1.7 Ruido.-

En los sistemas analógicos se tienen diversas causas que originan ruido y por lo tanto perturban o corrompen la señal de recepción, ejemplo de estas fuentes de perturbación son el ruido térmico, interferencia causada por otros sistemas o agentes externos, transientes causados por los circuitos de conmutación.

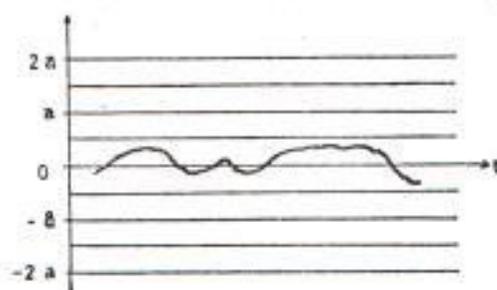
En los sistemas de transmisión digital, los efectos de estas fuentes de perturbación son minimizados o eliminados por completo. Por este motivo, el mayor agente de perturbación es el ruido de cuantificación, el mismo que ya fue previamente analizado, y que se logra disminuir, aumentando el número de intervalos de cuantificación, pero este ruido se presenta únicamente durante la conversión analógico digital.

Sin embargo, en un sistema MIC también se presenta el ruido generado por los equipos electrónicos que conforman el sistema de conversión analógico-digital. Este ruido es amplificado, cuantificado y codificado, es decir recibe el mismo tratamiento

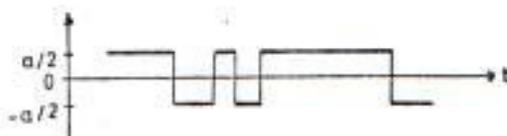
que una señal de voz. Si el nivel de ruido inducido es de  $-66 \text{ dbm0}$ , entonces la señal fuente de este ruido permanecerá entre los dos intervalos de cuantificación más cercanos al cero, por lo tanto, independientemente del nivel del ruido, este será cuantificado siempre de forma similar, tal como se aprecia en la figura 1.19.a y b.

Si el mismo nivel de ruido está superpuesto a una tensión continua de valor igual al nivel de cuantificación de uno de estos dos intervalos, tal como se aprecia en la figura 1.19.c y d, entonces el ruido será eliminado completamente, puesto que éste sería cuantificado aproximándolo exactamente al nivel de cuantificación del intervalo donde se encuentra.

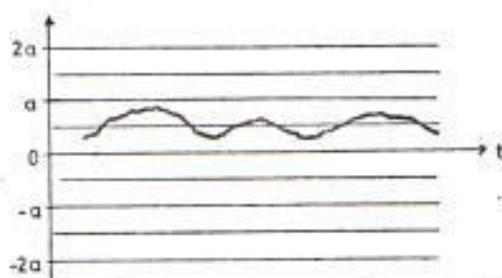
En la práctica, el ruido en los canales en reposo puede ser de cualquiera de los tipos expuestos, pero a diferencia de los sistemas de transmisión analógicos en los cuales este ruido debe añadirse al ruido total del canal, en un sistema MIC, este será el ruido total debido a este tipo de fuentes de corrupción.



a. Señal de ruido.



b. Ruido cuantificado.



c. Ruido sobre componente continua.



d. Ruido en c. cuantificado

Figura 1.19  
RUIDO

## 1.8 Diafonía.-

La diafonía entre los circuitos que corresponden a los diversos canales antes de darse la conversión analógico-digital, también será objeto de conversión y al igual que en el caso del ruido en los canales en reposo, esta será cuantificada aproximándose su valor al nivel de cuantificación de uno de los dos intervalos de cuantificación cercanos al cero, sin importar el nivel de la señal en sí.

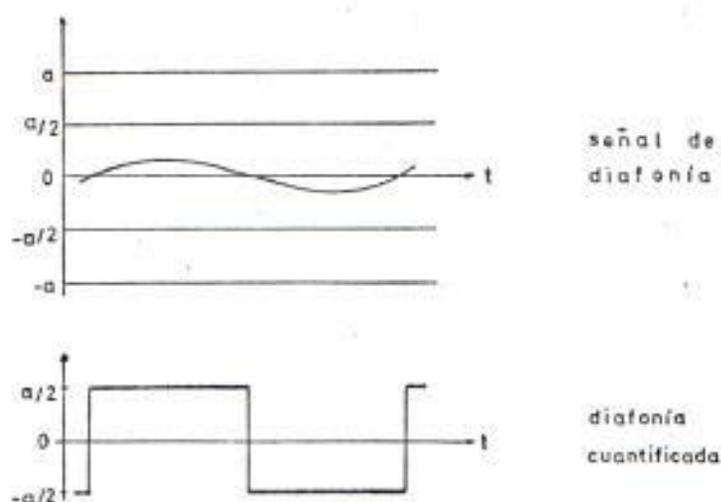


Figura 1.20  
Diafonía

En la figura 1.20 se tiene una señal de diafonía y su señal cuantificada será de  $-66$  dbm0. Compárese esta figura con la figura 1.19. a y b.

Al igual que en el caso del ruido, tal como fue

estudiado en la sección anterior, si la señal de diafonía se presenta sobre una tensión continua igual a uno de los niveles de cuantificación más cercanos al cero, y esta se mantiene dentro del intervalo de cuantificación correspondiente, entonces, la señal cuantificada será de magnitud constante, habiéndose eliminado la diafonía por completo, la figura 1.19 c y d se aplica también a la diafonía en este caso.

## CAPITULO SEGUNDO

### EQUIPOS DE ADAPTACION

#### 2.1 Generalidades.-

En el capítulo anterior se estudió la modulación por impulsos codificados. Esta modulación es apropiada para sistemas digitales, por ejemplo en los extremos del sistema, que en este caso son centrales telefónicas o PABX o abonados y sus respectivos equipos de conversión analógico-digital.

La salida de un convertidor A/D es una señal eléctrica que tiene la forma de un tren de pulsos unipolares, donde un "UNO" está representado por un pulso de amplitud positiva y de duración igual al tiempo del bit que representa, mientras que un cero está dado por la ausencia de señal durante ese tiempo, en este caso al pulso se lo denomina pulso sin retorno al cero (NRZ).

Una señal NRZ no es útil para ser transmitida ya sea en el caso de que el medio de transmisión fuese

pares físicos, cable coaxial, fibra óptica, radio enlace, etc. Por este motivo, la señal producto de la codificación debe ser adaptada de acuerdo al medio de transmisión que se utilice.

En la siguiente sección se va a considerar el caso cuando el sistema de transmisión digital interconecta dos centrales telefónicas entre sí, más adelante se extenderá esta aplicación al caso que se estudia aquí y que es la adaptación a la planta externa en general.

## 2.2 Transmisión-Recepción.-

Existen diversos medios de transmisión que pueden ser utilizados en el intercambio de señales digitales. Si se selecciona, por ejemplo, pares físicos para dicha transmisión, entonces la señal eléctrica que se envía por ellos no debe presentar componente continua. Otra característica que deben cumplir las señales que se envían por la línea, es que permitan una reconstrucción sencilla de la frecuencia del reloj.

El equipo de transmisión recibe información digital en forma de tren de pulsos sin retorno al cero, se puede demostrar fácilmente, que esta forma de señal contiene una componente D.C., lo cual la hace inapropiada para la transmisión digital.

Por otro lado, es sencillo comprender que un canal de transmisión contiene señales, las cuales permanecen la mayor parte del tiempo dentro de niveles cercanos al cero, por ejemplo, una gran parte del tiempo, un canal de habla no está ocupado, en cuyo caso la señal está formada únicamente por ceros, en otros casos, cuando el canal está siendo utilizado en una conversación normal, la transmisión de voz se da generalmente en una dirección de transmisión, debido al hecho de que normalmente una persona habla a la vez mientras la otra escucha, se tiene también, por lo general, razonables períodos de espera y de niveles de conversación bajos, lo cual incrementa el número de ceros transmitidos. En otros casos, cuando el canal se utiliza para la transmisión de datos, ésta también se da, normalmente, en una dirección y luego en la otra. Todas estas razones permiten entender que la probabilidad de transmitir ceros es mucho más alta que la de

transmitir unos. El requisito básico para que la frecuencia de reloj pueda ser reconstruida por los regeneradores que se utilizan durante la transmisión, es que la señal recibida por ellos no contenga un alto número de ceros.

Por lo tanto se hace necesaria la codificación de esta señal. Existen diversos códigos que permiten alcanzar este objetivo.

Para eliminar el problema que presenta la gran cantidad de ceros transmitidos, se utiliza un código conocido como ADI, por su nombre en Inglés Alternate Digit Inversion, que significa inversión alterna de dígitos. El objetivo de este código es proporcionar una señal que contenga un menor número de ceros eléctricos, o niveles bajos de voltaje, y consiste en invertir eléctricamente los dígitos que se reciben, pasando uno. Esto significa que si se recibe, por ejemplo, la secuencia 100110000110, cuya representación eléctrica es +---+-----+-, donde + representa un nivel alto de voltaje y - es cero voltios, entonces a la salida del codificador ADI se tendrá una señal de pulsos con la secuencia +-+---+---+---+, véase la figura 2.1.



a.

Señal de entrada.



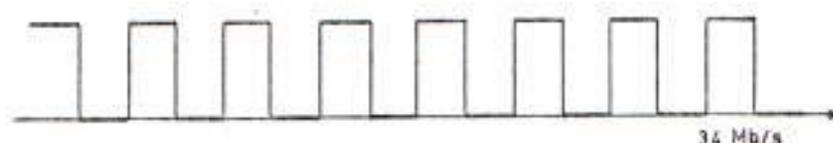
b.

Señal + ADI.

Figura 2.1  
Codigo ADI

La señal codificada por medio de ADI, es una señal unipolar, pues consta de dos niveles de voltaje, alto o uno y bajo o cero, y es NRZ. Como se vio, este tipo de señal no se adapta para la transmisión, debido a la componente continua que tiene y porque su espectro de frecuencia no contiene la frecuencia del reloj del sistema, o frecuencia fundamental, indispensable para la reconstrucción de ella en los regeneradores, la figura 2.2.a muestra la señal del reloj, la figura b muestra un tren de impulsos NRZ, nótese que cada bit de la señal en b, corresponde a un ciclo completo de la señal de

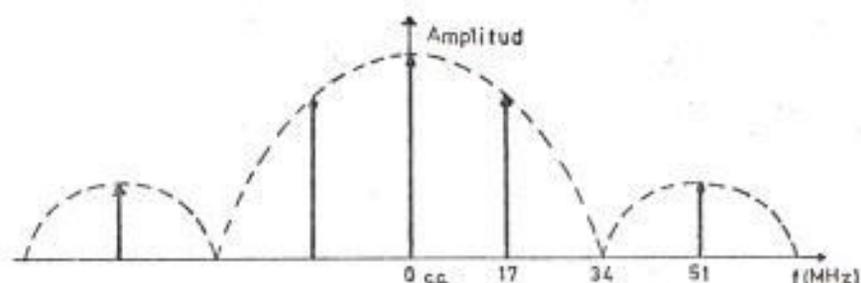
reloj.



a. Señal de reloj.



b. Señal ADI (NRZ).

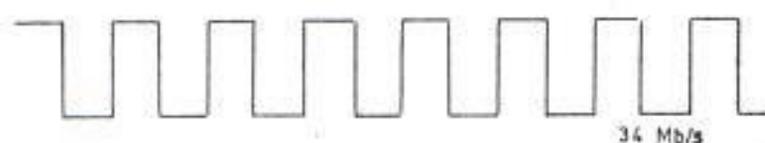


c. Amplitud del espectro de frecuencia de la señal.

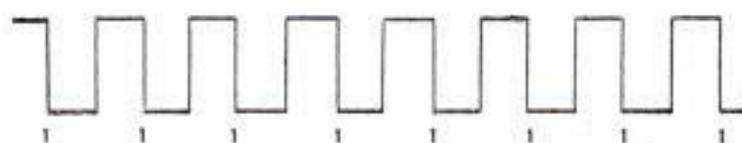
Figura 2.2  
Espectro para ADI

La figura 2.2.c muestra la amplitud del espectro de frecuencias de la señal NRZ. Nótese que la componente de frecuencia para  $f = f_{\text{reloj}}$  es cero y que existe una componente para  $f=0$ , es decir una componente continua.

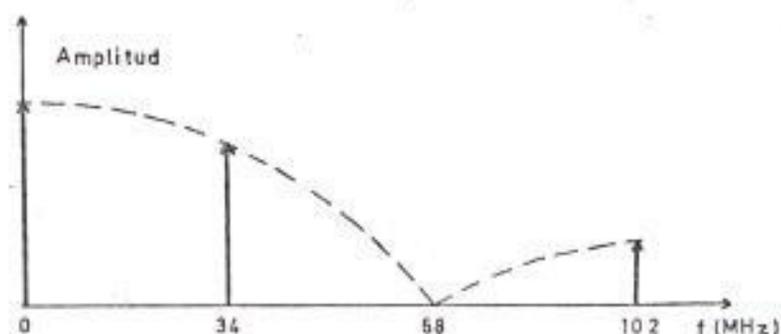
Para garantizar que la señal transmitida contenga la frecuencia fundamental, se convierte esta señal ADI (NRZ) en una señal con retorno al cero, RTZ. La figura 2.3 muestra la amplitud del espectro de frecuencia en este caso. En la figura c se puede observar que el espectro de frecuencia efectivamente contiene la frecuencia de reloj.



a. Señal reloj.



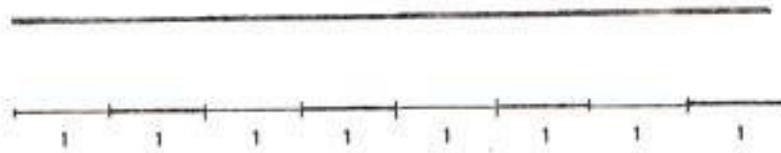
b. Señal RTZ.



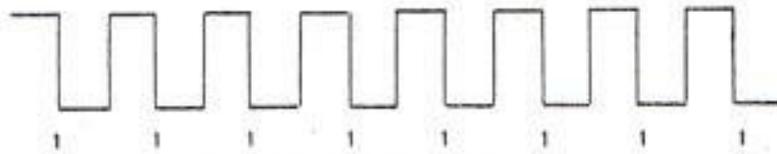
c. Espectro.

Figura 2.3  
Señal RTZ

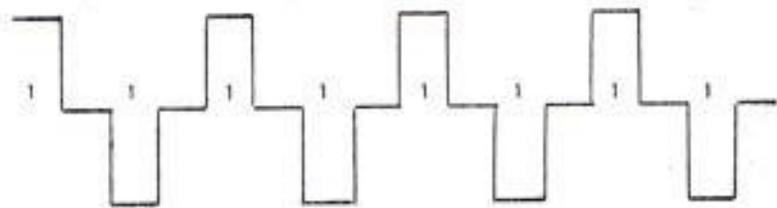
Otra conclusión que se puede obtener a partir de la figura 2.3.c, es que la señal RTZ unipolar todavía contiene la componente continua. Para salvar este inconveniente, se utiliza un código conocido como AMI, por su nombre en inglés Alternate Mark Inversion, y que consiste en convertir la señal NRZ unipolar en una señal RTZ bipolar, es decir en una señal que contiene tres niveles que son positivo (o +1), cero y negativo (o -1). Para lograr esto, el primer paso es convertir la señal en RTZ, acortando la duración de los pulsos a la mitad, e invirtiendo la polaridad de los +1 en forma alterna, es decir pasando uno, esto significa que no se puede transmitir dos pulsos positivos en forma consecutiva. El resultado de esta codificación es una señal bipolar, pero sus propiedades de bipolaridad, esto es que con sus tres niveles, +1 0 y -1, se pueden obtener 6561 combinaciones distintas (pues  $3 \times 8 = 6561$ ), no se utiliza ya que dos de los niveles representan el mismo valor, en forma alterna.



a. Señal NRZ.



b. Señal RTZ.



c. Señal AMI.

Figura 2.4

Señal AMI

La figura 2.4 aclara el concepto de codificación AMI y la figura 2.5 presenta la magnitud del espectro de frecuencias de de una señal AMI.

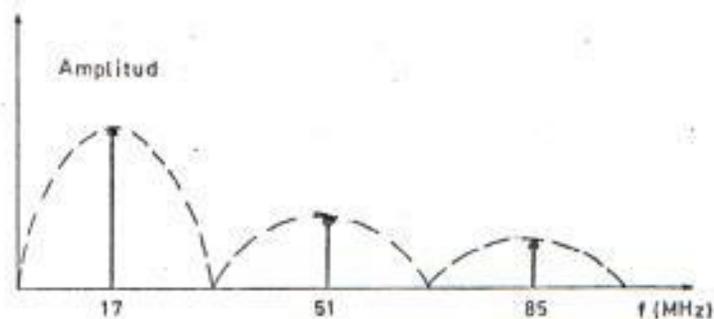


Figura 2.5

Espectro de frecuencias  
de una señal AMI.

En esta ocasión, se puede observar en la figura 2.5, no existe ninguna componente para la frecuencia cero, es decir que esta señal AMI no contiene componente continua y además se ha logrado disminuir los requerimientos de banda del medio de transmisión.

Otro código muy utilizado es el llamado HDBN. El principio aplicado en esta codificación es similar al del código AMI. En este caso se considera la posibilidad de que se transmitan demasiados ceros consecutivos, a pesar de haberse codificado la señal de acuerdo al código ADI.

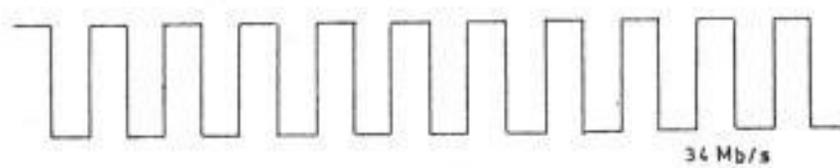
La letra N en el nombre de este código, representa el número máximo de ceros que se pueden transmitir en forma consecutiva. La codificación se la hace de

manera similar a la AMI y en el caso de que se repitan  $N+1$  ceros consecutivos, el último cero se convierte en un uno, que se denomina pulso de violación porque se lo inserta con el mismo signo del último uno que ha sido transmitido.

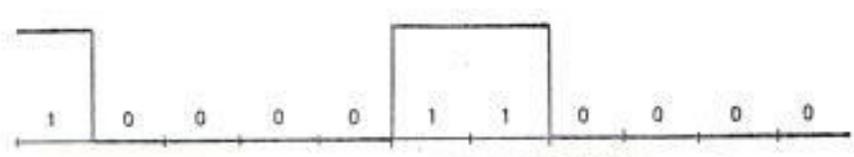
De los códigos HDBN el más utilizado es el conocido como HDB3. Este código, al igual que el AMI, invierte la polaridad de los unos en forma alterna, en tanto no existan entre dos unos seguidos más de tres ceros. Como en este caso  $N=3$ , los impulsos de violación se introducen cuando el número de ceros entre dos unos seguidos es mayor de tres y se lo hace insertando en la posición correspondiente al cuarto cero un uno y la polaridad será positiva o negativa en forma alterna, es decir que si en un momento determinado se ha introducido un pulso de violación positivo, el siguiente pulso de violación que se necesite introducir será negativo. Pero en el párrafo anterior se vio que el pulso de violación en un código HDBN, debe tener la misma polaridad que el último uno transmitido, esto presenta una dificultad si el último pulso de violación fue de la misma polaridad que el último uno transmitido, por ejemplo cuando ambos son posi-

tivos, ya que, por una parte, el siguiente pulso de violación debe ser necesariamente negativo, recuérdese que estos pulsos deben cambiar de polaridad en forma alterna, y por otro lado, este pulso, por ser de violación, debe tener la misma polaridad que el último uno que se transmitió, es decir que debería ser necesariamente positivo. Para eliminar esta incongruencia, se introduce un uno "falso" en la posición del primer cero de esta secuencia de ceros que sobrepasa el límite de 3, y se lo hace de acuerdo a la codificación AMI, es decir que este uno tendrá, en el caso de este ejemplo, polaridad negativa, lo que permite que el siguiente pulso de violación sea también negativo y de polaridad opuesta al anterior pulso de violación, que fue positivo, en este ejemplo.

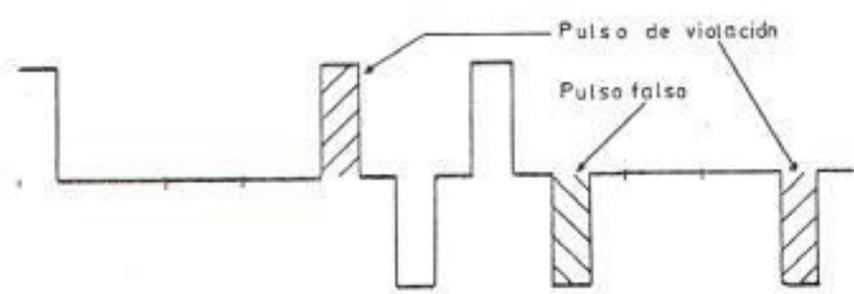
En la figura 2.6 se puede apreciar como se efectúa la codificación HDB3, en la misma se puede identificar los pulsos de violación y los falsos pulsos.



a. Señal de reloj.



b. Señal MIC NRZ.



c. Codificación HDB3.

Figura 2.6  
Código HDB3

En la figura 2.7 se muestra la amplitud del espectro de frecuencias de una señal HDB3, nótese que esta señal, al igual que en el caso de la codificación AMI, no contiene componente D.C.

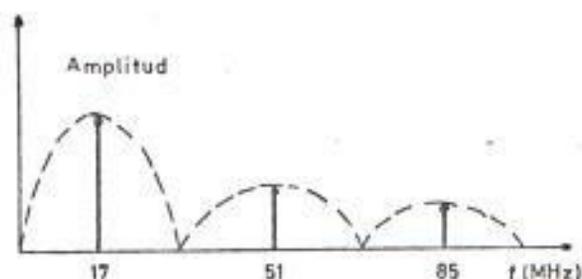


Figura 2.7  
Espectro para HDB3

CCITT ha estandarizado los códigos que se utilizan en los sistemas de transmisión, los que se dan en el siguiente cuadro:

CODIGO	APLICACION	VELOCIDAD
HDB3	Interface entre equipos	2-8-34 Mb/s
CMI		140 Mbits/s
HDB3 AMI	CODIGOS UTILIZADOS EN LA LINEA	2 y 8 Mbits/s sobre pares
M/MS43		34-140 Mb/s sobre pares
5B/6B		34 Mbits/s sobre fibra
6B/8B		140 Mbits/s sobre fibra

Cuadro 2.1  
Tipos de codificación

CMI, Coded Mark Inversion, es un tipo de codificación en la cual el uno es enviado alternativamente con polaridad positiva y negativa y el cero, en lugar de ser representado por la ausencia de la señal, se lo hace con un cambio de polaridad de negativo a positivo. Esto hace que este tipo de codificación sea de doble velocidad donde un uno es representado alternativamente por "11" y "00" y un cero es representado por "01". El cambio de polaridad en el caso de un cero, ocurre justamente a la mitad del intervalo de tiempo que dura el bit.

$mB/nN$  es otro de los tipos de codificación, en éste cada secuencia de  $m$  bits y  $B$  niveles se reemplaza por una secuencia de  $n$  bits y  $N$  niveles. De esta forma se logra reducir la velocidad de transmisión en la línea en un factor  $n/m$ , donde  $n < m$ . La condición que se impone, para no perder parte de la información, es que  $B * m \leq N * n$ . M/MS43 es un código de este mismo tipo donde  $m=4$ ,  $n=3$  y  $N=3$ .

$mB/nB$  es un código de  $B$  niveles, donde  $m$  bits son reemplazados por un secuencia de  $n$  bits, con la condición de que  $n > m$ . De esta forma se puede

introducir redundancias en la información transmitida y eliminar la posibilidad de secuencias que imposibiliten la reconstrucción de la señal de reloj.

Cuando la señal alcanza el lado receptor del sistema, se hace necesario reconstruir a partir de la señal recibida, una señal de la forma NRZ unipolar. Cuando la señal que se recibe es codificada de acuerdo a AMI, es necesario rectificar la señal de recepción, de esta forma se obtiene una señal RTZ en la cual, con el fin de convertirla en NRZ, únicamente se necesita prolongar la duración de los unos, de tal forma que abarquen la totalidad del intervalo de duración de cada bit.

Cuando la señal recibida es de acuerdo a alguno de los códigos descritos, entonces lo más sencillo es convertir esta señal en otra de acuerdo a AMI y aplicar el mismo procedimiento del párrafo anterior. En el caso de que la señal recibida sea HDB3, por ejemplo, es necesario identificar y eliminar los pulsos de violación que se han introducido en ella, el resultado de este proceso será una señal AMI, tal como se deseaba. Los impulsos de violación

se detectan analizando los bits recibidos y si dos bits consecutivos tienen la misma polaridad, el segundo de ellos es un pulso de violación, para identificar los pulsos falsos, simplemente se ve si el pulso anterior al de violación que se acaba de identificar se encuentra a tres bits de "distancia" (en tiempo) y si es así, entonces este es un pulso falso. El procedimiento es simplemente eliminar los pulsos de violación y los falsos de la señal, puesto que estos corresponden realmente a ceros en la señal transmitida, y luego se aplica el mismo procedimiento que en el caso de una señal AMI, esto es rectificar la señal así obtenida y prolongar la duración de los unos.

Existe un interfaz muy importante en la conmutación digital, es el denominado Interfaz Di o campo de distribución digital, DDF, de acuerdo a las regulaciones del CCITT, este interfaz debe tener una impedancia de 75 ohms y un tren de pulsos bipolares con codificación HDB3. Este punto es considerado como el interfaz entre la conmutación y la transmisión.

Existen otros interfaces cuyas características

también están reguladas por el CCITT, por ejemplo se tiene el interfaz de frecuencia vocal, VF, que está asociado al lado analógico del sistema, por ejemplo si el sistema digital ha de interconectar una central digital con una analógica, este interfaz se encuentra en el lado de esta última. Este interfaz está constituido por 2 pares balanceados con impedancia de 600 ohms, seguido por un punto de atenuación variable y un punto de ruptura que se utiliza para habilitar o deshabilitar los canales independientemente. Se tiene, después de este punto de ruptura, un punto de medición, que consiste en una salida en paralelo por cada dirección de transmisión, que da el valor nominal, típicamente es de -14 dbm en la dirección de transmisión y 4 dbm en la de recepción.

Si el sistema ha de interconectarse a una central digital, entonces se utiliza un control externo del reloj, que según las regulaciones del CCITT, ha de ser una señal sinusoidal o cuadrada de 0 dbm. Este interfaz se denomina C1.

Por último se tiene el interfaz de 64 Kb/s, conocido también como interfaz T. Este interfaz es el

punto de enlace entre el equipo de multiplexación y el de señalización. Consta de la información que ha de insertarse en el intervalo de tiempo 16 y de señales de temporización para el control de la señalización recibidas desde el equipo de multiplexación.

### 2.3 Señalización.-

El trabajo de interconectar dos centrales telefónicas entre sí o de conectar un grupo de abonados o PABX a una central telefónica utilizando sistemas digitales, no consiste únicamente en el envío de señales de voz, de la forma en que éstas fuesen, es necesario enviar una serie de información que es indispensable para lograr realizar la conmutación, por ejemplo en el caso de la interconexión de dos centrales, es necesario que el lado de origen envíe la información necesaria para alcanzar al abonado de destino (Abonado B), es decir el número telefónico de destino, al que se denominará número B en lo sucesivo, en ciertos casos es necesario el envío del número de origen (Número A) correspondiente al abonado A (o abonado que origina la llamada), es necesario enviar información correspondiente a la

categoría del abonado A, por ejemplo si es un abonado normal o si se trata de operadora, la central de origen necesita conocer ciertas condiciones como por ejemplo si el abonado de destino está libre o se encuentra ocupado o si la llamada será libre de tasación o no. Otra información necesaria es la referente al estado de los circuitos implicados en la conmutación y el momento en que se detecta la contestación del abonado B.

Toda esta información se transfiere entre las centrales por medio de la señalización. Los sistemas de señalización varían de acuerdo al tipo de central que se utilice pero básicamente existen dos tipos de señalización a los que se suele referir como señalización de línea y señalización de registro.

Además se tiene dentro de estas dos clases, las señales hacia adelante y las señales hacia atrás. Las señales hacia adelante son aquellas que viajan desde el punto de origen hacia el de destino y las señales hacia atrás viajan en la dirección opuesta.

Existen, además, circuitos que permiten el inter-

cambio de información en una sola dirección, como es el caso de los FUR'es y FIR'es que se utilizan en las centrales analógicas en Guayaquil, donde un FUR corresponde al lado de origen de la llamada y está conectado a un FIR que es el lado de destino, así mismo existen circuitos que permiten el intercambio de información en ambas direcciones, como es el caso de los FDR's en las centrales analógicas y los BT's (Bothway Trunk) en las digitales.

La señalización de línea sirve para determinar ciertas condiciones de la línea y pueden ser transmitidas en cualquier momento de la llamada. Las señales de línea más importante son, como señales hacia adelante, la señal de toma que es cuando se selecciona un circuito, de los referidos en el párrafo anterior, para ser utilizado en la comunicación, esta señal informa al lado de recepción que el envío de cierta información va a tener lugar pronto y se prepara a ese lado para cualquier evento; y la señal de desconexión hacia adelante, que le indica al circuito receptor que, por algún motivo, la llamada ha finalizado y que debe iniciar la reposición de todos los circuitos implicados en esa conversación, por ejemplo cuando el abonado A

ha cortado la llamada. Como señales hacia atrás se tiene la de contestación, que le informa a la central de origen que la llamada ha sido respondida por el abonado B y que, en la mayoría de los casos, debe iniciarse la tasación, es decir contar el tiempo que dura la llamada para su respectiva facturación, y la señal de desconexión hacia atrás, esta señal indica a la central de origen que por algún motivo la llamada en la central de destino ha terminado y que debe iniciar la reposición de los circuitos utilizados en esta llamada, por ejemplo cuando el abonado B corta la llamada, aunque esta señal no se procesa hasta después de una cierta temporización.

Las señales de registro son utilizadas durante un período muy corto de tiempo. En la mayoría de nuestras centrales analógicas, esta señalización se hace por medio de tonos, conocida como señalización MFC (Multy-Frecuency Code), y la función más importante es la de transferir información numérica, es decir la transmisión de dígitos, por ejemplo el número B, el número A, la categoría del abonado A, la señal de libre u ocupado.

En la red telefónica de Guayaquil se utiliza dos tipos de señalización en las centrales analógicas, uno es conocido como Sistema MFC R2, que se utiliza en la señalización donde intervienen centrales locales, y el sistema LME, que se utiliza para la señalización entre las centrales de tránsito.

Estos dos sistemas son muy similares y se fundamentan en el uso de tonos o señales de multifrecuencia, de allí el nombre MFC, para el envío de señales de registro.

La identificación de los dígitos que se transmiten, se hace por medio de la combinación de dos frecuencias de un total de seis, estas frecuencias se denominan F0, F1, F2, F4, F7, F11 y sus valores

Frecuencia	Señales hacia adelante	Señales hacia atrás
F0	1380 Hz.	1140 Hz.
F1	1500 Hz.	1020 Hz.
F2	1620 Hz.	900 Hz.
F4	1740 Hz.	780 Hz.
F7	1860 Hz.	660 Hz.
F11	1980 Hz.	540 Hz.

Cuadro 2.2

Frecuencias MFC

son los dados en el cuadro 2.2.

Con una combinación de dos de estas seis frecuencias se puede representar hasta 15 diferentes dígitos y se lo hace de acuerdo al cuadro 2.3

SEÑAL No.	FRECUENCIAS
1	$F_0 + F_1$
2	$F_0 + F_2$
3	$F_1 + F_2$
4	$F_0 + F_4$
5	$F_1 + F_4$
6	$F_2 + F_4$
7	$F_0 + F_7$
8	$F_1 + F_7$
9	$F_2 + F_7$
10	$F_4 + F_7$
11	$F_0 + F_{11}$
12	$F_1 + F_{11}$
RESERVA	$F_2 + F_{11}$
14	$F_4 + F_{11}$
15	$F_7 + F_{11}$

Cuadro 2.3

Señales MFC

CCITT ha estandarizado el sistema MFC-R2 dividiéndolo en dos partes, la señalización para circuitos nacionales y la que se utiliza en los circuitos internacionales, ambas son similares en cuanto a procedimientos, la diferencia es el significado de cada uno de los dígitos que se envían, es decir de la combinación de frecuencias. Por ejemplo, en un circuito internacional, es necesario enviar cierta información que se necesita para el manejo de llamadas atendidas por operadora, tal como identificación del idioma, código de país, datos concernientes a los supresores de eco, etc., información que no se necesita en el proceso de una llamada nacional. En adelante se tratará el caso de señalización nacional.

Esta estandarización de la señalización nacional ha dividido a las señal hacia adelante en dos grupos. El primero llamado GRUPO I que lleva información relacionada con el destino (número B), origen (número A), acceso a servicios especiales y equipos de mantenimiento; el segundo es el GRUPO II, que lleva información relacionada a la categoría del abonado A, que puede ser abonado normal, operadora con ciertas facilidades o sin ellas, llamada de

transmisión de datos, llamada internacional. Las señales hacia atrás también se dividen en dos grupos: GRUPO A y GRUPO B. Las señales del grupo A son señales de control, aquí se encuentran las señales que indican al lado de origen que transmite el siguiente dígito o el anterior, solicitud de categoría, indicación de congestión en el lado de recepción, etc. Las señales del grupo B dan la condición de la línea del abonado llamado, por ejemplo si éste está libre u ocupado, o si es un abonado interceptado o un número no asignado, si se debe iniciar tasación o no. Por supuesto, toda esta información es transmitida desde una central a otra utilizando los medios de transmisión disponibles y es la central la que debe analizar toda esta información y tomar las medidas del caso.

El cuadro 2.4.a muestra el significado de las señales hacia adelante tanto para el Grupo I como para el II de la señalización MFC-R2, se incluye también el significado de estas señales para la señalización LME. De igual forma se hace en el cuadro 2.4.b, en este caso para los Grupos A y B de las señales hacia atrás.

SISTEMA MFC R2 NACIONAL

Señales hacia adelante

Señal No.	Grupo I Información de dirección, etc.	Grupo II Categoría del abonado que llama	
1	Cifra: 1	Abonado ( <i>Indica también categoría desconocida</i> )	1)
2	2	Abonado con prioridad	1)
3	3	Equipo de mantenimiento	1)
4	4	Reserva ( <i>servicio de interceptión</i> )	3) 1)
5	5	Operadora (con facilidad de ofrecimiento interurbano)	1)
6	6	Llamada de transmisión de datos	2)
7	7	Abonado (u operadora sin facilidad de transmisión hacia adelante) (Llamada internacional)	
8	8	Llamada de transmisión de datos (Llamada internacional)	
9	9	Abonado con prioridad (Llamada internacional)	
10	0	Operadora con facilidad de transferencia hacia adelante (Llamada internacional)	
11	<i>Acceso a servicios especiales (Servicio de interceptión centralizado)</i>	Reserva ( <i>Aparato de pago</i> )	
12	a) <i>Acceso a servicio especial</i> b) <i>Solicitud no aceptada</i>	Reserva	
13	<i>Acceso a equipo de mantenimiento</i>	Reserva	
14	<i>Reserva (Código de acceso)</i>	Reserva ( <i>servicio de interceptión</i> )	3) 1)
15	a) <i>Reserva (Código de acceso)</i> b) <i>Fin de impulsión</i>	Reserva	

Notas: 1) Se convierte en II-7 en el registrador internacional saliente.  
 2) Se convierte en II-8 en el registrador internacional saliente.  
 3) a) *Acceso a equipo de interceptión descentralizado.*  
 b) *Conexión a pesar de interceptión de línea.*

*El texto en cursiva se refiere a los significados de señal usados en los sistemas de conmutación de LM Ericsson.*

Cuadro 2.4.a

Señales hacia adelante

SISTEMA MFC R2 NACIONAL

Señales hacia atrás

Señal No.	Grupo A Señales de control	Grupo B Condición de la línea del abonado llamado
1	Emitir la cifra siguiente (n+1)	Línea de abonado libre, desconexión por el último abonado <sup>2)</sup>
2	Emitir la cifra anterior (n-1)	Abonado trasladado (línea de abonado interceptada)
3	Emitir la categoría del abonado que llama y pasar a recepción de señales B	Línea de abonado ocupada
4	Congestión	Congestión <sup>3)</sup>
5	Emitir la categoría del abonado que llama 1)	Número sin asignar
6	Establecer condiciones de habla	Línea de abonado libre, tasación
7	Emitir la cifra n-2	Línea de abonado libre, sin tasación
8	Emitir la cifra n-3	Línea de abonado fuera de servicio
9	Reserva (Emitir la primera cifra transmitida)	Reserva (Línea de abonado interceptada)
10	Reserva (Cambiar a otro tipo de señalización)	Reserva

Notas:

- 1) La emisión repetida de A-3 significa: Emitir la primera (siguiente) cifra del número del abonado A.
- 2) Usada para localización de llamadas maliciosas. Los registradores interurbanos convierten la señal B-1 en señal B-6.
- 3) La señal indica:
  - a) Congestión en selector final
  - b) La línea del abonado llamado está supervisada por operadora.
  - c) Bloqueo de la línea del abonado llamado.
  - d) Avería técnica.

*El texto en cursiva se refiere a los significados de señal usados en los sistemas de conmutación de LM Ericsson.*

Cuadro 2.4.b

Señales hacia atrás

En la red urbana se utiliza para la señalización de línea que involucra centrales analógicas, señalización de corriente continua sobre dos hilos. En este caso, las señales se transmiten mediante señalización de bucle c.c. Este bucle utiliza los conductores de la línea con alimentación de batería en lado entrante, FIR, y cerrado en el lado saliente, que puede ser un FUR o alguno de los otros equipos involucrados en la conmutación. Este es el caso de las centrales ARF que se utilizan en Guayaquil.

En este tipo de señalización de línea, el estado de libre de un circuito troncal se determina por medio de un bucle de alta impedancia en el lado de origen, FUR, y conexión a batería del lado entrante, FIR, donde el hilo a está conectado a  $-V$  y el b a  $+V$ , simplificado como  $-a + b$  ( $-V = -48V$  y  $+V = 0v$ ).

La señal de ocupación de un circuito troncal se determina por medio de un cambio de impedancia en el extremo saliente, de alta, que era la impedancia que tenía durante el estado de libre, a baja impedancia. El extremo entrante permanece igual. Esta es una señal hacia adelante.

La señal de contestación es una señal hacia atrás que se representa por la inversión de polaridad del par en el FIR, i. e.  $+a -b$ , el lado saliente permanece igual, es decir con baja impedancia.

Existen dos tipos de desconexión, hacia adelante y hacia atrás. En el caso de la desconexión hacia atrás, el extremo saliente, que se encuentra a baja impedancia, permanece inalterado mientras que el entrante, que es el que origina la desconexión, invierte su polaridad a  $-a +b$ . A la desconexión hacia atrás le sigue la desconexión hacia adelante, la cual cambia el estado de la línea, en el extremo saliente, de baja a alta impedancia dejando el bucle abierto durante 600 ms. Si la desconexión hacia atrás no se ha dado, entonces si se produce una desconexión hacia adelante, el extremo saliente, tal como en el caso anterior, cambiará su impedancia a alta después de 600 ms. de bucle abierto y el extremo entrante invertirá su polaridad a  $-a +b$ , en ambos casos el estado final será el extremo saliente con alta impedancia y el entrante con conexión a batería  $-a +b$ . Nótese que este último estado es el mismo que el de libre, por lo que este circuito troncal puede ser utilizado nue-

yamente.

La señal de bloqueo del circuito entrante es una señal hacia atrás que consiste en la desconexión de la batería en el FIR, es decir, se tiene un bucle abierto en forma continua, el extremo saliente se pone en estado de alta impedancia.

En el caso de conexiones salientes con transferencia de cómputo, tasación, ésta se hace por medio de señales hacia atrás con la forma de inversiones de polaridad de 150 ms. eliminando la desconexión hacia atrás y utilizando una interrupción de 400 ms. como desconexión forzada, desde el punto de tasación, que en nuestro caso es la central de tránsito.

Las señales de operadora son pulsos de interrupción hacia adelante de 150 ms.

Cuando la señalización se utiliza en la interconexión entre centrales de tránsito, existe de por medio un sistema de transmisión que utiliza FDM, o multiplexación por división de frecuencia, usada en los enlaces de radio.

En este caso el tipo de señalización que se usa se denomina e&m, siglas que significan ear and mouth, en la cual se utiliza dos hilos para la señalización, el hilo "e" y el "m". Cada uno de ellos puede tener el estado de conectado a tierra o de circuito abierto.

El nombre de ear, que significa oído, proviene del hecho de que este hilo se utiliza para recibir la señalización, "oir" los mensajes del lado opuesto, y mouth, boca, porque este hilo se utiliza para transmitir la señalización ("decir" los mensajes).

Este es un sistema de señalización fuera de banda, la banda de voz está entre los 300 y los 3400 Hz., y se utiliza una señal con frecuencia de 3825 Hz. en ambas direcciones de transmisión. La recepción de este tono se traduce en la presencia de corriente en el hilo e, es decir que este hilo se conecta a tierra. Así mismo, cuando se desea transmitir el tono, se conecta el hilo m a tierra. Por lo tanto, lo que se tiene en el hilo e en un extremo, es el reflejo, con un cierto retardo, de lo que se tiene en el hilo m del otro extremo.

El estado de libre del circuito se determina por la presencia del tono en ambos extremos de sistema, i. e., en el lado del FUR y en el lado del FIR se detecta la presencia de corriente en sus respectivos hilos "e" que se consigue conectando los hilos "m" a tierra, generando una corriente en dichos hilos.

La ocupación del circuito saliente se representa por el cese del tono en este extremo, el extremo entrante continúa enviando el tono de señalización. Por lo tanto, se abre el circuito del hilo "m" del lado saliente, lo que implica que cesa la corriente en este hilo y en el hilo "e" de lado entrante, mientras que el hilo "m" del extremo entrante continúa conectado a tierra, lo que origina la presencia de corriente en este hilo y en el hilo "e" del extremo saliente.

Si se representa por 1 la condición de transmisión del tono de señalización y por 0 su ausencia, y considerando que para transmitir dicho tono es necesaria una corriente en el hilo "m" del lado que debe transmitirlo, lo que se traduce en la presencia de corriente en el hilo "e" del extremo opuesto

y viceversa, entonces el cuadro 2.5 da la señalización de línea para la mayoría de las señales.

Señal	Tipo	E.S.	E.E.	m.S.	e:S.	m.E.	e.E.
Libre		1	1	1	1	1	1
Toma	adel.	0	1	0	1	1	0
Cont.	atrás	0	0	0	0	0	0
Desc. atrás	atrás	0	1	0	1	1	0
Desc. adel.	adel.	1	X	1	X	X	1
Bloq.	atrás	1	0	1	0	0	1

Cuadro 2.5  
Señalización de línea.

En el cuadro anterior se utiliza la siguiente nomenclatura:

E.S. Extremo saliente.

E.E. Extremo entrante.

m.S. Hilo "m" del extremo saliente.

m.E. Hilo "m" del extremo entrante.

e.S. Hilo "e" del extremo saliente.

e.E. Hilo "e" del extremo entrante.

adel Señal hacia adelante.

atrás Señal hacia atrás.

1/0 en "e" o "m" = presencia/ausencia de corriente.

X Puede ser 1 o 0.

Debe entenderse que todas las señales descritas hasta ahora, son señales eléctricas y analógicas. Es necesario convertir estas señales en digitales, para poder acopiarlas a un sistema de transmisión digital. Afortunadamente, tal como se ha visto, estas señales son binarias, puesto que los estados que las representan están dados por la presencia o ausencia de corriente y esto es un código binario que puede ser representado por unos y ceros.

En las secciones anteriores se estudió que un sistema de transmisión MIC utiliza el intervalo de tiempo 16 de la trama para el envío de la señalización. Realmente este intervalo se usa para la señalización de línea, puesto que la señalización de registro se da por medio de los canales de habla.

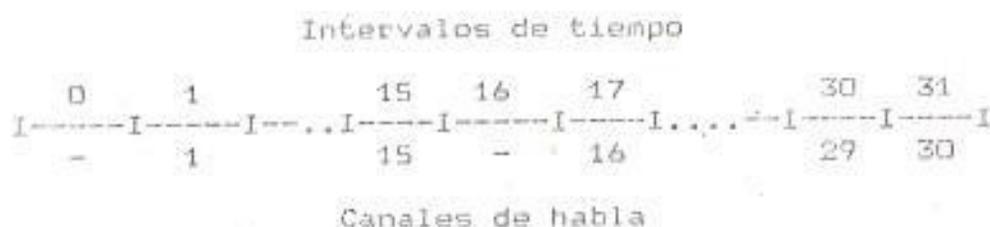
En el caso de la señalización por canal asociado, referida con anterioridad, el intervalo de tiempo 16 de la trama 0 de una multitrama, se usa como palabra de sincronización de trama. En las tramas restantes, de la 1 a la 15, la palabra que se transmite en dicho intervalo de tiempo, la cual está formada por 8 bits, se divide en en 2 semipa-

labras de 4 bits cada una.

En la trama 1, la semipalabra 1, compuesta por los cuatro bits más significativos, contiene información referente a la señalización de línea del primer canal de habla, que se ubica en el intervalo de tiempo 1 de dicha trama. La semipalabra 0, formada por los cuatro bits menos significativos, lleva la información relacionada al canal de habla número 16, es decir al canal o intervalo de tiempo 17. En el canal 16 de la siguiente trama, la semipalabra 1 lleva la señalización para el canal de habla 2, o intervalo de tiempo 2, y la semipalabra 0 lo hace para el canal de habla 17, que se transmite en el intervalo de tiempo número 18.

Es decir que la palabra de señalización en cada trama, excepto en la 0, lleva información relacionada a dos canales de habla a la vez, de tal forma que en la semipalabra 1 de la trama  $N$ ,  $1 \leq N \leq 15$ , se transmite la señalización del canal de habla  $N$ , que corresponde al intervalo de tiempo  $N$ , y en la semipalabra 0 se transmite la información de señalización del canal de habla  $N+15$ , que corresponde al intervalo de tiempo  $N + 16$ .

El cuadro 2.6 muestra la estructura del canal de señalización, cuando se utiliza CAS.



a. Relación entre los canales de habla y los intervalos de tiempo en una trama.

TRAMA	INTERVALO 16	
	S1 abcd	S0 abcd
0	-	I
1	1	I
2	2	I
3	3	I
4	4	I
5	5	I
6	6	I
7	7	I
8	8	I
9	9	I
10	10	I
11	11	I
12	12	I
13	13	I
14	14	I
15	15	I

Canales de habla.

b. Posición de la señalización de cada canal de habla en el intervalo de tiempo 16 de cada trama correspondiente a una multitrama.

Cuadro 2.6  
Estructura del intervalo 16.

En este cuadro, S1 corresponde a la semipalabra 1 y S0 a la semipalabra 0 de la palabra de señalización y abcd son los canales de señalización que se explican en el siguiente párrafo.

De esta forma se logra transmitir la señalización de línea correspondiente a 30 canales, en una misma multitrama. Por lo tanto, la señalización para un mismo canal de habla se transmite cada 2 ms., puesto que ésta ocurre una vez en cada multitrama que consta de 16 tramas, y cada una de ellas tiene una duración de 125 usegs., de donde:  $0.125 \text{ ms} \times 16 = 2 \text{ ms}$ . Por este motivo, y considerando que a cada canal de habla se le asigna una semipalabra, 4 bits, cada 2 ms., se tiene que cada uno de estos canales de habla dispone de 4 canales de señalización, uno por bit, designados como a b c d, con una velocidad de transmisión de 500 bits/s.

Por la misma razón de que cada canal de señalización de línea es muestreado una vez cada 2 ms, se introduce un retardo que se conoce como distorsión de señalización que tiene un valor de  $\pm 2 \text{ ms}$ . En la figura 2.8 se observa que el cambio de estado de la señal de línea ocurre justamente después de que se

ha dado el muestreo de ella y, en el caso de este ejemplo, el estado 0 durará aproximadamente 2 ms. más de lo que realmente dura y el estado 1, será 2 ms. más corto.



Figura 2.8  
Distorsión de señalización.

La recomendación G.732 de CCITT establece que los bits b y d de la semipalabra de señalización deben ser puestos a 1 si no se usan y el bit c a 0 en el mismo caso. Por otra parte, recomienda también que la combinación 0000 no sea utilizada en la semipalabra de señalización, puesto que sería interpretada como sincronización de multitransmisión.

Por ejemplo, si se utiliza señalización e<sub>am</sub>, entonces será necesario el uso de un solo canal de señalización en cada dirección de transmisión, por cada canal de habla, y la estructura de la semipalabra de señalización para un canal de habla será:

$x_i(t)$ , donde  $x$  depende del estado del hilo  $m$  del lado correspondiente, al momento del muestreo. Cuando el hilo  $m$  tiene un voltaje inferior a  $-1.51$  V. el canal  $a$  es fijado a 0 lógico y cuando es superior a  $1.71$  V. es fijado a 1 lógico.

La conversión de las señales eléctricas de señalización de unipolares a bipolares se hace en el interfaz T o interfaz de  $64$  Kb/s. Esta unidad se conecta con el equipo de multiplexación por medio de 4 pares, dos de los cuales se utilizan para transmitir la señalización multiplexada en el tiempo, un par en la dirección del equipo de señalización al MUX y otro en la dirección opuesta. Los dos pares restantes se emplean para enviar la señal de temporización desde el MUX al equipo de señalización. Esta señal tiene una velocidad de  $64$  Kb/s. y su forma es la de una señal AMI, es decir bipolar y RTZ. La forma de identificar la frecuencia de  $8$  Kb/s., es decir la frecuencia de muestreo de cada canal de señalización, a partir de esta señal, es un pulso de violación positivo o negativo, el cual llega cada 8 bits y es este el momento que indica el inicio de un nuevo período para la señal de  $8$  Khz.

#### 2.4 Adaptación a la línea.-

Los equipos que adaptan la señales MIC al medio de transmisión, se denominan terminales de línea y dependen del tipo de medio que se utilice. Las señales transmitidas por este medio, están sujetas a atenuación, por lo tanto se hace necesario el uso de repetidores o regeneradores los cuales se colocan a intervalos regulares, que también dependen de las características de atenuación del medio empleado.

Si este medio está constituido por pares físicos, entonces las causas de perturbación en la señal son varias, especialmente si se considera que los pares telefónicos han sido diseñados para la transmisión de voz, es decir, para operar a frecuencias relativamente bajas, de unos cuantos Khz. Sin embargo, el sistema de transmisión digital de menor orden opera a 2048 Khz., es decir que tiene su potencia máxima alrededor de 1 Mhz. Debe considerarse también, la influencia ejercida por otros pares MIC cercanos a uno en particular, esto es, la diafonía entre pares. Existe dos tipos de diafonía. La paradiafonía o NEXT, por su nombre "Near End Cross Talk" o

diafonía de los extremos cercanos, esta diafonía es la que origina la mayor perturbación en la línea puesto que se da en los pares que transmiten información en direcciones opuestas, es decir que, en cada uno de los extremos, la señal de transmisión tiene su nivel máximo ya que no ha sido atenuada por la línea mientras que la de recepción, en el mismo lado, tiene su nivel más bajo debido a la atenuación. Y la telediafonía o FEXT, por su nombre "Far End Cross Talk" o diafonía de extremos lejanos, se da en pares de transmisión en la misma dirección, los cuales portan señales de niveles similares que se atenúan uniformemente a lo largo de la línea, motivo por el cual, la influencia de un par sobre el otro no será tan significativa como en el caso de la paradiafonía.

Otro fenómeno que se presenta en la transmisión de señales digitales, o pulsos, utilizando pares físicos es la interferencia entre símbolos que se da por el ensanchamiento de los pulsos debido a la limitación de banda de la línea. Así también se tiene la presencia de otras causas de perturbación, como condiciones climáticas o la presencia de redes eléctricas cerca de los pares de transmisión.

A continuación se analizan distintos medios de transmisión y sus características.

a. Cable de pares simétricos.-

Este medio permite la conexión de sistemas de 2 Mbits/s. Se puede utilizar la red existente en la transmisión digital. Con repetidores aproximadamente cada 2 Km. y una atenuación de 30 db.

b.- Cable de pares blindados.-

Con este tipo de cable, se logra transmitir señales digitales de 8 Mbits/s. tiene una atenuación de  $7.9 \pm 0.5$  db/Km. La telediafonía es mayor a 125 db para una distancia de 0.3 Km. a una frecuencia de 5 Mhz. y la paradiafonía es superior a 35 db para 4 Km. a una frecuencia de 5 Mhz. El espaciamiento entre repetidores es de 4 Km.

c.- Cable microcoaxial.-

Se alcanza una velocidad de transmisión de 34 Mbits/s. con una atenuación de  $8.9 \pm 0.4$  db/Km. y telediafonía superior a 135 db a una distancia de

0.5 Km. con una frecuencia de 20 Mhz. La distancia entre repetidores es de 2 Km.

d.- Cable coaxial.

Es del mismo tipo que el utilizado para la transmisión FDM y puede llevar información a 140 Mbits/s. con una atenuación de  $5.3 \pm 0.15$  db para 1 Mhz.

e.- Radio enlace.-

Este medio de transmisión es efectivo para zonas rurales o para zonas urbanas de alta densidad telefónica; el mismo que pudiera ser utilizado en la red telefónica de Guayaquil, puesto que ofrece muchas ventajas económicas a largo plazo. Existe en el mercado diversos sistemas de radioenlace por microondas que se pueden aplicar. Un caso de ellos es el radio digital que opera, según la norma CCITT 497, a una frecuencia entre 12.75 y 13.25 Ghz. con una estabilidad de  $\pm 1$  Mhz. y permite la transmisión digital a razón de 2 y 8 Mbits/s. Otra ventaja del radio digital es la dimensión que tiene. Se pueden encontrar sistemas en el mercado, los cuales no sobrepasan los 70 cm en ninguna de sus dimen-

siones y además operan con antenas de 60 cm. de diámetro.

#### f. Fibra óptica.-

Por último, otro medio del que se dispone y que es el utilizado actualmente es la red telefónica de Guayaquil para el enlace digital entre las centrales telefónicas, es la fibra óptica.

Este medio de transmisión se fundamenta en las propiedades de reflexión y refracción de la luz, la cual, en el vacío, tiene una velocidad de 300.000 Km/s. Cuando la luz viaja a través de un medio sólido o líquido transparente, su velocidad se ve afectada por un coeficiente que se denomina índice de refracción y depende del medio por el cual la luz se desplaza, aunque también depende de otras condiciones, tales como la temperatura y la longitud de onda de la luz.

$$C_0 = n.V,$$

donde  $C_0$  es la velocidad de la luz en el vacío,  $n$  es el índice de refracción del medio por el cual la

luz se desplaza y  $V$  es la velocidad de la luz en dicho medio.

Sólo una parte de la luz que incide sobre una superficie que limita dos medios transparentes con diferentes índices de refracción,  $n_1$  y  $n_2$ , puede continuar su desplazamiento en este segundo medio, ésta corresponde a la porción refractada de la luz. Una parte de la luz incidente, se refleja y, por lo tanto, continuará viajando en ese mismo medio.

Si la luz se desplaza por el medio de índice  $n_1$  e incide dicha superficie con un ángulo  $i$ , o ángulo de incidencia, con respecto a la normal a dicha superficie, entonces el ángulo de reflexión será igual al de incidencia y el de refracción,  $r$ , está dado según la ley de Snell por la siguiente ecuación:

$$n_1 \text{ Sen}(i) = n_2 \text{ Sen}(r)$$

De la ecuación anterior se desprende que si  $n_1 > n_2$  y si el ángulo de incidencia se incrementa lo suficiente, llegará un momento en que el ángulo de refracción es 90 grados. Si la luz se hace incidir

con un ángulo superior, entonces se obtiene la reflexión total de la luz incidente.

Este es el principio en el que se fundamenta la transmisión óptica de información. Se trata de hacer incidir un rayo de luz que pasa desde un medio con índice de refracción unitario, el aire, hacia un medio con índice de refracción mayor que uno, la fibra óptica, con un ángulo de incidencia tal que la porción refractada de la luz incidente, al tocar la superficie de la fibra produzca el fenómeno de reflexión total, tal como se observa en la figura 2.9.

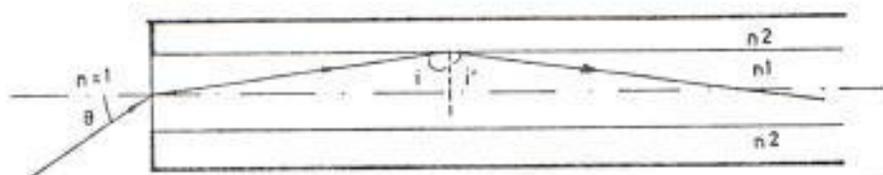


Figura 2.9  
Reflexión/refracción en la Fibra

Es fácil deducir que si el ángulo de entrada de la luz en la fibra crece demasiado, entonces no se producirá la reflexión total. Al seno del máximo ángulo de entrada de la luz en la fibra se denomina

Apertura Numérica, AN.

De lo visto hasta ahora, se puede concluir, también, que para lograr que la luz se desplace por la fibra, se necesita de un cambio de índice de refracción. En el caso de la figura 2.9 se tiene un cambio brusco del índice de refracción entre el núcleo de la misma, de vidrio o cuarzo con índice  $n_1$ , hacia el revestimiento, de cuarzo o plástico con índice  $n_2$ .

Se puede demostrar que si  $n_2 > 1$  y que si  $n_1$  es ligeramente superior a  $n_2$ , entonces la apertura numérica está dada por:

$$AN \approx n_1 \cdot \sin \theta \approx \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{donde } \theta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \ll 1$$

En general, la apertura numérica está dada por:

$$AN = \sin \alpha = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

De acuerdo a la forma como varía el índice de refracción, las fibras se dividen en 2 clases:

Fibras con cambio de índice abrupto y  
Fibras con cambio de índice gradual.

En la primera clase de fibras, la diferencia de los índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento se produce de una forma brusca, tal como se aprecia en la figura 2.9. Dentro de este grupo se encuentran dos tipos de fibra: fibras de índice escalonado del tipo multimodo y fibras del tipo de modo único. La diferencia entre ellas, esencialmente, es el número de modos que se pueden propagar. Existen, por supuesto, otras diferencias que derivan de este hecho, un caso es por ejemplo, la dispersión modal que no existe en las fibras de tipo modo único, en las que se propaga únicamente un modo.

En las fibras de índice gradual, el índice de refracción va decreciendo constantemente desde el centro del núcleo hacia la superficie de tal forma que la luz sigue trayectorias curvas, la diferencia en la longitud del recorrido se compensa por el hecho de que la velocidad de la misma es mayor en las trayectorias externas que en las internas. Esta clase de fibras son únicamente del tipo multimodo.

do.

Las dimensiones típicas para estos tipos de fibra son:

Para fibras de índice escalonado, el diámetro del núcleo es de 100  $\mu\text{m}$  y el del revestimiento de 140  $\mu\text{m}$ . Tienen un bajo ancho de banda, que es la principal desventaja, y una apertura numérica típica entre 0.2 y 0.5.

Para fibras de índice gradual, el diámetro del núcleo es de 50  $\mu\text{m}$  y el del revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . Apertura numérica típica es de 0.2.

Para fibras del tipo monomodo, se tienen diámetros entre 5 y 12  $\mu\text{m}$  para el núcleo, y 125  $\mu\text{m}$  para el revestimiento.

Al revestimiento de la fibra le sigue un recubrimiento primario, de dimensiones muy cercanas a la del revestimiento. Este conjunto descansa libremente dentro de un recubrimiento secundario de diámetro aproximado a 1 mm que se encuentra recubierto por una cubierta protectora que le da al elemento

un diámetro total aproximadamente de 2.5 mm. Los cables de fibra se componen por uno o más de estos elementos. En la red de Guayaquil actualmente se utilizan cables formados por 6 o 12 fibras.

Los grandes avances en el diseño de sistemas ópticos y las propiedades de la fibra óptica, su actual desarrollo y su uso en la red telefónica de Guayaquil, hacen de ella el medio más efectivo para satisfacer las necesidades telefónicas y desarrollar un nuevo concepto de planta externa en esta ciudad.

A continuación se mencionan las propiedades más importantes de la fibra óptica y los beneficios que de ellas se derivan:

-Bajas pérdidas.

En la actualidad las pérdidas alcanzan niveles muy bajos, del orden de los 0.2 db/km., nivel que puede compararse con los otros medios de transmisión descritos en esta sección.

La ventaja que se deriva de este hecho, es que se reduce el número de repetidores que se necesitan a

lo largo de la línea. Un caso concreto es el hecho de que a la presente fecha, en esta ciudad se utiliza únicamente un repetidor para un enlace de 140 Mb/s, mientras que para los enlaces de 34 Mb/s no se utiliza ningún repetidor, aún cuando tal como se mencionó anteriormente, todo el sistema de transmisión que se conecta a las centrales digitales es por medio de fibra óptica.

-Gran ancho de banda.

El ancho de banda de la fibra óptica actualmente es del orden de los 100 Ghz.Km valor que, si se compara con el de un sistema de cable coaxial o radio enlace del orden de los 100 Mhz.Km., permite la transmisión de una gran cantidad de información, lo que se traduce en una alta capacidad de canales.

-Inmunidad a las perturbaciones externas.

La transmisión por medio de la fibra es inmune a todo tipo de radiaciones externas y, por lo tanto, puede adaptarse a cualquier medio electromagnético que la rodee. Por ejemplo, no constituye ningún problema el tender la fibra muy cerca o incluso dentro de cables de alta

tensión.

-No es fuente de interferencia.

Esta propiedad hace que sea posible tender fibra óptica en zonas donde se tienen equipos muy sensibles a las perturbaciones externas.

-Reducido volumen y peso.

El peso típico para un kilómetro de fibra de un elemento es de 12 Kg. mientras que para la misma distancia de cable coaxial, el peso varía entre 350 y 1100 Kg. Esta propiedad hace que el manejo e instalación de la fibra sea mucho más fácil y barato, además de que se puede utilizar la canalización existente.

#### 2.4.1 Terminal de línea.-

Tal como se puede entender, el tipo de terminal de línea que se utiliza en la red digital depende del tipo de medio que se utiliza para la transmisión y su objetivo es la adaptación del equipo de multiplex y la línea.

En el caso de la utilización de pares físicos como medio de transmisión, entonces el terminal de línea debe acoplar la impedancia de 75 ohms que se tiene en el lado del interfaz D1, DDF, al del par de cobre que generalmente es de 120 ohms.

En el caso de que el medio de transmisión sea fibra óptica, entonces su función será la de generar y acoplar la luz que se transmite a lo largo de la fibra.

Otra de las funciones del terminal de línea es la de proporcionar alimentación a los equipos regeneradores colocados a lo largo de la línea y regenerar la señal en la dirección de recepción, así como también detectar y dar la indicación de alarma en el caso de fallo.

A continuación se tienen datos técnicos del Terminal de línea del sistema ZAD 2-7 de la marca Ericsson para la adaptación a pares de cobre:

Parámetros de transmisión:

Velocidad interfaz D1	2048 Kbits/s.
Velocidad interfaz S1	2048 Kbauds
Código	HDB3
Impedancia	
D1	75 Ohms desb. o 120 Ohms bal.
S1	120 ohms bal.
Amplitud del pulso.	
D1	2.37 o 3.0 V
S1	3.0 v
Medio de transmisión	Dos pares.

Alimentación:

Equipo con fuente incorporada	55 V dc / 4 W
Corriente de alimentación	48 mA

Condiciones de funcionamiento:

Temperatura ambiental	de 0 a 45 °C
Humedad	Hasta 90%

Dimensiones:

Equipo de línea de

2 o 4 sistemas	244x122x220 mm
10 o 20 sistemas	244x488x220 mm

Cuando el medio de transmisión utilizado es la fibra óptica, entonces se utilizan terminales de línea ópticos, su función es similar a la del equipo utilizado en la transmisión por pares de cobre, pero en este caso es necesario convertir los pulsos eléctricos que se reciben en el terminal de línea desde el interfaz eléctrico digital, denominado en este caso D3, que tiene una impedancia de 75 Ohms, coaxial, una velocidad de 34 Mb/s, equivalente a 16 sistemas, con codificación HDB3 a señales luminosas generadas por un transmisor LED o LASER con codificación 5B6B, en cuyo caso la velocidad real en la fibra es superior a la velocidad del flujo de bits recibido a la entrada del terminal, la cual está afectada, dado esta codificación, por un factor de 6/5. En la dirección de recepción debe aplicarse el proceso inverso.

El equipo descrito anteriormente es un terminal de línea óptico de 34 Mbits/s. Igual principio se

aplica en el caso de un terminal de línea óptico de 140 Mbits/s, en cuyo caso el interfaz eléctrico se denomina D4 cuyas características son: flujo de información a 140 Mbits/s codificados de acuerdo a CMI con una impedancia de 75 Ohms y una amplitud de pulso de 1 V.

Los siguientes datos técnicos corresponden al equipo ZAM 34-2 de la marca Ericsson:

Interfaz eléctrica D3:

Velocidad	34,3680 Mbits/s
Código	HDB3
Impedancia	75 Ohms
Amplitud de Pulso	$\pm 1$ V

Interface óptica F3:

Velocidad	41,2416 Mbauds
Código	5B6B
Diámetro del núcleo F/0	
Transmisor	50 $\mu$ m
Receptor	100 $\mu$ m
Apertura numérica	
Transmisor	0,20
Receptor	0,25



Potencia consumida:	45 W
Condiciones ambientales:	
Temperatura	0 a 45 °C
Humedad	máx 90%
Dimensiones:	244x244x200 mm

Una ventaja implícita, la cual ya fue mencionada, es que la distancia entre repetidores para el caso de la transmisión por fibra óptica, es relativamente grande, por ejemplo, el equipo de 34 Mbits/s, descrito en esta sección, necesita regeneradores con un espaciamiento de 13 Km. El equipo ZAM 140-1 de la marca Ericsson, requiere de repetidores con espaciamiento de 10 Km. Este equipo utiliza como medio de transmisión fibra con índice gradual y opera a una velocidad de 140 Mbits/s. Mientras que el equipo ZAM 140-2, fabricado por la misma compañía, que opera a la misma velocidad de transmisión que el anterior equipo pero que utiliza como medio de transmisión fibra óptica del tipo modo único, requiere de repetidores a intervalos de 30 Km. Propiedad que es de gran importancia si se considera la alternativa del uso de fibra óptica como

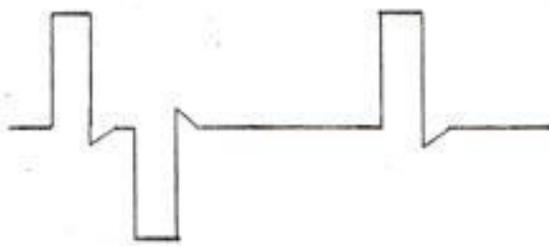
medio de transmisión en el rediseño de la planta externa de la ciudad.

#### 2.4.2 Regeneradores.-

Al igual que para el caso de los terminales de línea; los regeneradores que se utilizan en la red telefónica dependen también del medio de transmisión utilizado.

La función más importante de estos equipos es la de regenerar la señal que ha sufrido atenuación y distorsión a lo largo de la línea.

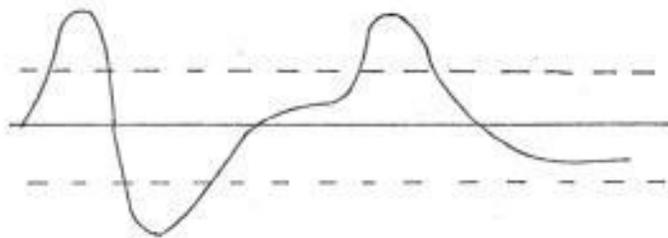
La figura 2.10.a muestra la señal eléctrica que se transmite desde el terminal de línea a lo largo de un par de hilos de cobre. La figura 2.10.b muestra la señal después de haber recorrido cierta trayectoria antes de pasar por el regenerador. Esta señal ha sufrido la atenuación debida al medio y la distorsión debida al ruido e interferencia externos, la misma que para poder ser utilizada debe ser ecualizada y amplificada, tal como se observa en la figura 2.10.c.



a. Señal a la salida del terminal de línea.



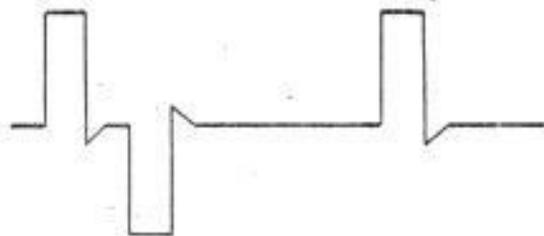
b. Señal a la entrada del regenerador.



c. Señal ecualizada y amplificada.



d. Señal de reloj.



e. Señal a la salida del regenerador.

Figura 2.10  
Señal en el repetidor

Pero otra función del regenerador es la de recuperar la frecuencia del reloj a partir de la señal recibida. Dicha frecuencia es la que permite determinar el momento en el que los circuitos de decisión deben ser activados, de tal forma que el regenerador conozca el momento exacto en el que debe muestrear la señal recibida y decidir si el bit recibido es cero o uno.

De lo estudiado en la sección 2.2 y si se revisa la figura 2.3, se entiende que si se hace pasar la señal eléctrica recibida por un circuito tanque, cuando se utiliza pares de cobre para la transmisión digital, entonces se puede recuperar la señal de reloj, puesto que, como debe recordarse, los pulsos NRZ, cuya componente a la frecuencia del reloj es cero, son previamente codificados de acuerdo a AMI u otro código similar, lo que implica la presencia de una componente para la frecuencia del reloj.

Nótese, de acuerdo a la figura 2.10.d, que esta señal, así regenerada, proporciona la frecuencia del reloj, lo que permite reconstruir la señal original para poder ser retransmitida hacia la

siguiente etapa que puede ser otro regenerador o el lado de recepción de un terminal de línea, figura 2.10.e.

Otra función que cumple el regenerador es la de proporcionar información de alarmas las mismas que pueden ser visuales, por medio de leds o impresas, por medio de un sistema de mantenimiento centralizado como el utilizado actualmente en la red de Guayaquil.

Como dato técnico, el repetidor del sistema ZAM 34-2 de la marca Ericsson, el cual opera a 34 Mbits/s tiene las siguientes dimensiones: 244x244x220 mm con un consumo de potencia típico de 16 W en el caso del uso de LASER como transmisor, o de 11 W en el caso del uso de LED.

Existen otros equipos necesarios como la caja de conexión de las fibras, que se utiliza para conectar los extremos de las mismas, para ser distribuidas hacia los diferentes sistemas, con capacidad de conexión de uno o dos cables y hasta 12 fibras además de 8 pares metálicos los mismos que pueden ser utilizados como enlaces telefónicos directos o

para la transmisión de datos como en el caso de mantenimiento centralizado para la conexión de los modems que interconectan las centrales digitales con el equipo de mantenimiento, sus dimensiones son: 244x179x211 mm, para el mismo sistema Ericsson descrito hasta ahora.

Todas las dimensiones especificadas en esta sección corresponden a altitud, ancho y profundidad.

#### 2.4.3 Alimentación de los equipos.-

Los equipos implicados en la transmisión y conmutación digital pueden ser alimentados, de acuerdo a los distintos fabricantes, de diversos métodos, por ejemplo, se tiene la alimentación de equipos utilizando rectificadores, los cuales se conectan a la línea de 110 o 220 V y a un conjunto de baterías que entran a funcionar en caso de falla de potencia. Pero en este estudio se va a aprovechar la infraestructura existente, la cual provee de alimentación DC a las centrales digitales instaladas en Guayaquil. De esta manera, no es necesario hacer una mayor inversión económica en equipos de alimentación, puesto que, al menos del lado de la cen-

tral, la alimentación puede obtenerse de los equipos ya instalados.

En el caso del uso de pares de cobre para la transmisión, la alimentación de los regeneradores se hace por medio de una fuente de corriente continua incorporada en el terminal de línea, aprovechando los mismos pares que se utilizan para la transmisión digital. De tal forma que el par que se usa para la transmisión se conecta a uno de los terminales de dicha fuente y el de recepción al otro terminal, tal como se muestra en la figura 2.11. El último regenerador en ser alimentado cierra el circuito para el paso de la corriente conectando el transformador del lado de recepción al de transmisión, tal como se aprecia en la misma figura. El voltaje de alimentación del regenerador se obtiene de la caída de voltaje en un diodo zener conectado en serie con la línea y en paralelo con el regenerador. Con este método se puede alimentar entre cinco y diez regeneradores y si las distancias implicadas requieren el uso de un número mayor de ellos, entonces se puede suministrar energía desde ambos extremos de la línea, esto es desde cada uno de los terminales de línea.

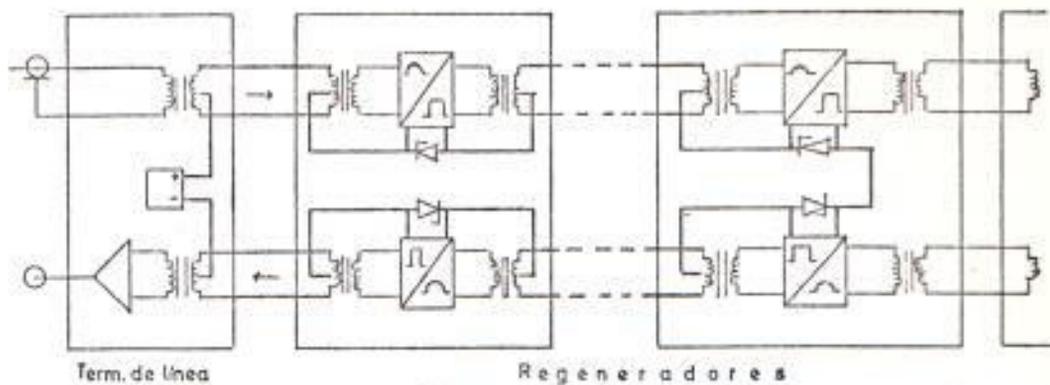


Figura 2.11  
Regenerador

En el caso del uso de regeneradores para fibra óptica, estos pueden ser alimentados por medio de pares independientes pero, dado el caso de la aplicación aquí estudiada, esto no será necesario.

2.5 Equipos de multiplexación.-

Así como en otros tipos de sistemas de transmisión, como en el caso de la modulación FDM, no sería posible la transmisión exitosa de la información digital MIC por medios tales como la fibra óptica, si no se realizara primero una modulación de la banda base, que en este caso es una trama compuesta por 256 bits que constituyen 32 intervalos de tiempo de 8 bits cada uno.

Esta modulación de la banda base consiste en la multiplexación por división de tiempo, TDM, de los

diferentes sistemas de 30 canales cada uno, que se agrupan en cierta forma para dar lugar a una nueva trama de mayor jerarquía.

Dicha modulación la realiza el equipo de multiplexación, conocido como MUX. De acuerdo a los sistemas que multiplexan, estos equipos se agrupan dentro de sistemas de cierto orden. Por ejemplo un sistema de primer orden agrupa 32 intervalos de tiempo, correspondientes a 30 canales de voz. Este se conoce como sistema de 2 Mbits por cuanto su velocidad de transmisión es de 2048 Kbits/s.

Un sistema de segundo orden agrupa 4 sistemas de 2 Mbits y se denomina MUX 2x8 porque multiplexa 4 sistemas de 2048 Kb/s y su velocidad de salida nominal es de 8448 Kb/s, es decir que su salida es un sistema de 8 Mbits con una capacidad de 120 canales.

Un sistema de tercer orden se conoce como MUX 8x34 porque multiplexa 4 sistemas de 8 Mbits en uno de 34 Mbits, con una velocidad nominal de 34368 Kbits/s y una capacidad de 480 canales.

Por último, un sistema de cuarto orden o MUX 34x140, el cual proporciona un sistema de 140 Mbits, multiplexa 4 sistemas de 34 Mbits en uno, cuya velocidad nominal es de 139264 Kbits/s, que tiene una capacidad de 1920 canales.

Estos son los sistemas utilizados actualmente en la red telefónica de Guayaquil. También se encuentra en operación actualmente en Estados Unidos y Europa, el sistema de quinto orden de 565 Mbits.

El medio de transmisión puede ser pares de cobre, cable de pares especiales, distintos tipos de cable coaxial, radioenlace o fibra óptica, dependiendo del sistema en cuestión. Mayor información se puede obtener en la sección 2.4.

Cada uno de los flujos que alimentan a un MUX, se denomina tributario. Los equipos descritos hasta ahora en esta sección constan de 4 tributarios cada uno, pero existen otros equipos que tienen un mayor número de ellos, como el MUX 2x34 que tiene 16 tributarios de 2048 Kbits/s cada uno y proporciona un sistema de tercer orden de 34 Mbits.

La forma de modulación consiste en la extracción de un bit de cada uno de los flujos de primer orden, de esta forma se tiene una palabra de 4 bits que en el lado de recepción se demultiplexa dando lugar al primer bit de cada uno de los flujos primarios en la dirección de recepción. Luego se toma el siguiente bit de cada uno de los flujos entrantes y se forma una nueva palabra de 4 bits que en el lado de recepción constituye el segundo bit de cada uno de los flujos salientes y así sucesivamente, esto para el caso de un sistema de segundo orden.

De esta forma se construye una nueva trama, de segundo orden, cuya estructura es diferente a la estudiada en la sección 1.5, y no debe confundirse con ella. De acuerdo a las regulaciones del CCITT, esta trama debe corresponder a una velocidad de operación de 8448 Kbits/s. y su estructura es como se muestra en el cuadro 2.7.

Debido al hecho de que los flujos de información recibidos en los tributarios son asincrónicos, esto significa que los ritmos de reloj no son idénticos para cada uno de estos flujos sino que cada uno opera con un oscilador de precisión limitada, se

hace necesaria la introducción de bits de justificación para alcanzar la sincronización entre los tributarios.

Tipo de Información	Bit Nr. en la trama	Palabra de 4 bits de información Nr.
Sincr. de trama. (1111010000)	1- 10	-
Indicación de alarma.	11- 12	-
Inform. desde tributarios.	13-212	1- 50
Justificación Cj1	213-216	-
Inform. desde tributarios.	217-424	51-102
Justificación Cj2	425-428	-
Inform. desde tributarios.	429-636	103-154
Justificación Cj3	637-640	-
Inform. desde tributarios disponible para justificación	641-644	155
Inform. desde tributarios.	645-848	156-206
Longitud de la trama		848 bits
Bits por tributario		206 bits

Cuadro 2.7  
Estructura de la trama de segundo orden.

Este proceso consiste en el uso de una memoria que actúa como buffer de la información recibida en cada tributario, de tal forma que la lectura es más rápida que la escritura en dicha memoria. Los bits se leen a una velocidad de 2112 Kbits/s, lo que proporciona una salida de 8448 Kbits/s. La velocidad nominal del flujo en cada tributario de primer orden es de 2048 Kbits/s, pero esta velocidad puede variar dentro de ciertos límites, lo que podría originar la saturación de la memoria, ya que la lectura se realiza a una velocidad constante.

Por este motivo se introducen los bits de justificación, en la palabra Nr. 155, véase el cuadro 2.7, esta palabra consta de 4 bits y cada uno puede llevar información recibida desde cada uno de los tributarios o no, dependiendo de la cantidad de información almacenada en la memoria buffer entre dos lecturas consecutivas. Por lo tanto cuando el flujo en alguno de los tributarios es superior a la velocidad mínima, entonces el bit de justificación correspondiente a dicho tributario en la palabra 155, algunas ocasiones llevará información recibida desde dicho tributario, en cuyo caso el bit correspondiente a dicho tributario, en cada una de las

palabras de control de justificación Cj1, Cj2 y Cj3, se fija en uno.

Si el bit de justificación de la palabra 155, correspondiente a un tributario, no lleva información de dicho tributario, entonces su bit correspondiente en Cj1, Cj2 y Cj3 se fija en cero. Esto permite que el lado receptor pueda, por decisión mayoritaria, establecer si el bit recibido en la palabra 155, trae información del tributario en cuestión.

La decisión mayoritaria se efectúa a partir de los tres bits correspondientes a un mismo tributario en Cj1, Cj2 y Cj3, si 2 de estos 3 bits son uno, se toma en cuenta el bit correspondiente de la palabra 155 en caso contrario no. La ventaja de utilizar el sistema de decisión mayoritaria es que una falla aislada de bit no generará una decisión errónea.

Se puede calcular que la máxima velocidad del flujo en cada tributario permitida es 2052.2 Kbits/s y que la mínima es 2042.2 Kbits/s, en este caso. Nótese, también, que la velocidad de salida es superior a cuatro veces la velocidad de entrada

nominal,  $2048 \text{ Kbits/s} \times 4 = 8192$ , sin embargo la velocidad nominal de un sistema de segundo orden es de  $8448 \text{ Kbits/s}$ , esto se debe a la introducción de los bits de control de justificación que se acaban de analizar Cj1, Cj2 y Cj3 y a la introducción de la palabra de alineación de trama y de los bits de alarma.

Recuérdese que aquí se ha hecho el análisis de un sistema de segundo orden. Similares principios aplican a sistemas de orden superior.

En el cuadro 2.8 se tiene la estructura de la trama de tercer orden para un sistema  $2 \times 34$ . Se puede calcular que la velocidad máxima de justificación es de  $22,3750 \text{ Kbits/s}$  por cada tributario y que la relación de la velocidad de justificación para la velocidad nominal en cada tributario ( $2048 \text{ Kbits/s}$ ), con respecto a la velocidad de justificación máxima es de  $0,469$ :

$$\frac{V_j(\text{MAX}) - V_j(\text{NOM})}{V_j(\text{MAX})} = 0.469$$

Tipo de Información	Bit Nr. en la trama
	CONJUNTO I
Sincr. de trama. (1111010000)	1- 10
Indicación de alarma.	11
Bit reservado uso nacional.	12
Bits reserva.	13- 16
Inform. desde tributarios.	17-384
	CONJUNTO II
Justificación Cj1	1- 16
Inform. desde tributarios.	17-384
	CONJUNTO III
Justificación Cj2	1- 16
Inform. desde tributarios.	17-384
	CONJUNTO IV
Justificación Cj3	1- 16
Inform. desde tributarios disponible para justificación.	17-32
Inform. desde tributarios.	33-384
<hr/>	
Longitud de la trama	1536 bits
Bits por tributario	92 bits

Cuadro 2.8  
Estructura de la trama de tercer orden.

CCITT ha establecido la estructura que deben tener las tramas para los sistemas de distintos órdenes, las mismas que se resumen en las normas G.741 a G.746, para sistemas de segundo orden, y G.751 y G.752 para sistemas de orden superior.

Los interfaces digitales están dados según la regulación G.703 del CCITT la cual establece los distintos tipos de modulación empleados, de acuerdo al orden del sistema, los cuales pueden ser CMI, HDB3, AMI, etc., tal como se estudió en la sección 2.2.

## CAPITULO TERCERO

### DISEÑO DEL SISTEMA

#### 3.1 Estructura actual de la red telefónica de Guayaquil.-

Hasta el año de 1986, la red telefónica de Guayaquil estaba constituida por centrales del tipo analógico, únicamente. A partir de ese año entró en funcionamiento la primera central local, AXE-10, del tipo digital y desde entonces se han instalado nuevas centrales de este tipo, incluyendo una central de tránsito, que reemplazó a la anterior central ARM y un sistema de operadoras digital que está directamente conectado a la central de tránsito.

Otro de los grandes avances en la telefonía, fue la instalación del sistema de mantenimiento centralizado, AOM, el cual permite la supervisión, administración, operación y mantenimiento de todas las centrales digitales desde un solo centro de operaciones, COMAG. Con este sistema centralizado tam-

bién se da mantenimiento a los equipos de transmisión y con él se tiene una descripción visual del estado de cada una de las centrales digitales de la ciudad, así como también de los enlaces MIC, por medio de monitores los cuales permiten la detección inmediata de cualquier estado de falla en el sistema y de la recuperación del mismo. Adicionalmente a esta información visual, se tiene una impresión de todas las alarmas que se generan en el sistema y se almacena información acerca de todos los sucesos ocurridos en un determinado tiempo.

En lo concerniente a la recolección de datos estadísticos, éstos se hacen ahora en forma automática, lo cual facilita la planificación de las ampliaciones futuras.

En la actualidad, la estructura de la red telefónica de la ciudad, de acuerdo a la jerarquía de las centrales, es la siguiente:

a) Central de tránsito.

Es una central digital AXE-10. Esta, al igual que todas las centrales digitales instaladas en Guaya-

quil, tiene la propiedad de ser modular, esto implica que cualquier ampliación que se requiera para la misma, se puede realizar en módulos, sean éstos de software, hardware o ambos, lo cual representa una doble ventaja operacional, ya que facilita y agiliza la expansión o cambio funcional de la central.

Este tipo de centrales SPC o centrales de programa almacenado, de la marca ERICSSON, está constituido por unidades funcionales las cuales, a su vez, están formadas por la combinación de software central, software regional o hardware, ya sea cualquiera de estos elementos o todos ellos. Estas unidades funcionales se agrupan en dos grandes sistemas que se denominan APZ y APT. APZ es la parte de control de la central y APT constituye la parte de conmutación de la misma.

Estos dos sistemas se dividen en subsistemas, cada uno de los cuales reúne varias unidades funcionales destinadas a realizar una función específica. Por ejemplo, todas las unidades funcionales que colaboran en el trabajo de administración, operación y control de los equipos de entrada/salida se agrupan

en el subsistema IOS, Input/Output Subsystem o subsistema de entrada/salida.

Otra ventaja que presenta esta arquitectura modular, es que todas las centrales son similares unas a otras y el procesador central de las mismas, CPU, puede ser utilizado indistintamente sin importar el tipo de tráfico que se vaya a conmutar, es decir que no importa si la central es del tipo Tránsito, Tándem o Local, Mobil, e incluso, en futuras aplicaciones, como ISDN o red de conmutación de datos integrada, dependiendo de la selección adecuada de unidades funcionales. El hardware que se utiliza en la conmutación también puede ser utilizado en centrales locales, tándem o de tránsito, indistintamente, e incluso, se puede tener una central operando con diferentes aplicaciones a la vez, sin que esto represente problema alguno para el sistema.

El sistema de conmutación APT, se divide en los siguientes subsistemas:

Este es el subsistema de selección de grupo. El selector de grupo es el encargado de seleccionar la trayectoria de la información de voz, es decir de realizar la conmutación entre los sistemas MIC en la central. Para esto, el selector de grupo tiene una estructura Tiempo-Espacio-Tiempo, la cual permite la conmutación de los intervalos de tiempo entre los sistemas MIC de primer orden por medio de un módulo de selección temporal, que es el que se encarga de conmutar el intervalo de tiempo asociado al lado entrante del selector de grupo en una conversación específica (el cual se extrae de uno de los sistemas MIC que se conectan al selector de grupo por medio de enlaces digitales de primer orden, esto significa enlaces de 2048 Kb/s o 32 canales o intervalos de tiempo, cada uno de los cuales se conecta a un punto de múltiple del selector digital), hacia un módulo de selección espacial, que es el que se encarga de seleccionar y de conmutar esta información hacia el módulo de selección temporal donde se encuentra el punto de múltiple asociado al lado saliente del selector de grupo, en dicha conversación.

La central digital AXE-10, tiene una capacidad máxima de 65536 posiciones de múltiple y cada módulo de selección temporal corresponde al paso mínimo de extensión y tiene 512 puntos de múltiple.

La sincronización de la central se alcanza por medio de tres módulos de reloj, cada uno de los cuales genera una frecuencia de 24 Mhz controlada por voltaje (VCXO), y por medio de divisores de frecuencia se generan dos señales, una de 4 Mhz y una de 8 Khz. Las frecuencias de 4 Mhz se utilizan en la sincronización propiamente dicha, una de las cuales se utiliza para efectuar una comparación entre las fases de las frecuencias generadas por los tres módulos de reloj, la frecuencia de 8 Khz controla el contador de intervalos de tiempo. Además se puede tener señales externas de 8 Khz provenientes de otras centrales digitales, que se utilizan en la sincronización de los tres relojes.

Por razones de seguridad, los módulos de selección temporal y espacial están agrupados en dos planos, uno de los cuales opera como ejecutivo y el otro entra en funcionamiento cuando se detecta una falla en el primero.

## ii) TSS

TSS es el subsistema de troncal y de señalización. Incluye funciones de supervisión, de señalización y de acoplamiento de la central a los diversos sistemas de señalización y de enlaces troncales existentes en la red.

Las funciones más importantes que realiza son la del envío y recepción de las señales sobre los circuitos troncales. El manejo de la señalización sobre dichos circuitos, sea ésta de línea o de registro y el envío de mensajes grabados en el caso de que una llamada no pueda ser completada por diversos motivos o de que el abonado necesite esperar un cierto tiempo antes de que la llamada sea completada. Por último, este subsistema debe colaborar directamente con el subsistema TCS para el correcto análisis de la información recibida para la conmutación.

## iii) TCS

Este es el subsistema de control de tráfico, el cual está formado exclusivamente por software cen-

tral.

Se encarga de controlar y coordinar las principales funciones involucradas en el establecimiento de una llamada, tales como la recepción y análisis de dígitos, análisis de las clases de servicio, selección de rutas, envío de dígitos, análisis de fines de selección, supervisión de la llamada y colabora en otras funciones realizadas por otros subsistemas tales como tasación, recolección de datos estadísticos, mantenimiento y pruebas.

iv) CHS

0 subsistema de tasación. Maneja las funciones de tasación de llamada controlando la duración de la misma y almacenando en contadores situados en la memoria del CPU e individuales para cada abonado, información que puede ser extraída y procesada posteriormente para la generación de las planillas telefónicas.

La información de tasación, dependiendo de la aplicación, puede ser almacenada también en cintas magnéticas, con información detallada, por ejemplo,

además del número que origina la llamada y la clase de tarifa aplicada y su duración, se puede registrar el número al que se ha llamado, el tipo de llamada, la categoría del abonado A, la fecha de la llamada, entre otros tipos de información que se puedan considerar importantes.

v) SSS

Es el subsistema de selector de abonado. La principal función de este subsistema es la de conectar las líneas de abonados a la central. Efectúa la conversión analógico-digital de la señal de voz proveniente de cada línea y la conmutación temporal hacia los sistemas MIC que se conectan en el selector de grupo digital, provee de la alimentación de las líneas y efectúa la detección de los cambios de impedancia en las mismas. Recibe los dígitos, sean éstos decádicos o por frecuencia, marcados por los abonados. Envía las señales de tono y de timbre hacia los abonados, contiene equipos especiales tales como monederos, entre otros, y equipos de prueba y mantenimiento.

Las líneas de abonado se conectan a la central por

medio de módulos de línea, LSM, que tienen una capacidad de 128 abonados. Cada uno de estos módulos se puede conectar directamente al selector de grupo por medio de enlaces digitales o por medio de sistemas de transmisión, cuando el subsistema de abonados está situado fuera de la central en cuyo caso se denomina RSS, o etapa remota de abonados.

#### vi) SUS

El subsistema de servicios de abonados contiene funciones relacionadas a los servicios que se brindan a los abonados.

Estos servicios pueden ser entre otros:

Llamada en espera. Cuando un abonado que tiene este servicio y lo tiene activado se encuentra en conversación con otro y un tercer abonado trata de llamar, éste, en lugar de recibir señal de ocupado, recibe señal de llamada y el abonado con el servicio recibe un tono que le indica que existe una llamada en espera.

Rastreo de llamadas. Se puede realizar el rastreo

de llamadas maliciosas siempre que la central de origen tenga la capacidad de enviar el número del abonado A.

Marcación abreviada. Este servicio permite almacenar en la memoria de la central, individualmente por cada abonado que tenga este servicio, una tabla de números abreviados, uno o dos dígitos, que al ser marcados por dicho abonado, son traducidos automáticamente por la central iniciando la llamada hacia el abonado correspondiente a dicho número abreviado. Los números en esta tabla pueden ser alterados por el abonado desde su propio teléfono.

Línea caliente. Este servicio permite el inicio de la llamada desde el teléfono al cual se le ha asignado este servicio, en forma automática, hacia un abonado previamente seleccionado sin que sea necesaria la marcación de ningún dígito. El número de destino puede ser cambiado por el abonado con este servicio.

Existen otros subsistemas que forman parte del sistema APT, tales como OMS, de mantenimiento, CCS, de señalización por canal común, NMS, de adminis-

tración de la red, STS, de estadística.

El sistema de control APZ está formado por los siguientes subsistemas:

i) CPS

Es el subsistema de procesador central (CP), formado por el CPU y sus programas. El software de la central que se almacena en las memorias del CPU se denomina software central y existen tres tipos de memorias que son la memoria de programa, donde se almacenan los programas en forma de bloques reconfigurables, esto significa que la dirección absoluta en la que comienza el programa no es de importancia en la ejecución del mismo e implica que los programas son escritos en direcciones relativas lo cual facilita el diseño y corrección de los mismos, la memoria de datos que se utiliza para almacenar diversos tipos de datos que se requieran preservar durante la ejecución de un programa, por ejemplo los diferentes servicios asignados a un abonado, el número que ha sido marcado por un abonado, la posición de múltiple en el selector de grupo durante una llamada y otra cantidad innumerable de in-

formación, y la memoria de referencia que se utiliza para almacenar datos que permiten la ejecución de los programas, por ejemplo datos de direcciones bases como dirección de inicio de programa, direccionamiento de variables, etc.

Los diferentes bloques de programa se comunican entre sí por medio de señales software a nivel de procesador central y que se ejecutan con distintos niveles de prioridad. El lenguaje de programación que se utiliza se denomina PLEX, que es un programa de alto nivel. El procesador de la central está duplicado por razones de seguridad, pero en caso de falla del procesador ejecutivo se produce una conmutación automática de los procesadores sin que el tráfico se vea afectado.

## ii) RPS

Subsistema de procesadores regionales. La unidad fundamental de este sistema es el RP, o procesador regional. La principal función del procesador regional es la de ejecutar tareas sencillas pero que demandan una gran capacidad de trabajo que sobrecargaría al procesador central si fuera éste el

encargado de ejecutarlas, por ejemplo detección de cambios de estado, operación de relés y de flip-flops, mediciones de tiempo de señales, ciertas conversiones, etc.

La unidad básica de este subsistema es el EM o módulo de extensión. Un EM agrupa órganos de telefonía, por ejemplo un EM puede estar formado por 4 receptores de código que son los encargados de recibir e interpretar las señales MFC, o puede estar formado por 32 circuitos troncales o puede constituir un módulo de selección temporal, etc, un EM puede estar constituido también por otros órganos tales como dispositivos de entrada/salida, equipos de prueba, etc.

Los EM's están conectados a los RP's por medio de un BUS de EM y un EM puede estar controlado por un RP únicamente o por dos RP en pareja, en cuyo caso la carga, es decir los EM's, se reparten entre los dos RP's que forman la pareja pero en caso de falla de uno de los RP's, el otro debe estar en la capacidad de manejar el trabajo total.

Un RP puede controlar EM's destinados a cumplir una

función específica únicamente o puede también controlar EM's que realicen diferentes funciones, por ejemplo un RP puede controlar EM's con circuitos receptores de código únicamente o puede controlar EM's con circuitos transmisores y EM's con circuitos receptores de código al mismo tiempo, dependiendo de los programas almacenados en dicho RP. Al software almacenado en RP se lo denomina software regional.

El software regional puede interactuar únicamente con el software central correspondiente y la comunicación entre RP's y CP se efectúa por medio de un BUS de RP y una unidad de interface hacia los RP's con una capacidad de 4 buses cada uno de los cuales puede controlar hasta 32 RP's.

### iii) IOS

El subsistema de entrada/salida agrupa a todas las funciones relacionadas con los dispositivos I/O tales como impresoras, terminales, cintas magnéticas.

Existen otros subsistemas que, junto con los des-

critos en esta sección, colaboran con el trabajo realizado por el sistema de control APZ, tales como el subsistema de manejo de archivos, FMS, el subsistema de operadoras, OPS, el subsistema de comunicación de datos, DCS, el subsistema de mantenimiento, MAS.

La central de tránsito de Guayaquil, además de estar conectada a las centrales locales de la ciudad, tiene conexión directa con todas las centrales de la región, lo que incluye centrales en la provincia del Guayas, El Oro, Manabí, Los Ríos y está conectada a las centrales de tránsito en Quito y Cuenca que manejan el tráfico hacia el resto del País. Entre los planes de IETEL R2 se tiene la instalación de nuevas centrales de tránsito en Loja, Manta y Machala, lo cual representará en un futuro cercano, un gran avance en las telecomunicaciones del País.

#### b) Centrales Tandem.

Estas centrales manejan el tráfico originado por la congestión de circuitos troncales en las centrales locales, esta congestión se puede deber a que todos

Los circuitos mencionados se encuentren ocupados o que exista una falla en el enlace entre dos centrales y se produzca el bloqueo de dichos circuitos. En una situación como ésta, la central de origen determina que no es posible tramitar una llamada utilizando la ruta directa que existe entre esta central y la de destino, en cuyo caso elige una ruta alternativa hacia la central tándem en donde se efectúa el análisis de los dígitos recibidos y se procede a seleccionar la ruta desde esta central tándem hacia la de destino para, de esta forma, completar la llamada.

En Guayaquil existen actualmente dos centrales de este tipo, las mismas que son digitales y están sobrepuestas a las centrales locales CENTRO III y BELLAVISTA, en otras palabras estas centrales operan como locales y tándem al mismo tiempo.

c) Centrales locales.

Son centrales que originan y terminan el tráfico.

Las líneas de los abonados se encuentran conectadas a las centrales locales.

En la actualidad y por mucho tiempo más, operan en la ciudad dos tipos de centrales, las del tipo analógico y las del tipo digital.

Las centrales analógicas son:

CENTRO	I
CENTRO	II
BOYACA	I
BOYACA	II
NORTE	I
ALBORADA	I
URDESA	
LOS CEIBOS	
PORTETE	
OESTE	I
OESTE	II
SUR	I
SUR	II
GUASMO	
FEBRES CORDERO	

Las centrales digitales son:

CENTRO III

BELLAVISTA

NORTE II

DURAN

SUR III

MAPASINGUE

ALBORADA II

Todas estas centrales digitales son AXE-10 y brindan todos los servicios y características descritos en los párrafos correspondientes a la central de tránsito.

CENTRO III, además de representar una ruta alternativa a las demás centrales actuando como tándem, es el enlace entre CENTRO I Y II hacia la central de tránsito.

Todas estas centrales digitales están conectadas entre sí por medio de enlaces digitales sobre fibra óptica utilizando el sistema 7 de señalización por canal común el cual, a diferencia del sistema por canal asociado, utiliza un solo canal.

MIC, o intervalo de tiempo, para el envío de la señalización en forma de paquetes de información cuyo formato está regulado por el CCITT, y contiene una gran cantidad de información la cual se transmite entre las centrales involucradas en la conmutación permitiendo el proceso de la llamada en un intervalo muy corto de tiempo lo cual tiene como ventaja que la probabilidad de congestión en una ruta determinada es menor.

### 3.2 Objetivo del diseño.-

El diseño de la actual planta externa de la red telefónica la divide en red primaria, red secundaria y red intercentral.

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

Estas condiciones hacen que el problema deba ser atacado en una forma distinta a la que tradicionalmente se ha empleado.

Hasta ahora el crecimiento de la ciudad hacia una zona específica ha determinado que, para poder satisfacer las necesidades telefónicas en dicha zona, se tome una de las siguientes alternativas: la instalación de un cable multipar desde la central local más cercana o la instalación de una nueva central telefónica en dicha zona.

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

como lo demuestra la práctica, significan una gran cantidad de tiempo implicado y desperdicio de recursos.

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

Las siguientes secciones plantean alternativas de solución a este problema utilizando sistemas que pueden ser fácilmente acoplados a la red existente y que utilizan transmisión MIC y todas las ventajas, vistas hasta ahora, que de ella se derivan.

### 3.3 Primera alternativa.

#### Uso del multiplexor remoto de abonados.-

El multiplexor remoto de abonados, RSM, es un sistema digital, de la marca ERICSSON, diseñado para la conexión de pequeños grupos de abonados situados a grandes distancias de alguna central local.

Hasta un máximo de 30 líneas de abonado pueden ser conectadas a un RSM el cual convierte los 30 sistemas analógicos en un sistema digital de primer orden de 2048 Kb/s., posee la capacidad para el manejo de la señalización por canal asociado entre los dos extremos terminales, generador de timbre, terminales de línea, equipos de prueba y equipos especiales como monederos por ejemplo.

Cuando este equipo es conectado a una central analógica, necesita de un multiplexor central de abonados, CSM, el cual se encarga de adaptar el sistema de acuerdo al funcionamiento de la central analógica.

Cuando este equipo está conectado a una central AXE, pasa a formar parte integral de la misma, el

CSM no es necesario en este caso y la ventaja que presenta es que se puede transformar fácilmente un CSM en RSM. Bajo estas condiciones, los circuitos de línea de los LSM's de la etapa de abonados de la central, SSS, se reemplazan por multiplexores de abonados, ESM, los cuales permiten conectar hasta cuatro RSM por medio de sistemas de 2 Mbits, sistemas de primer orden. Otra aplicación de los RSM's en conexión con una central AXE es que éstos pueden conectar PABX directamente al selector de grupo digital de la central y una de las ventajas es que los abonados conectados en cualquiera de estas formas gozan de todos los servicios que la central ofrece, otra ventaja es que, por cuanto estos equipos son supervisados directamente por la central, el mantenimiento es más efectivo y además que la calidad del servicio es muy superior al brindado por largas líneas analógicas.

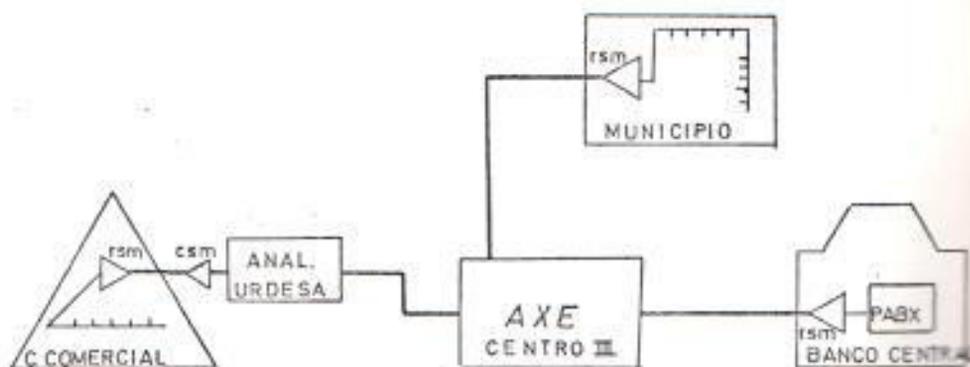


Figura 3.1  
Configuración con RSM

La figura 3.1 muestra una configuración de la red telefónica utilizando RSM's directamente conectados a la central AXE y a una central analógica.

En este caso se observa la ventaja de utilizar un sistema RSM incluso cuando los abonados, que se conectan a éste, se encuentran a distancias relativamente cortas de la central.

Este es el caso de los abonados comerciales que se encuentran situados en el casco comercial de la ciudad, donde la demanda de líneas telefónicas es muy grande la misma que no puede ser satisfecha debido a la congestión de las redes primaria y secundaria. Este problema puede ser disminuido si se reemplazan los pares utilizados en los sistemas PABX de ciertos edificios, por sistemas RSM utilizando para la transmisión ya sea cable coaxial o los mismos pares ya instalados en cuyo caso, considerando que por cada sistema de 2 Mbits correspondientes a 30 líneas se necesitan 2 pares para la transmisión MIC, por cada 30 pares que se reemplacen se obtendrán 28 pares disponibles para nuevas instalaciones desahogando, en parte, el grave problema de la falta de líneas. Otra ventaja que

ofrece esta alternativa es que, debido a la corta distancia entre los RSM's situados en el centro de la ciudad y la central CENTRO III, el uso de regeneradores es limitado si no es innecesario.

El equipo RSM está diseñado para ser situado ya sea en interiores o exteriores. En esta alternativa se sugiere que los mismos sean situados dentro de los edificios donde van a servir, en mutuo acuerdo entre los clientes y el IETEL, y que las regulaciones para las instalaciones y construcciones futuras prevean esta situación. Por otra parte, las dimensiones de este equipo son adaptables a esta recomendación.

Las siguientes son las características técnicas del RSM:

Capacidad.

Núm. de RSM por LSM en AXE	4
Núm. de abonados por RSM	30
Núm de monederos	12 (máx)

Dimensiones: ALTOxANCHOxPROF. (mm)

Equipo de 30 canales	244x488x220
Armarío para exteriores	1490x860x500

Suministro de fuerza.	
Tensión de alimentación	-48 V DC
Tolerancia	-15 " + 20 %
Rectificador	115 o 230 V AC
Tolerancia	± 15 %
Potencia consumida total	
Sin carga (0 erl)	55 W
Hora máx ocupación (0.2 erl)	70 W
Transmisión.	
Rango de Frecuencias	300-3400 Hz
Resistencia incl. teléf. (máx)	2500 Ohms
Niveles nom. para la señales:	
transmitidas	-4 dbz (mín.)
recibidas	0 dbz (máx.)
Condiciones atmosféricas.	
Instalado en interiores:	
Temperatura	0 ~ 45 °C
Humedad relativa	10 ~ 90 %
Instalado en exteriores	
Temperatura	-40 ~ 45 °C
Humedad relativa	10 ~ 100 %

### 3.4 Segunda alternativa.

#### Uso de la etapa remota de abonados.-

La etapa remota de abonados es una facilidad de las centrales AXE la cual permite la instalación de una etapa de abonados, SSS, fuera del edificio donde se encuentra la central, en este caso dicha etapa se denomina RSS.

El RSS ha sido diseñado para aplicaciones similares a las del RSM, vistas en la sección anterior y los abonados conectados a este sistema cuentan con todos los servicios y facilidades brindadas por las centrales AXE, por otra parte, el mantenimiento de una etapa remota de abonados es centralizado. El RSS está directamente supervisado por los programas de la central digital y, en efecto, forma parte integral como un subsistema de la misma.

Un RSS está formado por módulos de 128 abonados cada uno y cuenta con un sistema de selección temporal, receptores de código para los dígitos cuando se utiliza teléfonos de teclado aunque también está en la capacidad de recibir los dígitos en forma decádica, equipos de prueba, monederos y

circuitos de enlace MIC de primer orden para la conexión hacia el selector de grupo.

La interconexión entre la central local y el RSS se efectúa mediante un sistema de señalización, fundamentado en el sistema 7 de señalización por canal común, que emplea el intervalo 16 de 2 de los sistemas MIC que realizan el enlace.

Cada uno de los módulos de línea tiene la capacidad de conectar 1 sistema MIC de primer orden, pero el número de sistemas empleados depende de las condiciones de operación de la etapa remota. El número mínimo de estos sistemas MIC es dos, puesto que ellos actúan como enlaces de control.

Debido a la presencia del selector temporal, no es necesario que todos los módulos de línea posean un sistema MIC que los conecten al selector de grupo. Esto significa que los abonados conectados a un módulo que no posea enlace MIC o cuyo enlace se encuentre averiado, no pierden contacto con la central. Por otra parte, la conmutación de los abonados que se comunican dentro del mismo RSS, se realiza en el propio RSS, descongestionando, de

esta forma, los sistemas de transmisión. Pero todo el análisis necesario para el trámite de la llamada, a nivel de procesador central, lo realizan los programas de la central. En caso de falla de los enlaces de control, la etapa remota entra a operar en estado aislado, esto significa que dichos análisis son efectuados por programas almacenados en las memorias situadas en el RSS, programas regionales, y que actúan únicamente en caso de mal funcionamiento. Es lógico comprender que, bajo estas circunstancias, el único tráfico posible es dentro de la misma etapa.

A pesar de que, tradicionalmente, este sistema se utiliza en zonas a grandes distancias relativas de la central principal, en este apartado se sugiere el uso de etapas remotas de abonados para solucionar los problemas que presenta la planta externa de las zonas residenciales de la ciudad.

Los costos que representa la instalación de la red primaria y de la red secundaria son bastante altos los mismos que, combinados, representan más del 150 % del costo que representaría la instalación de esas redes y del costo adicional para la localiza-

ción remota, esto en el caso de la conexión de líneas a una central existente, a ese valor habría que combinarse el costo que representaría la instalación de una nueva central en dicha zona, en el caso de que se hubiese decidido instalar un nueva central local.

Las ventajas que representa la instalación de etapas remotas en zonas como, por ejemplo, las circundantes a la ciudadela Alborada, se derivan del hecho de tener ya instalada una central local digital, del ahorro que representa esta alternativa en lo que a red primaria se refiere, otra ventaja es que el traspaso de abonados, conectados ya, de la central local a la central remota, de la zona a la que pertenecen, significa incremento de capacidad de pares instalados y porque la calidad del servicio es superior, dado el hecho de que la central principal es digital y porque se eliminan los problemas que crean las largas líneas telefónicas.

Desde el punto de vista técnico, esta alternativa presenta mayores facilidades en la detección de fallos y mayor agilidad en la solución de los mismos, lo cual se traduce en un mejor servicio y,

además, se explota al máximo los potenciales que la tecnología digital ofrece.

La figura 3.2 representa la instalación de una nueva central en una zona cercana a una central digital, la figura 3.3 muestra la central digital con etapas remotas.

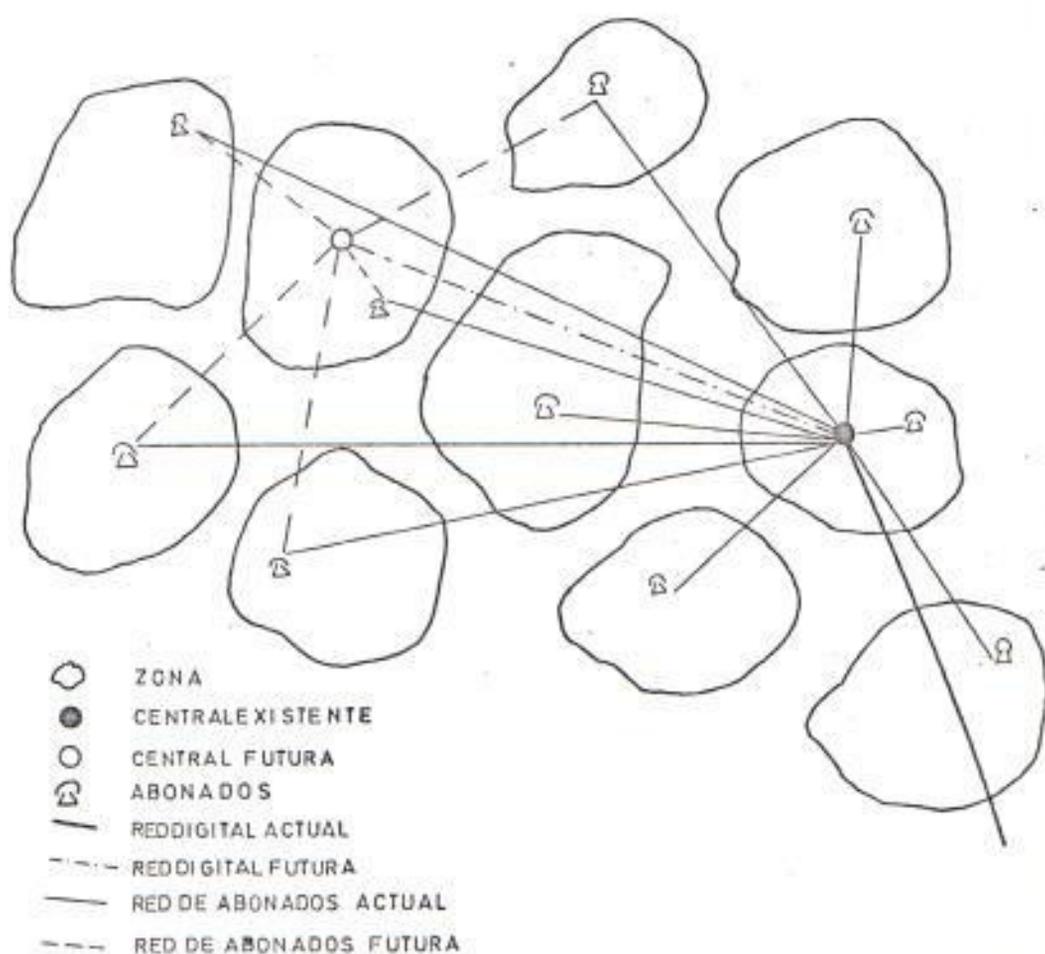


Figura 3.2  
Nueva central instalada

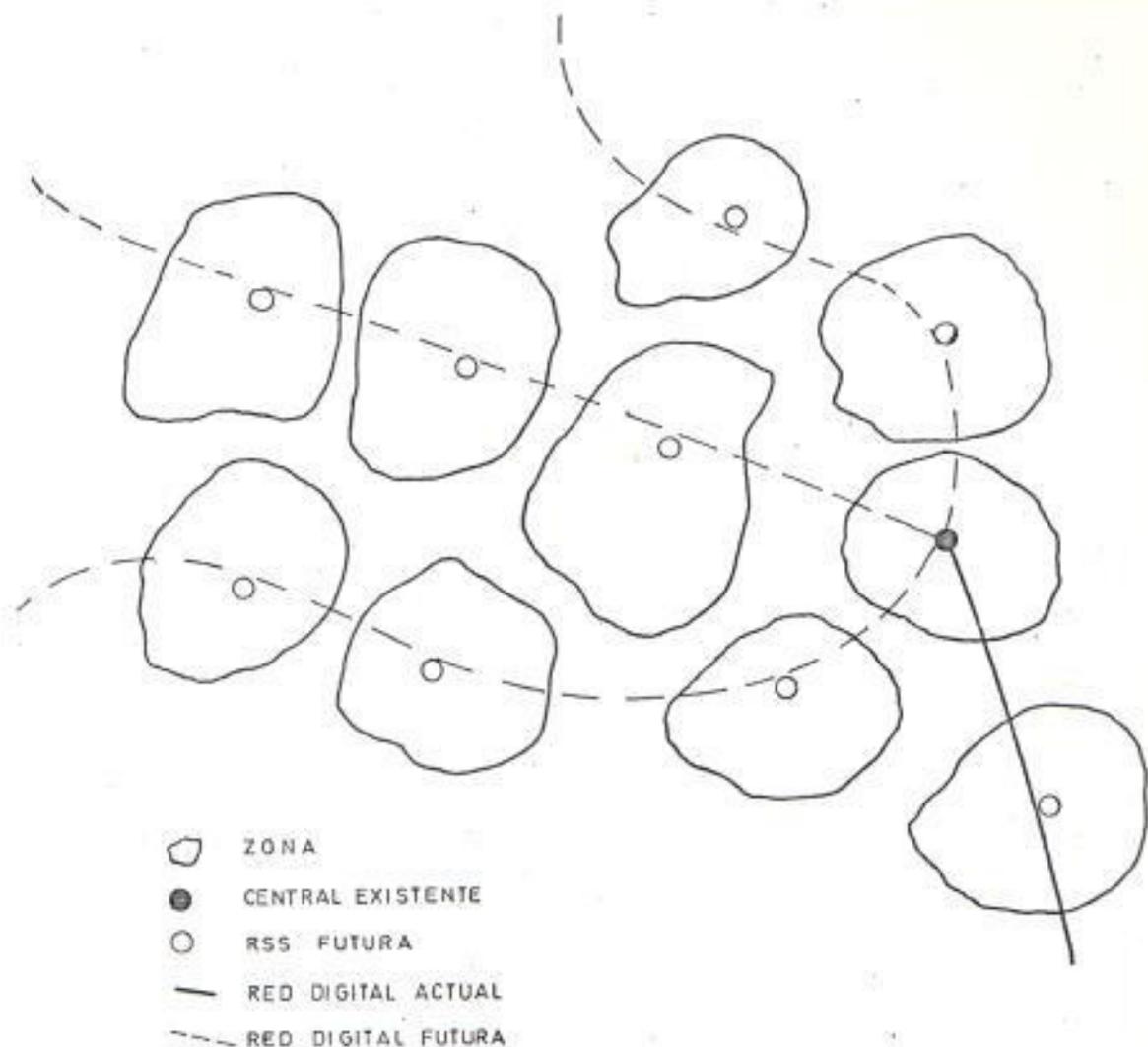


Figura 3.3  
Configuración con RSS

La etapa remota de abonados puede instalarse en contenedores, edificios que no requieren las características necesarias para la instalación de una central telefónica, lo que significa un ahorro en dinero y en tiempo, o también en armarios para 256 abonados. La capacidad máxima de cada etapa remota es de 2048 abonados.

### 3.5 Situación actual de la Planta externa de la Ciudadela Puerto Azul.-

En las secciones siguientes se va a analizar y proponer una solución al problema existente en la zona que se encuentra al noroeste de la ciudad, es ésta, precisamente, una zona hacia la cual la ciudad se está expandiendo en la actualidad.

La solución aquí propuesta es una que, sin correr el riesgo económico que representa la instalación de una nueva central telefónica en el caso del estancamiento del sector, es una buena alternativa para resolver la demanda telefónica en el futuro.

Se ha escogido para esto, la Ciudadela Puerto Azul por ser el foco central de crecimiento en la mencionada zona.

En la actualidad, la planta externa de la Ciudadela Puerto Azul está formada por un sistema de canalización de 4 vías que avanza desde la central de Los Ceibos hasta el puente de Puerto Azul. Hasta ahora existen dos cables de 100 pares cada uno, los cuales sirven a 180 abonados situados en dicha

ciudadela y 10 abonados en la Cemento Nacional. Además está prevista la construcción inmediata de un nuevo sistema de canalización de 8 vías y el tendido de un cable de 600 pares.

El tendido de los cables se ha realizado en el último año, es subterráneo hasta donde la canalización alcanza, desde donde es aéreo hasta dicha Ciudadela.

En cuanto a la red secundaria, todos los servicios están previstos de acuerdo a la planificación realizada por la empresa constructora.

Todos los abonados están conectados así a la central de Los Ceibos.

### 3.6 Necesidades actuales y futuras de la Ciudadela Puerto Azul.-

La Ciudadela Puerto Azul se encuentra situada a unos seis kilómetros de la central de Los Ceibos y se encuentra rodeada por zonas en las que se prevé un gran desarrollo tanto industrial como urbano.

La ciudadela está prevista para dar cabida a 5000 familias, de las cuales unas 1200 estarán ya instaladas a finales del presente año.

Existen planes para el desarrollo de nuevas ciudadelas en las vecindades de la Ciudadela Puerto Azul, por lo tanto la planificación telefónica de la zona debe considerar ésta como una posible zona de alta demanda.

### 3.7 Análisis de problema telefónico de la Ciudadela Puerto Azul.-

Dada la estructura actual de la red primaria, únicamente se puede satisfacer la demanda de 180 de las familias que habitan la Ciudadela Puerto Azul, y por supuesto el mantenimiento de la red es más complicado por cuanto, en caso de falla de algunos de los pares instalados, los pares que quedan de reserva en la red primaria no abastecerían, lo que se traduce en el riesgo de una inferior calidad de servicio.

El objetivo fundamental ahora, es tratar de satisfacer la demanda existente, sin descuidar la futura

tratando, sin embargo, de no arriesgar en una inversión que pudiere ser innecesaria.

Una alternativa de solución al problema es la expuesta en la sección 3.3. Si se escoge esta primera alternativa, habría que decidir a qué central local deben conectarse los concentradores RSM. La respuesta sería la central de Los Ceibos por ser la más cercana. Esta alternativa tiene la desventaja, en este caso, de que se necesitarían de muchos RSM's regados por toda la Ciudadela, puesto que sería muy difícil, dadas las condiciones actuales, que se garantice el cuidado de los mismos. Por otra parte esta solución no representa ningún beneficio en lo que se refiere a la planificación para futuras expansiones de la zona, puesto que la red se volvería dependiente bajo estas circunstancias, lo cual se corrobora por el análisis presentado en esa sección, donde se establece que el uso del RSM es aplicable a zonas, como las rurales, de baja densidad o, como en la correspondiente alternativa planteada, en el casco comercial de la ciudad.

La segunda alternativa, expuesta en la sección 3.4, representa la solución más óptima al problema de la

ced primaria en este sector.

La instalación de una etapa remota de abonados tiene dos ventajas técnicas, la primera es que al instalacia, hay que decidir qué sistema de transmisión se va a utilizar, la conclusión es que el sistema más adecuado, en este caso, es la instalación de fibra óptica. Este hecho implica que las zonas cercanas a la ciudadela, e incluso aquellas que se encuentran a grandes distancias de la misma en las que aún no se ha previsto ningún desarrollo, quedarían inmediatamente al alcance de la red telefónica, por lo tanto, sin arriesgar en inversiones costosas se obtiene una red prevista para satisfacer cualquier demanda en el futuro. La segunda ventaja es que una vez conectada la etapa remota a la red telefónica, ella se puede conectar, virtualmente, a cualquier central digital que se encuentre en operación, con una inversión mínima. De esta forma, no se sobrecarga la central de Los Ceibos la cual, si bien es cierto, ha sido descongestionada en parte, gracias a la instalación de la central Mapasingue, tiene que satisfacer la demanda de la zona para la cual fue prevista.

A pesar de que, teóricamente, la etapa remota puede conectarse a cualquiera de las centrales digitales instaladas en Guayaquil, para evitar un desperdicio de sistemas digitales, esta etapa remota será conectada a la central de Bellavista.

Para este efecto, la adaptación funcional necesaria en la central es mínima así como también los equipos que ella requiere. Básicamente las limitaciones estarían en la parte de transmisión. Un problema fundamental es la factibilidad de un enlace digital entre la central Bellavista y la Ciudadela Puerto Azul.

Afortunadamente, la estructura actual de la red intercentral de Guayaquil provee de un enlace digital entre las centrales de Los Ceibos y de Bellavista. Este enlace está formado por un cable de fibra óptica de 6 elementos. El sistema de transmisión está constituido por cuatro terminales de línea de 34 Mbits, dos en cada extremo y no se utiliza repetidores.

La instalación del cable de fibra desde la central Los Ceibos hacia la Ciudadela Puerto Azul permite

el enlace digital necesario, entre la etapa remota y la central Bellavista.

Dado que la demanda actual está alrededor de los 1200 abonados, se necesita instalar un RSS de 10 módulos de abonados, pero si se considera un crecimiento de unos 400 abonados más en el próximo año, entonces una etapa remota completa de 2048 abonados en 16 módulos, permite satisfacer la demanda para los próximos dos años. La expansión futura depende de la rapidez de crecimiento de la zona pero una vez que se cuente con la infraestructura, la adaptación de la red se hace más sencilla. Por ejemplo centros comerciales y condominios pueden utilizar, temporalmente, la primera alternativa, es decir multiplexores remotos de abonados, conectados a la misma central de Bellavista utilizando el sistema de transmisión por fibra óptica instalado para la etapa remota, de esta forma se ahorra en red primaria y se elimina el problema que pudiera presentarse en el caso de la saturación de la etapa remota, con la ventaja de que los multiplexores, una vez que ya no sean necesarios, se pueden desmontar fácilmente, si así se lo desea, para ser utilizados en otro lugar, aunque su instalación permanente, ya

sea conectados a la etapa remota o directamente a la central, ofrece los beneficios vistos en la sección 3.3.

Si las condiciones futuras así lo exigen, se puede instalar otra etapa remota de abonados, en cuyo caso, los costos quedarían reducidos únicamente a la instalación de los equipos remotos, puesto que la central local ya está adaptada y se cuenta con los sistemas de transmisión necesarios.

Por último, otra ventaja de esta arquitectura, es que las zonas entre Los Ceibos y Puerto Azul, por las que se tiende la fibra, quedan integradas a la red, haciéndose muy fácil y económico el instalar otras etapas remotas para atender sus necesidades.

### 3.8 Selección del equipo correspondiente.-

Para poder hacer la selección del equipo que debe ser utilizado en la implementación del proyecto descrito en esta Tesis, es necesario conocer el equipamiento actual del enlace Bellavista-Los Ceibos, puesto que éste es tan importante como el enlace Los Ceibos-Puerto Azul.

En la actualidad existe un cable de fibra óptica desde la central de Bellavista hasta la de Los Ceibos, este cable es de 6 hilos de fibra del tipo multimodo de índice gradual.

Se utilizan dos sistemas de 34 Mbits, por lo tanto la capacidad instalada total es de  $2 \times 480 = 960$  canales telefónicos equivalentes a 32 sistemas primarios, esto es, 32 sistemas de 30 canales cada uno, utilizando 2 pares de fibra. El par restante es utilizado en el enlace Bellavista-Mapasingue. Estos datos significan que no existe capacidad instalada de fibra óptica en el enlace en cuestión.

La multiplexación está dada, en ambos extremos, por medio de 7 equipos MUX de  $2 \times 8$ , es decir que se

tiene una capacidad instalada de  $7 \times 120 = 840$  canales telefónicos, equivalentes a 28 sistemas primarios, de 2 Mbits, los cuales están completamente utilizados.

Estas condiciones nos permiten concluir que existe una capacidad instalada potencial de 4 sistemas de 2 Mbits, pero que no existe el equipamiento multiplex necesario para efectuar el enlace diseñado.

Es necesario terminar la canalización desde la central de Los Ceibos hacia la Ciudadela Puerto Azul, pero no se hace necesaria la construcción de la nueva canalización de 8 vías, puesto que la existente es suficiente para soportar la instalación de la fibra óptica.

Se recomienda montar un enlace de fibra óptica de 6 o 12 hilos, del tipo modo único, puesto que este tipo de fibra soporta mayores velocidades de transmisión y la capacidad instalada será suficiente en el caso de instalaciones futuras.

Dada la demanda actual, se requiere el uso de dos terminales de línea de 34 Mbits con sistema de

transmisión laser, uno en cada extremo del enlace, esto es en Los Ceibos y en Puerto Azul. Este sistema provee una capacidad instalada de 16 sistemas de 2 Mbits.

Para satisfacer los requerimientos de carga ofrecida permitida, se recurre a las tablas de cálculo de tráfico. Se ha estimado que el tráfico generado por abonado para la Ciudadela Puerto Azul es de 0.16 erlangs y si se considera una pérdida del 1% como valor razonable y considerando un tráfico interno en la etapa remota despreciable, véase el apéndice A, entonces el número de circuitos de enlace, número de canales telefónicos, entre la etapa remota en Puerto Azul y la central en Bellavista debe ser 352. Este número de canales equivale a  $352/30 = 11.74$  sistemas de 30 canales, es decir, 12 sistemas de primer orden, equivalentes a 358 canales.

El sistema así construido brinda, para la misma carga ofrecida, pérdidas del 0.6%, considerando que la etapa funciona a su máxima capacidad, es decir 2048 abonados. Este valor se decrementa aún más si se considera que parte del tráfico es interno y si se utilizan 31 canales en 10 de los sistemas.

Partiendo de que únicamente existen 4 sistemas disponibles en el enlace entre Bellavista y Los Ceibos, se concluye que no existe capacidad, en dicho enlace, para la conexión de los doce sistemas que se necesitan, de acuerdo al cálculo efectuado en los párrafos anteriores. Existen dos alternativas para solucionar este problema, la primera es la instalación de un nuevo cable de fibra entre dichas centrales, pero esta alternativa requiere de tiempo. La otra alternativa, la cual requiere de unas cuantas horas de trabajo y de inversiones económicas inferiores, es el cambio de los sistemas de transmisión utilizados entre dichas centrales, del sistema actual de 34 Mbits a uno de la siguiente jerarquía, es decir, un sistema de 140 Mbits el cual permite la transmisión de 1920 canales telefónicos. Esta alternativa ha demostrado ser de gran utilidad y además práctica por cuanto ya se la ha aplicado en otros enlaces de la red actual.

Por lo tanto se requiere de dos terminales de línea de 140 Mbits, uno en Bellavista y otro en Los Ceibos, que reemplazan los dos terminales de 34 Mbits que se encuentran en funcionamiento actual-

mente y además significa que no es necesaria la compra de los terminales de línea de 34 Mbits para el enlace Los Ceibos-Puerto Azul, por cuanto, para este enlace, se pueden utilizar los terminales de línea de 34 Mbits que salen del enlace Bellavista-Los Ceibos.

Para la multiplexación, es necesario instalar 2 equipos MUX de 34x140, uno en Los Ceibos y otro en Bellavista. Además se necesitan 2 juegos de 3 MUX de 2x8, un juego para cada extremo del enlace. Esto permite la conexión de los 12 sistemas MIC de 2 Mbits, 4 sistemas por cada par de MUX. 3 de estos MUX son instalados en Bellavista y los otros 3 en Puerto Azul, de esta forma no se hace necesaria la instalación de equipos MUX de 2x8 en los Ceibos, puesto que el sistema de 34 Mbits que se obtiene del MUX de 34x140, instalado en esa central, se puede conectar directamente al terminal de línea de 34 Mbits. Por último, se necesita un equipo MUX de 8x34 en Bellavista y otro en Puerto Azul, véase la figura 3.4.

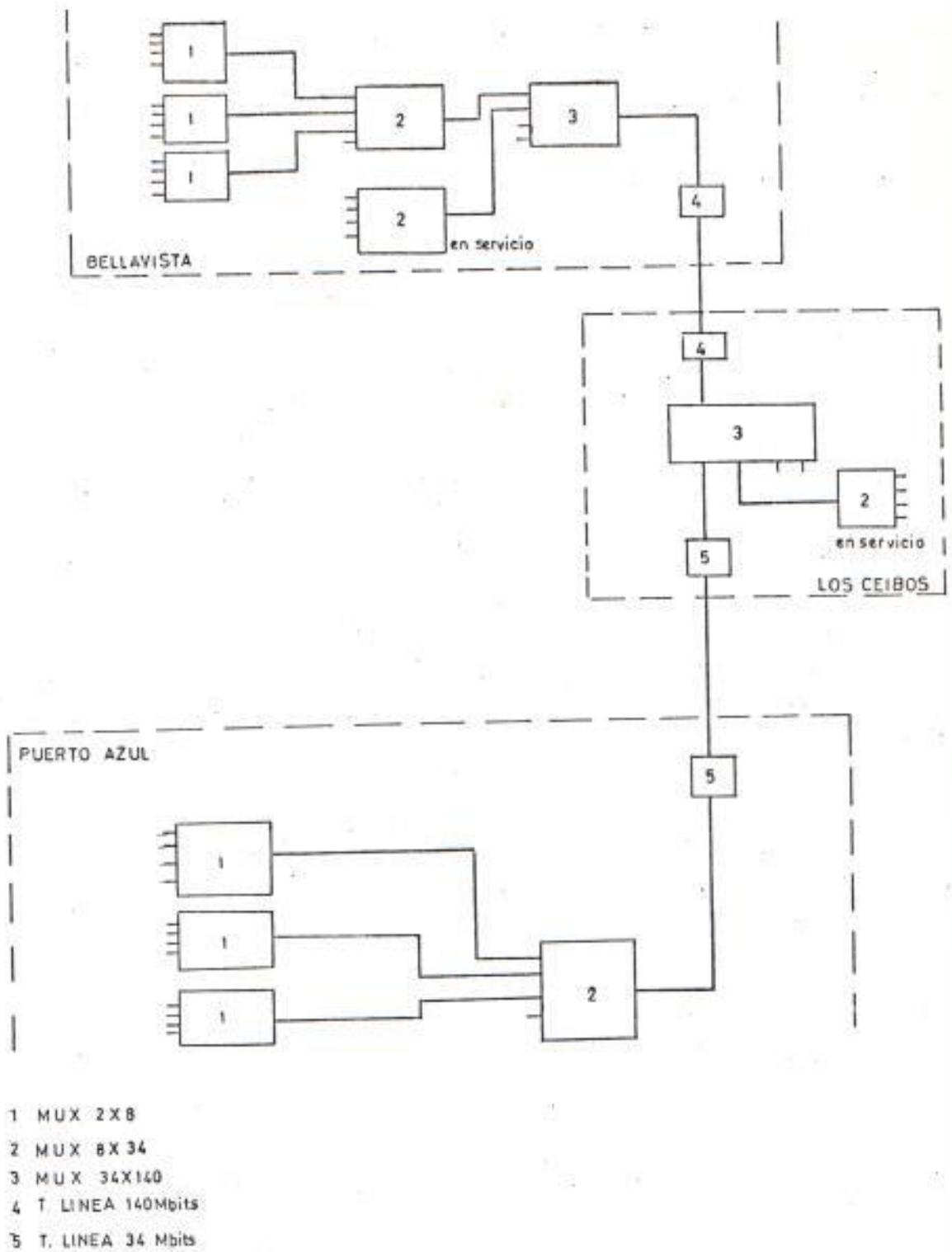


Figura 3.4  
 Equipos de transmisión  
 necesarios para el diseño

Los equipos de conmutación requeridos son:

En la central Bellavista se necesita un grupo SSGC7 que tiene capacidad para 16 equipos ETCC, que son equipos terminales de central (troncales), y 8 STCM, que son los encargados de manejar la señalización entre la etapa remota y la central local. Se necesitan 2 equipos STCM y 12 ETCC. Se necesita, además, el software necesario para el manejo de las funciones implicadas en el tráfico remoto.

En la etapa remota de Puerto Azul se requiere un grupo SSGR2, el cual tiene capacidad para 2 equipos STRM, que manejan la señalización en el lado remoto, un equipo de entrada salida V24, para la conexión de un terminal que puede ser fijo o portátil que se utiliza durante el mantenimiento, una unidad de prueba de línea de abonados, un procesador regional y una unidad de teléfonos monederos, que tiene capacidad para 32 teléfonos monederos. Se requiere dos unidades STRM, una unidad de entrada salida, una unidad de prueba de líneas de abonados, y una unidad de equipos monederos. Se necesita un grupo SSGLR12 con capacidad de 16 módulos de líneas de 128 abonados, cada uno compuesto por un módulo

de abonados SDM y un módulo de procesamiento, PSM. Por lo tanto se necesitan 16 SDM y 16 PSM.

En la etapa remota, situada en Puerto Azul, se requiere, además, un distribuidor principal, MDF, con capacidad de conexión de 2048 líneas de abonados hacia el lado de la central y de 2048 abonados + 20% hacia la red secundaria, con protección de tubos de gas para las líneas. Se requiere, también, de los equipos de fuerza constituidos por 2 rectificadores de 100 A., 1 bastidor, 1 bastidor de distribución, un juego de baterías de 450 A.H. Por último, se requiere en este lado, el distribuidor digital, DDF, para las conexiones de los cables empleados en la transmisión.

Con todos los equipos seleccionados de la forma descrita en esta sección, se puede brindar una solución rápida a la demanda actual de la Ciudadela Puerto Azul, además, se prevé el crecimiento de dicha demanda para un futuro inmediato y se prepara la red para un futuro a mediano y largo plazo, puesto que, de esta forma, las extensiones futuras de la red serán mucho más económicas y rápidas ya que todo el sistema, incluyendo la central princi-

pal y su software, el sistema de transmisión y el medio de transmisión están listos y lo único que se necesita es invertir en los equipos de conmutación y fuerza que fuesen necesarios y en una mínima cantidad de equipos de transmisión.

## CAPITULO CUARTO

### ADAPTACION DEL SISTEMA

#### 4.1 Adaptación del sistema a la red existente.-

Al efectuar la introducción de cualquier nuevo sistema de conmutación a la red telefónica existente, es necesario considerar dos puntos básicos que son el plan de señalización y el de sincronización de la red.

El uso de señalización MFC es perfectamente adaptable a la estructura digital de una red telefónica, tal como lo demuestra la experiencia, hasta ahora obtenida, del uso de sistemas digitales en una red mixta como la de Guayaquil.

Sin embargo, la tendencia de la señalización está dirigida hacia el uso de sistema de señalización por canal común, CCS. Este tipo de señalización permite obtener sistemas de gran capacidad e indudablemente es más económico que un sistema MFC de señalización. Además brinda la oportunidad de in-

cluidas nuevas señales asociadas a la introducción de nuevos servicios y funciones más avanzadas. Por otra parte la señalización por canal común en un sistema telefónico se adapta a la transmisión de información de otro tipo, lo cual hace al sistema muy flexible.

Con la transformación de la red de un sistema analógico a un sistema mixto, que contiene también centrales digitales, se hace necesario el desarrollo de un plan de sincronización. La sincronización puede ser de dos tipos: Plesiócrona o Síncrona.

La operación plesiócrona significa que las centrales funcionan en forma independiente, dentro de ciertos límites. En la operación síncrona se ejerce cierto tipo de control en la sincronización entre las centrales. En este caso, una de las centrales digitales equipadas con un reloj de Cesio, de acuerdo a su jerarquía dentro de la red, actúa como standard de tiempo para la red. Ella efectúa una sincronización unilateral sobre las centrales del siguiente nivel jerárquico, las cuales sincronizan al siguiente nivel con sistema síncrono principal-subordinado (master-slave, MS), que es el mismo que

se utiliza desde la central principal hacia la etapa remota de abonados.

Dada la estructura de la etapa remota y por formar, ésta, parte integral de la central AXE, como un subsistema de la misma, la adaptación de aquella a los planes de sincronización y de señalización de la actual red telefónica de Guayaquil es inmediata, lo cual significa un gran ahorro de tiempo y dinero para su instalación, prueba y puesta en servicio.

#### 4.2 Mantenimiento de la red.-

Una vez instalada la nueva red descrita en el capítulo anterior, utilizando etapas remotas de abonados, la supervisión de la parte de conmutación, la etapa propiamente dicha, y de la parte de transmisión, es efectuada por los programas almacenados en la central principal, AXE, de Bellavista.

Existen diferentes causas que originan fallos en el lado de la etapa remota, éstos pueden ser, por ejemplo, la pérdida de fuerza en la etapa, la cual puede ser total o parcial en alguno de los equipos que la forman. Puede estar dada por alguna falla en

la ejecución de programas, en cuyo caso el sistema ejecuta un rearranque de los programas regionales almacenados en el módulo donde se detecta la falla. El mal funcionamiento puede deberse a la falla de alguna de las tarjetas que contienen los circuitos de las líneas de los abonados o de alguna de las otras tarjetas que forman los módulos. Se supervisa también la conexión física hacia los abonados. Existen otros mensajes de alarma que se pueden generar, por ejemplo en el caso de la violación de las seguridades de la planta, etc.

En cuanto a los enlaces digitales, se pueden detectar fallos de alineación de trama o multitrama en la dirección de recepción. Fallo de extremo remoto de trama o de multitrama. Señal de indicación de alarma, AIS, se produce cuando el lado de origen tiene dificultades para sincronizar los intervalos de tiempo en alguno de los sistemas, en este caso se transmiten UNOS en todos los canales de ese sistema, los cuales son interpretados por el lado de destino como señal de indicación de alarma y en el lado de origen como fallo de alineación en la dirección de transmisión. Otro tipo de fallo está constituido por las pérdidas de desplazamiento,

slip, las que implican que un intervalo de tiempo ha sido perdido completamente o que ha sido leído dos veces, este tipo de fallas se minimizan con la introducción de la sincronización en la red. Este tipo de falla no tiene mayor significado cuando la información conmutada es de habla, pero cuando alguno de los canales del sistema está siendo utilizado en la transmisión de datos, estas fallas pueden causar serios problemas. Para evitar problemas causados por el desplazamiento en canales de habla, se prepara y realiza este desplazamiento en el intervalo de tiempo cero, que contiene información de sincronización y de alarma, sin perturbar los canales de habla. Por último, otro tipo de fallo que puede presentarse en un sistema de transmisión es el de errores de bit, puede estar originado por el mal funcionamiento de alguno de los equipos que actúan en la transmisión digital. CCITT establece que si se detecta error en uno de mil bits en la línea MIC, el enlace debe bloquearse. Para poder determinar el coeficiente de fallos de bits se necesita utilizar una secuencia transmitida que sea previamente conocida, para esto se usen los bits de la palabra de alineación de trama que se transmite en el intervalo de tiempo cero de

las tramas pares de un sistema de primer orden.

En todos estos casos de falla, la central AXE genera una impresión de alarma la misma que es transmitida también al centro de operaciones, COMAG, donde se supervisa todas las centrales digitales y sus enlaces. Aquí, y debido a la estructura de mantenimiento centralizado, la detección de cualquiera de estos fallos es inmediata y su solución efectiva debido, principalmente, a que la mayor parte de los equipos utilizados son comunes a todas las centrales lo cual agiliza la reposición de cualquier equipo con falla.

#### 4.3 Perspectivas.-

La digitalización de la red se presenta como la mejor alternativa de solución a los problemas de telefonía que afectan no solamente a nuestra Ciudad sino también a todo el País.

Pero cualquier alternativa que se elija debe ser planificada pensando no únicamente en solucionar los problemas actuales, sino mirando al futuro mediato y lejano, aún cuando nosotros no formemos

parte de ése y, sobre todo, cuidando que las inversiones que se hagan sean las más adecuadas.

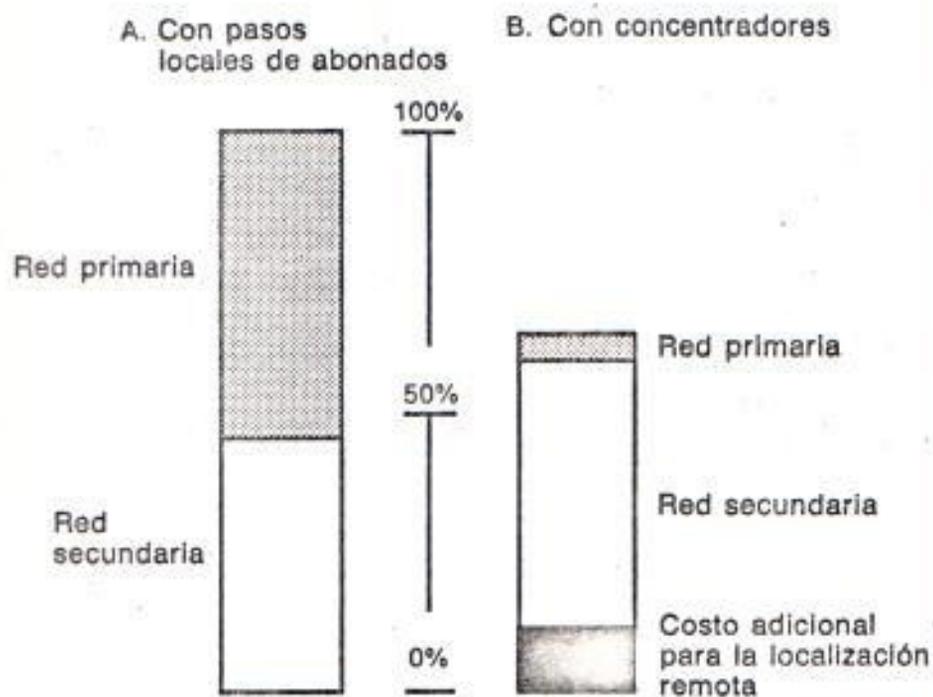
## CAPITULO QUINTO

### COSTOS

#### 5.1 Análisis de los costos que representa el diseño.-

De lo visto en los capítulos anteriores, se concluye que la mayor economía que se puede alcanzar, está dada por el ahorro que se realiza en la red primaria, cuando se utiliza concentradores de abonados, sean éstos etapas remotas o multiplexores remotos de abonados. Pero existen otras fuentes de economía, como son la construcción del edificio donde se instalaría una nueva central, el costo de la misma comparado con el costo de instalación de una etapa remota, los costos de mantenimiento son inferiores y la flexibilidad de la red, cuando se usan las etapas remotas de abonados en lugar de centrales locales, permite una expansión económica de la misma. Los gastos de operación son inferiores también.

La figura 5.1 muestra la relación de costos hipotética, entre la planificación tradicional de las



*Relación de costos en la red de abonados*

Figura 5.1

Relación entre los costos que involucran el tendido de cables y el uso de RSS.

redes primaria y secundaria y el uso de etapas remotas de abonados en ellas, para una red de 25.000 abonados y una central principal.

Nótese que el costo total de la red de abonados se reduce aproximadamente en un tercio. Estos datos hacen que esta nueva estructura de la red telefónica deba ser considerada muy seriamente en la planificación de las futuras extensiones en la ciudad de Guayaquil y en otras áreas del País como, por ejemplo, la Región Peninsular.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con la introducción de transmisión digital en los planes de mejoramiento del diseño de la planta externa de Guayaquil se logra una reducción considerable en los costos que ella representa.
2. Al utilizarse la transmisión digital en lugar de la tradicional estructura de cables multipares en el diseño de la red primaria, se logra grandes mejoras en lo que se refiere a calidad de servicio.
3. La instalación de una etapa remota de abonados, permite brindar todos los servicios que se brindan a los abonados conectados a la central digital.
4. La presencia de etapas remotas de abonados en conjunto con la transmisión digital, reduce los requisitos de área y de construcción de los edificios donde ellas serán instaladas.

5. Las características de los equipos involucrados y de la fibra óptica en sí misma, implican que los trabajos de instalación son más rápidos, permitiendo solucionar problemas de demanda telefónica en forma más rápida y efectiva.
6. No se hace necesaria la construcción de una nueva ruta de canalización entre la central de Los Ceibos y la Ciudadela Puerto Azul, debido a que la existente permite la instalación de la fibra, lo cual significa un nuevo ahorro de tiempo y de dinero en la red.
7. Los costos de operación y mantenimiento son reducidos.
8. Se sugiere que el proyecto, materia de este estudio, sea aplicado por IETEL REGION II a la mayor brevedad, para solucionar los problemas que afectan a las 1000 familias que residen en Puerto Azul y para preparar la red a una gran demanda potencial en el futuro.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Staffan Baughnadt, Desarrollo de la red con conmutación digital, L.M.Ericsson, 160 801 Usp.
2. ITT Corp., Comunicaciones eléctricas, volumen 59 No. 1/2, 1983.
3. Siemens A.G., Teoría de tráfico telefónico, volume 1, Tabelas e gráficos, 1975.
4. Telettra, Digital systems for subscriber network, 1985
5. Distintas recomendaciones del CCITT.
6. Hewlett Packard, Fiber optics handbook, 1983
7. L.M.Ericsson, Señalización de código multifrecuencial de secuencia obligada, sistema MFC R2, 130 413 Usp.

8. Dogan Tugal/Osman Tugal, Data transmission Analysis, Design, Applications, McGraw-Hill Book Company 1982.
9. Telettra, Introduzione ai sistemi di trasmissione numerica.
10. L.M.Ericsson, Signalling diagrams Part2, National signalling, EN/LZT 101 443 R2.
11. CRIEEL, Seminario sobre fibras ópticas, 1987.
12. L.M.Ericsson, Sistema PCM y enlaces digitales, EN/LZT 101 424 R1.
13. Telettra, Introduzione ai sistemi di trasmissione digitale, 1983.
14. Telettra, Aspectos fundamentales de los sistemas digitales, transmisión por radio enlace y aplicaciones Telettra, 1987.
15. Ericsson, AXE 10, Technical Specification, 1987.

16. Jose Ollague, Diseño de un enlace intercentral Los Ceibos-Urdesa, utilizando un cable telefónico con fibra óptica, ESPOL, 1982.

17. Bernard Sklar, Data communications, Fundamental and applications, Prentice Hall 1988.

18. Ericsson, Manual de Productos, Equipos de línea.

## APENDICES

### A. Conceptos sobre tráfico telefónico.

Este apéndice es un resumen de la Teoría do tráfico telefónico Volume 1 Tabelas e gráficos editado por Edgard Blucher Ltda. para SIEMENS AG en septiembre de 1975.

#### I. CONCEPTOS BASICOS.

##### TIEMPO DE OCUPACION.-

Es el tiempo durante el cual un troncal de salida está ocupado sin interrupciones para fines determinados de conmutación.

##### TIEMPO MEDIO DE OCUPACION.-

Es la media del tiempo durante el cual los troncales de salida están ocupados en una conexión.

##### INTENSIDAD DE TRAFICO.-

La INTENSIDAD de tráfico es una medida de la densi-

dad del mismo. Es una cantidad adimensional representada en ERLANGS (Erl.). Su valor indica el número medio de llamadas efectuadas simultáneamente, es decir, el número medio de troncales ocupados al mismo tiempo. Un solo troncal ocupado continuamente corresponde a un tráfico de 1 Erl.

Además del Erlang, existen otras unidades:

Erl.	Erlang.
TU	Traffic Unit.
VE	Verkehseinheit.

El valor numérico de estas unidades indica la cantidad media de llamadas simultáneas.

CCS	Cent Call Seconds.
HCS	Hundred Call Seconds.
UC	Unit call.

El valor numérico indica la cantidad media de llamadas por hora, tomándose como base un tiempo medio de llamada de 100s.

ARHC

Appels Réduits à l'Heure  
Chargée.

EBHC

Equated Busy Hour Call.

El valor numérico indica la cantidad media de llamadas por hora, tomándose como base un tiempo medio de llamada de 120s.

De donde resultan las siguientes ecuaciones de conversión:

I	---	II	---	I	ERL	I	CCS	I	ARHC	I
I	---	II	---	I	TU	I	HCS	I	EBHC	I
I	---	II	---	I	VE	I	UC	I		I
I	1	Erl	=	I		I		I		I
I	1	TU	=	I	1	I	36	I	30	I
I	1	VE	=	I		I		I		I
I	1	CCS	=	I		I		I		I
I	1	HCS	=	I	1/36	I	1	I	6/5	I
I	1	UC	=	I		I		I		I
I	1	ARHC	=	I		I		I		I
I	1	EBHC	=	I	1/30	I	6/5	I	1	I

LLAMADA PROCESADA.-

Es la utilización efectiva de un trocal de salida.

LLAMADA OFRECIDA.-

Es la demanda de una llamada que requiere el uso de un troncal de salida.

LLAMADA DE PERDIDA u OCUPACION DE DESBORDE.-

Es la demanda de una conexión que es rechazada, que se pierde o que es transferida a otro grupo de troncales de salida.

LLAMADA DE ESPERA o LLAMADA DEMORADA.-

Es la demanda de una conexión que no es procesada inmediatamente.

CARGA PROCESADA o TRAFICO PROCESADO.-

Es la intensidad de tráfico procesado.

CARGA OFRECIDA.-

Es la intensidad de tráfico ofrecido.

#### INTENSIDAD DE TRAFICO RECHAZADO.-

Es la diferencia entre la carga ofrecida y la carga procesada.

#### TRAFICO DE DESBORDE.-

Es el tráfico excedente rechazado, cuando se prevé la posibilidad de reencaminar las llamadas rechazadas hacia otro grupo de troncales o grupo de troncales de desborde.

#### TRAFICO DE PERDIDA.-

Constituye el tráfico rechazado, cuando no existe la posibilidad de desborde.

#### TIEMPO MEDIO DE OCUPACION (LLAMADAS PROCESADAS).-

El tiempo medio de ocupación de todas las llamadas ofrecidas y de las perdidas se toma como el tiempo medio de ocupación de las llamadas procesadas por los troncales de salida.



BIBLIOTECA

## II. METODOS DE PROCESAMIENTO DE TRAFICO.

De acuerdo a la forma como un sistema de conmutación procesa las conexiones en caso de que exista bloqueo, las redes se clasifican en sistemas de pérdida o sistemas de espera.

Bloqueo es una situación en la cual es imposible el establecimiento de una nueva conexión por estar ocupadas todas las líneas de salida. Bajo estas condiciones es imposible establecer una nueva conexión hasta que uno de los troncales de salida, del grupo en cuestión, se desocupe.

En un sistema de pérdida una llamada ofrecida será rechazada cuando la conexión deseada no pueda ser establecida inmediatamente, debido al bloqueo. En este caso, el abonado que llama recibe un tono o señal de ocupado.

En un sistema de espera, por otra parte, una llamada ofrecida que no pueda ser procesada inmediatamente por causa del bloqueo, esperará hasta que la conexión pueda ser completada.

Existen, también, sistemas de procesamiento mixto.  
En este caso se limita el tiempo de espera o la  
cantidad de llamadas en espera simultáneas.



En un sistema de pérdida puro, las llamadas de  
pérdida no ejercen ninguna carga en los troncales  
de salida, ellas desaparecen del sistema sin ma-  
yores consecuencias.

### III. PROPIEDADES DE LAS CENTRALES.

#### ACCESIBILIDAD.-

La capacidad de tráfico de un grupo de troncales de  
salida está determinada principalmente por el  
número de troncales de ese grupo que puedan ser  
alcanzados por los troncales de entrada. Esto es  
la cantidad de troncales cuyo estado de libre u  
ocupado pueda ser detectado. A esta cantidad se  
denomina accesibilidad.

Si la accesibilidad es igual en todo momento e  
independiente del estado de ocupación de la central  
de conmutación, se denomina accesibilidad constante  
o variable en caso contrario.

Si la accesibilidad es constante e igual al número de troncales del grupo de salida considerado, se denomina de accesibilidad plena y si la accesibilidad es menor, se denomina de accesibilidad limitada.

#### GRADUACION.-

En el caso de centrales de accesibilidad limitada, los troncales de entrada son agrupados para formar subgrupos de graduación.

Todos los troncales de entrada de un subgrupo siempre tienen acceso a las mismas salidas. Para aumentar la capacidad de tráfico de la red, las salidas del grupo de troncales son coordinadas con los subgrupos de los troncales de entrada de forma tal que puedan auxiliarse entre sí en el procesamiento del tráfico.

Este sistema de interconexión se denomina de GRADUACION.

IV. PROPIEDADES ESTADISTICAS DE TRAFICO  
OFRECIDO.



HORA DE MAYOR MOVIMIENTO.-

Según una definición del CCITT, la hora de mayor movimiento es el período de 60 minutos del día en el cual la intensidad de tráfico del grupo de troncales en cuestión, alcanza su valor máximo, tomando la media de los valores de los días de semana.

En la práctica, la hora de mayor movimiento corresponde únicamente a un cuarto de hora.

CARACTERIZACION DEL TRAFICO.-

Durante la hora de mayor movimiento se puede suponer que la densidad de tráfico permanece aproximadamente constante y la cantidad de llamadas simultáneas oscila en torno de un valor medio que es la intensidad de tráfico. En este caso la central se encuentra en estado de equilibrio estadístico.



#### CANTIDADES DE FUENTES DE TRAFICO.-

Las fuentes de tráfico están constituidas por los abonados incluyendo los circuitos troncales de entrada y las tablas para el cálculo del tráfico se desarrollan considerando un número infinito de fuentes de tráfico y se aplica a la suposición de que los intervalos de tiempo entre la llegada de las llamadas consecutivas están distribuidos en forma exponencial. En la práctica, la relación entre el número de fuentes de tráfico y el número de troncales de salida de un grupo, es tan grande que los resultados obtenidos a partir de este modelo son bastante aproximados. Los datos de dimensionamiento calculados de esta forma dan un bloqueo un poco superior al que realmente se encuentra en la práctica, o, análogamente, una carga ofrecida permitida un poco inferior a la real.

#### DISTRIBUCION DE LOS TIEMPOS DE OCUPACION.

Si se considera que todos los tiempos de ocupación son de la misma duración,  $t_m$ , entonces una salida que se ocupa estará nuevamente libre a más tardar, después de un período  $t_m$ . En el dimensionamiento de

En sistemas de espera debe tomarse en cuenta el efecto causado por la distribución de los tiempos de ocupación, el mismo que puede ser despreciado en el dimensionamiento de sistemas de pérdida. La distribución exponencial de los tiempos de ocupación tiene un significado muy importante en dicho dimensionamiento.



BIBLIOTECA

#### TRAFICO PURAMENTE ALEATORIO.

Es un tráfico producido por un número infinito de fuentes, en el cual, tanto los intervalos de tiempo de llegada de llamadas consecutivas como los tiempos de ocupación, están distribuidos en forma exponencial.

#### TRAFICO EXCEDENTE.

Está compuesto por las llamadas rechazadas por uno o varios de los grupos de troncales por no tener salidas disponibles. Está caracterizado por el coeficiente de dispersión, el cual indica cómo el número de llamadas simultáneas fluctúa alrededor de su valor medio. En el caso de tráfico puramente aleatorio, este coeficiente de dispersión es cero.

## V. GRADO DE SERVICIO.

El grado de servicio es una unidad que define la calidad del tráfico procesado, depende del dimensionamiento del sistema y de la cantidad de equipo de conmutación y de troncales.

En los sistemas de pérdida, el grado de servicio está caracterizado por la pérdida, se denomina probabilidad de pérdida, su valor numérico indica el porcentaje de las llamadas ofrecidas que son rechazadas.

En los sistemas de espera se utilizan los siguientes términos para caracterizar el grado de servicio:

Tiempo medio de espera. Es una medida que indica cuánto las llamadas demoradas deben esperar hasta que se pueda establecer la conexión.

Tiempo promedio de espera. Es una medida que indica cuánto las llamadas demoradas deben esperar hasta que se pueda establecer la conexión, tomando en cuenta para su cálculo, además de las llamadas

demoradas, las llamadas que no son demoradas, para las cuales se considera un tiempo de espera igual a cero.



La probabilidad de que una demora  $t$  exceda el valor límite,  $P(>t)$ , da una medida de la probabilidad de que una llamada ofrecida deba esperar más que un determinado tiempo de espera  $t$ , para poder ser terminada la conexión.

Probabilidad de espera. Es la probabilidad de que una llamada ofrecida no sea atendida inmediatamente, está dada por el límite de  $P(>t)$  cuando  $t$  tiende a cero y su valor numérico es igual al porcentaje de llamadas ofrecidas que no pueden ser atendidas inmediatamente.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Staffan Baughnadt, Desarrollo de la red con conmutación digital, L.M.Ericsson, 160 801 Usp.
2. ITT Corp., Comunicaciones eléctricas, volumen 59 No. 1/2, 1983.
3. Siemens A.G., Teoría do tráfico telefónico, volume 1, Tabelas e gráficos, 1975.
4. Telettra, Digital systems for subscriber network, 1985
5. Distintas recomendaciones del CCITT.
6. Hewlett Packard, Fiber optics handbook, 1983
7. L.M.Ericsson, Señalización de código multifrecuencial de secuencia obligada, sistema MFC R2, 130 413 Usp.



**BIBLIOTECA**

8. Dogan Tugal/Osman Tugal, Data transmission Analysis, Design, Applications, McGraw-Hill Book Company 1982.
9. Telettra, Introduzione ai sistemi di trasmissione numerica.
10. L.M.Ericsson, Signalling diagrams Part2, National signalling, EN/LZT 101 443 R2.
11. CRIEEL, Seminario sobre fibras ópticas, 1987.
12. L.M.Ericsson, Sistema PCM y enlaces digitales, EN/LZT 101 424 R1.
13. Telettra, Introduzione ai sistemi di trasmissione digitale, 1983.
14. Telettra, Aspectos fundamentales de los sistemas digitales, transmisión por radio enlace y aplicaciones Telettra, 1987.
15. Ericsson, AXE 10, Technical Specification, 1987.

16. Jose Ollague, Diseño de un enlace intercentral Los Ceibos-Urdesa, utilizando un cable telefónico con fibra óptica, ESPOL, 1982.
17. Bernard Sklar, Data communications, Fundamental and applications, Prentice Hall 1988.
18. Ericsson, Manual de Productos, Equipos de línea.



A.F. 142240