


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

PLAN DE SINCRONISMO PARA LA  
RED TELEFONICA DEL ECUADOR

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN LA ESPECIALIZACION DE INGENIERIA  
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

ISABEL MARGARITA AGUILAR COPPO  
Quito, Abril 1989

Certifico que el presente trabajo ha  
sido elaborado en su totalidad por la  
Sra. Isabel Margarita Aguilar Coppo



---

ING. ANGEL H. LOPEZ M.

DIRECTOR DE TESIS

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento sincero a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo y de manera especial al Ing. Angel López M., Director de Tesis, sin cuya valiosa colaboración y guía no hubiera sido posible la culminación del mismo.

DEDICATORIA

A mi hija

A mis padres

A mi esposo

## PROLOGO

Este trabajo ha sido realizado tomando en cuenta que en el Ecuador se requiere de un adecuado sincronismo para el correcto funcionamiento y comportamiento de las centrales telefónicas digitales conectadas entre sí mediante enlaces digitales.

En esta obra se presenta información que sirve de base para el estudio y comprensión de los distintos métodos de sincronismo, de los tipos de relojes que pueden emplearse en las centrales, de las características de las centrales digitales que existen actualmente en nuestro país y de los sistemas de sincronismo que éstas emplean. Como consecuencia de esta información, en el último capítulo se presenta una propuesta de plan de sincronismo para la red telefónica ecuatoriana, en donde se indica los pasos necesarios para llevar a cabo dicho plan.

Quito, 20 de Abril de 1989

## INDICE

PROLOGO .....	ii
INTRODUCCION .....	v
CAPITULO I.- INTRODUCCION .....	1
1.1 Visión General del Sistema Telefónico Digital	1
1.1.1 Digitalización de la Voz .....	3
1.1.2 Teorema del Muestreo de Shannon .....	4
1.1.3 Modulación PCM .....	4
1.1.4 Transmisión Digital .....	6
1.1.5 Conmutación Digital .....	15
1.2 Requerimientos de Sincronismo .....	32
CAPITULO II.- DESCRIPCION GENERAL DE LOS PLANES BASICOS	
FUNDAMENTALES .....	43
2.1 Planes Básicos Fundamentales .....	43
2.1.1 Plan de Numeración .....	46
2.1.2 Plan de Enrutamiento .....	51
2.1.3 Plan de Transmisión .....	63
2.1.4 Plan de Señalización .....	80
2.1.5 Plan de Tarifación .....	87
2.1.6 Plan de Sincronismo .....	94
2.2 Planes Relacionados con el Plan de Sincronismo	102
CAPITULO III.- TEORIA GENERAL DEL SINCRONISMO .....	105
3.1 Relojes y su Estabilidad .....	105
3.1.1 Error de Intervalo de Tiempo .....	111
3.2 Sincronización de Redes .....	119
CAPITULO IV.- SISTEMAS DE SINCRONISMO EXISTENTES EN EL PAIS .....	132

4.1	Sistema de las centrales NEAX 61 .....	132
4.2	Sistema de las centrales AXE 10 .....	141
4.3	Sistema de las centrales E10B .....	152
CAPITULO V.- ESTRUCTURA DE LA RED DE SINCRONISMO DEL ECUADOR ....		160
5.1	Jerarquía de la Red de Sincronismo .....	164
5.2	Red de Sincronismo Nacional .....	167
5.3	Red de Sincronismo de Quito .....	171
5.3.1	Red de Sincronismo de Guaranda .....	175
5.4	Red de Sincronismo de Guayaquil .....	177
5.5	Red de Sincronismo de Cuenca .....	179
CAPITULO VI.- PLAN DE SINCRONISMO DEL ECUADOR .....		182
6.1	Métodos de Sincronismo a utilizarse .....	185
6.2	Calidad de los Relojes .....	190
6.3	Plan de Implementación .....	195
BIBLIOGRAFIA .....		215

## INTRODUCCION

Dentro del desarrollo de las comunicaciones telefónicas en el Ecuador, se debe mencionar ciertos acontecimientos importantes: en 1930 se instaló en el país las primeras centrales telefónicas manuales; posteriormente, en 1944 se instaló las primeras centrales automáticas analógicas y en 1986, las primeras centrales automáticas digitales. En perspectiva se tiene la creación de una infraestructura digital y, para ello, actualmente se está instalando nuevos enlaces y centrales digitales y se está dimensionando, analizando y desarrollando una política de reemplazo de las centrales analógicas existentes por centrales telefónicas digitales. Esto se pretende realizar en forma paulatina, y para el año 2010 se aspira tener en nuestro país una sola red telefónica digital. Paralelamente, se irá avanzando en el proceso de digitalización en las redes primarias para, con ello, ir desarrollando en el Ecuador una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

Todas las centrales digitales necesitan un reloj para temporizar las operaciones tanto internas como externas, y cuando se tiene centrales digitales interconectadas mediante enlace digital es necesario sincronizar la frecuencia y la fase de la señal de reloj en los terminales de transmisión y recepción, con el fin de que se detecte correctamente la señal en el sistema de recepción. El sincronismo de fase ajusta la posición en el



tiempo de los pulsos y del inicio y el fin de los pulsos de una trama, mientras que el sincronismo de frecuencia ajusta a una misma frecuencia o a una frecuencia promedio de reloj a todas las centrales de la red. Para realizar el sincronismo de frecuencia se emplea el sistema de sincronismo de la red, y dentro de este sistema se tiene básicamente dos métodos distintos de sincronismo de la red: el método plesiócrono y el método síncrono (dentro de este último se tiene los métodos maestro - esclavo y mutuo).

El Plan de Sincronismo debe asegurar que en una red digital se aplique un adecuado sistema de sincronismo, empleando el o los métodos más apropiados de acuerdo con las características de las centrales y de la red en general. Este plan debe también controlar los aspectos relacionados con los relojes. Existen varios tipos de relojes (de cuarzo, de rubidio y de cesio) con diferentes características de estabilidad y precisión, y en cada central de la red de sincronismo debe emplearse alguno de ellos; el tipo de reloj que se instale en una central determinada y las características que éste tenga dependerán del nivel jerárquico de la red en que se halle tal central.

Desde 1986 se tiene en nuestro país redes telefónicas digitales locales, fundamentalmente en Quito y Guayaquil, y, por lo tanto, desde ese año ha sido necesario que exista un sistema de sincronismo. Desde 1986 hasta ahora (1989) se ha instalado varias centrales digitales y en el futuro se continuará instalando más de estas

centrales y se las irá interconectando mediante enlace digital; además, la red telefónica digital será empleada a corto plazo para la transmisión de señales no vocales (datos, facsímil, video, etc), por lo que es esencial que se disponga de un adecuado plan de sincronismo para la red telefónica del Ecuador, el cual asegure que el sistema de sincronismo sea consistente a nivel nacional y que permita el desarrollo de la red y la prestación de nuevos servicios.

El Plan de Sincronismo propuesto en este trabajo recomienda el método de sincronismo de la red conocido como maestro - esclavo para ser aplicado en todos los niveles de la red de sincronismo ecuatoriana, debido a su facilidad de implementación, a su adaptabilidad a expansiones de la red, a la confiabilidad que ofrece y a muchas otras ventajas que presenta. El plan propuesto permite una transmisión confiable de servicios de la RDSI de banda angosta y cumple con los requisitos para realizar transmisiones digitales internacionales.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 VISION GENERAL DEL SISTEMA TELEFONICO DIGITAL

El desarrollo de una electrónica digital de bajo costo ha determinado que se den cambios importantes en las redes telefónicas, donde la aplicación de tecnología digital ha mejorado la calidad, ha reducido los costos de la telefonía y ha añadido nuevas características y servicios.

Algunas desventajas que presenta la implementación de redes telefónicas digitales son: el incremento del ancho de banda, la necesidad de conversiones Analógico/Digital (A/D) y Digital/Analógico (D/A), la necesidad de sincronización y la incompatibilidad con el equipo análogo existente. Por otro lado, las ventajas son: la facilidad de multiplexaje, la utilización de circuitos integrados, la operabilidad a bajas relaciones señal a ruido, la regeneración de la señal y, principalmente, el uso de software para la gestión de operación y mantenimiento.

Una característica importante que se observa en un

sistema telefónico digital es la independencia que existe entre las señales codificadas y la onda análoga generada por la fuente, lo cual determina que los equipos de transmisión y conmutación digital puedan utilizarse para cualquier tráfico de naturaleza digital. Debido a esto, se están dando cambios radicales, pues la red telefónica ha sido requerida para proveer muchos servicios nuevos y diferentes, la mayoría relacionados con el procesamiento de datos.

La red análoga actual es utilizada por las compañías telefónicas para la transmisión de señales de voz. El uso de la red análoga para servicios de datos implica que éstos deban ser transformados de modo que presenten a la red señales semejantes a las señales de voz.

En los últimos años se ha tenido un aumento de la demanda de comunicaciones de datos, particularmente por el uso de computadoras, la cual, unida a las ventajas propias de los sistemas digitales estimula el crecimiento de redes digitales.

Se encuentra en evolución una sola red digital (integrada), la cual suministrará tanto servicio de voz como de datos, facsímil, video, télex y telemetría. Se trata de la Red Digital de Servicios Integrados, que se basa en la utilización de la red telefónica para la transmisión de señales de voz y de todos los servicios

especiales.

En muchos países, y entre ellos el Ecuador, existen varios factores que impiden la difusión de la tecnología digital. El factor más importante es el económico. El Ecuador es un país que importa la tecnología y que cuenta con escasos recursos económicos, lo que implica que el paso de la tecnología analógica a una tecnología digital será algo lento. En nuestro país está previsto que alrededor del año 2010 se disponga de una red telefónica pública digital integrada, es decir que todas las centrales sean digitales y que estén interconectadas mediante enlaces digitales.

#### 1.1.1 Digitalización de la Voz:

Para aplicaciones en telefonía se utiliza una técnica de digitalización de la voz, que codifica digitalmente ondas análogas con la mayor fidelidad posible y que involucra conversiones A/D y D/A. Para codificar una forma de onda análoga se utiliza más comúnmente la modulación de impulsos codificados (PCM) y la modulación Delta (DM).

El primer paso para digitalizar una forma de onda análoga consiste en muestrear esta onda, para lo cual se debe establecer tiempos de muestreo periódicos y regularmente espaciados. El proceso de muestreo equivale a una modulación de amplitud de un tren de pulsos de amplitud

constante, y por ello se conoce a este proceso con el nombre de modulación por amplitud de pulsos (PAM).

### 1.1.2 Teorema del Muestreo de Shannon:

Este teorema determina la mínima frecuencia de muestreo con la que ha de muestrearse una forma de onda analógica, de modo que, a partir de las muestras así obtenidas pueda reproducirse, sin pérdida de información, la señal analógica original. El teorema del muestreo de Shannon establece que:

$$f_a \geq 2 f_s$$

donde  $f_a$  es la frecuencia de muestreo y  $f_s$  es la frecuencia más alta contenida en la onda de la señal análoga.

El canal nominal establecido por el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) para señales telefónicas está comprendido entre 0 y 4 KHz, de modo que para este caso se tiene que  $f_s = 4$  KHz, por lo que, según el teorema del muestreo de Shannon,  $f_a$  tiene un mínimo valor de 8 KHz. Esto equivale a decir que el período de muestreo  $T_a$  para una señal telefónica es:

$$T_a = \frac{1}{f_a} = \frac{1}{8 \text{ KHz}} = 125 \mu\text{S}$$

### 1.1.3 Modulación PCM:

La técnica PCM se utiliza en la mayoría de las redes telefónicas digitales. En la figura 1-0 se observa los pasos a seguir para obtener una señal PCM.

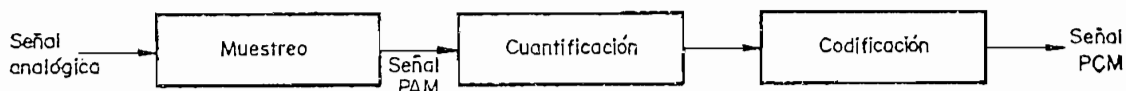


Fig. 1-0. Pasos para la obtención de una señal PCM

La señal analógica se muestrea, obteniéndose así una señal PAM. A continuación se realiza la cuantificación, que consiste en descomponer el margen total de las posibles amplitudes de la señal en intervalos de cuantificación, a cada uno de los cuales le corresponde un único valor discreto. Cada valor de muestra cae en un intervalo particular de cuantificación y es representado por el valor discreto localizado en el centro de dicho intervalo. La cuantificación puede ser uniforme o no uniforme.

Se tiene una cuantificación uniforme si todos los intervalos de cuantificación tienen el mismo ancho.

Por otro lado, se tiene una cuantificación no uniforme cuando los intervalos de cuantificación no son del mismo ancho. En este caso, los intervalos son directamente proporcionales al valor de la muestra. En aplicaciones de sistemas telefónicos se utiliza este tipo de cuantificación. El CCITT, en su Recomendación G.711, recomienda la utilización de dos leyes para realizar la cuantificación no uniforme de señales de voz, las cuales se

recomienda la utilización de dos leyes para realizar la cuantificación no uniforme de señales de voz, las cuales se conocen como ley A y ley  $\mu$ .

Después de realizar la cuantificación, se efectúa la codificación de los valores discretos, obteniéndose de este modo la señal PCM a transmitir. Para la codificación se utiliza un código binario, y a cada valor discreto se le asigna una palabra PCM de 8 bits.

#### 1.1.4 Transmisión Digital:

Una vez que la voz ha sido digitalizada (convertida en señal PCM), debe ser transmitida por canales digitales hacia el lugar de destino. Tendremos entonces una transmisión digital de la señal.

En los últimos 15 años, la transmisión digital ha progresado desde su aplicación inicial en enlaces de corto alcance, y se emplea actualmente en todos los niveles de la red de transmisión. Este desarrollo se ha debido mayormente a los grandes avances en lo que a tecnología de semiconductores se refiere. La transmisión digital tiene ventajas sobre la transmisión analógica ya que la calidad de la información recibida es mayor e independiente de la distancia; además, se tiene menores costos de equipo, mantenimiento y energía.

El sistema de transmisión PCM es un sistema a 4



hilos, 2 para cada dirección de comunicación. Se tiene entonces dos conexiones: una para el camino de transmisión y otra para el camino de recepción.

En un sistema de transmisión digital es muy importante establecer relaciones de tiempo entre las señales de transmisión, de modo que el terminal de recepción pueda reconocer cada señal discreta conforme ésta llegue; para esto, se debe disponer de una capacidad de transmisión superior a la necesitada para la información propiamente dicha.

Existen 4 medios de transmisión disponibles para una señal telefónica digitalizada: cables telefónicos de pares, cables coaxiales, cables de fibras ópticas y enlaces de microondas.

En los trayectos de transmisión PCM se instalan repetidores, y la distancia a la que éstos son colocados depende del medio de transmisión utilizado. Estos repetidores regeneran la señal PCM en ambas direcciones, eliminando así las distorsiones ocasionadas por agentes externos y las debidas a los parámetros de transmisión de las líneas.

La máxima velocidad de transmisión de una señal en un enlace de transmisión digital es igual a dos veces el ancho de banda disponible. Si se tiene una velocidad de

transmisión muy cercana al valor máximo, puede suceder que se sobrepongan pulsos, lo cual se conoce como interferencia entre símbolos; las perturbaciones que la causan son la falta de sincronismo, un ancho de banda limitado, distorsiones de amplitud y distorsiones de fase.

Se dispone de dos tipos de transmisión digital: la transmisión asincrónica y la transmisión sincrónica.

En la transmisión asincrónica se transmite en forma separada grupos de bits, cuyos tiempos de transmisión no están relacionados entre sí, por lo que, para la recepción de cada grupo debe volver a sincronizarse el reloj del terminal de recepción.

En el caso de la transmisión sincrónica, la cual es utilizada en los enlaces de transmisión digital de la red telefónica, se envía las señales digitales en forma continua y con una velocidad constante, por lo que el terminal receptor sincroniza su reloj con los datos de entrada por tiempo indefinido.

Si se utiliza transmisión sincrónica, las señales digitales deben contener información de modo de asegurar que el receptor (o un repetidor) pueda sincronizarse con la velocidad de la señal digital entrante.

La calidad de un enlace de transmisión se mide por

la tasa de errores (BER), que indica el número de bits errados de un grupo dado de bits.

Existen dos técnicas básicas para monitorear directamente la calidad de un enlace de transmisión digital, las cuales proveen una indicación del BER del canal. Estas técnicas son las mediciones de la calidad del pulso y la verificación de redundancia. (La segunda técnica es la de mayor uso).

La redundancia consiste en tener un mayor número de pulsos que los que se requiere para la información propiamente dicha y su verificación permite monitorear la calidad de la línea sin conocer el tipo de tráfico que se está transmitiendo.

Para subdividir la capacidad de un medio de transmisión digital se dispone de varias técnicas, pero la más común y más económica es la técnica de multiplexaje por división de tiempo (TDM), donde cada fuente tiene disponible periódicamente el ancho de banda total por un intervalo de tiempo restringido.

Se tiene 2 formas de TDM: el TDM asincrónico y el TDM sincrónico. El TDM asincrónico asigna capacidad de transmisión a cada fuente conforme se necesite, mientras que el TDM sincrónico, que es utilizado por los enlaces digitales de la red telefónica pública, asigna repetidamente a cada fuente una porción de la capacidad de

transmisión. Cuando se hable de la técnica TDM se estará haciendo referencia al TDM sincrónico.

Se tiene dos estructuras de TDM: la intercalación de bit y la intercalación de palabra. En el caso de la intercalación de bit se asigna a cada fuente un intervalo de tiempo correspondiente a un bit, mientras que en la intercalación de palabra, a cada fuente se le asigna un intervalo de tiempo correspondiente a un grupo mayor de bits, conocido como palabra. En los sistemas PCM, cada palabra PCM está compuesta por 8 bits y, por lo tanto, conviene utilizar la estructura TDM de intercalación de palabra, asignando a cada fuente un intervalo de tiempo correspondiente a 8 bits.

Al conjunto de intervalos de tiempo que contienen información de todas y cada una de las fuentes, y donde sólo se tiene un intervalo de tiempo por fuente, se conoce como una trama. En todas y cada una de las tramas, el primer intervalo de tiempo corresponde al que tiene información de la primera fuente multiplexada.

Para identificar intervalos de tiempo individuales dentro de una trama TDM se utiliza en el terminal receptor un contador sincronizado con el formato de trama del transmisor, para lo cual se requiere de una cierta cantidad de transmisión adicional para establecer y mantener la sincronización de trama.

el sistema PCM 30 se utiliza la ley A y en el sistema PCM 24, la ley  $\mu$ .

Se realizará una descripción del sistema PCM 30 por ser el que se utiliza en el Ecuador.

El sistema de transmisión PCM 30 es aquel que permite transmitir simultáneamente 30 conversaciones por dos pares simétricos de cable. Las palabras PCM de 30 señales telefónicas se transmiten sucesivamente en forma cíclica mediante la técnica TDM y la estructura de intercalación de palabra. Este sistema se conoce también como PCM 30+2, pues está constituido por 32 canales, de los cuales 30 son para información y los 2 restantes son para señalización, alarmas y sincronización. Estos 32 canales (numerados del 0 al 31) forman una trama, y 16 tramas componen una multitrama. Cada canal está constituido por 8 bits de muestras, por lo que una trama tiene 256 bits.

En la figura 1-1 se puede apreciar la estructura de una trama del sistema PCM 30.

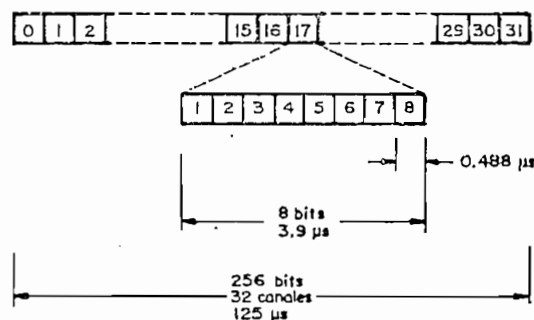


Fig. 1-1. Estructura de una trama del sistema PCM 30

La frecuencia de muestreo para este sistema (dada en la Recomendación G.711 del CCITT) es de 8 KHz, de acuerdo a lo que establece el teorema del muestreo de Shannon. Por esto, la duración de una trama es de

$$T = \frac{1}{8 \text{ KHz}} = 125 \mu\text{s}$$

y por consiguiente, una multitrama tendrá una duración de 2 ms.

En el sistema PCM 30 el número de muestras por señal telefónica es de 8000 por cada segundo y la velocidad binaria de un canal es de 64 Kbit/s. Según la Recomendación G.732 del CCITT, el ritmo digital generado por el sistema PCM 30 es de 2.048 Mbit/s.

El canal 0 se utiliza para transmitir la señal de alineación de trama (FAW) y la señal de alarma de sincronización de trama, los canales del 1 al 15 y del 17 al 31 son canales de conversación y el canal 16 se utiliza para transmitir señalización, la señal de alineación de multitrama (MFAW) y la señal de alarma de sincronización de multitrama.

La FAW aparece en este sistema como una palabra de 7 bits que se transmite en el canal 0 de las tramas pares (tramas 0, 2, 4, ...). El bit sobrante del canal (bit 1) se reserva para el monitoreo y control en aplicaciones de rutas internacionales. Basándose en las señales entrantes de alineación de trama, las secciones receptoras determinan

la posición en el tiempo de las palabras PCM, de manera que los bits recibidos puedan asignarse en la secuencia correcta a los distintos circuitos vocales. La estructura del canal 0 de una trama par es la siguiente:

No. de bit	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor binario	X	0	0	1	1	0	1	1

En las tramas impares, el canal 0 tiene la estructura siguiente:

No. de bit	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor binario	X	1	A	Y	Y	Y	Y	Y

El primer bit (X) está reservado para uso internacional; el segundo bit (1) evita la simulación de la señal de alineación de trama; el tercer bit (A) está fijado internacionalmente para indicación de alarma de sincronización de trama y los bits 4,5,6,7 y 8 (Y) están reservados para uso nacional.

En el canal 16 de la trama 0 encontramos la siguiente estructura de bits:

No. de bit	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor binario	0	0	0	0	X	Y	X	X

En los bits 1,2,3 y 4 encontramos la MFAW, el bit 6 (Y) contiene la indicación de alarma de sincronización de multitrama y los bits 5,7 y 8 (X) están reservados para

rutas nacionales.

Desde la trama 1 hasta la 15, en el canal 16 se puede tener señalización asociada al canal para 30 circuitos. En este caso, se subdivide el canal de tal manera que para cada uno de los 30 canales telefónicos se tenga disponibles bits para ello.

Cuando no se transmite señalización asociada al canal, el canal 16 de las tramas 1 a la 15 queda disponible para transmitir otras señales digitales como, por ejemplo, la señalización por canal común, con una velocidad binaria de canal de 64 Kbit/s.

En el lado de recepción de la señal TDM se recupera las distintas señales PCM, es decir que las palabras PCM se distribuyen a las salidas correspondientes.

Después de que las palabras PCM han sido distribuidas, en cada salida son reconstruidos los valores discretos y luego se utiliza un filtro pasabajo para hacer una interpolación entre los valores de muestreo con el objeto de crear nuevamente la forma de onda original. Si no se producen errores en la transmisión, la onda a la salida es idéntica a la onda enviada por el transmisor, excepto por una pequeña cantidad de distorsión de cuantificación, que es la diferencia entre un valor de una muestra y su representación discreta.



### 1.1.5 Conmutación Digital:

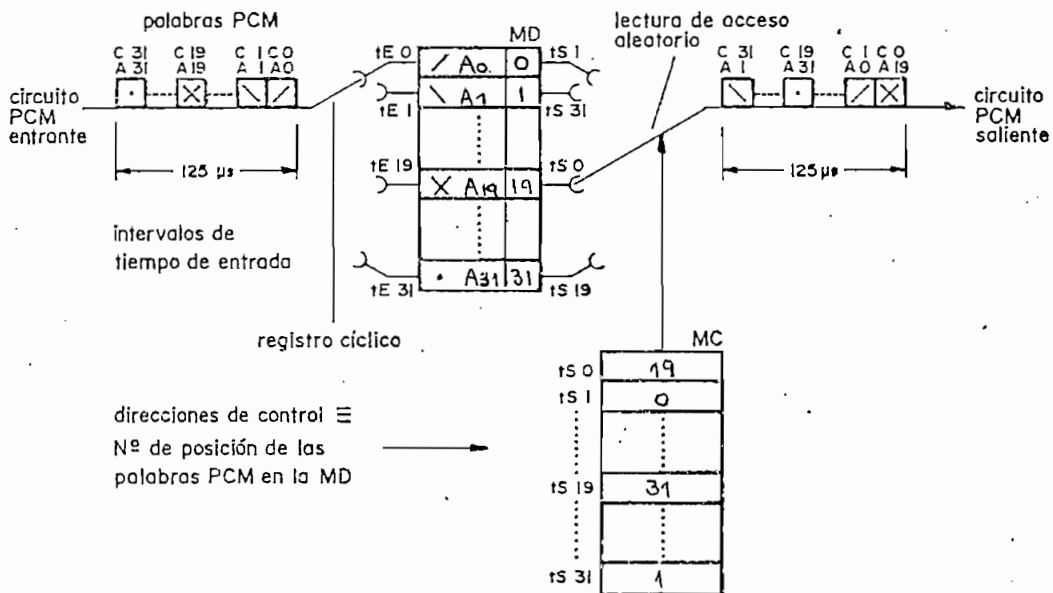
Las centrales telefónicas digitales establecen las comunicaciones reordenando básicamente las palabras PCM de diferentes señales telefónicas conforme a los deseos de comunicación. A la frecuencia de muestreo empleada se transmite en cada dirección de llamada 8000 muestras por segundo. Así resultan en las centrales períodos consecutivos de 125  $\mu$ s, dentro de los cuales cada palabra PCM ocupa un determinado intervalo de tiempo, lo que se corresponde exactamente con la transmisión digital, en la que, en una trama, cada palabra PCM está asignada a un intervalo de tiempo de canal determinado. Las centrales telefónicas digitales realizan el reordenamiento de las palabras PCM de las diferentes señales telefónicas gracias al proceso de conmutación digital, en el que se dan dos transferencias de información (una en cada dirección de comunicación), cada una de las cuales involucra trasladar tanto en el tiempo como en el espacio la información de un canal de un circuito PCM a otro canal de otro circuito PCM.

La conmutación digital se realiza mediante la combinación del conmutador temporal y del conmutador espacial.

El conmutador temporal realiza traslados de palabras PCM en el tiempo. Cualquier palabra PCM entrante (la cual se halla en un intervalo de tiempo determinado de un

circuito PCM de entrada) puede ser trasladada a cualquier intervalo de tiempo del mismo circuito PCM de salida.

En la figura 1-2 se tiene un esquema del conmutador temporal, en la que se visualiza la función que éste cumple.



MD = memoria de datos

MC = memoria de control

tE = tiempo de entrada

tS = tiempo de salida

$C_n$  = canal  $n$  ( $n = 0, \dots, 31$ )

$A_n$  = palabra PCM del canal  $n$  del circuito PCM

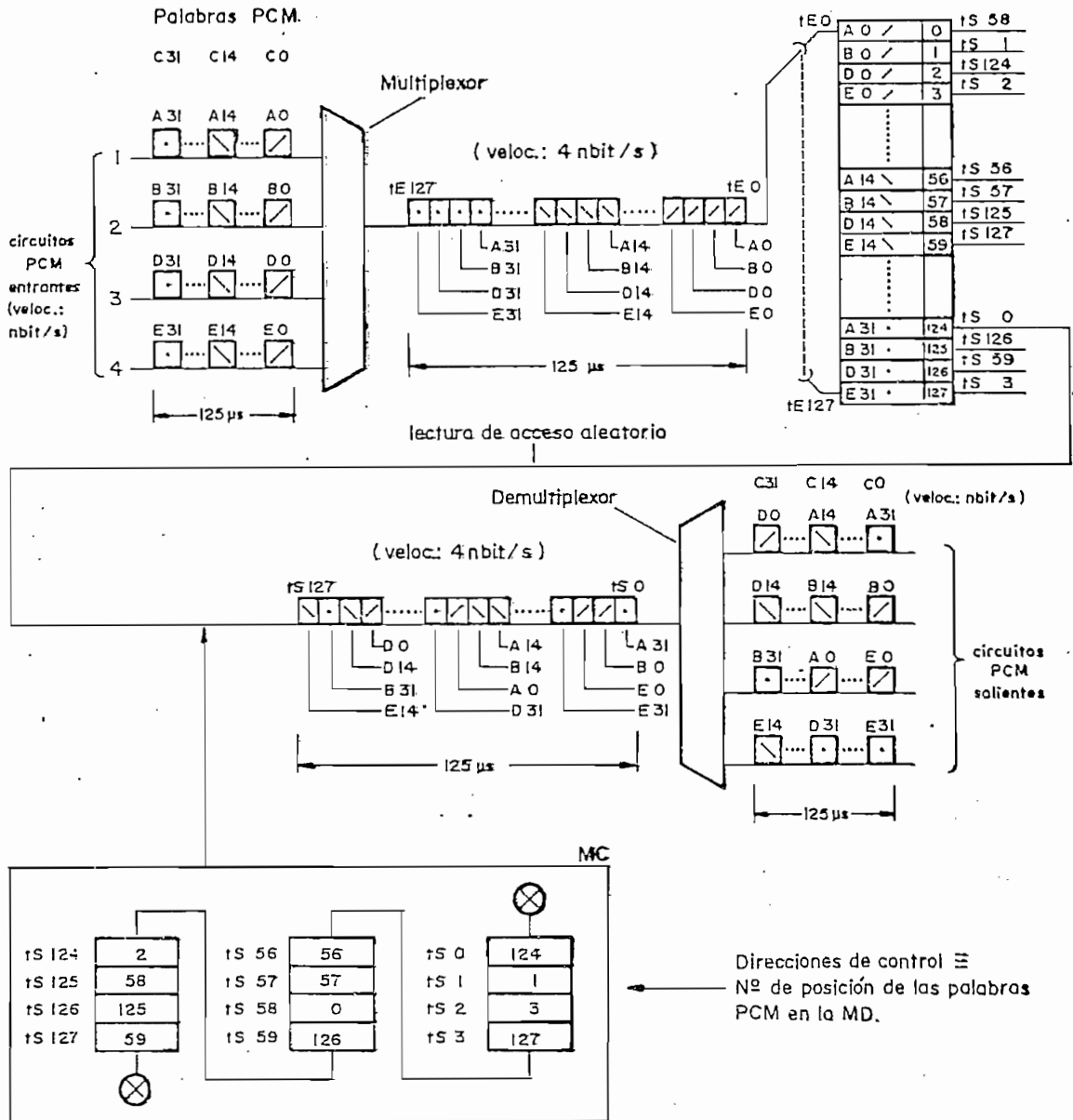
Fig. 1-2. Conmutador temporal

Las palabras PCM se registran cíclicamente en la memoria de datos, la cual contiene 32 palabras de 8 bits, y

de ésta son leídas en conformidad con las llamadas realizadas. Al ser almacenadas, dichas palabras se clasifican de acuerdo a las llamadas que se han efectuado, de modo que la lectura de las mismas pueda hacerse también en forma cíclica. El conmutador temporal dispone de una memoria de control, que es una memoria de acceso aleatorio (RAM) que contiene 32 palabras de 5 bits, y que es escrita por la unidad de control del sistema. La dirección de control designa una determinada posición para cada palabra PCM en la memoria de datos. En el conmutador temporal la dirección de control indica en qué posición de la memoria de datos ha de leerse o escribirse la palabra PCM a transmitir o recibir.

Una variante de alta velocidad del conmutador temporal la constituye el conmutador espacial temporal, el cual, debido a su gran velocidad de operación puede trasladar las palabras PCM de varios circuitos PCM entrantes a cualesquiera intervalos de tiempo de varios circuitos PCM salientes. Para conseguir esto, las palabras PCM de los circuitos PCM entrantes son agrupadas y enviadas a la memoria de datos, lo cual significa que la velocidad binaria por la línea entre el multiplexor y la memoria es varias veces mayor que la velocidad por los circuitos PCM de entrada. En la figura 1-3 se tiene un esquema del conmutador espacial temporal, en el que se muestra un ejemplo de su funcionamiento para 4 circuitos PCM de entrada y de salida. Como se observa en esta figura, dicho

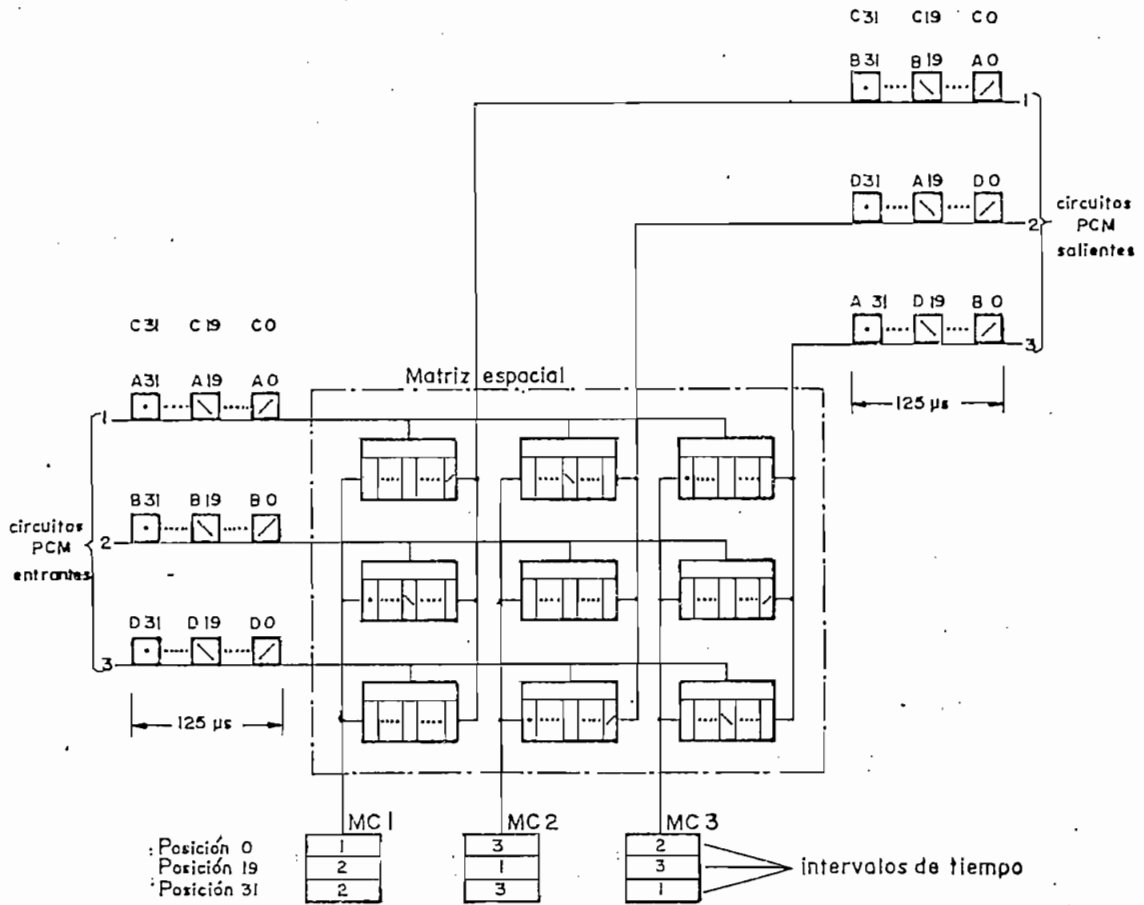
conmutador está compuesto por una memoria de datos, una memoria de control, un multiplexor y un demultiplexor.



- MD = memoria de datos
- MC = memoria de control
- tE = tiempo de entrada
- tS = tiempo de salida
- Cn = canal n (n = 0, ..., 31)
- An = palabra PCM del canal n del circuito PCM 1
- Bn = palabra PCM del canal n del circuito PCM 2
- Dn = palabra PCM del canal n del circuito PCM 3
- En = palabra PCM del canal n del circuito PCM 4

Fig. 1-3 Conmutador espacial temporal

El conmutador espacial, a diferencia del conmutador temporal, realiza traslados de las palabras PCM en el espacio. Este conmutador traslada palabras PCM de diferentes circuitos PCM sin que cambien de intervalos de tiempo. Cualquier palabra PCM entrante puede ser trasladada a cualquier circuito PCM saliente y no habrá bloqueo si el número de circuitos PCM salientes es mayor o igual al número de circuitos PCM entrantes. El conmutador espacial está constituido por conmutadores electrónicos. En la figura 1-4 se tiene un conmutador espacial para 3 circuitos PCM de entrada y 3 circuitos PCM de salida.



MC = memoria de control

C<sub>n</sub> = canal n (n = 0, ..., 31).

A<sub>n</sub> = palabra PCM del canal n del circuito PCM 1

B<sub>n</sub> = palabra PCM del canal n del circuito PCM 2

D<sub>n</sub> = palabra PCM del canal n del circuito PCM 3

Fig. 1-4. Conmutador espacial

Se observa que el conmutador espacial está compuesto por una matriz espacial (formada por compuertas AND y OR) y una memoria de control. La matriz espacial es un arreglo rectangular de puntos de conexión que puede usarse para conectar cualquier entrada con cualquier salida. La memoria

de control controla a la matriz espacial; contiene 32 palabras de 2 bits. La dirección de control designa un circuito PCM de entrada en la columna de la matriz espacial, lo cual determina que una compuerta AND se vuelva conductora, de modo que durante el intervalo de tiempo en cuestión el circuito PCM de entrada direccionado está interconectado con el circuito PCM de salida relacionado con esa columna. Al igual que en el caso del conmutador temporal, la memoria de control es escrita por la unidad de control del sistema.

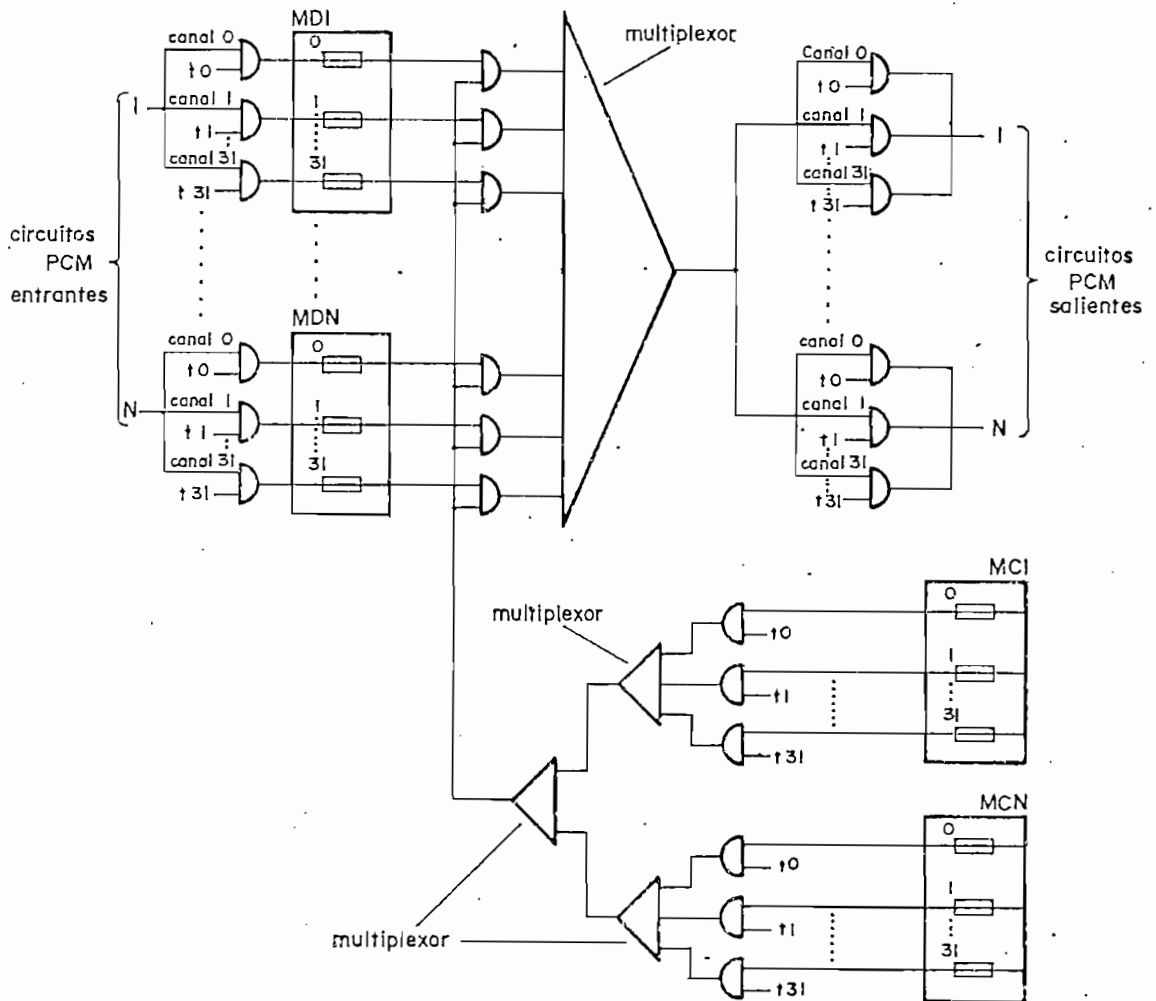
Cabe mencionar que el conmutador temporal es más económico que el conmutador espacial, principalmente porque la memoria digital es mucho más barata que los puntos de conexión digital (compuertas AND y OR), en especial por el costo de acceso y selección desde pines externos. Debido a esto, las implementaciones de conmutación temporal proporcionan funciones de conmutación digital de una manera más económica que las implementaciones de conmutación espacial. Sin embargo, restricciones prácticas de la velocidad de la memoria limitan el tamaño de un conmutador temporal de modo que en grandes conmutadores es necesaria cierta cantidad de conmutación espacial.

Para realizar la conmutación telefónica se puede emplear centrales de 1, 2 ó 3 etapas de conmutación, principalmente. Estas centrales permiten conmutar información (palabras PCM) entre dos intervalos de tiempo



cualesquiera de dos circuitos PCM cualesquiera.

Como central de una etapa de conmutación se tiene a la central T, la cual está conformada por un conmutador temporal (etapa temporal o etapa T) como se aprecia en la figura 1-5



MD = memoria de datos

MC = memoria de control

$t_i$  = intervalo de tiempo  $i$

Fig. 1-5. Central T

En la figura anterior puede verse que, además del conmutador temporal, la central T dispone de multiplexores para distribuir la señal de control y para enviar una palabra PCM de un circuito PCM a otro cualquiera.

En el intervalo de tiempo  $t_i$  se realiza la escritura de las informaciones entrantes del canal  $i$  de cada circuito PCM en las palabras de la memoria de datos. En  $t_i+k$  ( $1 \leq k \leq N$ ), el contenido de la palabra  $i+k$  de la memoria de control direcciona la palabra de memoria de datos, cuyo contenido deber ser encaminado al canal saliente  $i$  del circuito PCM  $k$ . En cada intervalo de tiempo  $t_i$  se escriben todas las palabras correspondientes a dicho  $t_i$  (de cada circuito PCM) en la memoria de datos y se extraen informaciones por los canales salientes  $i$  de los circuitos PCM.

Lo mencionado anteriormente establece la necesidad de una gran cantidad de memoria, la misma que aumenta con el número de circuitos PCM como se observa en la siguiente figura.

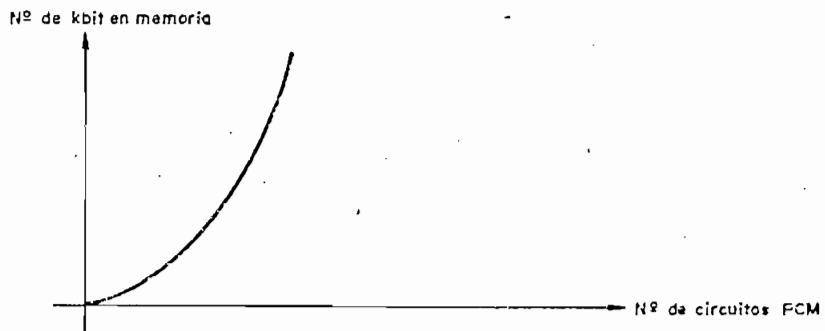
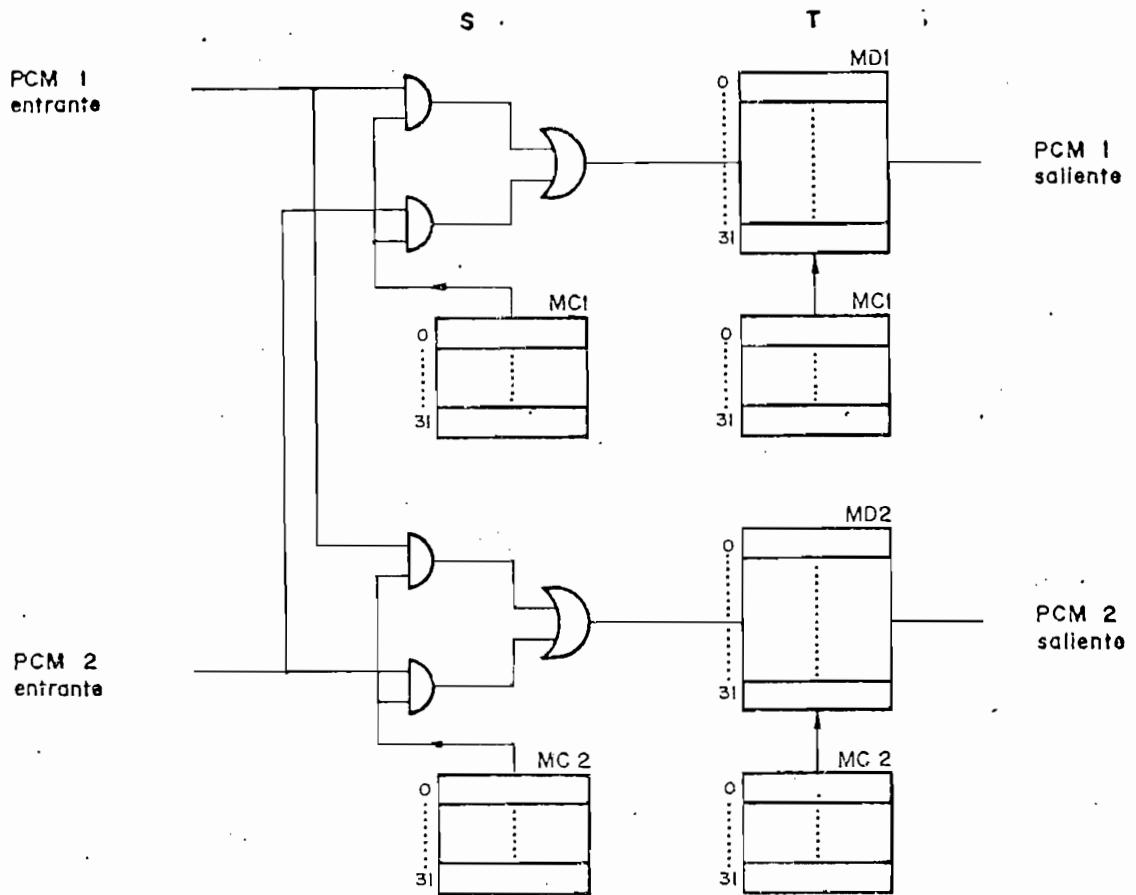


Fig. 1-6. Memoria necesaria en una central T en función del número de circuitos PCM a conmutar.

En la figura anterior puede observarse que la curva crece con una pendiente superior a la unidad, lo cual implica que el crecimiento relativo en memoria en una central T supera al incremento relativo de su capacidad. Esta situación obliga a limitar a la central T al nivel de las capacidades bajas, a pesar de que con la tecnología moderna está disminuyendo considerablemente el costo de las memorias.

Para lograr reducciones en los costos y en la complejidad de implementación se utiliza centrales de varias etapas de conmutación.

Dentro de las centrales de dos etapas de conmutación puede haber las siguientes alternativas: central ST, central TS y central TT. Una central ST es aquella en la que un conmutador espacial (etapa espacial o etapa S) está seguido de una etapa T. En la figura 1-7 se tiene una central ST para 2 circuitos PCM entrantes y 2 circuitos PCM salientes.

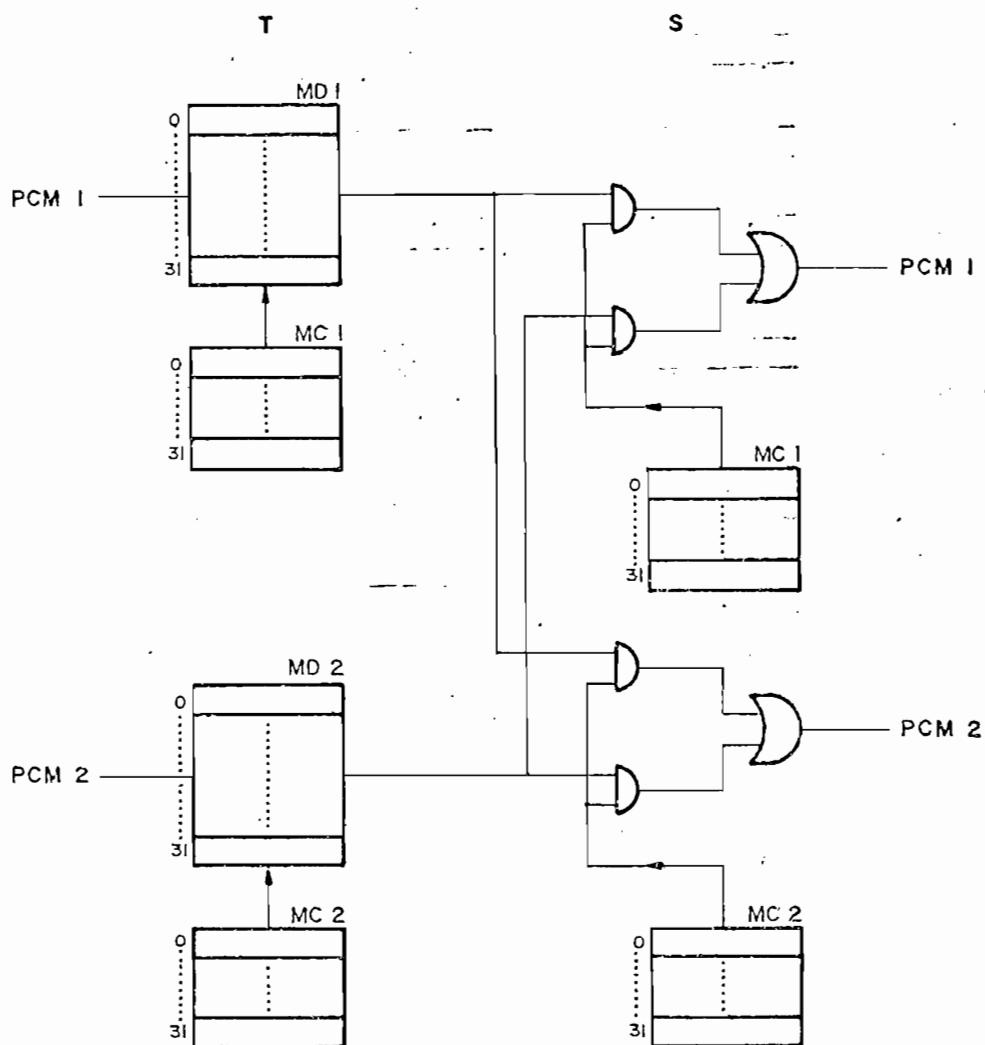


MD = memoria de datos

MC = memoria de control

Fig. 1-7. Central ST

En la figura 1-8 se tiene una central TS para 2 circuitos PCM entrantes y 2 circuitos PCM salientes.

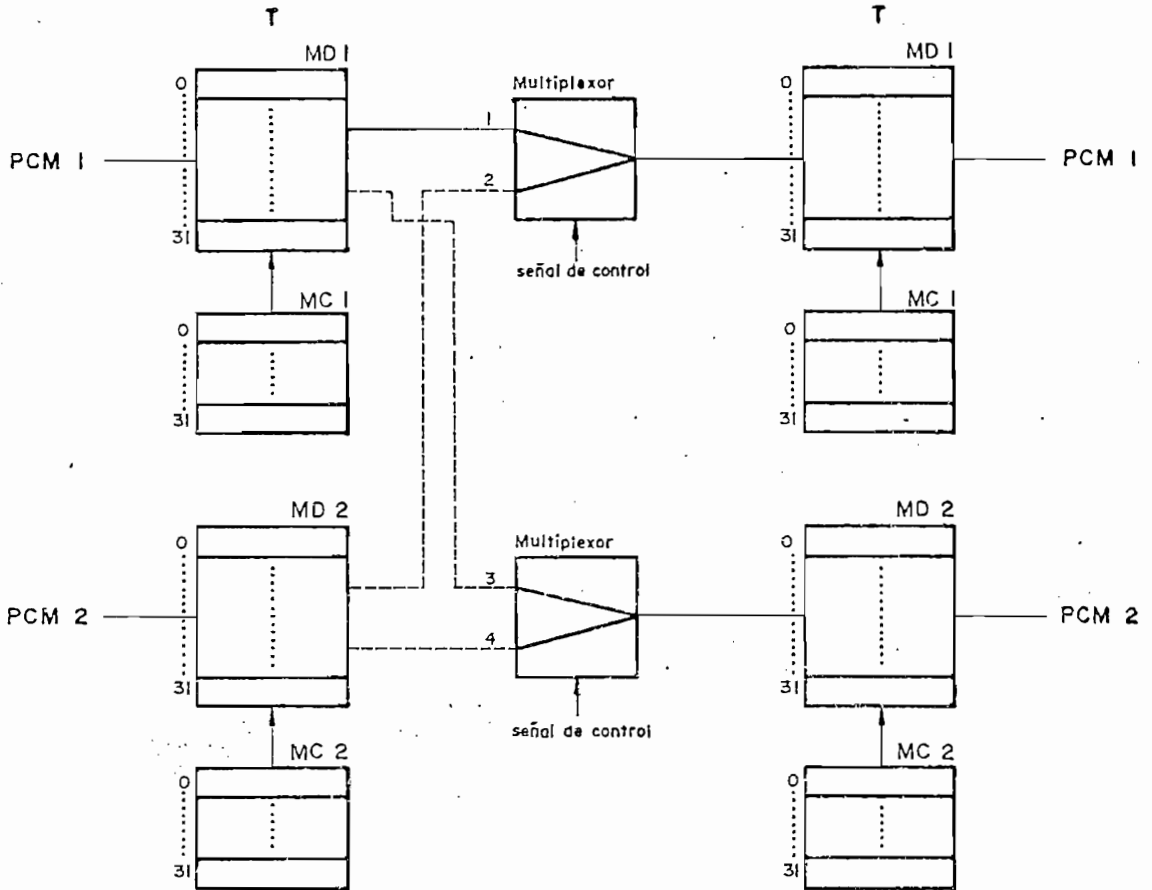


MD = memoria de datos

MC = memoria de control

Fig. 1-8. Central TS

Una central TT está compuesta por una etapa T seguida de otra del mismo tipo. En la figura 1-9 se muestra una central TT para 2 circuitos PCM entrantes y 2 circuitos PCM salientes.



MD = memoria de datos

MC = memoria de control

Fig. 1-9. Central TT

Como se observa en la figura anterior, en una central TT, entre las etapas T se tiene multiplexores, que son elementos espaciales pero no constituyen un paso de conmutación espacial.

El paso a través de los multiplexores de la palabra PCM de cualquier canal del circuito PCM 1 a otro canal del circuito PCM 2, para el ejemplo de la figura 1-9, tiene que hacerse cuando la entrada 3 pueda pasar, y esto ocurrirá cuando la señal de control esté en estado 1; de igual manera, el paso de la palabra PCM de algún canal del circuito PCM 2 a otro canal del circuito PCM 1 tiene que hacerse cuando la entrada 2 pueda pasar, es decir cuando la señal de control esté en estado 1. La señal de control está dada por el bit menos significativo de la señal contadora de los intervalos de tiempo y, por lo tanto, las conexiones antes mencionadas se harán a través de los multiplexores en un tiempo de canal impar. Esto impone una gran restricción, ya que deberá encontrarse palabras impares de la memoria de control en la primera etapa, lo cual reduce las posibilidades en un 50%.

Dentro de las centrales de 3 etapas de conmutación se tiene a las centrales TST y STS, cuya estructura es similar a la de las centrales de 2 etapas. Se puede establecer ciertas comparaciones entre las centrales TST y STS:

- La central STS es más confiable que la central TST ya que permite un mayor número de posibles caminos entre una entrada y una salida.
- Para centrales telefónicas pequeñas y de alta velocidad interna de bits el costo de la central TST es algo mayor

que el de la central STS, mientras que en centrales telefónicas de alta capacidad y baja velocidad el costo de la central STS es mayor que el de la central TST.

- Las centrales TST tienen una clara ventaja de implementación sobre las centrales STS cuando se tiene grandes volúmenes de tráfico.
- Para conmutadores pequeños, las complejidades de implementación son menores en una central STS.
- La central STS tiene requerimientos de control relativamente más simples que los de la central TST.
- La etapa temporal se implementa con dos memorias, mientras que la etapa espacial se implementa con una memoria y una matriz. Debido a que es más fácil integrar memorias que integrar matrices, la tecnología de una central TST es más sencilla que la de una central STS.

En el caso de la central STS es conveniente, para el caso de conmutadores grandes, implementar los conmutadores espaciales con varias etapas. En una central TST, cuando la etapa espacial es lo suficientemente grande como para justificar una complejidad de control adicional, se puede utilizar varias etapas espaciales.

Se puede diseñar conmutadores digitales sin bloqueo, es decir que no produzcan pérdidas, los cuales, sin embargo, casi no son requeridos en las centrales telefónicas. Tanto los sistemas de conmutación como los circuitos de enlaces se diseñan para cubrir la mayoría de



la demanda de tráfico. Así, el equipo de la red telefónica pública está diseñado para proporcionar una cierta probabilidad máxima de bloqueo durante la hora de tráfico pico. Lo más conveniente desde el punto de vista económico es diseñar conmutadores con probabilidades de bloqueo aceptablemente bajas.

## 1.2 REQUERIMIENTOS DE SINCRONISMO

Todas las centrales digitales necesitan una fuente de frecuencia o reloj para temporizar las operaciones internas y externas. En un sistema de telecomunicaciones digitales es necesario sincronizar la frecuencia y la fase de la señal de reloj en los terminales de transmisión y recepción con el objeto de tener una correcta detección de la señal en el sistema de recepción, lo cual implica que un mismo bit tenga igual significado, tanto para la central que lo transmite como para la que lo recibe.

La sincronización implica la aplicación de dos tecnologías:

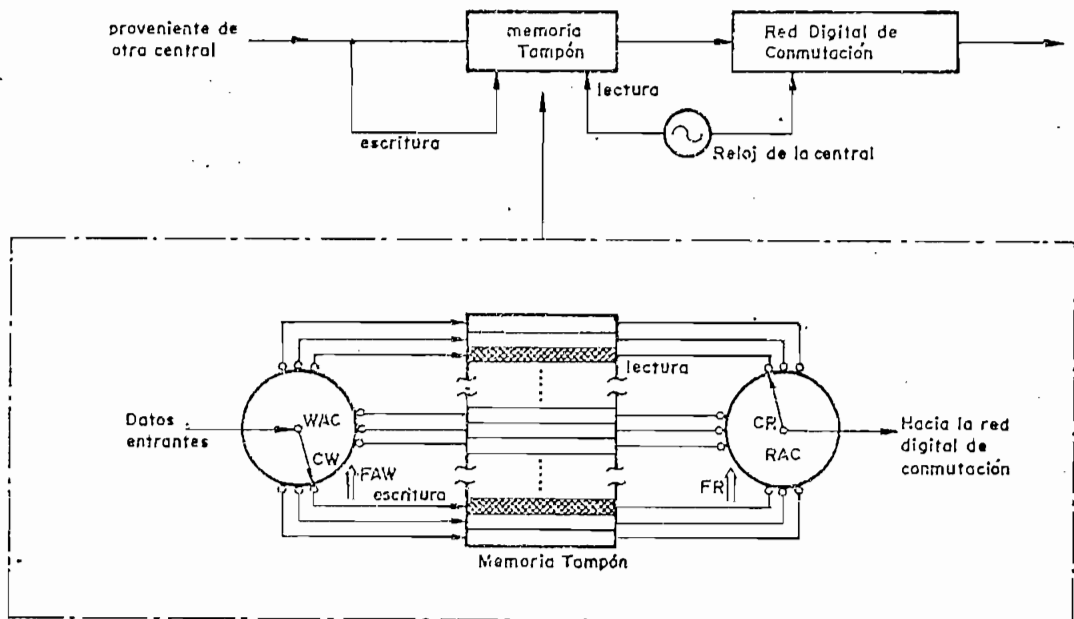
- 1) Tecnología de sincronismo de frecuencia, para ajustar a una misma frecuencia o a una frecuencia promedio de reloj a todas las centrales de la red.
- 2) Tecnología de sincronismo de fase, para ajustar la posición en el tiempo de los pulsos (fase de reloj) y del inicio y el fin de los pulsos (fase de trama) en cada uno de los enlaces de alta velocidad entrantes.

### 1) Sincronismo de frecuencia.

Si se tiene interconectadas centrales digitales mediante enlaces digitales, en cada central se recibe trenes de bits procedentes de otras centrales digitales,

los cuales llegan con su propia frecuencia de bits, y se envía trenes de bits hacia otras centrales o, en último término, a los abonados, a un ritmo (cadencia) determinado por el reloj de la central.

En cada central se dispone de un interfaz, en el que se tiene una memoria tampón, que es un buffer en el que se escribe a una frecuencia y del cual se lee a otra, como se observa en la figura 1-10.



FAW: Señal de alineación de trama  
 CW: Reloj entrante  
 WAC: Contador de la dirección para escribir  
 CR: Reloj de la central  
 RAC: Contador de la dirección para leer  
 FR: Sincronismo de trama de la central

Fig. 1-10. Lectura y escritura de bits en la memoria tampón

Cuando llega la FAW se libera el WAC y los datos entrantes se escriben desde la dirección de cabecera de la memoria. Cuando llega el FR (pulsos de alineación de trama del lado de la central) se libera el RAC y los datos se leen desde la dirección de cabecera según los contenidos del contador. Las operaciones de escritura y lectura son independientes.

La escritura del tren de bits entrante en la memoria tampón de una central se realiza a la frecuencia de la señal entrante (CW) y la lectura de la información contenida en la memoria tampón se efectúa a la frecuencia del reloj de la central (CR). Si CW es igual a CR, el llenado de la memoria tampón permanece constante, lo cual no constituye ningún problema, pero, por lo general, ambas frecuencias (CW y CR) no son exactamente iguales. Si CW es mayor que CR, el buffer se llena y se desborda. Este desbordamiento representa una pérdida de información y a esto se conoce como deslizamiento. También puede tenerse que CW sea menor que CR, en cuyo caso ocurre un vaciado del buffer. Cuando el buffer se vacía no hay información nueva que leer, lo cual determina que se vuelva a leer información, es decir, se produce un doblamiento de la información. A esto también se conoce como deslizamiento.

En la figura 1-11 se aprecia los fenómenos que se producen cuando existe una pequeña diferencia de frecuencia entre CW y CR. Esta diferencia de frecuencia debería ser

siempre pequeña, puesto que cada reloj genera exacta o muy aproximadamente una frecuencia de 2.048 MHz dentro del sistema PCM 30. Debe indicarse que cuando CW es igual a CR (caso ideal), un tiempo de lectura de un canal ocurre justo en la mitad de dos tiempos de escritura del mismo canal.

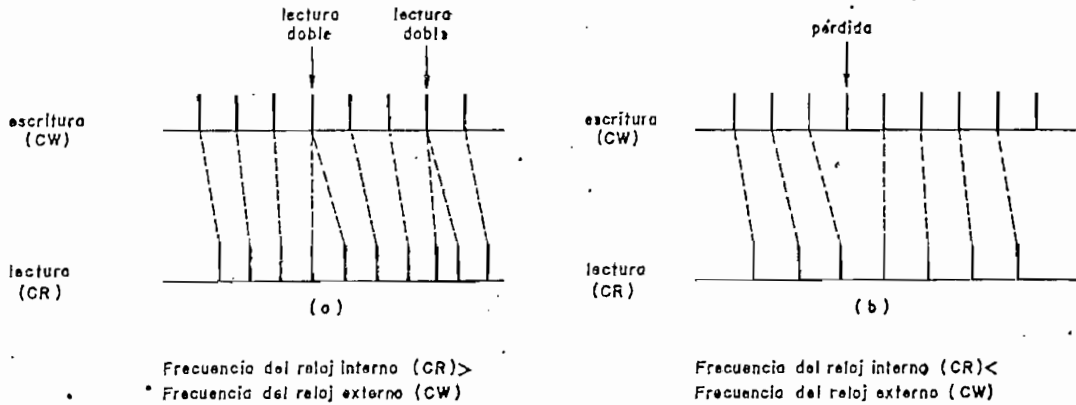


Fig. 1-11. Efecto de las diferencias de frecuencia entre la frecuencia del tren de bits que ingresa a una central (CW) y la frecuencia del reloj de la central (CR).

Se observa entonces que la diferencia entre la frecuencia de las señales entrantes y la del reloj local introduce errores que se llaman deslizamientos y que corresponden a pérdidas o doblamientos de información. Si no se dispusiera de algún dispositivo de control, los deslizamientos se producirían a nivel de elementos binarios de la señal digital incidente que se perderían o se duplicarían cada vez que la diferencia de fase sobrepasara la duración de un elemento binario. Mediante la introducción de la memoria tampón se retarda la aparición del fenómeno y se reduce su frecuencia, ya que se aumenta en la misma proporción la amplitud del salto de fase instantáneo que se produce en el momento del deslizamiento.

Se debe notar que cuando se dispone de una memoria tampón, en el instante del deslizamiento se pierde o se duplica todo el contenido de la memoria. Las exigencias de tiempo de propagación en una cadena de transmisión limitan generalmente a 125  $\mu$ s el retardo máximo introducido, siendo para una trama PCM de 2 Mbit/s la capacidad de memoria prevista para este efecto. Dichos dispositivos provocarán entonces un deslizamiento de trama cuando la diferencia de fase entre relojes alcance 125  $\mu$ s. Así, cada vez que ocurra un deslizamiento se perderá o se repetirá una trama PCM completa.

De lo anterior se concluye que la frecuencia de bits entrante y la frecuencia del reloj de la central deben tener el mismo valor medio pues, de otro modo, la transmisión por la central sufrirá perturbaciones, conocidas como deslizamientos, que se producen cuando la frecuencia entrante de bits es mayor o menor que la frecuencia del reloj de la central.

El número de deslizamientos por día, en el tráfico entre dos centrales digitales, es proporcional a la precisión de frecuencia de los relojes locales y, sin un sistema de sincronismo, ambas frecuencias inevitablemente diferirán entre sí. Los deslizamientos también pueden ocurrir debido a otros fenómenos, como la fluctuación y las variaciones en el tiempo de demora de transmisión entre centrales. Los deslizamientos dañan la calidad de la

transmisión pues determinan que se suprima o que se repita información y, por lo tanto, es necesario emprender acciones para evitar excesivas distorsiones debidas a ellos.

Un procedimiento que evita la ocurrencia de deslizamientos consiste en insertar pulsos en la señal digital para realizar ajustes de temporización. A este procedimiento se conoce como relleno de pulsos y es independiente de la señal digital o del sistema de modulación que se utilice. Para realizar el relleno de pulsos se utiliza un canal de salida que tiene una velocidad mayor a la velocidad de entrada. Este canal de salida puede llevar todos los datos de entrada y además una cierta cantidad de bits de relleno, los cuales deben poder ser identificados para que sea factible la recuperación de la corriente original de datos. Este procedimiento se utiliza para prevenir la pérdida de datos cuando se interconectan enlaces de transmisión digital que no están sincronizados entre sí.

El sincronismo de frecuencia consiste en tomar todas aquellas medidas que aspiran a originar y mantener una velocidad de bits común para todas las centrales digitales. De este modo, dicho sincronismo evita que los deslizamientos deterioren la calidad de transmisión fuera de límites aceptables, con lo que es posible enviar señales sin pérdidas esenciales de información. Para realizar el

sincronismo de frecuencia se emplea el sistema de sincronismo de la red, el cual ajusta la frecuencia de cada reloj de la misma. Se tiene dos métodos básicos diferentes para realizar el sincronismo de la red: el método plesiócrono y el método síncrono.

Una red digital plesiócrona es aquella en la que los relojes que controlan a las centrales son independientes unos de otros, sin embargo de lo cual, su exactitud de frecuencia los mantiene dentro de los límites requeridos.

Una red digital síncrona es aquella en la que los relojes están controlados para funcionar teóricamente a cadencias idénticas o a la misma cadencia media con un desplazamiento de fase relativo limitado.

En el tercer capítulo, ítem 3.2 se tiene una explicación más detallada de los métodos de sincronización de la red.

## 2) Sincronismo de fase.

En la conmutación digital se conectan muchas líneas entrantes (enlaces de alta velocidad) y los canales de dichas líneas se conmutan por división de tiempo distribuyéndose entre varios enlaces de alta velocidad salientes.

Si las posiciones de trama en cada enlace de alta



velocidad entrante no coinciden, se tiene una superposición de información entre canales. Esta situación obliga a tratar en forma independiente a cada enlace de alta velocidad, lo cual determina una mayor complejidad del circuito. Por lo tanto, es necesario regular la posición de las tramas en cada enlace de alta velocidad. A esto se denomina sincronismo de fase de trama. En las tramas de cada enlace de alta velocidad se ha adicionado, aparte de los canales para sincronismo, pulsos de alineación de trama. En la figura 1-12 se puede observar el principio de sincronismo de fase de trama.

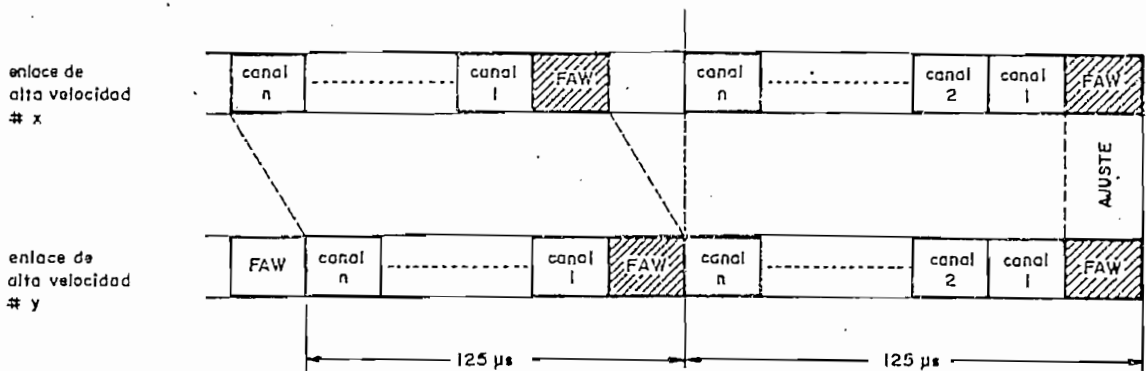
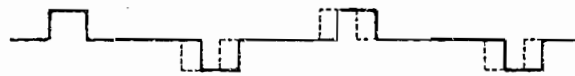


Fig. 1-12. Concepto de sincronismo de trama

Por otra parte, con la finalidad de no observar anomalías tales como el jitter o el wander, que se originan en la línea de transmisión, es necesario realizar un sincronismo de fase de los pulsos de reloj (bits), el cual regule la diferencia de tiempo entre los pulsos.

El jitter es la fluctuación de pulsos, como se puede

ver en la figura 1-13. Se produce por factores externos e internos. El factor externo es el que se produce cuando se regenera el tren de pulsos y se efectúa un juicio incorrecto debido a ruido o diafonía producidos sobre la vía de transmisión. Como factor interno tenemos la sincronización incorrecta por desintonización del circuito del temporizador, debido a diferentes causas, como envejecimiento, cambio de temperatura, etc.



la línea punteada  
señala la correcta  
ubicación de los pulsos.

Fig. 1-13. Fluctuación de fase

La fluctuación lenta en la vía de transmisión se denomina wander, y se produce principalmente por la variación del tiempo de retardo en el cable debido a la variación de la temperatura ambiente.

En la figura 1-14 se muestra el principio del sincronismo de fase en los pulsos de reloj.

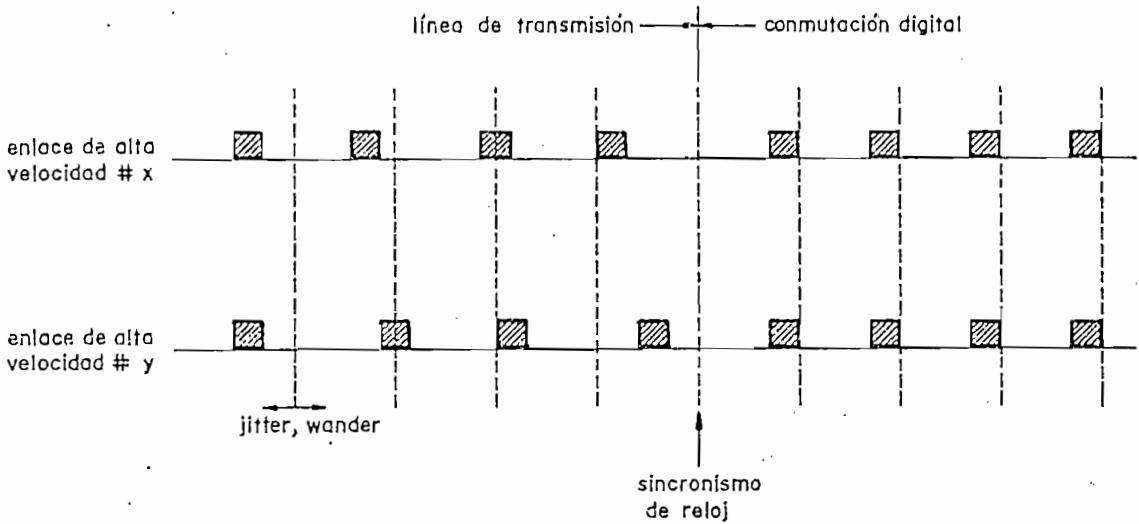
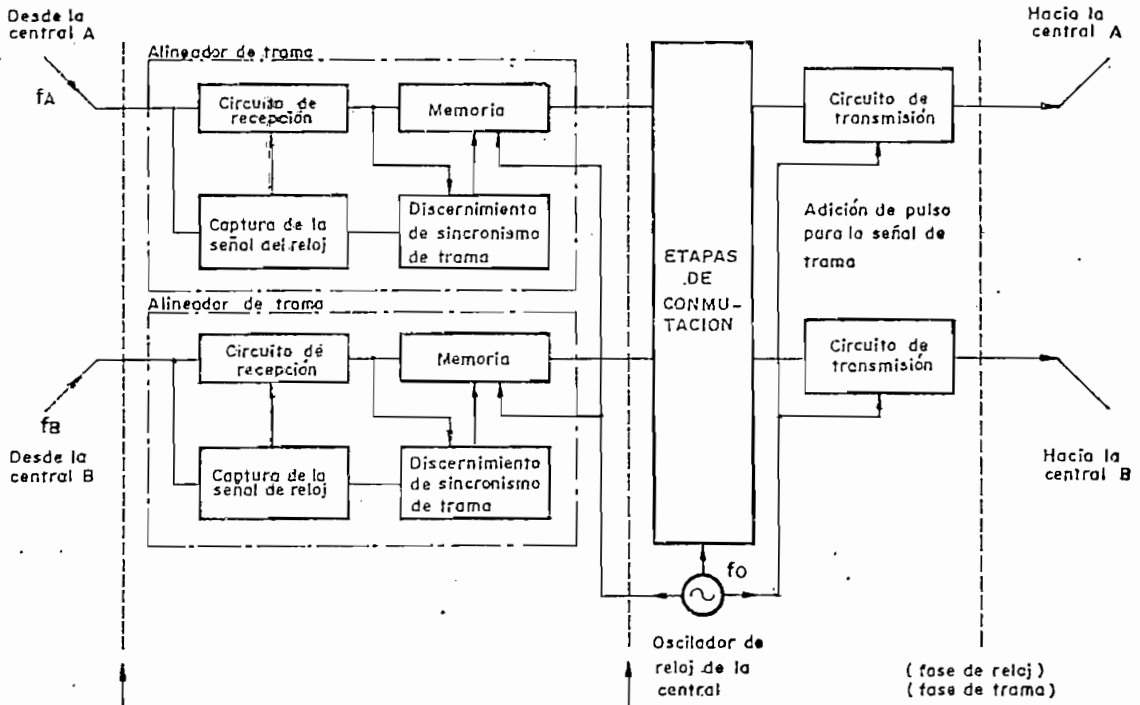


Fig. 1-14. Concepto de sincronismo de reloj (bit)

Si no se elimina el jitter y el wander antes de la conmutación digital ocurrirá una distorsión en la conversación que imposibilita que ésta sea entendida, ya que ciertos pulsos que correspondan a un canal se transmitirán por otro.

Se observa, por lo tanto, que el sincronismo de fase es de dos tipos: el de trama y el de pulsos de reloj. Tanto la trama como los pulsos se sincronizan conjuntamente, y esto ocurre antes de las etapas de conmutación.

El sincronismo de fase lo lleva a cabo el alineador de trama (memoria de sincronismo de fase) colocado en cada enlace de alta velocidad, como se muestra en la figura 1-15



La posición de la trama es diferente en cada enlace de alta velocidad debido al jitter y al wander

Se sincroniza la fase de reloj y la fase de trama

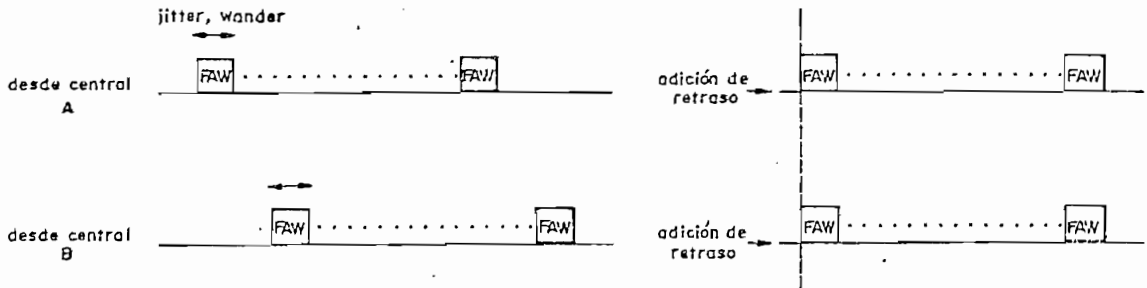


Fig. 1-15. Sincronismo de fase entre algunos enlaces de alta velocidad entrantes.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION GENERAL DE LOS PLANES BASICOS FUNDAMENTALES

#### 2.1 PLANES BASICOS FUNDAMENTALES

El propósito de la planificación telefónica es proveer la cantidad correcta de equipo, de la calidad necesaria, para lograr el desarrollo esperado de nuevas líneas y de servicios nuevos o mejorados. Se debe asegurar también que el equipo suministrado pueda intertrabajar satisfactoriamente con la planta existente. Esta planificación debe ser capaz de proporcionar un esquema de desarrollo del sistema telefónico que sea adecuado y económico, y que ofrezca una calidad de servicio aceptable.

Los puntos de inicio de una operación de planificación telefónica son las proyecciones de desarrollo y las proyecciones del tráfico, las cuales deben incluir cálculos a corto y largo plazo. Mientras los cálculos a corto plazo determinan la necesidad de realizar acciones inmediatas para cumplir con la demanda esperada, los cálculos a largo plazo tienen como resultado los planes fundamentales, los cuales dirigen el plan de acción general de la planta y la expansión del servicio.

Los planes fundamentales son aquellos que sirven de base para planes detallados o altamente específicos. Estos planes se elaboran para el desarrollo esperado en un período del orden de unas pocas decenas de años, donde la duración de dicho período depende del tipo de planta que se tenga y de la tasa de crecimiento de la misma. Los planes fundamentales constituyen planes óptimos desde el punto de vista de la relación costo-tecnología tanto actual como futura, y representan una meta hacia la cual deberían apuntar los planes de plazo más corto. Estos planes no deben mantenerse inalterados; por el contrario, necesitan de una revisión periódica para determinar los cambios en las estimaciones de desarrollo y en lo referente a tecnología y costos. Así, dentro del período de planificación puede requerirse de uno o más cambios para adaptar el plan a nuevas situaciones que se presenten.

Los planes fundamentales se dividen en dos clases: planes fundamentales de desarrollo y planes técnicos fundamentales.

Los planes fundamentales de desarrollo establecen los medios para atender a la demanda esperada de nuevas líneas o nuevos servicios, o de mejoras del servicio. Estos planes especifican cantidad de planta.

Los planes técnicos fundamentales establecen las técnicas a seguir para asegurar la flexibilidad de una red

y la compatibilidad entre sus partes, y para garantizar que el rendimiento del servicio alcance el standard deseado. Estos planes especifican calidad de planta.

Para la elaboración de un plan técnico fundamental debe considerarse la evolución que ha tenido la planta en los últimos años, su estado actual y las perspectivas económicas y de desarrollo para los años que comprenden el período de planificación. Además, es necesario conocer el estado actual y los probables avances de la tecnología y comprender las limitaciones que han sido aplicadas en el pasado y en el presente pero que pueden ser eliminadas en el futuro.

El objetivo de los planes técnicos fundamentales es proporcionar las reglas y normas técnicas para el diseño, implementación y una adecuada utilización de una red de telecomunicaciones. Los planes técnicos deben asegurar que la planta y el equipo proporcionen a los usuarios un grado de servicio deseado y deben lograr que haya un funcionamiento balanceado y compatibilidad entre las diferentes secciones en que puede estar dividida la planta. Cada plan técnico fundamental tiene objetivos específicos que contribuyen a alcanzar el objetivo y las metas generales descritos anteriormente.

Dentro de la planificación telefónica se tiene los siguientes planes técnicos fundamentales:

- Plan de Numeración
- Plan de Enrutamiento
- Plan de Transmisión
- Plan de Señalización
- Plan de Tarifación
- Plan de Sincronismo

### 2.1.1 Plan de numeración:

El plan de numeración tiene como objetivo dotar a cada abonado de un número exclusivo de modo que cualquier otro abonado de la red pueda acceder su teléfono.

El plan de numeración cubre las predicciones de la demanda de 50 años.

El plan es fácil de entender y usar por parte del abonado, es compatible con el equipo de conmutación existente y con el que predominará durante el período de 50 años y trabaja con esquemas de numeración internacional.

Los datos y parámetros más importantes analizados para establecer la estructura de un plan de numeración son los datos históricos estadísticos de la red (de cada área y de cada año) y las predicciones para el futuro. Entre los datos estadísticos debe tenerse indicaciones de la cantidad y distribución de aparatos telefónicos, líneas, población y



abonados, así como también información sobre los tipos de llamadas, el tipo de conmutación utilizado, el ingreso per cápita y el plan de numeración actual. Las predicciones deben hacer referencia, entre otras cosas, a los equipos de conmutación, a las estrategias de enrutamiento y tarifación, a los nuevos servicios, a la evolución de la economía del país, a proyecciones de los datos estadísticos descritos arriba y a una posible integración de redes informáticas. Las metas que debe establecerse al estructurar un plan de numeración son:

- Facilidad en el enrutamiento de llamadas.
- Diseño práctico y económico del conmutador
- Tarifación simple y justa
- Marcación del menor número de dígitos posible.

Situación en el Ecuador.

En la actualidad el Ecuador está dividido en tres áreas de numeración:

Area de numeración	Provincias	Código de área
Quito	Carchi Imbabura Esmeraldas Tungurahua Cotopaxi Pichincha Chimborazo Sucumbios Napo Pastaza Bolívar	2
Guayaquil	Manabí Los Ríos El Oro Guayas Loja Zamora Ch. Galápagos	4
Cuenca	Cañar Azuay Morona S.	7

Tabla 2-0. Areas de numeración actuales

Para todas las áreas, el número de abonado es de longitud uniforme y está formado por 6 cifras. El número nacional está formado por 7 cifras y el prefijo interurbano es el "0". Las llamadas internacionales se efectúan marcando el prefijo internacional "00", luego el código del país de destino y después el número nacional del abonado

deseado. El código de país correspondiente al Ecuador es el 593.

El plan de numeración contempla la división del país en seis áreas de numeración y cada una de ellas se dividirá en sub-áreas de numeración.

Los códigos de sub-área de numeración son códigos de 1 y 2 cifras. Para las provincias de Pichincha y Guayas el código de sub-área será de una cifra y para el resto de provincias será de dos cifras. Los códigos de sub-área de numeración de una cifra estarán constituidos por el código de área, y aquellos de dos cifras, por el código de área más la primera cifra del número de abonado (primera cifra del código de central).

Area de numeración	Código de área
[Provincia de Pichincha	2
[Provincia del Guayas	4
[Provincia de El Oro [Provincia del Azuay [Provincia de Cañar [Provincia de Morona S. [Provincia de Loja [Provincia de Zamora Ch.	7
[Provincia de Manabí [Provincia de Galápagos [Provincia de Bolívar [Provincia de Los Rios	5
[Provincia de Esmeraldas [Provincia del Carchi [Provincia de Imbabura [Provincia de Sucumbios [Provincia del Napo	6
[Provincia de Pastaza [Provincia de Cotopaxi [Provincia de Tungurahua [Provincia de Chimborazo	3

[ : Sub-área de numeración.

Tabla 2-1. Areas de numeración previstas en el plan de numeración

El sistema de numeración será igual al actual, es decir que en todo el país el número de abonado será de 6 cifras y el número nacional estará compuesto por 7 cifras.

Las llamadas internacionales continuarán efectuándose del mismo modo que como se realizan actualmente.

### 2.1.2 Plan de enrutamiento:

El plan de enrutamiento debe determinar cómo se encamina el tráfico cursado por la red entre dos abonados cualesquiera.

La red está conformada por un conjunto de nodos conectados entre sí mediante enlaces. En aplicaciones telefónicas los nodos son conmutadores o centrales, y los enlaces son enlaces locales o enlaces troncales.

La función de la red es proporcionar conexiones de tal modo que cualquier teléfono pueda estar enlazado con cualquier otro teléfono, y ésta debe estar dimensionada y diseñada para brindar un servicio satisfactorio al menor costo.

La planificación de la red está muy influenciada por las restricciones impuestas por la transmisión, la numeración, los principios de conmutación y los métodos para enrutar una llamada. Por esto, se debe estudiar y tomar en cuenta estos efectos para realizar una planificación adecuada de la red.

La base del diseño de una red es el tráfico que debe ser transportado, y es necesario conocer las relaciones entre el tráfico y el número de circuitos requeridos para transportar ese tráfico. Las relaciones no lineales entre

el tráfico y el número de circuitos y entre el número de circuitos y los costos son las principales fuentes de problemas en el diseño de una red.

### Situación en el Ecuador.

El Ecuador, con el propósito de simplificar las funciones de planificación, establecimiento, explotación, mantenimiento, control, regulación y desarrollo de todos los sistemas de telecomunicaciones, tanto nacionales como internacionales, se halla dividido en dos Regiones: Región 1 y Región 2.

La Región 1 está conformada por las provincias de: Pichincha, Esmeraldas, Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Pastaza, Sucumbíos y Napo.

Por su parte, la Región 2 está compuesta por las provincias de: Guayas, El Oro, Manabí, Loja, Los Ríos, Morona Santiago, Zamora-Chinchipec, Galápagos, Cañar y Azuay.

La red telefónica del Ecuador tiene la siguiente estructura jerárquica: las centrales remotas se hallan enlazadas a su correspondiente central local y este conjunto de centrales (remotas y locales) conforman la zona local; los abonados del servicio telefónico se conectan a las centrales de esta zona. En Quito y Guayaquil se dispone

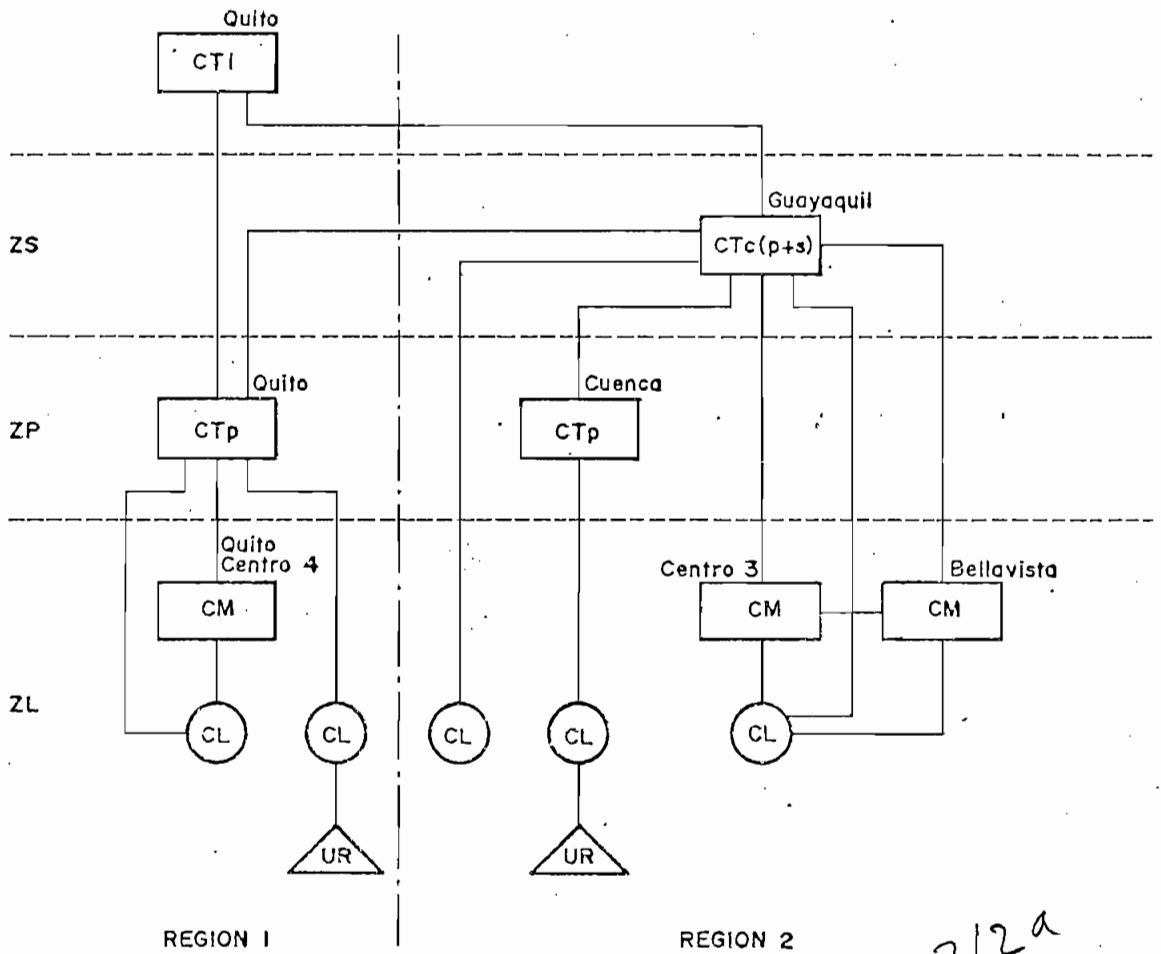
de centrales tándem para transferir tráfico entre centrales locales, y estas centrales forman también parte de sus respectivas zonas locales.

El país se divide actualmente en tres zonas primarias, y en cada una de ellas las centrales locales se conectan a una central de tránsito primaria, la cual permite el establecimiento de las conexiones interurbanas. Las centrales de tránsito primarias existentes son las de Quito, Guayaquil y Cuenca.

Las zonas primarias de Guayaquil y Cuenca se hallan agrupadas formando una zona secundaria. La central de tránsito primaria de Cuenca está conectada a la central de tránsito de Guayaquil, la cual, aparte de ser central de tránsito primaria, desempeña la función de central de tránsito secundaria.

La conexión internacional se realiza a través de la central de tránsito internacional de Quito, a las que están conectadas la central de tránsito primaria de Quito y la central de tránsito combinada (primaria + secundaria) de Guayaquil.

En la siguiente figura se muestra la estructura jerárquica de la red nacional.



- CTi: Central de tránsito internacional  
 CTC(p+s): Central de tránsito combinada (primaria + secundaria).  
 CTp: Central de tránsito primaria  
 CL: Central local  
 CM: Central mixta (local + tándem)  
 UR: Unidad remota  
 ZL: Zona local  
 ZP: Zona primaria  
 ZS: Zona secundaria

Figura 2-0. Estructura jerárquica actual de la red del Ecuador



El tráfico interurbano se enruta de acuerdo al esquema general de enrutamiento de la figura 2-1.

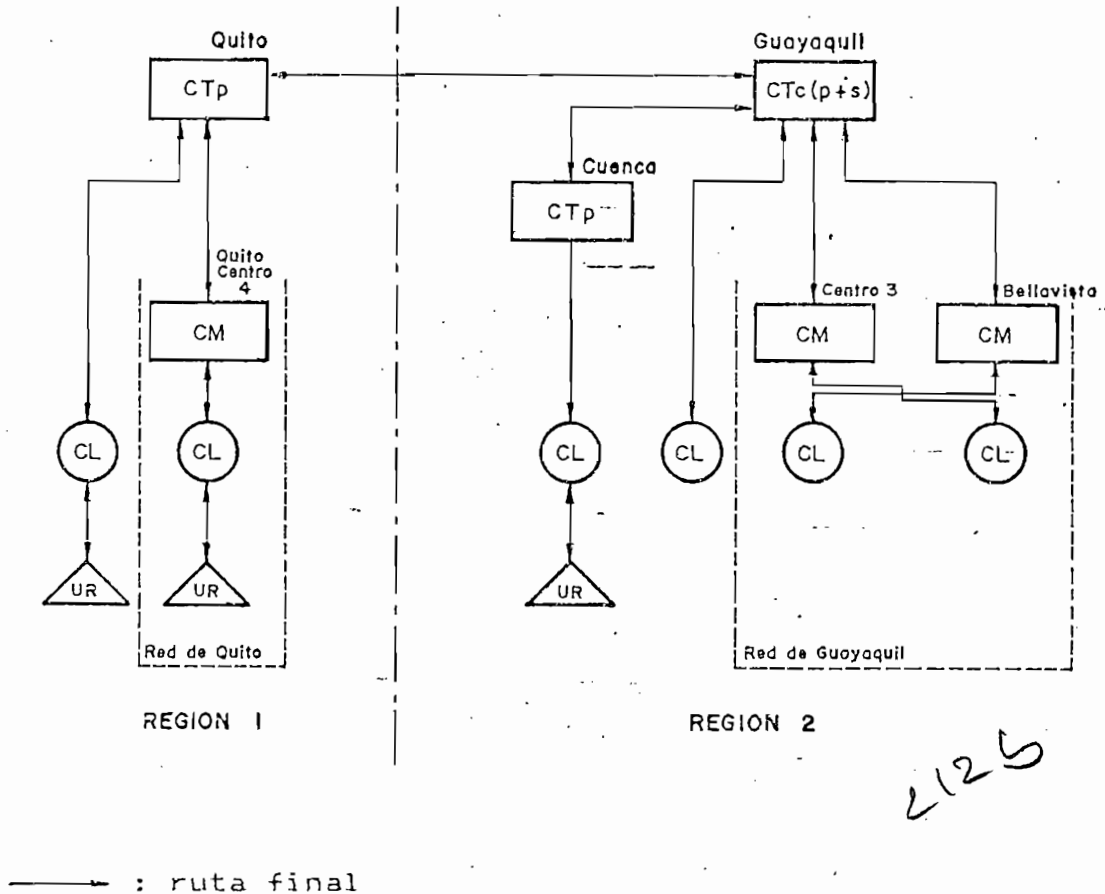


Figura 2-1. Enrutamiento del tráfico interurbano

En las áreas multicentrales de Quito y Guayaquil se utilizan centrales tándem y el enrutamiento en dichas áreas ocurre como se observa en las figuras 2-2 y 2-3. El plan de enrutamiento contempla que sólo en las mencionadas áreas se siga utilizando centrales tándem; en otras áreas multicentrales no se empleará centrales tándem y todo el enrutamiento entre centrales locales se hará a través de

circuitos directos.

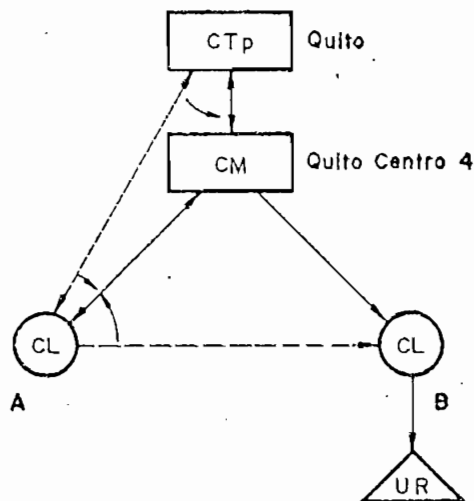


Figura 2-2. Red de Quito

La flecha ( ) en la figura anterior indica que en caso de que se hallen ocupados los circuitos directos ( \ ), se emplea la ruta que pasa por la central tándem ( \ ), la cual se conoce como ruta de desborde. Esta forma de representación se emplea también en las figuras 2-3 y 2-6.

En la figura 2-2 se tiene un esquema general del enrutamiento en la red de Quito. En esta red existe una central tándem llamada Quito centro 4. Si de una central local A quiere enviarse una llamada a una central local B, se intenta enrutar dicha llamada a través de los circuitos directos, pero si éstos están ocupados o no existen, dicha llamada se enruta a través de la central tándem (toda central local está enlazada con la central tándem).

El enrutamiento entre cualquier central local y la central primaria de Quito se trata de realizar en primer lugar a través de los circuitos directos (siempre existen circuitos directos entre toda central local y la central primaria), mas si ellos están ocupados, se realiza a través de la central tándem.

En la figura 2-3 se tiene un esquema general del enrutamiento en la red de Guayaquil.

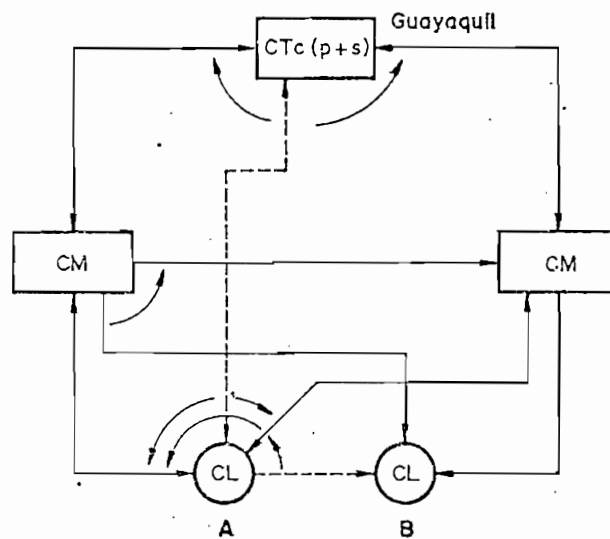


Figura 2-3. Red de Guayaquil

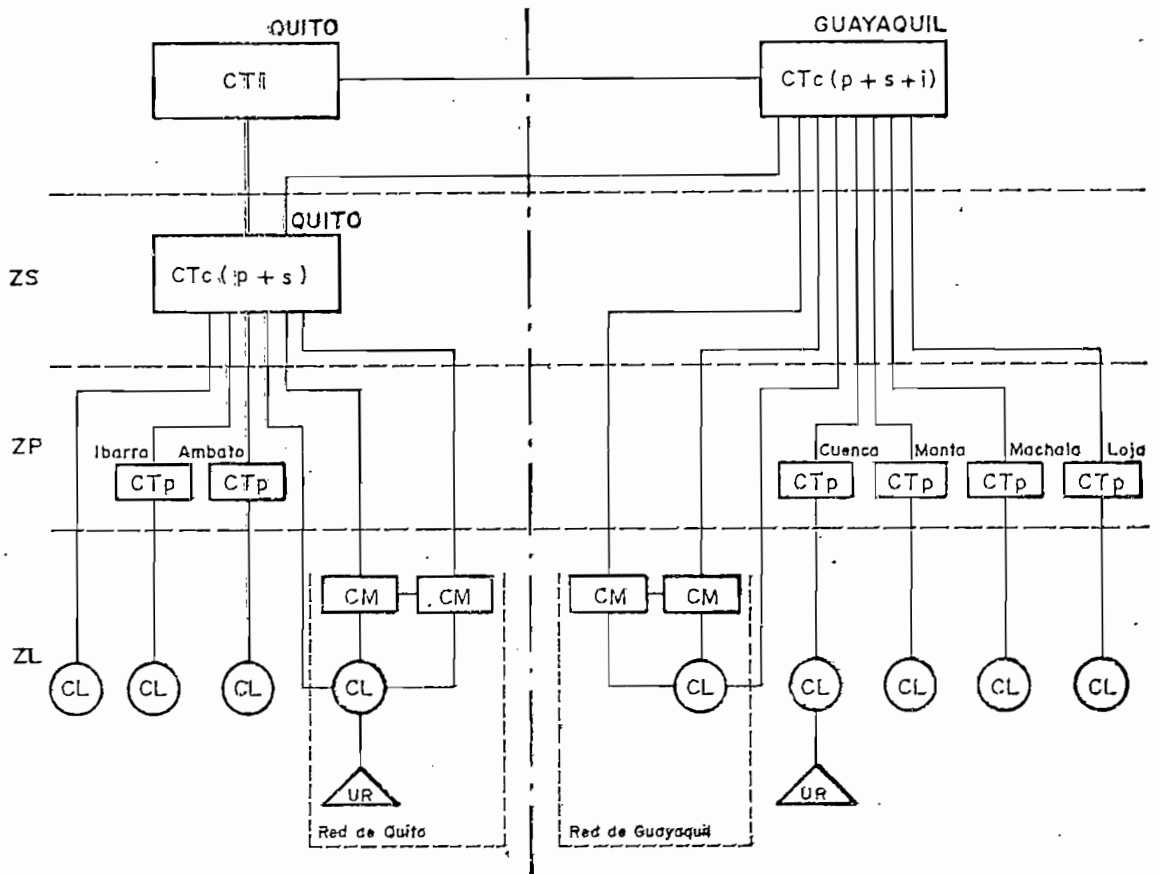
En la red de Guayaquil existen dos centrales tándem, que son la central centro 3 y la central Bellavista. Considérese que de una central local A quiere enviarse una llamada a una central local B. Se intenta en primer lugar establecer la conexión a través de los circuitos directos, pero si éstos están ocupados o no existen, se trata de enrutar la llamada a través de la central tándem más

cercana a la central de destino. Si esta ruta se halla ocupada, la información será enviada a la segunda central tándem (la más lejana a la central local de destino (B) y, por lo tanto, la más cercana a la central local de origen (A)); esta central tándem trata de enviar la llamada directamente a la central B, pero si la ruta directa entre estas dos centrales está ocupada, la llamada va a la otra central tándem y ésta envía la llamada a la central B (todas las centrales locales tienen enlaces con las centrales tándem como los que se muestra en la figura anterior para el caso de la central A).

El enrutamiento entre la central local A (o cualquier central local) y la central de tránsito combinada (primaria + secundaria) de Guayaquil se trata de realizar a través de circuitos directos, pero si ellos se hallan ocupados, se realiza a través de la central tándem; en este último caso, siempre se intentará enrutar la llamada por la central tándem más cercana a la central local de destino, pero si no es posible hacerlo, el enrutamiento se da a través de la otra central tándem.

El plan de enrutamiento tiene prevista la instalación de cinco centrales de tránsito primarias en Ibarra, Ambato, Manta, Machala y Loja. Las centrales de tránsito primarias de Ibarra y Ambato se conectarán a la central de tránsito de Quito, la que pasará a ser, además de central de tránsito primaria, una central de tránsito

secundaria. Las centrales de tránsito primarias de Manta, Machala y Loja se conectarán a la central de tránsito combinada (primaria + secundaria) de Guayaquil. A esta última central se le añadirá funciones y equipo para que opere también como central de tránsito internacional. Además, está planeado instalar una central tándem adicional en Quito. De acuerdo a esto, la estructura jerárquica de la red nacional será como se indica en la figura 2-4.



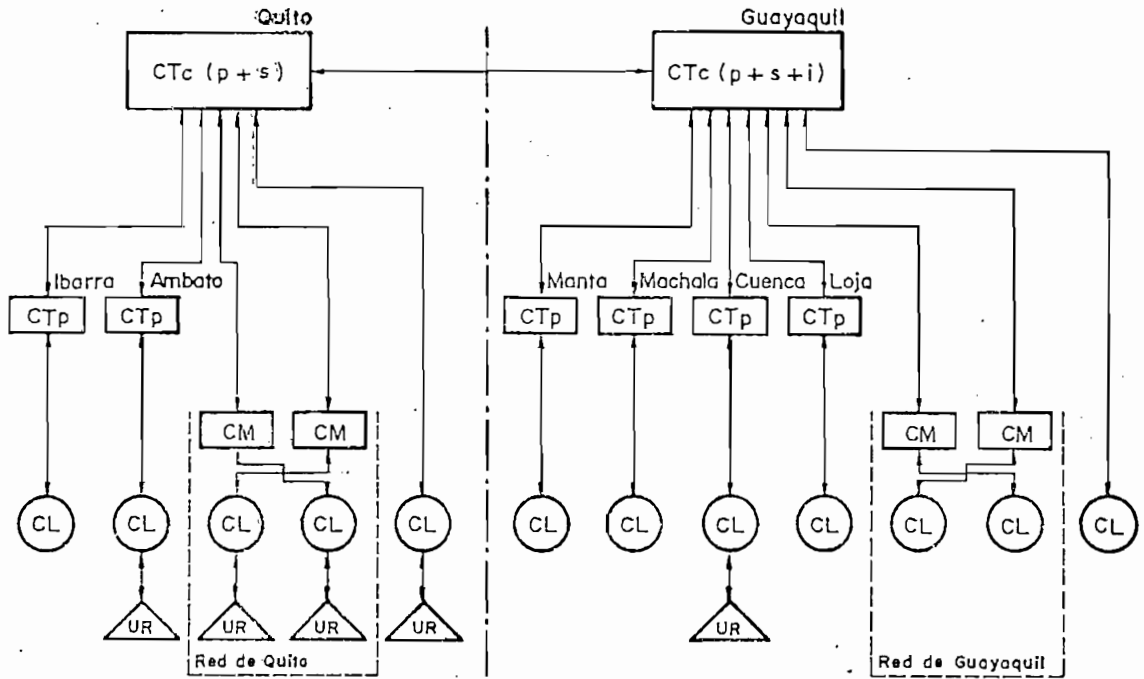
2/2e

CTC(p+s+i): Central de tránsito combinada (primaria + secundaria + internacional)

Figura 2-4. Estructura jerárquica de la red telefónica ecuatoriana futura contemplada en el plan de enrutamiento

Las CL de las provincias de Imbabura y Carchi se conectarán a la CTP de Ibarra; las CL de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo y Pastaza se enlazarán a la CTP de Ambato; las CL de Cañar, Azuay y Morona Santiago se conectarán a la CTP de Cuenca; las CL de El Oro se enlazarán a la CTP de Machala; las CL de Manabí se conectarán a la CTP de Manta; las CL de Loja y Zamora-Chinchipe se conectarán a la CTP de Loja; las CL de Pichincha, Esmeraldas, Sucumbios y Napo se conectarán a la CTC(p+s) de Quito y, por último, las CL de Bolívar, Guayas, Los Ríos y Galápagos se enlazarán a la CTC(p+s+i) de Guayaquil.

El tráfico interurbano, de acuerdo a lo que contempla el plan de enrutamiento actual, se efectuará como se indica en la figura 2-5.

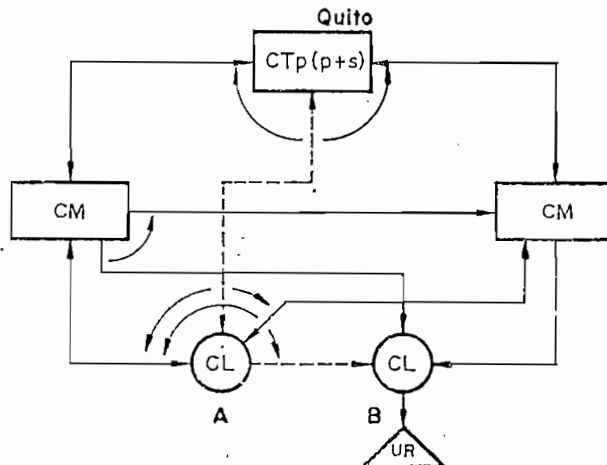


212 f

→ : ruta final

Figura 2-5. Enrutamiento del tráfico interurbano futuro.

La red de Quito, según el plan de enrutamiento, tendrá la estructura que se muestra en la figura 2-6.



212 g

Figura 2-6. Red de Quito futura



Como se puede apreciar, el enrutamiento en esta red será igual al que se tiene en la red actual de Guayaquil (fig. 2-3), por lo que las reglas de enrutamiento serán las mismas (ver págs. 57-58).

Por su parte, en la red de Guayaquil, el cambio que se dará es que la CTC(p+s) pasará a ser una CTC(p+s+i), pero en lo que tiene que ver con el enrutamiento no habrá cambios con respecto a la red actual (fig. 2-3) y, por lo tanto, tampoco cambiarán las reglas de enrutamiento (ver págs. 57-58).

### 2.1.3 Plan de transmisión:

La transmisión es una disciplina que busca proporcionar una señal de calidad. La planificación de la transmisión consiste en una metodología ordenada para lograr el mejoramiento y la expansión de los sistemas de telecomunicaciones desde el punto de vista de la transmisión.

El plan de transmisión especifica la calidad de transmisión percibida por dos abonados después que se ha establecido la conexión entre ellos. Por esto, este plan está relacionado con la cantidad de deterioro de la transmisión que debe presentar la conexión y cómo distribuir ese deterioro entre las varias secciones de la red.

Los factores de transmisión que afectan a la calidad de una conexión telefónica son: el volumen recibido, el eco, la estabilidad, el ruido, el tiempo de propagación, la respuesta de frecuencia y la estabilidad de la frecuencia.

El volumen recibido es principalmente una función de la eficiencia del aparato telefónico, de las pérdidas de conexión y de la presión acústica del abonado que habla.

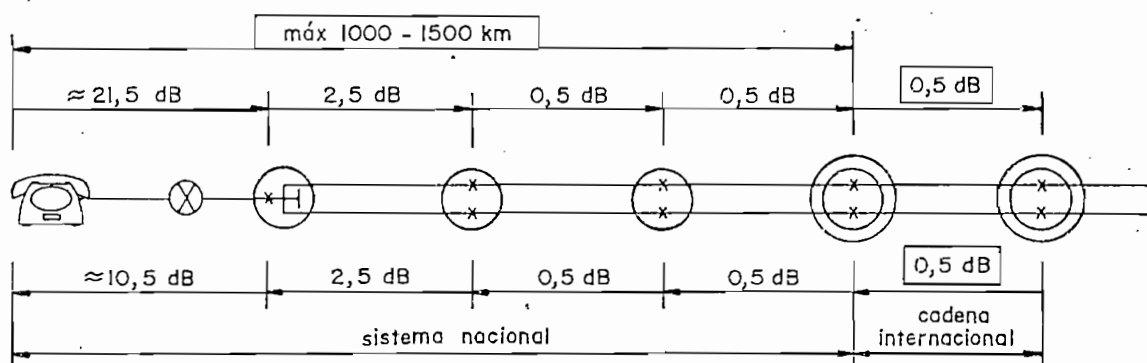
Un método usado frecuentemente para describir la calidad de transmisión de una conexión es mediante equivalentes de referencia, que son las diferencias de sonoridad evaluadas subjetivamente, expresadas en dB, comparadas con un sistema de referencia transmisor-receptor exacto del CCITT llamado NOSFER.

El concepto del equivalente de referencia es útil para el diseño de la red en los casos en donde la evaluación subjetiva sea la única posible. En la práctica, esto se hace sólo para el lazo de abonado, y las pérdidas debidas a los enlaces troncales intercentral y a las centrales mismas se toman como las pérdidas medidas o calculadas a 800 Hz.

Mediante el método descrito anteriormente o los que se disponga se debe poder controlar las pérdidas y las variaciones de las pérdidas para lograr la calidad de transmisión establecida en los objetivos del plan.

En un inicio se recomendó la utilización de ciertos valores de equivalentes de referencia (ER), pero posteriormente se determinaron los llamados equivalentes de referencia corregidos (ERC), los cuales se obtuvieron a partir de los valores de ER mediante una transformación definida no lineal. Dicha conversión se realizó para evitar dificultades que aparecían con la aplicación de los ER.

En la siguiente figura se presenta los valores máximos de los ERC en emisión y en recepción.



213 a

Equivalentes de referencia corregidos máximos:

- Emisión **25 dB**

- Recepción **14 dB**



: Aparato telefónico de abonado



: Central local con conmutación a 2 hilos



: Central con conmutación a 2 hilos y equipo de terminación



: Central con conmutación a 4 hilos



: Central internacional con extremos virtuales

Figura 2-7. Atribución de los ERC

Los valores indicados en rectángulos en la figura anterior son los recomendados por el CCITT y los demás se dan como ejemplos de posibles disposiciones.

Para que la reducción de las atenuaciones en una red interurbana no sobrecargue los sistemas internacionales de transmisión, se recomienda para el ERC un valor nominal mínimo de 7 dB con relación al extremo virtual analógico en emisión del circuito internacional; con esto se limita el valor pico de la potencia vocal aplicada al sistema internacional de transmisión.

En la siguiente tabla se encuentran resumidos los principales valores de ERC y sus correspondientes ER.

		Recomendado anteriormente ER	Recomendado actualmente ERC
Gama óptima para una conexión	Mínimo	6	5
	Óptimo	19	7 a 11
	Máximo	18	16
Valores medios ponderados en función del tráfico.			
Objetivos a largo plazo:			
- Conexión	Mínimo	13	13
	Máximo	18	16
- Sistema nacional en emisión	Mínimo	10	11.5
	Máximo	13	13

- Sistema nacional en recepción	Mínimo	2.5	2.5
	Máximo	4.5	4
Objetivos a corto plazo:			
- Conexión	Máximo	23	25.5
- Sistema nacional en emisión	Máximo	16	19
- Sistema nacional en recepción	Máximo	6.5	7.5
Valores máximos para el sistema nacional de un país de extensión media	Emisión	21	25
	Recepción	12	14
Valor mínimo para el sistema nacional emisor		6	7

Tabla 2-2. Valores (en dB) del equivalente de referencia (ER) y del equivalente de referencia corregido (ERC) para diversas conexiones.

Si para alguna frecuencia las pérdidas de un circuito son iguales a cero (o menores) ocurrirán oscilaciones o "zumbidos". Incluso si las pérdidas nominales son mayores a cero puede ocurrir una distorsión indeseable. Por lo tanto, no es suficiente prevenir el

zumbido, sino que es necesario que las pérdidas sean mayores que una cantidad fija para evitar el efecto hueco característico de los circuitos con una condición cercana al zumbido. Esta pérdida mínima se conoce como margen de zumbido.

La estabilidad de una conexión depende de muchos factores, entre los cuales se hallan las pérdidas entre los puntos a dos hilos de los aparatos telefónicos, las pérdidas de retorno de equilibrio entre los híbridos, las variaciones de las pérdidas por enlace, el número de enlaces regulados independientemente en tándem y la respuesta de frecuencia de atenuación.

En lo relacionado con el ruido, no interesa la potencia absoluta del mismo, sino una medida de su efecto de interferencia y, para esto, el CCITT ha estandarizado varias mediciones de ruido. Una medida que indica la interferencia del ruido en la señal transmitida, y que es muy utilizada es la "relación señal a ruido (S/N)", la cual expresa en dB la cantidad por la cual un nivel de señal excede a su correspondiente ruido. La relación señal a ruido se define como:

$$S/N \text{ (dB)} = \text{Nivel de señal (dBm)} - \text{Nivel de ruido (dBm)}$$

Los diferentes tipos de señal a ser transmitidos requieren cada uno de una mínima relación señal a ruido

para satisfacer al cliente o para cumplir con criterios de calidad específicos. Se ha determinado los siguientes valores mínimos de relación señal a ruido:

Tipo de señal	S/N mínima (dB)
Voz	30
Video	45
Datos	15

basadas en la satisfacción del cliente

basada en una tasa específica de error

Los tipos de ruido más significativos a ser considerados son: el ruido blanco (térmico), el ruido impulsivo y la diafonía.

Los puntos más importantes a ser considerados con relación a la respuesta de frecuencia de una conexión son: el ancho de banda y la distorsión dentro de banda.

Desde el punto de vista de la calidad de transmisión, el ancho de banda no debe variar apreciablemente para diferentes conexiones.

La distorsión dentro de banda, que consiste en la atenuación y en la distorsión por retardo de grupo, debe

controlarse en el canal de mensajes para tener una transmisión de voz de buena calidad y una capacidad razonable de errores para la transmisión de datos. Más aún, los circuitos de extensión nacional deben tener características que les permitan alcanzar los requerimientos de atenuación total y distorsión por retardo de grupo necesarios para conexiones internacionales.

### Situación en el Ecuador.

El plan de transmisión de la red nacional del Ecuador debe cumplir con las Recomendaciones del CCITT y esto se irá realizando paulatinamente conforme se introduzca en la red existente nuevos elementos que mejoren la calidad de transmisión.

El factor más importante del plan de transmisión es el equivalente de referencia corregido (ERC). Actualmente, los objetivos a largo y corto plazo de los ERC de emisión y de recepción (ver págs. 66-67) no pueden ser alcanzados en la red ecuatoriana, pero a través de la digitalización de la red se tratará de que los valores del ERC se aproximen a los objetivos propuestos.

El valor adecuado de la atenuación de transmisión (ATT) depende de la longitud de la red. Dicho valor se puede definir en función del tiempo de retardo ( $\tau$ ). Los valores aconsejados son:



	$\tau < 4 \text{ ms}$	ATT = 4 dB
4 ms	$\leq \tau < 11 \text{ ms}$	ATT = 6 dB
11 ms	$\leq \tau < 17 \text{ ms}$	ATT = 8 dB
17 ms	$\leq \tau$	ATT = 10 dB

Considerando la extensión territorial del Ecuador, es adecuado aplicar 6 dB para la atenuación de transmisión. De este modo, la distribución de la atenuación resulta como sigue:

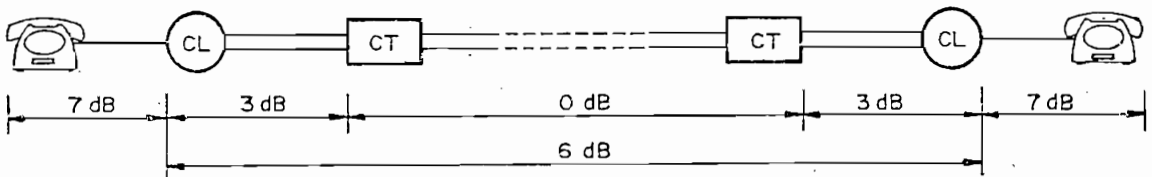


Figura 2-8. Distribución de la atenuación

2136

A las llamadas locales e interurbanas se les asigna 6 dB cuando las redes de transmisión son digitales, de acuerdo a la distribución que se señala en las figuras: 2-9, 2-10 y 2-11.

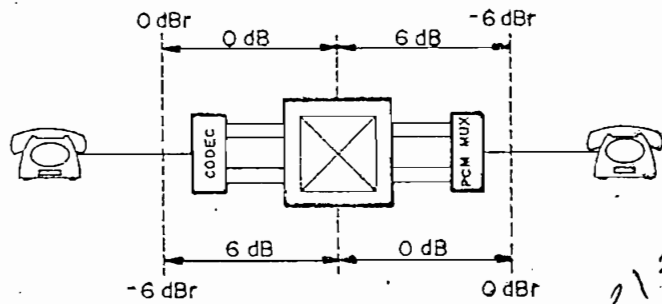


Figura 2-9. Llamada intercentral

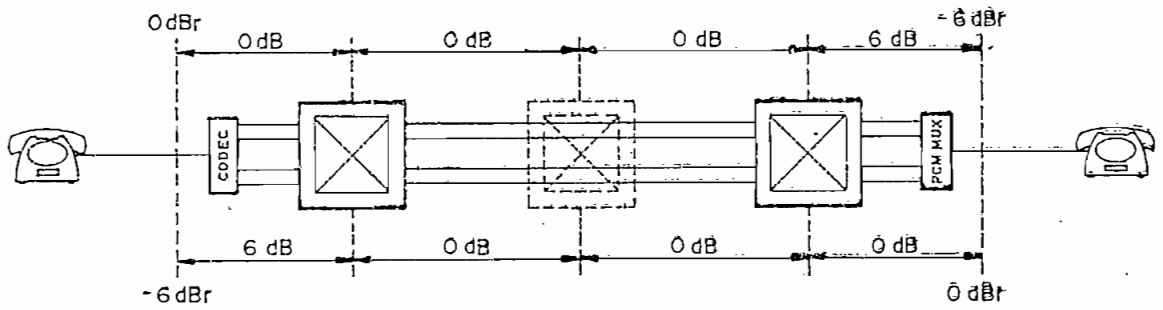


Figura 2-10. Llamada local

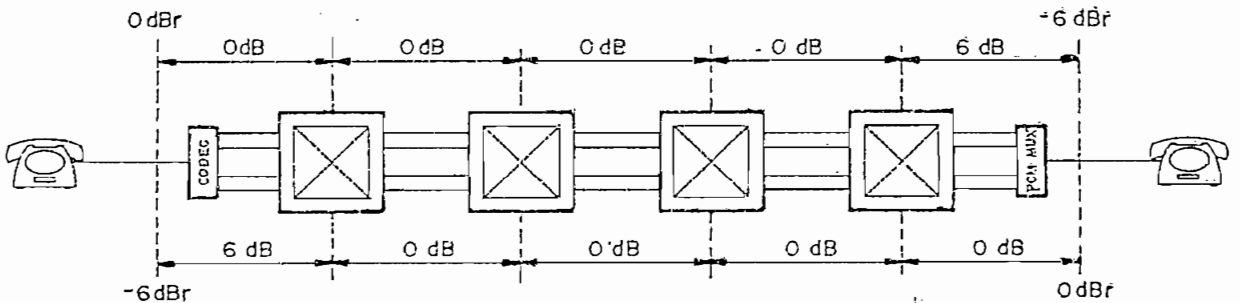


Figura 2-11. Llamada interurbana

El Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL) está introduciendo sistemas digitales de conmutación y transmisión en la red telefónica existente y por ello durante cierto tiempo coexistirán los sistemas analógicos y digitales en la red telefónica. Para dicha red se tiene puntos de referencia y niveles regulares de acuerdo con la siguiente tabla:

	CONMUTADOR	PUNTO DE REFERENCIA	NIVEL REGULAR
ANALOGICO	CL	Punto de conmutación (transmisión)	0 dBr
	2H CT	Punto de conmutación	0 dBr
	4H CT	Repartidor saliente de la central	-3.5 dBr
		Repartidor entrante de la central	-3.5 dBr
DIGITAL	CL	Punto de conmutación (transm. y recepción)	0 dBr
		Repartidor principal al lado del abonado (transmisión)	0 dBr
	CT	Repartidor principal al lado del abonado (recepción)	-6 dBr
		Punto de conmutación	0 dBr

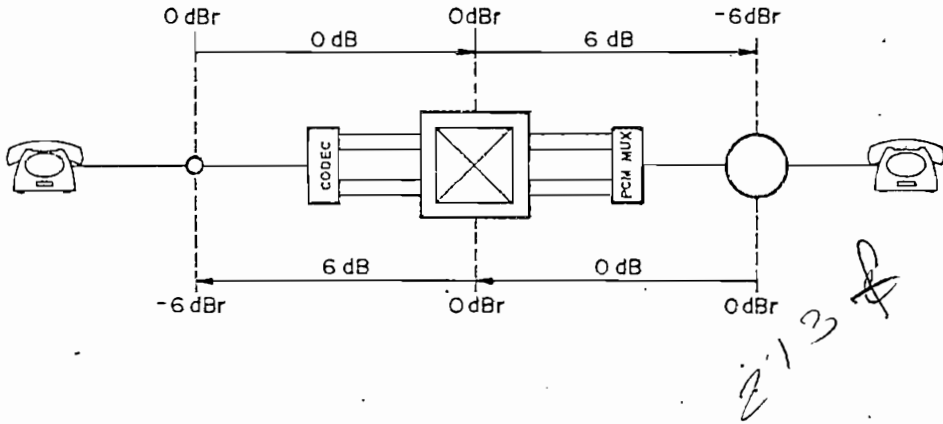
2H: a dos hilos  
 4H: a cuatro hilos  
 CL: central local  
 CT: central de tránsito

Tabla 2-3. Definición de los puntos de referencia y niveles regulares

En la etapa transitoria se utilizará la distribución de atenuaciones que se indica en las figuras: 2-12 y 2-13

para la llamada local

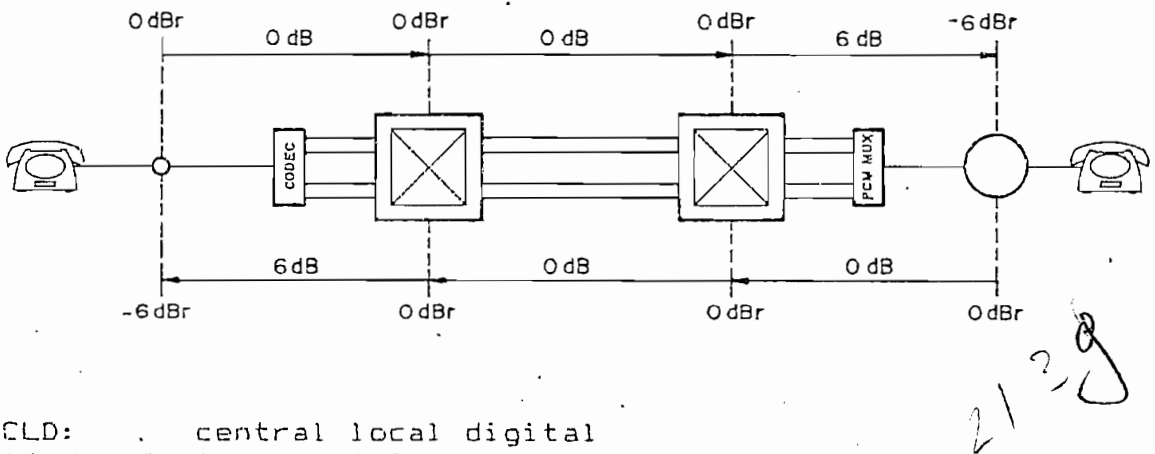
a) CLD - CLA



CLD: central local digital  
CLA: central local analógica

Figura 2-12. Distribución de atenuación en la etapa transitoria para una llamada local.

b) CLD - tándem D - CLA

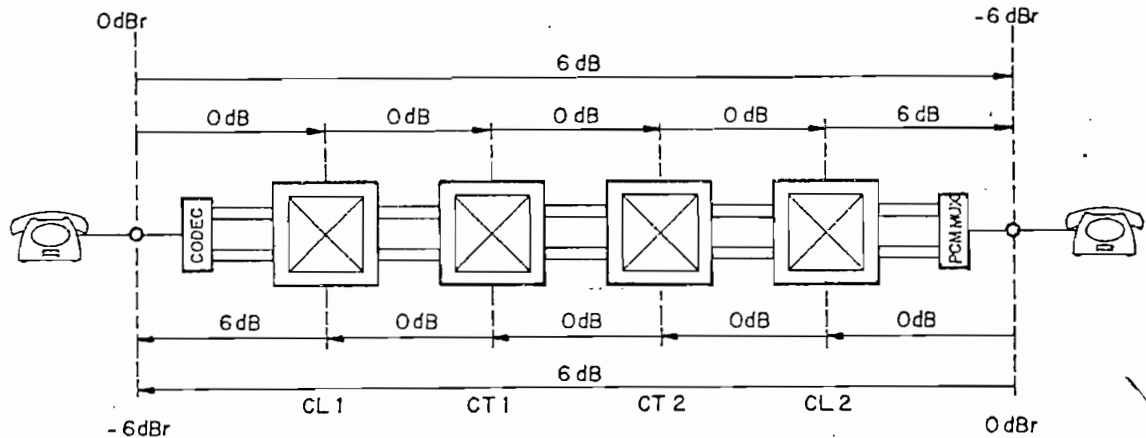


CLD: central local digital  
tándem D: tándem digital,  
CLA: central local analógica

Figura 2-13. Distribución de atenuación en la etapa transitoria para una llamada local, incluido tándem digital.

En la figura 2-14 se muestra un ejemplo de distribución de atenuación para una llamada interurbana.

CLD - CTD - CTD - CLD.



CLD: central local digital  
CTD: central de tránsito digital

Figura 2-14. Distribución de atenuación para una llamada interurbana.

Cuando se utilizan facilidades de 2 y 4 hilos es necesario introducir híbridos. Idealmente, sería conveniente que todos los circuitos de la red tuvieran una atenuación nula a fin de obtener uniformidad en el nivel de transmisión entre las diferentes conexiones realizadas por un teléfono. Sin embargo, esto no es posible debido a las reflexiones de energía que ocurren principalmente a las entradas y salidas de los puntos a 2 hilos. Las reflexiones ocurren como resultado de los cambios bruscos en las impedancias conectadas a los híbridos. Si los híbridos no están suficientemente equilibrados se produce la transferencia de potencia de la salida a la entrada del

circuito a 4 hilos lo cual crea una realimentación positiva (debido a los amplificadores) en la trayectoria a 4 hilos formándose un bucle en el que el circuito oscila y entra en el estado de inestabilidad. Esto crea un efecto que se conoce como zumbido, el mismo que puede sobrecargar al equipo de transmisión. Por lo antes señalado, el CCITT ha considerado preferible formular sus Recomendaciones en materia de estabilidad y eco basándose en la atenuación introducida por los circuitos nacionales de prolongación entre los extremos virtuales de recepción y transmisión.

Conforme a la Recomendación G.122, la distribución de las atenuaciones medidas o calculadas a lo largo del trayecto a - t - b de la figura 2-15 en la red nacional debe tener un valor por lo menos igual a  $(6+n)$  dB, siendo n el número de circuitos a 4 hilos de la cadena nacional.

También el CCITT ha recomendado a las Administraciones que en el caso de que se introduzcan sistemas de transmisión y conmutación digitales, el valor medio de las atenuaciones de las llamadas reales debe tener un valor por lo menos igual a  $(10+n)$  dB. Para cumplir con la Recomendación anterior, o sea con el límite inferior de atenuación, la red nacional debe satisfacer las condiciones siguientes:

- 1) El valor de la suma de las atenuaciones de transmisión nominales a - t y t - b no debe ser menor que  $(4+n)$  dB.

2) El valor de la atenuación de retorno de equilibrio no debe ser menor que 2 dB para cualquier tipo y condición de terminales encontrados en operaciones normales.

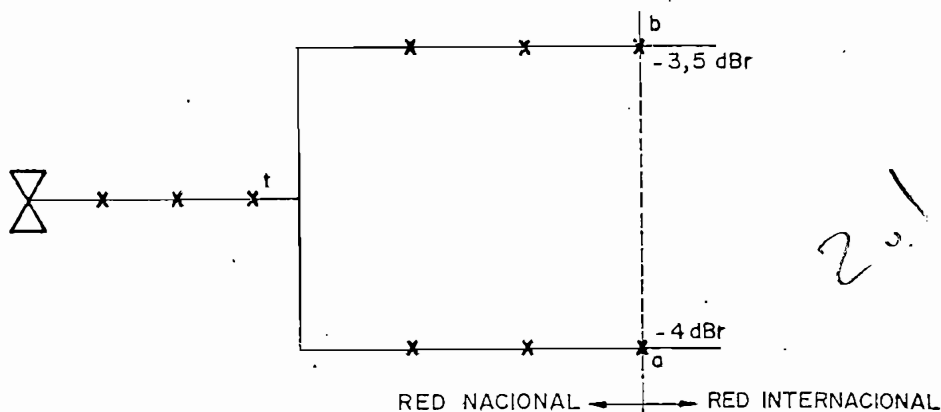


Figura 2-15. Distribución de atenuaciones en la red nacional

En los conmutadores digitales los híbridos se conectan con las líneas de abonado, y, por lo tanto, el ajuste de la impedancia del circuito híbrido ( $Z_B$ ) puede aumentar mucho las pérdidas de retorno. Entonces se recomienda que el valor promedio de la pérdida de retorno sea superior a 10 dB.

Consideraciones sobre el ruido y la distorsión (ruido de cuantificación).

En la red digital, la magnitud del ruido se decide

en la etapa de cuantificación y no depende de la longitud del enlace. La Recomendación G.712 del CCITT establece la magnitud de la distorsión total de un canal PCM y señala que con una señal sinusoidal en la gama de frecuencias de 700 a 1100 Hz (con exclusión de los submúltiplos de 8 KHz) o en la de 350 a 550 Hz (preferentemente  $420 \pm 20$  Hz pero con exclusión de los submúltiplos de 8 KHz) aplicada a la entrada de un canal, la relación potencia de la señal/distorsión total medida con la ponderación de ruido apropiada debe ser superior a los límites indicados en la figura 2-16.

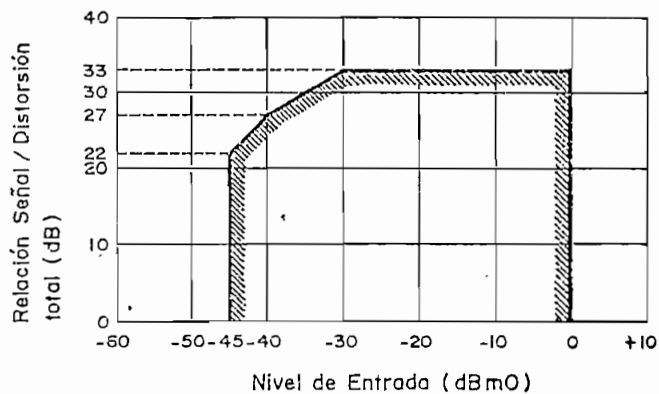


Figura 2-16. Relación señal/distorsión total en función del nivel de entrada.

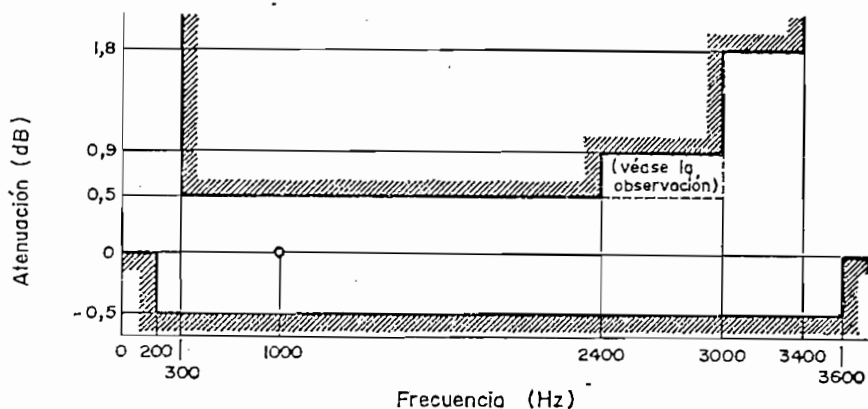
EL IETEL utilizará este objetivo en su red digital.

Distorsión de Atenuación y distorsión de retardo de grupo.

El IETEL ha dado una especial atención a los parámetros de distorsión por atenuación y distorsión por



retardo de grupo por considerarlos de importancia para sus programas, de transmisión de datos utilizando la red telefónica. El CCITT en su Recomendación G.712, establece con relación a estos parámetros que la variación en función de la frecuencia de la atenuación de cualquier canal debe estar comprendida dentro de los límites especificados en la plantilla de la figura 2-17. La frecuencia de referencia es 800 Hz. El nivel de potencia a la entrada será de 0 dBm0. Los valores nominales de la distorsión debida respectivamente a los lados de transmisión y de recepción del equipo deben ser iguales. La distorsión por retardo de grupo debe estar en los límites especificados en la plantilla de la figura 2-18.



Observación. En algunas aplicaciones en que puedan conectarse en cascada varios canales PCM, puede ser necesario ampliar el límite de + 0.5 dB de 2400 Hz a 3000 Hz.

Figura 2-17. Distorsión de atenuación

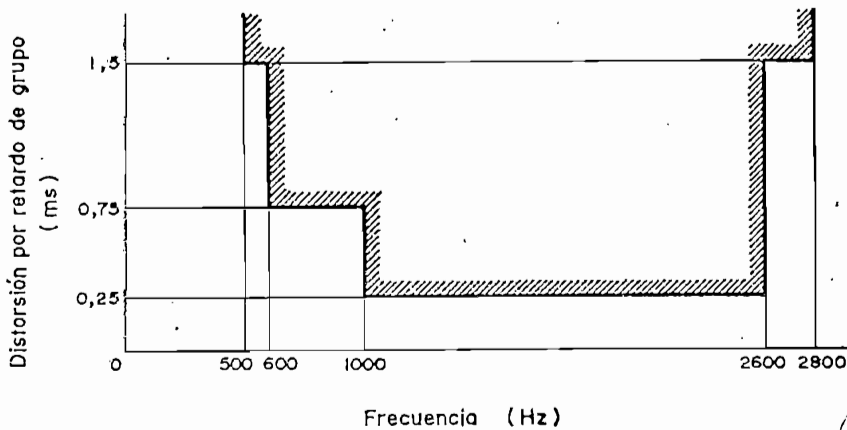


Figura 2-18. Distorsión de retardo de grupo

El IETEL utilizará estos objetivos en su red digital

#### 2.1.4 Plan de señalización:

La misión básica de la señalización en un sistema de comunicaciones es el intercambiar información entre las diferentes partes funcionales (puntos de la red) que conforman dicho sistema.

El plan de señalización debe definir los métodos a seguir y las señales que debe enviarse de una central a otra para el establecimiento de las comunicaciones, el envío de información de tarificación de las llamadas y para otros fines administrativos. Además, este plan debe considerar cada posible interfaz entre sistemas diferentes y debe establecer regulaciones para las conversiones de

señal.

Es importante adoptar esquemas para intercambiar señales válidas y confiables con la finalidad de establecer y supervisar una llamada. Además, a medida que la estructura de la red y los criterios de enrutamiento correspondientes se vuelven más complejos, se tiene que se incrementa el número de servicios disponibles, el método de tarifación se vuelve sofisticado y la red opera más eficientemente. Por lo tanto, para el sistema de señalización se impone requerimientos y complejidad crecientes, exigiendo que éste sea más versátil en lo que a posibilidades de señalización se refiere, más rápido, más confiable, uniforme, compatible, etc.

Los objetivos del plan de señalización son: proporcionar la mejor calidad de servicio posible con las condiciones existentes, reducir el retardo posterior a la marcación, introducir en la red ventajas operacionales adicionales, proporcionar flexibilidad para cambios futuros y tener la capacidad de permitir la futura introducción de facilidades para el cliente y para la Administración.

La señalización involucra dos aspectos: la señalización de línea, la cual se emplea para la supervisión de llamadas, y la señalización inter-registro, que es utilizada para transmitir el número marcado. Las señales de línea tienen gran influencia sobre el equipo de

transmisión, mientras que las señales inter-registro influyen mucho sobre los equipos de conmutación.

Situación en el Ecuador.

En la etapa de digitalización de la red telefónica ecuatoriana coexisten centrales digitales y analógicas enlazadas entre sí mediante sistemas de transmisión, que también pueden ser analógicos o digitales. Para cada una de las combinaciones se ha escogido un tipo de señalización, tanto inter-registro como de línea, como se muestra en la tabla 2-4.

Señales	Relación entre centrale	Digital		Analógica (ERICSSON)	Analógico rur (SIEMENS)
		A	D	A	A
inter-registro	Digital	MFC - R2	SSCC	MFC - LME	MFC - R2
	Analógica (ERICSSON)	MFC - LME	--	MFC - LME	MFC - LME
	Analógica Rural (SIEMENS)	MFC - R2	--	MFC - LME	MFC - R2
de línea	Digital	E y M	SSCC	E y M	E y M
	Analógica (ERICSSON)	E y M	E y M	E y M	E y M
	Analógica Rural (SIEMENS)	E y M	E y M	E y M	E y M

Tabla 2-4. Sistemas de señalización en la red telefónica del Ecuador.

E y M : Señalización discontinua fuera de banda

A : Transmisión analógica de la señalización  
D : Transmisión digital de la señalización  
SSCC : Sistema de señalización por canal común

En el sistema internacional se utilizará la señalización CCITT Nº 5 hasta cuando sea posible utilizar el sistema de señalización de canal común CCITT Nº 7.

#### Señalización inter-registro.

a) Señalización inter-registro MFC-R2: esta señalización es de tipo multifrecuencial, compulada, de extremo a extremo y envía información dentro de banda hacia adelante y hacia atrás. Los procedimientos de señalización están determinados por el hecho de que la señalización MFC-R2 es de secuencia obligada y de que la secuencia de señalización inter-registro está gobernada por el registro de llegada mediante señales hacia atrás. La función del registro de salida es la de responder con la señal hacia adelante pedida por el registro de llegada, de tal forma que el registro de llegada pida la información necesaria para determinar el encaminamiento y tratamiento de la llamada.

b) Señalización inter-registro MFC-LME: esta señalización (de tipo multifrecuencial) es similar a la MFC-R2 y se emplea únicamente para señalización cuando una de las centrales es analógica (ERICSSON).

### Señalización de línea.

En la red telefónica ecuatoriana se emplea la señalización de línea E y M, que es de tipo discontinua. La señalización E y M se utiliza tanto en redes locales (en enlaces de cables) como en redes interurbanas (en enlaces por radio y, en general, en enlaces con portadoras).

### Señalización por canal común (SSCC).

Para el tráfico entre centrales digitales enlazadas por sistemas de transmisión digital se utiliza el sistema de señalización por canal común, el mismo que seguirá (para aplicación en la red nacional) las Recomendaciones del CCITT para el sistema de señalización N<sup>o</sup> 7.

La red de señalización por canal común ecuatoriana estará dividida en áreas de señalización. Un área de señalización puede ser más grande que el área de servicio atendida por un centro secundario. Estas áreas de señalización dependerán de un nivel jerárquico más elevado, que constituye el área de señalización nacional. En cada área de señalización se ubicarán 2 PTS primarios, en centrales de tránsito de cada una de las áreas de señalización o en centrales locales, si en el área de señalización no hay dos centrales de tránsito. Los PTS de las centrales de tránsito de Quito y Guayaquil serán PTS secundarios para el área de señalización nacional. Cada PS

estará conectado a los 2 PTS primarios de su correspondiente área de señalización y cada PTS primario estará conectado a los 2 PTS secundarios por medio de dos enlaces de señalización independientes (uno para cada PTS).

En las áreas multicentral de Quito y Guayaquil existirán 2 PTS (en cada una). En el área de Guayaquil, los PTS se ubicarán en las centrales tándem (Centro 3 y Bellavista) y en el área de Quito lo harán en la central tándem (Quito Centro 4) y en la central Mariscal Sucre 5.

Cada central local ubicada dentro del área multicentral estará conectada por medio de dos enlaces de señalización independientes a los PTS de dicha área. Se prevé también enlaces de señalización directos entre dos PS cuando el número de circuitos directos entre las dos centrales lo justifique.

Los PTS del área multicentral estarán conectados a los 2 PTS primarios de su correspondiente área de señalización por medio de dos enlaces de señalización independientes.

La central internacional será un PS de la red de señalización nacional y estará conectada por medio de enlaces de señalización independientes a los 2 PTS secundarios. El PS internacional pertenece a la red de señalización internacional.

Estructura transitoria de la red de señalización.

Puesto que la actual red ecuatoriana es, en su mayor parte, una red en multiestrella con los centros de las estrellas en los centros de tránsito primarios y secundarios, y con pocos circuitos telefónicos transversales, el modo de señalización más utilizado será el asociado. El modo cuasi-asociado será utilizado para los circuitos telefónicos transversales entre centrales locales o entre centrales locales y centros primarios.

En la etapa de desarrollo de la red, en la mayoría de los casos, no habrá enlaces de señalización independientes desde un PS a dos PTS primarios. En estos casos, el PS se conectará sólo a un PTS (al de la central de tránsito) mediante dos enlaces de señalización independientes. Los PTS primarios se conectarán del mismo modo a su correspondiente PTS secundario.

En esta etapa transitoria, en las redes multacentrales de Quito y Guayaquil se utilizarán 2 PTS, uno ubicado en la central de tránsito nacional de cada una de las dos ciudades, y el otro en la central local Mariscal Sucre 5, en el caso de Quito, y en la central tándem Centro 3, en el caso de Guayaquil.

Los enlaces de señalización previstos en el plan de señalización se pondrán en funcionamiento conforme se siga



digitalizando la red de transmisión, particularmente en los enlaces entre los centros primarios y secundarios.

#### 2.1.5 Plan de tarificación:

La tarificación se refiere a la cantidad de dinero a ser cobrada por el servicio telefónico. Un plan de tarificación apropiado debe determinar las tarifas más convenientes y el uso más eficiente posible del equipo.

Para la fijación de tarifas debe realizarse estimaciones de la demanda y de los costos, y la función de éstas es crear ingresos para cubrir el costo de operación del sistema de una manera consistente con los objetivos financieros y de servicio de la Administración. Para ser adecuadas, las tarifas deben producir ingresos estables y seguros, de modo que la planificación pueda avanzar con confianza y que se pueda evitar la revisión frecuente de las mismas. Las tarifas deben ser siempre justas, claras y comprensibles para que exista satisfacción por parte de los abonados y para que contribuyan a estimular la realización de llamadas.

La forma de realizar la tarificación es propia de cada Administración y está basada en decisiones económicas y de gestión de la red. Los cambios en la manera de efectuar la tarificación requieren de una preparación adecuada y están muy influenciados por las implicaciones técnicas.

La estructura de las tarifas es parte integral de un sistema telefónico y puede influenciar a muchos aspectos de él. Dicha estructura debería estar muy ligada al plan de numeración; además, el diseño y el costo del equipo de conmutación pueden afectarse totalmente por el método adoptado para la tarificación de las llamadas locales y de larga distancia. Por su parte, la determinación de las áreas de tarificación tiene influencia en el trazado de la planta externa y viceversa. Si es posible escoger, debe preferirse una estructura de tarifas que involucre la mínima complejidad técnica y los mínimos costos totales.

Las principales categorías de tarifas son las siguientes:

- Tarifas básicas
- Tarifas derivadas
- Tarifas por servicios adicionales

Dentro de las tarifas básicas se tiene la tarifa de inscripción (para poder disponer del servicio telefónico), la tarifa de renta de línea de central (también llamada pensión mensual) y la tarifa de uso del servicio (por las llamadas realizadas). De estas tarifas sólo las dos últimas son periódicas.

Entre las tarifas derivadas se tiene aquellas por

traslados o por traspasos y entre las tarifas por servicios adicionales se tiene aquellas por servicios como la línea caliente , el seguimiento de llamadas, etc.

Por otra parte, se tiene también las tarifas para llamadas en teléfonos monederos y para servicios especiales como teléfono móvil, servicio a barcos, transmisión de datos y télex, entre otros.

En lo referente a las tarifas de las llamadas, debe mencionarse que se tiene llamadas locales, de larga distancia e internacionales. La tarifa varía de acuerdo al tipo de llamada, a la duración de la llamada y a la distancia que existe entre el abonado que llama y el abonado llamado.

#### Situación en el Ecuador.

Los centros primarios y secundarios establecidos en la estructura jerárquica de la red ecuatoriana son generalmente también puntos de tarificación para el tráfico interurbano.

Las centrales terminales actúan como puntos de tarificación para las comunicaciones que no llegan a las centrales de tránsito.

El proceso de tarificación para el caso del tráfico

local es efectuado por la central local del abonado de origen. Como método de tarificación se utiliza el de multimedición (MM). La frecuencia a la que se generan los impulsos está determinada por el grado de tasa que se asigna a la comunicación.

La tarificación del tráfico interurbano se realiza generalmente en la central de tránsito primaria o secundaria, utilizando el método CAMA. Para aplicar este método, las centrales locales deben contar con la función de identificación automática del número de abonado de origen, el cual es transmitido a la central de tránsito digital. Algunas centrales locales no disponen de equipo de identificación del abonado de origen, en cuyo caso la tarificación se efectúa por el sistema de multimedición (MM).

En algunos casos, por razones económicas, se establecen enlaces directos entre localidades y el tráfico interurbano no pasa por la central de tránsito. Por esto, las centrales locales deben tener capacidad para reconocer más de un grado de tasa y al menos tres grados diferentes.

Para tráfico internacional la tarificación se realiza en forma detallada en la central internacional correspondiente.

La tarificación para tráfico local y tráfico interurbano que se originan en los teléfonos públicos se

efectúa por el sistema de multimedición, para lo cual se envía impulsos de tarificación desde la central a la que están conectados los teléfonos públicos.

#### Grado de tasa.

En términos generales, el grado de tasa de una comunicación está determinado por la distancia entre los abonados de origen y de destino. Para esto se ha establecido zonas de tarificación, en las cuales los abonados tienen una misma tarifa.

a) Zona local de tarificación: la zona local de tarificación es aquella que se encuentra servida por una central local o por un sistema de centrales locales y tándem. Se excluyen las unidades remotas que están ubicadas fuera del perímetro urbano de la central matriz, a las cuales, para fines de tarificación, se les considera como centrales independientes.

Las zonas locales de tarificación tienen un grado de tasa 1.

b) Zona primaria de tarificación: una zona primaria de tarificación es una parte del área atendida por una central de tránsito; la definición de las zonas se realiza teniendo en cuenta el tamaño de la zona de tarificación, las condiciones socio-políticas, la facilidad de tarificación y

el desarrollo de los sistemas previstos para el futuro.

En el Ecuador cada provincia corresponde a una zona primaria de tarificación. Sin embargo, las provincias grandes se dividen en varias zonas primarias de tarificación. Cada una de estas zonas tiene aproximadamente hasta 50 Km de diámetro.

En cada zona primaria de tarificación se establece un centro de grupo que constituye la central más importante del centro primario.

Dentro de cada zona primaria de tarificación se aplica el grado de tasa 2.

c) Tarificación entre zonas primarias: para comunicaciones cursadas entre abonados de diferentes zonas primarias, el grado de tasa se fija de acuerdo a la distancia entre los centros de grupo de las zonas en que están ubicados los abonados de origen y destino. Una vez determinada la distancia entre las zonas involucradas, el grado de tasa se determina mediante la tabla 2-5.

d) Tarificación de los servicios especiales: los servicios especiales se dividen en dos grupos. El primer grupo corresponde a los servicios que el IETEL presta en forma gratuita (sin costo para el usuario) y que son las llamadas telefónicas a los siguientes servicios: Policía,

Bomberos, Policía de Tránsito, Cruz Roja, Defensa Civil y Hospital General. A estos servicios se les asigna el grado de tasa cero; sin embargo, las centrales deben tener la capacidad para que este grado de tasa también pueda ser contabilizado.

El segundo grupo está constituido por servicios especiales para los cuales el IETEL cobra la tarifa establecida en el Régimen de Tasas y Tarifas. En este grupo se tiene: telefonogramas; información local, nacional e internacional; pedidos de larga distancia nacional e internacional; reparaciones y reloj parlante. Los grados de tasa corresponden al tipo de llamada que el usuario realiza, ya sea local o interurbana.

e) Tarifas normales y reducidas: estas tarifas se aplican en los horarios definidos por el IETEL. Las centrales deben tener capacidad para cambiar los horarios de tarifa normal y de tarifa reducida, de tal forma que se pueda ejecutar el cambio en forma independiente en cada central y/o a través del Centro de Operación y Mantenimiento (COMAG) en cualquier día del año.

A continuación se presenta una tabla en la que se determina el grado de tasa de acuerdo al tipo de llamada y a la distancia.

Grado de tasa	Tipo de llamada	Distancia (d) (Km)
0	Servicios especiales(*)	----
1	local	----
2	dentro de una zona primaria	$d \leq 50$
3	entre zonas primarias	$d \leq 120$
4	entre zonas primarias	$120 < d \leq 200$
5	entre zonas primarias	$200 < d \leq 300$
6	entre zonas primarias	$300 < d$

(\*): Únicamente para los servicios especiales sin tarifa

Tabla 2-5. Grado de tasa en función del tipo de llamada y de la distancia.

En general, el IETEL debe tener la facilidad de realizar la asignación y modificación de la unidad de medición del sistema de tarificación que corresponda.

#### 2.1.6 Plan de sincronismo:

El plan técnico fundamental de sincronismo debe vigilar que se realice en forma adecuada el sincronismo de la red, el cual ha sido explicado en el ítem 1.2. Por lo tanto, un buen plan de sincronismo debe reducir al mínimo las posibilidades de inestabilidad de la temporización que pueden derivarse del ajuste incorrecto de los parámetros de sincronismo de la red.

El objetivo de un plan de sincronismo se expresa mediante la tasa de deslizamientos, que es el número de deslizamientos, causados por la pérdida de sincronismo de



la red, que se producen en un determinado intervalo de tiempo.

Los deslizamientos deben ser controlados prescribiendo soluciones en el plan de sincronismo de la red. En este plan, una Administración con una red telefónica digital tiene que establecer un objetivo de calidad de sincronismo de la red y los procedimientos más apropiados para alcanzarlo.

Los mismos deslizamientos en trenes de bits tienen consecuencias muy diferentes en los diversos servicios de telecomunicaciones, como la telefonía, la comunicación de datos, la televisión, etc. Esto se debe, entre otras razones, a la diferencia en la redundancia de codificación y en la velocidad binaria. Mientras mayor es la redundancia menor es la repercusión de un deslizamiento, y mientras mayor es la velocidad binaria, mayor es la repercusión. Los requerimientos para los servicios no telefónicos son, en la mayoría de los casos, más estrictos que para la telefonía, ya que una mala sincronización puede dar lugar a una pérdida de información esencial para estos servicios. Como se puede ver, el efecto de una tasa de deslizamientos dada difiere entonces según los tipos de servicios y, en consecuencia, puede resultar apropiado fijarse objetivos distintos para servicios diferentes. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que cuando se disponga de la Red Digital de Servicios Integrados se deberá tener un único objetivo

de calidad de sincronismo, el cual deberá ser adecuado para los servicios más exigentes.

El plan de sincronismo debe ser elaborado de modo que se cumpla con el objetivo fijado acerca de la tasa máxima admisible de deslizamientos en todas las centrales digitales. Para determinar el valor de esta tasa se debe tomar en cuenta las Recomendaciones G.811 y G.822 del CCITT, pudiendo ser el valor adoptado igual o mejor a los que se sugiere en las Recomendaciones mencionadas.

La Recomendación G.811 establece que los relojes de la red digital internacional no deben tener una desviación de frecuencia a largo plazo mayor que  $10^{-11}$ , lo cual implica que la frecuencia de aparición de deslizamientos en cualquier canal a 64 Kbit/s no será superior a uno cada 70 días por cada enlace digital internacional.

Por su parte, la Recomendación G.822 establece las características aceptables de deslizamientos controlados en una conexión internacional o en un canal soporte a 64 Kbit/s. Estos valores se hallan en la siguiente tabla:

Categoría de calidad	Tasa media de deslizamientos	Proporción del tiempo
(a)	$\leq$ 5 deslizamientos en 24 hr	$>$ 98.9 %
(b)	$>$ 5 deslizamientos en 24 hr y $\leq$ 30 deslizamientos en 1 hr	$<$ 1 %
(c)	$>$ 30 deslizamientos en 1 hr	$<$ 0.1 %

Tabla 2-6. Característica aceptable de deslizamientos controlados en una conexión internacional o canal soporte a 64 Kbit/s.

En esta tabla, la categoría de calidad (a) corresponde a una combinación de "nominal" y "satisfactorio", la categoría de calidad (b) corresponde a "degradado" y la categoría de calidad (c) corresponde a "inaceptable".

Los valores de la tabla 2-6 han sido determinados para una conexión internacional de 27500 Km de longitud o para un canal soporte correspondiente. El tiempo total al que se hace mención es igual o mayor a un año. En el caso de la categoría de calidad (a) se prevé que la característica nominal de deslizamientos debida solamente a la explotación plesiócrona no excederá de un deslizamiento en 5.8 días.

El plan de sincronismo debe especificar los métodos

de sincronismo necesarios en las diferentes partes de la red y las exactitudes de frecuencia de cada reloj de la misma. En el siguiente capítulo se tiene información acerca de los relojes y sus características.

La Recomendación G.822 hace referencia también a la repartición de las degradaciones, la cual debe ser considerada en un plan de sincronismo. La Recomendación mencionada establece:

Puesto que la importancia de los deslizamientos que se producen en las diferentes partes de una conexión dependerá del tipo de servicio y del nivel de tráfico afectado, el procedimiento de repartición incluye la asignación de límites más estrictos a los deslizamientos detectados en las centrales de tránsito internacionales y nacionales, y límites menos estrictos en las centrales locales pequeñas.

El procedimiento de repartición recomendado se basa en la subdivisión de los porcentajes constitutivos de los objetivos de tiempo para las categorías de calidad (b) y (c) (tabla 2-7). Los objetivos se atribuyen a las diversas secciones de la conexión ficticia de referencia (CFR) digital normalizada de 27500 Km de longitud que se indica a continuación:

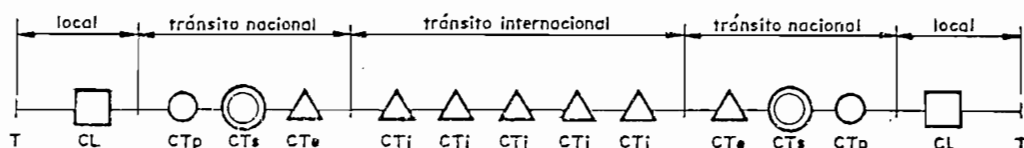


Figura 2-19. Subdivisión de la conexión ficticia de referencia a efectos de la repartición de los objetivos de calidad de funcionamiento en materia de deslizamientos.

En la figura anterior:

T: Terminal  
 CL: Central local  
 CTP: Central de tránsito primaria  
 CTS: Central de tránsito secundaria  
 CTe: Central de tránsito terciaria  
 CTi: Central de tránsito internacional.

Sección de la CFR	Proporción atribuida de cada objetivo de la tabla 2-6	Objetivos como proporción del tiempo total	
		(b)	(c)
Parte de tránsito internacional	8.0 %	0.08 %	0.008 %
Cada parte de tránsito nacional	6.0 %	0.06 %	0.006 %
Cada parte local	40.0 %	0.40 %	0.040 %

Tabla 2-7. Repartición de los objetivos de calidad de funcionamiento en materia de deslizamientos controlados.

El tiempo total es mayor o igual a un año.  
 Las categorías de calidad (b) y (c) tienen el mismo significado que en la tabla 2-6.

La repartición entre la parte de tránsito nacional y la parte local tiene solamente carácter de orientación. Las Administraciones son libres de adoptar una repartición diferente, siempre y cuando el total de cada parte nacional (local + tránsito) no exceda del 46.0 % (1)

Por último, debe señalarse que el plan de sincronismo debe tomar en cuenta los enlaces entre centrales digitales y analógicas, los sistemas múltiplex de orden superior y debe también definir el sincronismo para

(1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p. 319-320.

circuitos internacionales o nacionales via satélite.

Las centrales analógicas que tienen conexiones PCM con centrales digitales están equipadas con terminales PCM. Normalmente, los relojes de los lados de recepción y emisión de los terminales PCM son independientes. Sin embargo, en el caso de conexión de una central digital es necesario sincronizar el reloj de emisión del terminal, lo cual se lleva a cabo sincronizando el lado de emisión con el lado de recepción de los terminales en las centrales analógicas. En consecuencia, los terminales PCM de las centrales analógicas quedan conectados como esclavos, temporizados (subordinados) por las centrales digitales.

Las líneas PCM de orden superior entre centrales digitales pueden estar terminadas en equipos terminales de central especiales para el orden respectivo de multiplexación o, si no existen dichos terminales de central, en múltiplex digitales del orden correspondiente. En el primer caso no se necesitan múltiplex digitales y el enlace es sincronizado con el resto de la red por un método de sincronización como el mutuo o el maestro-esclavo. En el segundo caso, en cambio, el tren de bits de orden superior se demultiplexa antes de conmutarse; el equipo múltiplex está temporizado por los relojes de central y será sincrónico si los relojes de central están sincronizados.

Las grandes variaciones de retardo de transmisión en

un enlace por satélite plantean problemas especiales para los sistemas de sincronización. Todo sistema de sincronización diseñado para funcionar con enlaces por satélite debe mantener la relación de fase entre los relojes esencialmente constante e independiente de las variaciones diarias del trayecto de transmisión que pasa por el satélite. Esto puede conseguirse utilizando un sistema de control biterminal.

En lo que se refiere a la utilización de sistemas de satélite en una red plesiócrona internacional, en la Recomendación G.811 se establece:

Cuando se interconectan redes nacionales independientemente sincronizadas a través de un enlace digital por satélite utilizando acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) la temporización del enlace por satélite puede ser independiente de las redes nacionales.

Se recomienda la explotación del enlace en un modo plesiócrono utilizando una fuente de gran exactitud ( $10^{-11}$ ) para la temporización AMDT del satélite.(1)

Se indica además que los enlaces por satélite internacionales terminarán en nodos de red cuya temporización concuerde con la especificación de EIT a la salida de un nodo de red que termina en un enlace digital internacional, la cual se describe en el ítem 3.1 del

---

(1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p. 300.

siguiente capítulo.

## 2.2. PLANES RELACIONADOS CON EL PLAN DE SINCRONISMO

Se tiene dos planes técnicos fundamentales que influyen en el plan de sincronismo; estos son: el plan de enrutamiento y el plan de transmisión.

El sincronismo de la red requiere de flexibilidad en el enrutamiento para poder enviar con confiabilidad y fiabilidad las señales de reloj entre las centrales. Así, el plan de sincronismo necesita que existan rutas alternativas entre dos centrales con el objeto de asegurar la sincronización de los relojes de dichas centrales si se produce alguna falla en el circuito directo entre ellas ya que, de lo contrario, se producirá una pérdida del sincronismo de frecuencia, la cual determinará deterioros en la calidad de transmisión, como se ha visto anteriormente.

El objetivo de un plan de enrutamiento es definir todas las rutas reales que forman una red y asegurar que obedezcan a principios coherentes, lógicos y eficaces. El establecimiento de este plan requiere de una gran inversión inicial, por lo que las decisiones estarán limitadas al principio por consideraciones económicas, las cuales, en la generalidad de los casos, determinarán las rutas que han de establecerse, especialmente en las primeras fases. De



ordinario se elegirán, por lo tanto, los trayectos más cortos, teniendo presente que los accidentes geográficos locales constituyen barreras tanto económicas como físicas. Debe realizarse estudios para evaluar todas las opciones posibles. Debido a estas razones, los otros planes técnicos dependerán, en general, del enrutamiento disponible. Es por esto que, dependiendo de las rutas existentes, se planifica el sincronismo de la red pero, en algunas ocasiones, los requerimientos de sincronismo influyen a su vez en el enrutamiento, lo cual nos indica que se requiere de un proceso iterativo.

El objeto de la sincronización de la red es garantizar una frecuencia suficientemente baja de deslizamientos. Para lograr este objetivo no debe permitirse que la transmisión de señales en la red se efectúe a un nivel inferior a las tolerancias especificadas por el plan de transmisión para un funcionamiento adecuado, ya que las degradaciones de una señal pueden dar lugar a deslizamientos.

Con el fin de contribuir a que se cumpla el objetivo del sincronismo de la red, el plan de transmisión, que busca obtener una adecuada calidad de señal, debe controlar los factores de la transmisión que afectan a dicha calidad, como la atenuación, distorsión, relación señal a ruido, tiempo de propagación, retardo de grupo, etc. Con la misma finalidad, se debe observar una adecuada tasa de errores

de bits (BER) de la señal, ya que la calidad del sincronismo se mide con dicha tasa.

## CAPITULO III

### TEORIA GENERAL DEL SINCRONISMO

#### 3.1 RELOJES Y SU ESTABILIDAD.

Como ya se vio anteriormente, en una red digital cada central tiene un reloj que establece la base de tiempo para dos acciones: la recepción de trenes de bits procedentes de otras centrales digitales y el control de los mismos en las diferentes etapas de conmutación de la central y el envío de trenes de bits conmutados hacia otras centrales o, en último término, a los abonados.

Los fenómenos de deterioro de la información transmitida en una red digital conocidos como deslizamientos están ligados a la precisión de los relojes y a las fluctuaciones de los tiempos de transmisión. La sincronización de la red digital tiene como objetivo reducir estos deslizamientos y, para esto, el CCITT ha establecido los límites aceptables de la tasa de deslizamientos y el desvío relativo de frecuencia ( $\Delta f/f$ ) entre los relojes en las Recomendaciones G.822 y G.811. Estos valores se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

Calidad de funcionamiento esperada	Tasa de deslizamientos	Estabilidad demandada ( $\Delta f/f$ )
Nominal	1/70 días (máxima)	$10^{-11}$
Satisfactoria	$\leq 1/5$ horas (media)	$\leq 7 \cdot 10^{-9}$
Degradada	$> 1/5$ horas y $\leq 1/2$ min. (media)	$> 7 \cdot 10^{-9}$ y $\leq 10^{-6}$
Inaceptable	$> 1/2$ min. (media)	$> 10^{-6}$

Tabla 3-0. Tasa de deslizamientos máxima y estabilidad demandada entre los relojes para varias calidades de funcionamiento.

El funcionamiento de un reloj es un factor muy importante para reducir los deslizamientos. Para expresar la calidad de funcionamiento de un reloj se emplea dos parámetros: la precisión y la estabilidad.

La precisión es el grado en el cual la frecuencia de un reloj corresponde a la frecuencia de un standard primario que tiene la precisión más alta.

Por su parte, la estabilidad define cuánto tiempo puede el reloj seguir generando la misma frecuencia una vez establecida la operación continua. Es importante distinguir entre la estabilidad a corto plazo y a largo plazo. La estabilidad a corto plazo depende de la variación aleatoria de la frecuencia, mientras que la estabilidad a largo plazo depende del cambio sistemático de la frecuencia. En la figura 3-0 se hallan graficados los parámetros anteriores.

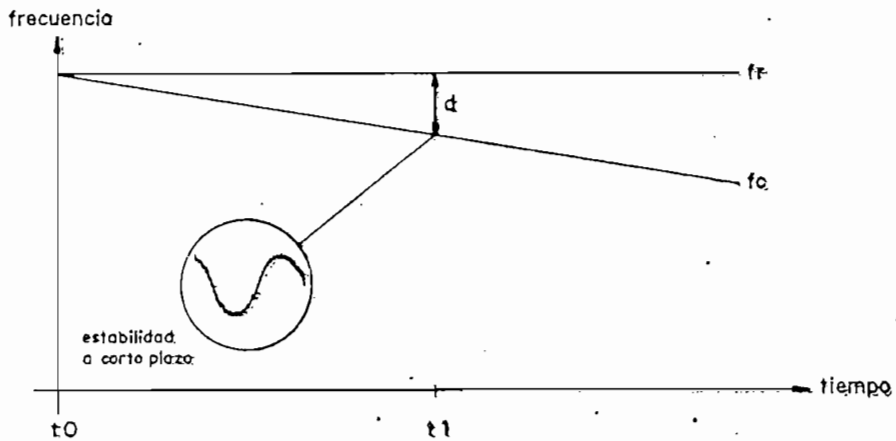


Figura 3-0. Variación de la salida del reloj ( $f_c$ ) con respecto a la salida de una referencia de frecuencia ( $f_r$ ).

En la figura anterior:

$f_r$ : salida de una referencia de frecuencia

$f_c$ : salida del reloj

$d$ : desviación de frecuencia en el instante  $t_1$

Se tiene que:

Precisión en el instante  $t_1$ :  $A = \frac{d}{f_r}$

Estabilidad a largo plazo:  $S = \frac{d}{f_r} \cdot \frac{1}{t_1 - t_0}$

Como generadores de frecuencia en los relojes se utilizan fuentes atómicas y cristales de cuarzo. Dentro de los relojes atómicos se tiene el patrón de haz de Cesio y la célula de vapor de Rubidio.

Los relojes de Cesio tienen una estabilidad a corto plazo limitada, mientras que su estabilidad a largo plazo es muy alta. Con mediciones de una precisión de  $3 \cdot 10^{-12}$  no

se ha detectado ninguna variación de la frecuencia en relojes de dos años de vida en comparación con relojes de fabricación reciente.

La célula de vapor de Rubidio es más conveniente que el reloj de Cesio en lo que se refiere a tamaño y costo. Los relojes de Rubidio son más estables que los de Cesio durante intervalos de tiempo menores que unos pocos cientos de segundos, pero tienen una estabilidad a largo plazo por debajo de los de Cesio.

Los osciladores de cristal de cuarzo son las principales fuentes de frecuencia para muchas aplicaciones. Ellos constituyen las fuentes de frecuencia disponibles más sencillas, fiables y económicas. Aunque su estabilidad a largo plazo es menor que la de los osciladores atómicos, tienen una buena estabilidad a corto plazo. La propiedad que hace tan atractivos a los cristales de cuarzo es que su frecuencia puede controlarse por medio de una tensión eléctrica. De este modo, se puede conseguir un ajuste automático de la frecuencia de los relojes, habiendo superado así el problema de la mala estabilidad a largo plazo de los cristales de cuarzo.

Las características de los generadores de frecuencia comercialmente disponibles se esquematizan en el siguiente gráfico:

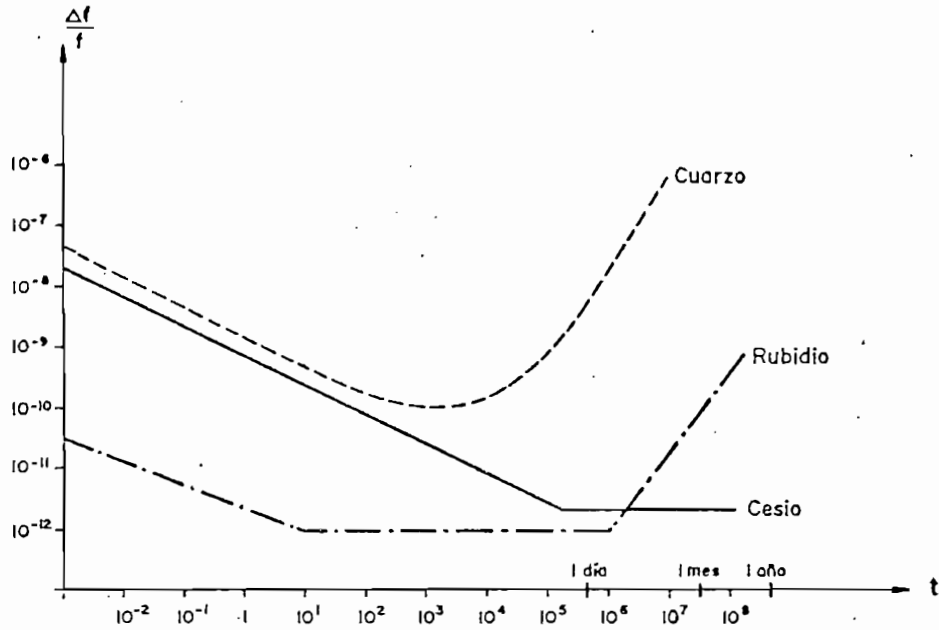


Figura 3-1. Estabilidad de los osciladores en función del tiempo.

Los relojes requieren de un mantenimiento periódico tanto preventivo como correctivo. La frecuencia con que debe realizarse este mantenimiento depende del tipo de reloj y del papel que desempeña en la red de sincronismo. Cabe mencionar que los relojes de Cesio no requieren de ningún control debido a la alta estabilidad que poseen, mientras que los otros tipos de relojes requieren de mantenimiento.

La tabla que se encuentra a continuación indica la estabilidad a largo plazo y el número de ajustes manuales de la frecuencia por año para los diferentes tipos de osciladores.

Tipo de oscilador	Estabilidad por año	Número de ajustes anuales de frecuencia por año
Cuarzo termostático	$10^{-8}$	300
Rubidio	$10^{-10}$	6
Cesio	$10^{-12}$	0

Tabla 3-1. Estabilidad y número de ajustes manuales de frecuencia por año para los diferentes tipos de osciladores.

Para el caso del oscilador de Cesio su estabilidad permanece en el orden de  $10^{-12}$  durante los 4 ó 5 años de tiempo de vida que posee, lo cual lo hace muy fiable.

En la figura que se presenta a continuación se puede observar el costo de cada reloj versus su estabilidad a largo plazo.



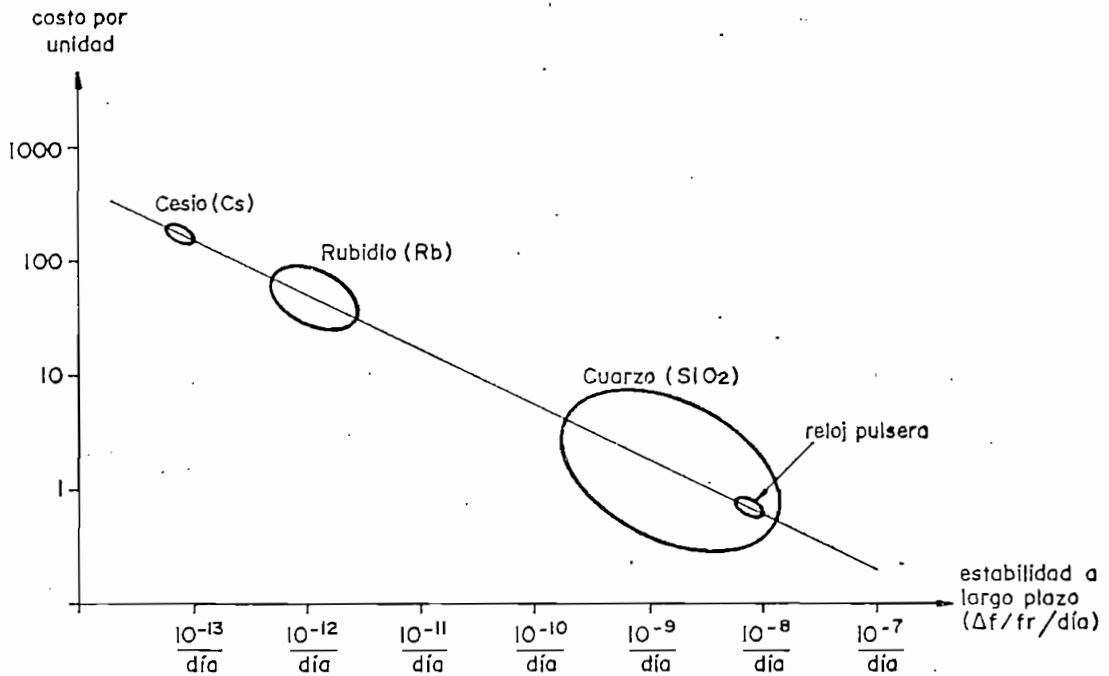


Figura 3-2. Costo de una unidad de reloj versus estabilidad a largo plazo.

### 3.1.1 Error de intervalo de tiempo.

En la Recomendación G.811 del CCITT se encuentra la definición del error de intervalo de tiempo. Dicha Recomendación establece:

La definición de error de intervalo de tiempo (EIT) está basada en la variación  $\Delta T$  del retardo de una señal de sincronización dada con respecto a una señal de sincronización ideal. El EIT en un período de  $S$  segundos se define como la magnitud entre los valores de retardo medidos al final y al principio de dicho período; es decir,  $EIT(S) = |\Delta T(t+S) - \Delta T(t)|$ . En la figura 3-3 puede apreciarse la definición del EIT.

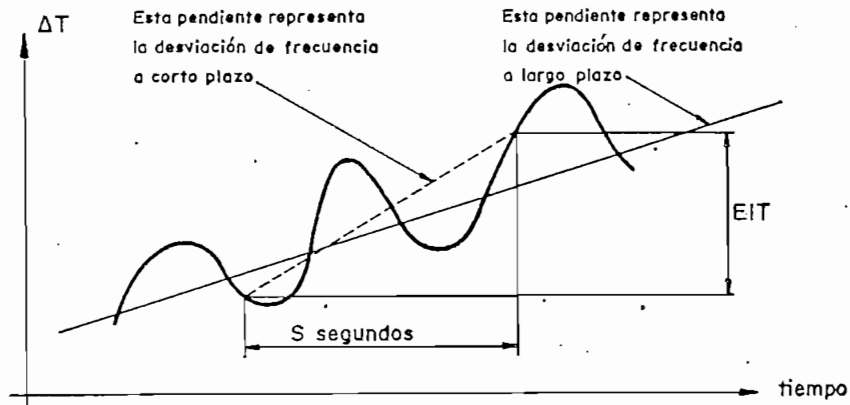


Figura 3-3. Definición del error de intervalo de tiempo (EIT).

La correspondiente desviación de frecuencia (normalizada)  $\Delta f/f$  es el EIT dividido por la duración del período (o sea, S segundos). (1)

En la misma Recomendación se tiene especificaciones del error de intervalo de tiempo a la salida de un reloj de referencia:

El EIT en un período de S segundos no excederá los siguientes límites:

- a)  $(100S)ns \pm 1/8$  de intervalo unitario (IU); esto es aplicable a valores de S menores que 5. Podrán rebasarse esos límites en los casos excepcionales de pruebas internas u operaciones de reconfiguración que deban hacerse en el reloj, debiendo respetarse entonces las condiciones siguientes: el EIT no deberá rebasar  $1/8$

---

(1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p.298.

de IU durante todo un período de hasta  $2^{1.1}$  IU; en el caso de períodos superiores a  $2^{1.1}$  IU no deberá rebasar  $1/8$  de IU hasta un total máximo de EIT de 500 ns.

b)  $(5S + 500)$  ns; aplicable a valores de S entre 5 y 500.

c)  $(10^{-2} S + 3000)$  ns; aplicable a valores de S superiores a 500.

El margen de 3000 ns se destina a prever el envejecimiento y otros efectos ambientales.

El valor básico de  $1/8$  de IU indicado en el apartado a) queda limitado por los requisitos de los repetidores de línea o equipos terminales. Podrían ocurrir discontinuidades de esta magnitud debido a operaciones internas dentro del propio reloj. (1)

La misma Recomendación hace también referencia a la indisponibilidad y degradación de los relojes de referencia:

Los fallos que degradan las frecuencias de referencia o imposibilitan su aplicación en una red producen aumentos en las tasas de deslizamientos en la frontera de la red y pueden causar deslizamientos en la propia red. (2)

En la siguiente tabla se puede ver el objetivo para la proporción de tiempo total durante la cual puede haber indisponibilidad del reloj de referencia o una degradación

---

(1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p. 298-299.

(2) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p.299.

de su exactitud.

Categoría de Calidad	Desviación de frecuencia	Proporción del tiempo durante el cual puede producirse una degradación, con relación al tiempo total.
(a)	$10^{-11} <  \Delta f/f  \leq 2 \cdot 10^{-9}$	$\leq 10^{-5}$
(b)	$2 \cdot 10^{-9} <  \Delta f/f  \leq 10^{-7}$	$\leq 10^{-6}$
(c)	$ \Delta f/f  > 10^{-7}$	$\leq 10^{-7}$

Tabla 3-2. Degradación admisible del funcionamiento de los relojes de referencia.

En la tabla anterior, las categorías de calidad (a), (b) y (c) se relacionan con los apartados a), b) y c), respectivamente, de las especificaciones del EIT a la salida de un reloj de referencia (págs. 112-113) y corresponden a las denominaciones de "satisfactoria", "degradada" e "inaceptable". Para esta tabla el valor del tiempo total está en estudio.

En esta Recomendación (G.811) se indica además la especificación del error de intervalo de tiempo a la salida de un nodo de red en el que termina un enlace digital internacional:

Lo que sigue se aplica independientemente del sistema de sincronización nacional.

El EIT en un período de S segundos no excederá los siguientes límites:

a)  $(100)ns + 1/8$  de intervalo unitario (IU); esto es aplicable a valores de S menores de 10.

Podrán rebasarse esos límites en los casos excepcionales de pruebas internas u operaciones de reconfiguración que deban hacerse en la central, debiendo respetarse entonces las condiciones siguientes: El EIT no deberá rebasar  $1/8$  de IU durante todo periodo de hasta  $2^{11}$  IU; en el caso de periodos superiores a  $2^{11}$  IU, la variación de fase para cada intervalo de  $2^{11}$  IU no deberá rebasar  $1/8$  de IU hasta un total máximo de EIT de 1000 ns.

b)  $(5S + 1000)ns$ ; aplicable a valores de S entre 10 y 1800;

c)  $(10^{-2} S + 10.000)ns$ ; aplicable a valores de S superiores a 1800. (1)

En lo referente a la indisponibilidad y degradación de la temporización de un nodo de red en el que termina un enlace digital internacional, se tiene las mismas observaciones generales que para el caso de la indisponibilidad y degradación de los relojes de referencia. En la siguiente tabla se aprecia el valor permitido de la proporción del tiempo total cuando la frecuencia de la temporización del nodo se desvía de la frecuencia del reloj de referencia.

---

(1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p.300.

Categoría de Calidad	Desviación de frecuencia $ \Delta f/f $ de la temporización de un nodo		Proporción del tiempo durante el cual puede producirse una degradación, con relación al tiempo total.	
	Local	Tránsito	Local	Tránsito
Nominal	t	t	≥ 98.89 %	≥ 99.945 %
(a)	$10^{-11} <  \Delta f/f  \leq 10^{-8}$	$10^{-11} <  \Delta f/f  \leq 2 \cdot 10^{-9}$	≤ 1 %	≤ 0.05 %
(b)	$10^{-8} <  \Delta f/f  \leq 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-9} <  \Delta f/f  \leq 5 \cdot 10^{-7}$	≤ 0.1 %	≤ 0.005 %
(c)	$ \Delta f/f  > 10^{-6}$	$ \Delta f/f  > 5 \cdot 10^{-7}$	≤ 0.01 %	≤ 0.0005 %

\* ver la especificación del error de intervalo de tiempo a la salida de un nodo de red en el que termina un enlace digital internacional

Tabla 3-3. Degradación admisible de la temporización de un nodo de red.

Todos los valores presentados en la tabla 3-3 son provisionales.

Los valores para los nodos locales se indican sólo a modo de orientación y cada Administración puede optar por otro nivel de calidad, siempre que se cumpla con los objetivos totales de la tasa de deslizamientos controlados de la Recomendación G.822. Otra observación importante es que los valores presentados en la tabla anterior son más estrictos que lo que sugiere la Recomendación G.822 para una conexión a 64 Kbit/s con el objeto de dejar un margen para posibles efectos de la red y en previsión de la

introducción futura de servicios a velocidades binarias más altas que exijan una mayor calidad en materia de deslizamientos.

Las categorías de calidad (a), (b) y (c) se relacionan con los apartados a), b) y c), respectivamente, de las especificaciones del EIT a la salida de un nodo de red en el que termina un enlace digital internacional (págs. 114-115) y tienen los mismos significados que en la tabla 3-2.

En el desarrollo anterior se ha mencionado el término "intervalo unitario"; su definición se encuentra en la Recomendación G.701 del CCITT y dice:

Intervalo Unitario: diferencia nominal de tiempo entre instantes significativos consecutivos de una señal isócrona. (1)

Para comprender la definición anterior es necesaria la definición del término "instante significativo":

Instante significativo, instante significativo de una señal digital: instante en el que comienza un elemento de señal de una señal con temporización

---

(1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p.12.

discreta".(1)

Como definición de "reloj de referencia", la Recomendación G.701 establece:

Reloj de referencia: reloj de estabilidad y exactitud muy grandes que puede ser completamente autónomo y cuya frecuencia sirve de base de comparación para la frecuencia de otros relojes.(2)

---

- (1) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p.12.

(2) CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, UIT, 1985, p.26.



### 3.2 SINCRONIZACION DE REDES

Como se vio en el Capítulo I, para recibir una señal de calidad adecuada debe realizarse un sincronismo tanto de frecuencia como de fase. Para realizar el sincronismo de fase se debe equipar a la red con dispositivos que se encarguen de regular la posición de las tramas y de los bits, que se conoce como sincronismo de fase de trama y de pulsos de reloj, respectivamente.

Por otra parte, el sincronismo de frecuencia se lleva a cabo mediante el sistema de sincronización de la red. Este sistema ajusta la frecuencia de cada reloj de la red para tener una misma velocidad de bits en todas las centrales digitales y evitar así que se produzcan deslizamientos.

Existen dos técnicas fundamentales de sincronización de redes: la operación plesiócrona y la operación síncrona.

#### 1) Operación Plesiócrona

En este sistema se utiliza en cada central relojes que trabajan en forma independiente el uno del otro, pero que tienen nominalmente la misma frecuencia. Debido a esta situación, para mantener la tasa de deslizamientos dentro de los límites especificados por el CCITT, se necesita que todos los relojes sean de alta precisión y de gran

estabilidad.

Esta técnica ofrece la mayor garantía frente a fallas ya que la falla de un punto de la red no se propaga hacia otros puntos; además, es adecuada para cualquier tipo de red, sin importar su capacidad y estructura. El inconveniente de la sincronización plesiócrona es que se debe emplear relojes atómicos, los cuales tienen un costo mucho mayor y duran mucho menos, lo que se traduce en mayores gastos de explotación; así, la aplicación de este sistema no es conveniente desde el punto de vista económico (un reloj atómico en cada nodo), y es por esto que este sistema sólo se aplica básicamente en las centrales internacionales.

## 2), Operación Síncrona:

En este sistema los relojes están controlados para funcionar a frecuencias idénticas o a una misma frecuencia media. Los métodos de control síncrono son los siguientes:

- a) Sincronización Maestro - Esclavo
- b) Sincronización Mutua

### a) Sincronización Maestro - Esclavo:

En el método maestro - esclavo simple, el reloj de una determinada central de la red, designada como maestra,

se distribuye al resto de las centrales (esclavas), cuyos relojes quedan enganchados en fase al reloj maestro. Las frecuencias de los osciladores de las centrales esclavas se sintonizan a la frecuencia suministrada por la central maestra, de modo que la frecuencia en la red se unifica, por lo que se disminuye la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos.

En previsión contra perturbaciones y averías en la red de distribución de las señales de reloj existen dos tipos de sistemas para redes con sincronización maestro-esclavo: el sistema de relación estrecha y el sistema de relación débil.

En el sistema de relación estrecha las centrales esclavas dependen de la central maestra en cuanto al suministro de las señales de reloj, pero se establecen rutas alternativas para tal suministro, de manera que cuando ocurre alguna avería en una ruta activa se conmuta automáticamente hacia la ruta alternativa con el objeto de proteger a la red de la degradación de la calidad de sincronismo.

En el sistema de relación débil, cuando ocurre una interrupción de los pulsos de reloj en la central esclava, se lleva el control basándose en la información de la frecuencia anterior a la interrupción, con lo cual se mantiene el mismo sistema y no son necesarias rutas

alternativas. En la actualidad, esta función la lleva a cabo el mismo sistema a través de su control por programa almacenado incorporado en un microprocesador. En este proceso, se memoriza la frecuencia en el tiempo de situación normal, calculada en forma estadística, y cuando ocurre alguna falla en el sistema, con dicha información se controla el voltaje del oscilador de cristal. De este modo, los osciladores de enganche de fase de las centrales esclavas deben ser capaces de generar la frecuencia correcta durante unos días, hasta que se restablezca la normalidad.

Aunque este método es fácil de realizar y no implica problemas de estabilidad en la red, la estabilidad de frecuencia de los relojes esclavos debe ser relativamente alta, de modo que la frecuencia de deslizamientos se pueda mantener en un nivel lo suficientemente bajo en caso de falla del reloj maestro o de la línea de transmisión proveniente desde la central de nivel superior. Este requisito supone un aumento de costos. A pesar de todo, la fiabilidad es baja si se depende de un solo reloj maestro. Por lo tanto, se consigue una mejora del método maestro-esclavo si se emplea un número mayor (limitado) de relojes maestros, por ejemplo, un reloj primario, uno secundario y uno terciario. Este es el caso del método maestro - esclavo jerárquico, en donde todos los relojes de la central se organizan en una jerarquía y a cada reloj se le asigna un rango de acuerdo con su posición en la jerarquía. En caso

de fallo del reloj maestro se elige un nuevo reloj maestro con el rango inferior siguiente en la jerarquía. Se observa, por lo tanto, que se dispone de un enlace ordinario y varios de reserva, donde el enlace ordinario debe estar conectado a la central maestra primaria, mientras que los enlaces de reserva deben conectarse a las centrales maestras secundaria y terciaria.

El método maestro - esclavo jerárquico determina mejoras de la fiabilidad y una menor sensibilidad a los fallos del enlace, y es adecuado para cualquier tipo de estructura de red. Esto se consigue a expensas de una mayor complejidad pues la información sobre el estado jerárquico de las centrales y sobre la calidad de los enlaces debe distinguirse y evaluarse en cada central.

Dentro del método maestro - esclavo se tiene la posibilidad de transferir la función de reloj maestro a una referencia de frecuencia externa. A este método se le conoce como maestro - esclavo de referencia externa. Existen varias fuentes de señales precisas de tiempo y frecuencia a las que se tiene acceso por radio, cable, etc. En muchos casos, la distribución de información de tiempo y frecuencia sólo tiene alcance nacional, aunque hay algunos sistemas que distribuyen estas señales a todo el mundo.

En cualquier tipo de sincronización maestro-esclavo (simple, jerárquico o de referencia externa) se

puede aplicar el sistema de relación estrecha o el sistema de relación débil.

Como características generales del método de sincronización maestro - esclavo puede mencionarse que no se dan problemas de estabilidad de la red y que es un método apropiado para la mayoría de las topologías de red (aquellas partes de la red que tienen una estructura en estrella pura deben emplear este método). En este método los enlaces de sincronización transmiten temporización unilateral, y siempre de una central de nivel superior a una de nivel inferior o del mismo nivel. En la sincronización maestro - esclavo sólo el o los relojes maestros deben gozar de una alta estabilidad de frecuencia. De lo visto anteriormente se puede concluir que los inconvenientes que presenta este método son los problemas de fiabilidad y la necesidad de relojes de gran estabilidad en las centrales maestras.

#### b) Sincronización Mutua:

El método de sincronización mutua establece una frecuencia de reloj común para toda la red. Este valor común es la frecuencia promedio total de las frecuencias de reloj de las diferentes centrales de la red, la cual se obtiene mediante un control mutuo entre las fuentes de reloj. Se tiene dos tipos básicos de sincronización mutua: con control uniterminal y con control biterminal.

En el sistema de sincronización mutua con control uniterminal la entrada al circuito que controla el reloj de central está formada por el valor medio de las diferencias de fase entre el reloj local y todas las señales de reloj entrantes. El inconveniente de este método es su incapacidad para contrarrestar los efectos de las variaciones del retardo de transmisión debidas a los cambios de temperatura. En la práctica, la frecuencia del sistema resulta ser proporcional a los cambios de la temperatura ambiente.

En el sistema de sincronización mutua con control biterminal, la entrada a los circuitos de control está formada por la diferencia entre la información "uniterminal" y las diferencias de fase medidas en todos los nodos de la red. Cuando se emplea este método, la frecuencia de la red es insensible a las variaciones del retardo de transmisión y a la temperatura ambiente. Estas mejoras se consiguen a expensas de una mayor complejidad y de equipo adicional.

Con el sistema de sincronización mutua la red continúa funcionando aún si se produce una falla en un reloj de algún nodo. Este sistema es fiable y permite emplear relojes menos estables que los de una red con control maestro - esclavo; por lo tanto, con esta sincronización se pueden emplear solamente relojes de

oscilador de cristal de cuarzo. En este método, los enlaces de sincronización entre las centrales transportan temporización bilateral y no es necesario establecer una relación jerárquica entre las fuentes de reloj.

La sincronización mutua puede aplicarse en redes que muestran mayormente una estructura en malla, las cuales deben cumplir con el requisito de que todas sus centrales tengan iguales circuitos de control.

Las ventajas que presenta la sincronización mutua (frente al método maestro - esclavo) son menores costos de reloj, una administración más simple y una menor probabilidad de deslizamientos luego de una falla en la ruta. Las principales desventajas que presenta esta sincronización son su complejidad, las variaciones de frecuencia del sistema, la incertidumbre que se tiene con respecto a la frecuencia promedio exacta y a las perturbaciones y fallas en los diferentes medios de transmisión, y la necesidad de que todas las centrales tengan iguales circuitos de control.

En la figura 3-4 puede observarse esquemas de los distintos métodos de sincronización de redes.



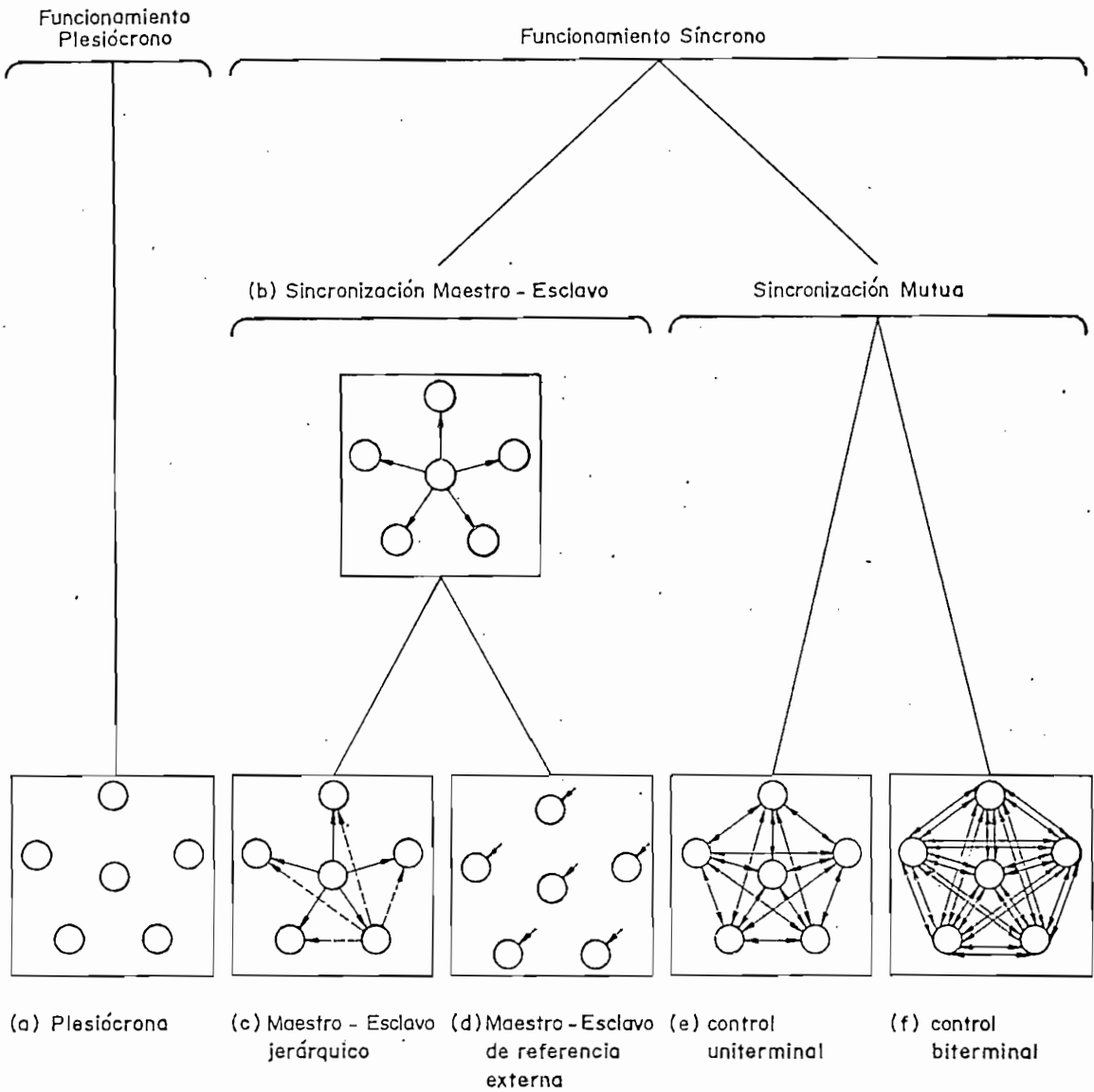


Figura 3-4. Métodos de sincronización de redes.

En la figura 3-4, en la parte (c) las líneas de trazo discontinuo indican el segundo nivel de la jerarquía; en la parte (d) hay un reloj maestro externo.

A continuación se presenta una tabla en la que se expone algunas comparaciones de los métodos de

sincronización.

Sincronización Ítem	Plesiócrona	Maestro - esclavo	Mutua
Costo	elevado	medio	bajo
Variaciones de la frecuencia	pocas	pocas	muchas
Control	innecesario	simple (entre 2 centrales)	necesario y complicado
Estabilidad	mal reloj alred. $10^{-11}$ /día	buen reloj alred. $10^{-8}$ /día	mal reloj alred. $10^{-6}$ /día
Aplicación	red internacional	redes nacionales	limitada (redes en malla)

Tabla 3-4. Comparación entre los métodos de sincronización.

Cada uno de los métodos de sincronización de redes tiene algunas ventajas específicas, en base de las cuales puede escogerse alguno para una aplicación práctica, pero también cada método tiene sus inconvenientes. Por esto, para decidir qué método o métodos aplicar en una red digital determinada, el planificador debe realizar un estudio completo de la misma considerando su capacidad, su equipo, su topología, la fiabilidad requerida, etc.

Para determinar los métodos concretos de sincronización de redes que han de utilizarse debe distinguirse criterios distintos, dependiendo de si se trata de una red local, nacional o internacional.

Cuando un país proyecta construir una red digital debe considerar las clases de servicios que proporcionará con dicha red, la capacidad apropiada para ésta, la fiabilidad que debe ofrecer la red (para asegurar la calidad requerida en los diferentes servicios) y los planes a largo plazo para esa red. Sobre la base de la estructura de la red nacional y demás circunstancias, el planificador debe elegir un conjunto de métodos de sincronización. Es difícil establecer una comparación absoluta y definitiva entre los diferentes métodos de sincronización, y el planificador puede utilizar como orientaciones básicas las ventajas y desventajas que presenta cada método.

Las redes nacionales pueden tomar una de las cuatro formas siguientes:

- i) Una red totalmente síncrona, controlada por un solo reloj de referencia.
- ii) Un conjunto de subredes síncronas, controlada cada una de ellas por un reloj de referencia, pero con funcionamiento plesiócromo entre las subredes.
- iii) Una red totalmente síncrona con dos o más relojes diferentes mutuamente sincronizados por enlaces nacionales.
- iv) Una red nacional totalmente plesiócroma.

La elección de un método de sincronización en lugar

de otro para la totalidad de la red traerá siempre consigo ciertos inconvenientes que pueden remediarse con el empleo de otro método. Muchas veces puede ser conveniente realizar una combinación de los métodos, vale decir, aplicar un sistema de sincronización en una porción de la red y otro u otros sistemas de sincronización en otras partes de la misma; con una solución de este tipo se puede organizar una red óptima en lo referente a costos y funciones, ya que cada uno de los métodos tiene ventajas bien definidas que se complementan mutuamente. Por su parte, el empleo de un solo método en toda la red puede determinar ventajas administrativas al simplificar la documentación y el mantenimiento.

En las Redes Digitales de Servicios Integrados se utilizará la misma sincronización de red para los distintos servicios, tales como telefonía, datos, facsímil, televisión, etc, por lo que la calidad de la sincronización en la red digital deberá ser adecuada para los servicios más exigentes.

Por consideraciones relativas a la gestión de los osciladores, una red internacional debe organizarse de modo que funcione en el modo plesiócrono y, por ello, los osciladores a utilizar para la sincronización internacional deben escogerse de entre los de mayor exactitud. Sin embargo, no se debe excluir la posibilidad de introducir más adelante la sincronización internacional, y cuando

coexistan el funcionamiento plesiócrono y el síncrono dentro de la red internacional, los nodos tendrán que admitir ambos tipos de funcionamiento.

## CAPITULO IV

### SISTEMAS DE SINCRONISMO EXISTENTES EN EL PAIS

En el Ecuador existen actualmente 3 tipos de sistemas de sincronismo, los cuales se encargan de que se tenga el adecuado sincronismo en todas las redes telefónicas digitales (cada sistema controla el sincronismo de una o más redes de sincronismo).

Los sistemas de sincronismo que se tiene en el Ecuador son: el sistema de las centrales NEAX 61, el sistema de las centrales AXE 10 y el sistema de las centrales E10 B.

#### 4.1 SISTEMA DE LAS CENTRALES NEAX 61

Las centrales NEAX 61 que existen en el Ecuador y que conforman una red digital (con excepción de la central Guaranda y sus concentradores) han adoptado el sistema de sincronismo maestro - esclavo jerárquico con acoplamiento débil debido a la simplicidad en la implementación de circuitos, a la mayor facilidad para la expansión de la red y a la menor tasa de deslizamientos. (En el Capítulo III, ítem 3.2, se tiene una explicación del sistema de sincronismo adoptado). Este sistema de sincronismo ha sido

escogido como el procedimiento adecuado para cubrir los requerimientos de funcionamiento, costo y administración; es resistente a las causas que pueden provocar deslizamientos, lo cual es posible debido al progreso de la tecnología de los osciladores de cristal de gran exactitud y de la técnica del lazo de enganche de fase controlado en forma digital.

En el sistema de sincronización maestro - esclavo con acoplamiento débil se coloca en la central maestra un reloj de gran precisión; los relojes instalados en las centrales esclavas deben minimizar los efectos de las interrupciones cortas, del jitter y del wander de la fase en la línea de distribución del reloj y deben también poder mantener la frecuencia del reloj maestro aún cuando haya fallas en la línea.

Para que los relojes de las centrales esclavas puedan cumplir con los requerimientos arriba mencionados se emplea un lazo de enganche de fase (phase - locked loop, PLL) controlado por un microprocesador. Este PLL está compuesto por un oscilador, un comparador de fase digital y un circuito de control con microprocesador, tal como se muestra en la figura 4-0.

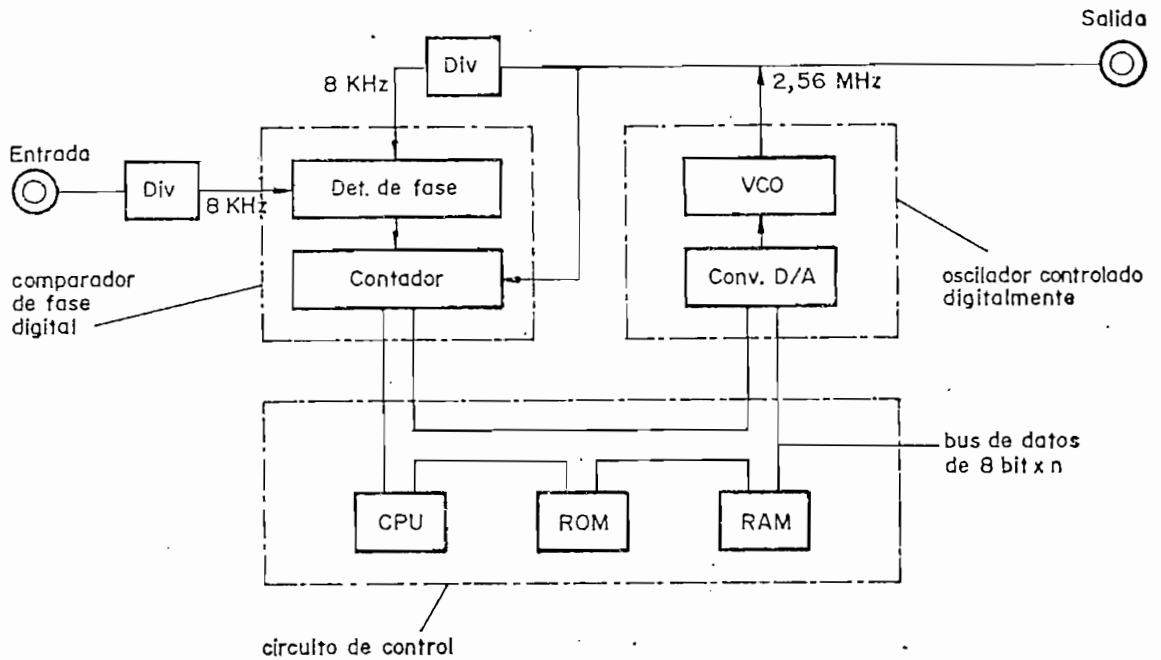


Figura 4-0. Configuración circuital del lazo de enganche de fase (PLL).

Un oscilador de cristal controlado por tensión (voltage controlled crystal oscillator, VCO) de alta precisión se monta en una cámara termostática. En el oscilador se incorpora un conversor D/A para permitir el control fino lineal de la salida del VCO, la cual responde a una entrada digital de 14 bits en paralelo.

La salida del VCO (2.56 MHz) se varía sobre un rango total de  $\pm 1 \cdot 10^{-7}$  y el último bit significativo cambia la frecuencia de salida por un factor de aproximadamente  $2 \cdot 10^{-9}$ .



El detector de fase mide el error de fase entre las dos señales de 8 KHz derivadas de la entrada y de la salida del PLL mediante el conteo de los pulsos de reloj de 3.088 MHz. La medición de la fase resultante se transfiere entonces al circuito de control durante el siguiente período del reloj de 8 KHz para satisfacer el requerimiento del ciclo de máquina del microprocesador.

El circuito de control consiste de un microprocesador (CPU) convencional de 8 bits, de memorias RAM y ROM y de circuitos de interfaz periféricos.

Los datos de error de fase, medidos sucesivamente, se promedian y se transfieren al VCO cada 8.192 segundos. Si la señal de entrada al PLL se interrumpe, la entrada al VCO se fija con el dato previo de control de frecuencia.

El rasgo más significativo del PLL es que puede detectar corrimientos de frecuencias y pérdidas de la señal de entrada, y mantener la frecuencia de salida bastante cercana a la del reloj maestro. Además, el funcionamiento del PLL puede ser optimizado fácilmente alterando el programa en la memoria RAM.

El PLL puede operar en tres modos, que son: entrada inicial, cerrado preciso y corrida libre.

En el modo de entrada inicial, es necesario que el

PLL tenga una constante de tiempo corta para que pueda engancharse rápidamente. En el modo de cerrado preciso, por otro lado, el PLL debe tener una constante de tiempo larga para suprimir el jitter y el wander en la señal de entrada.

Cuando el error de frecuencia es menor que el mínimo paso de control de frecuencia, automáticamente se selecciona el modo de cerrado preciso. En este modo, la detección de una fluctuación larga de frecuencia o de la pérdida de la señal de entrada, provoca que el circuito de control elija el modo de corrida libre. En este modo, el dato de control de frecuencia se fija en el valor obtenido de los datos acumulados libres de interferencia, mientras que se ignora la salida del comparador de fase digital.

La diferencia entre el reloj maestro y este PLL al comienzo del modo de corrida libre estará dentro de  $2 \cdot 10^{-9}$  debido a los efectos de cuantización del nivel de voltaje del sistema de control del conversor D/A de 14 bits.

Los errores de fase al comienzo de la interferencia y en el momento de la recuperación son, generalmente, bastante diferentes el uno del otro, dependiendo del estado de los circuitos divisores en el PLL. Esto puede provocar un corrimiento grande del error de fase, aún cuando el error real durante la corrida libre sea pequeño. Por eso, es necesario ajustar el error de fase del momento de recuperación con el del comienzo de la interferencia. Esto

puede hacerse preajustando el divisor en el lazo de realimentación.

La figura 4-1 muestra las características del modo de corrida libre, donde la relación de variación nominal del VCO es de  $5 \cdot 10^{-9}$ /día. El error de frecuencia máxima es de aproximadamente  $2 \cdot 10^{-9}$  y el error de fase acumulada es de aproximadamente 75  $\mu$ s para una corrida libre de 7 días.

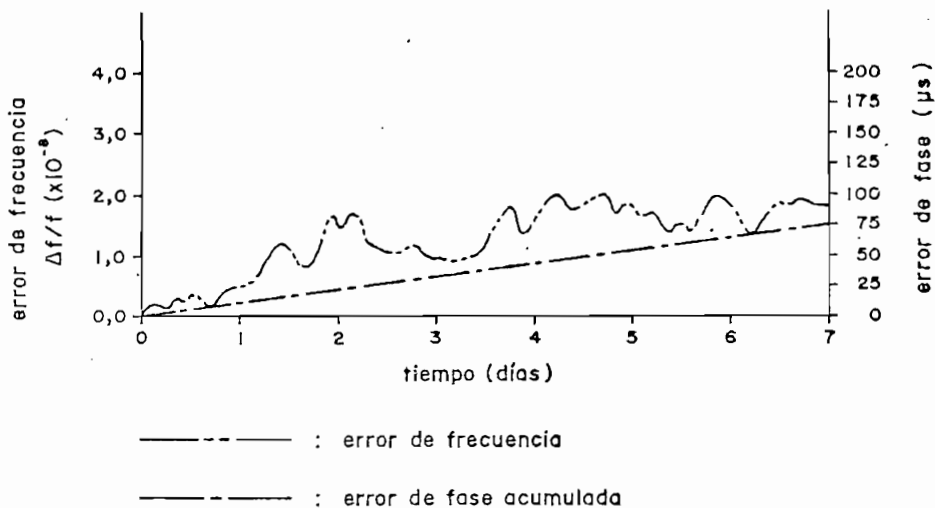


Figura 4-1. Error de frecuencia y error de fase acumulada en el modo de corrida libre.

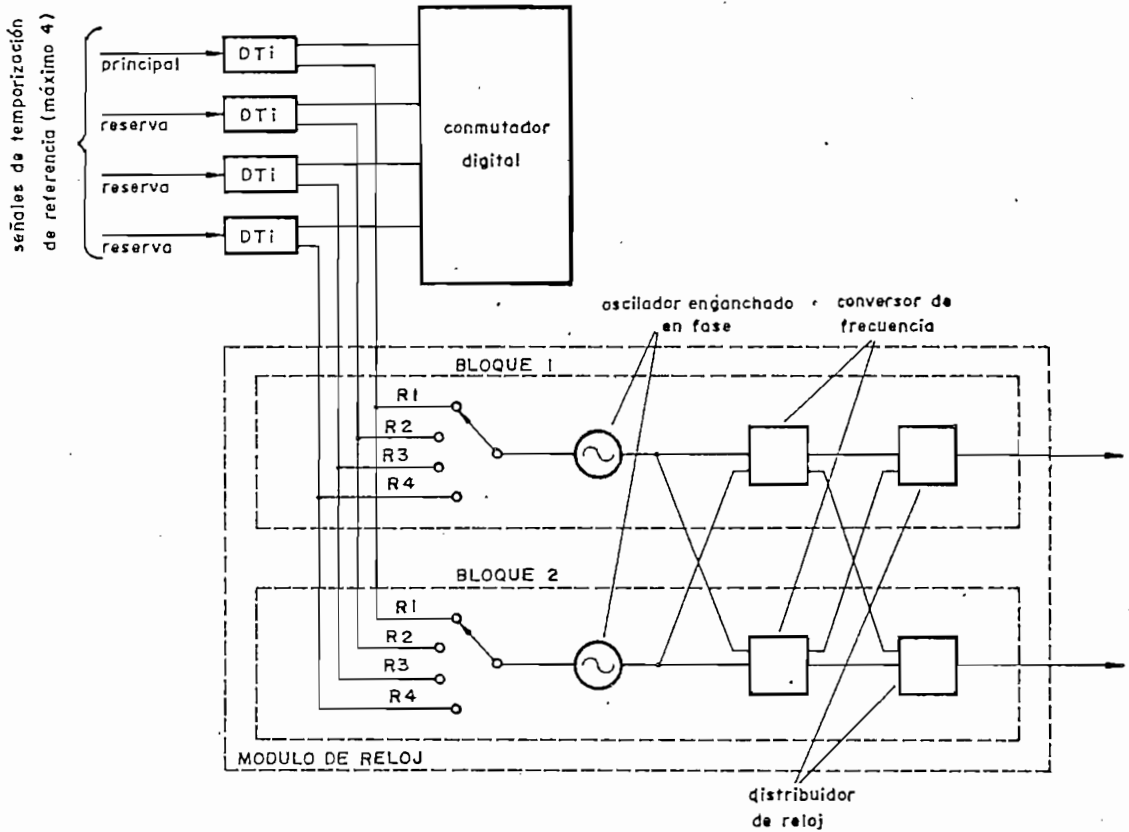
La tabla 4-0 muestra un resumen de las especificaciones del equipo de sincronización de la red.

Equipo		Especificaciones	
oscilador maestro		Categoría Frecuencia nominal Estabilidad	Oscilador atómico de rubidio 5 MHz $1 \cdot 10^{-9}$
oscilador esclavo	oscilador de frecuencia variable	Categoría Frecuencia nominal Estabilidad	Oscilador a cristal en una cámara termostática 2.56 MHz $1 \cdot 10^{-9}$ /día; $1 \cdot 10^{-7}/20$ años
	lazo de enganche de fase	Categoría Frecuencia de entrada Frecuencia de salida Ciclo de salida del comparador de fase Ciclo del control VFO Nº de bits de control VFO Modo de operación Rango de cerrado Tiempo de entrada Máxima desviación de frecuencia en el modo de cerrado Error de fase en el modo de corrida libre	Lazo de enganche de fase digital controlado por microproc 8 KHz 2.56 MHz 250 $\mu$ s 8.192 s 14 entrada, cerrado, corrida libre $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ 1 hora en el modo de entrada $< 5 \cdot 10^{-9}$ $< 125 \mu$ s/7días

Tabla 4-0. Especificaciones del equipo de sincronización de la red de centrales NEAX 61, en la cual se emplea el sistema de sincronización maestro-esclavo con acoplamiento débil.

Se debe indicar que el circuito de reloj de una central NEAX 61 esclava contiene un módulo de reloj, el cual está conformado por dos bloques iguales (que funcionan en conjunto), cada uno de los cuales posee un oscilador de cristal de cuarzo enganchado en fase, cuya configuración circuital puede apreciarse en la figura 4-0. Para el enganche de fase se puede conectar a estos módulos máximo cuatro señales entrantes de temporización de las cuales una actúa como referencia y las otras tres son señales de reserva. A continuación se presenta un esquema del circuito

de reloj mencionado.



Rn : Referencia n

Figura 4-2. Circuito de reloj de una central NEAX 61 esclava.

El DTI (Digital Transmission Interface) es un interfaz de transmisión digital compuesto por una memoria tampón, en la cual se escribe la información proveniente de otra central con su propia frecuencia y de la cual se lee la información con la frecuencia del reloj de la central.

En cada bloque del módulo de reloj, un circuito de control selecciona una misma señal de temporización y cada VCO se engancha en fase a ella. Las salidas de ambos VCO ingresan (formando una señal combinada) al convertor de frecuencia de cada bloque, el cual convierte, mediante división de frecuencia, la frecuencia de la señal combinada de 2.56 MHz a 2.048 MHz. Las salidas de los convertidores de frecuencia ingresan a los dos distribuidores de reloj, los cuales se encargan de distribuir la señal de reloj en la central para aplicaciones internas y para temporizar la información que sale de ella.

En la central maestra se dispone de un circuito de reloj con un módulo de reloj similar al de una central esclava, el cual está formado por dos bloques que tienen relojes de mayor precisión (en la actualidad se dispone de osciladores de rubidio de precisión  $1 \cdot 10^{-9}$ ). En este circuito de reloj no se tiene señales entrantes de temporización (para realizar un enganche de fase) puesto que los osciladores de rubidio son relojes de referencia.

Como se ha explicado anteriormente, el sistema de sincronismo adoptado por las centrales NEAX 61 en nuestro país es el maestro - esclavo con acoplamiento débil, y por esto no es necesario que al circuito de reloj de las centrales esclavas llegue más de una señal de temporización de referencia (pero pueden llegar hasta 4).

## 4.2 SISTEMA DE LAS CENTRALES AXE 10

Las centrales AXE 10 del país que constituyen una red digital (excepto la central de tránsito de Cuenca) han resuelto el problema del sincronismo mediante la aplicación del sistema de sincronización conocido como "PAMS" ("maestro - esclavo de alternativa preseleccionada"), el cual consiste en el método maestro - esclavo jerárquico con sistema de relación estrecha (este método se halla explicado en el Capítulo III, ítem 3.2).

Cada una de las centrales AXE 10 está equipada con un reloj interno conformado por 3 CLM (Clock Module). Un CLM es un módulo de reloj que comprende un lazo cerrado de fase digital con su regulador, en un programa. El CLM tiene una estabilidad de  $1 \cdot 10^{-6}$ /año. Cada CLM está equipado con un oscilador de cristal controlado por tensión (VCO) con una frecuencia de 24.576 MHz.

Adicionalmente a los 3 CLM, una central AXE 10 puede estar equipada con hasta 3 RCM (Reference Clock Module) y, como se verá en el siguiente capítulo, varias centrales se equipan con RCM; el número de módulos depende de la función que realice la central (los RCM se usan en las centrales maestras primaria, secundaria y terciaria).

El RCM es un módulo de reloj de referencia local que comprende un oscilador de cuarzo estabilizado contra

variaciones de temperatura mediante el uso de dos hornos regulados térmicamente; tiene una estabilidad de  $3 \cdot 10^{-6}$ /año. Los CLM pueden sincronizarse a un RCM del mismo modo que a otras fuentes de referencia; sin embargo, el RCM no puede ser controlado directamente por otras fuentes.

A continuación se presentan algunas características y datos técnicos de los módulos RCM y CLM.



	RCM	CLM
Frecuencia	5 MHz	24.576 MHz
Estabilidad a largo plazo (máx)	$\pm 1 \cdot 10^{-10}$ /día $\pm 3 \cdot 10^{-8}$ /año	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ /primer año $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ /año 3 - 20
Estabilidad a corto plazo	$\pm 1 \cdot 10^{-11}$ /seg	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$ /seg
Rango de ajuste de frecuencia manual (mín)	$\pm 5.5 \cdot 10^{-7}$	$\pm 10 \cdot 10^{-6} \Delta f/f_0$
Resolución de ajuste de frecuencia manual	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-7} \Delta f/f_0$
Rango de control de frecuencia automático (mín)	-----	$\pm 4.5 \cdot 10^{-6} \Delta f/f_0$
Sensibilidad ( $\Delta f/f_0$ )	-----	$3 \cdot 10^{-7}$ /bit
Tiempo de vida de ajuste manual	$\geq 20$ años	$\geq 20$ años
Tiempo entre ajustes manuales	Modo de referencia: rutina anual  Relojes de reserva: • / $\geq 34$ días (ver NOTA)	entorno analógico: rutina anual  sincronizado: $\geq 5$ años

Tabla 4-1. Características y datos técnicos para osciladores RCM y CLM.

NOTA: Cuando el software no tiene función de memoria de frecuencia, un RCM de reserva al que se conmuta (automáticamente) para reemplazar a una fuente defectuosa genera su frecuencia usual; esta conmutación produce una cierta variación de la frecuencia. Para mantener pequeños los valores de variación de frecuencia y de la posible tasa de deslizamientos, el sistema demandará ajuste manual cuando la frecuencia del RCM de reserva se desvie 34 partes en  $10^{10}$  con respecto a la frecuencia de la central (medida en 400 seg). Así, con la máxima estabilidad de reloj ( $1 \cdot 10^{-10}$ /día) se requerirá ajuste manual cada 34 días. Cuando el software dispone de la función de memoria de frecuencia, éste se encarga de compensar la desviación de frecuencia del RCM de reserva con respecto a la frecuencia de la central y en este caso, los RCM de reserva no requieren de ajustes manuales.

Se debe señalar que ninguna de las centrales AXE 10 existentes actualmente en el Ecuador dispone de la función

de memoria de frecuencia.

En el sistema PAMS la central maestra de la red posee un reloj de gran precisión, el cual produce una frecuencia de referencia que es transportada a los relojes de las demás centrales (esclavas) a través de enlaces PCM (enlaces digitales). La referencia de frecuencia de la central maestra está contenida en la señal digital enviada por dicha central y es extraída del ETC (circuito terminal de la central) en cada central esclava (ver figura 4-3); esta señal (de 8 KHz) se conecta mediante un cable a los módulos de reloj (CLM) de la central. Los relojes en los CLM están enganchados en fase mediante programa a la frecuencia de referencia entrante. El ETC consiste de una memoria tampón en la que se escribe la información proveniente de otra central con su propia frecuencia, y de la que se lee la información con la frecuencia determinada por el reloj de la central; también cuenta con un divisor de frecuencia, el cual permite que a partir de la señal que entra al ETC (2MHz) se obtenga una señal de 8 KHz.

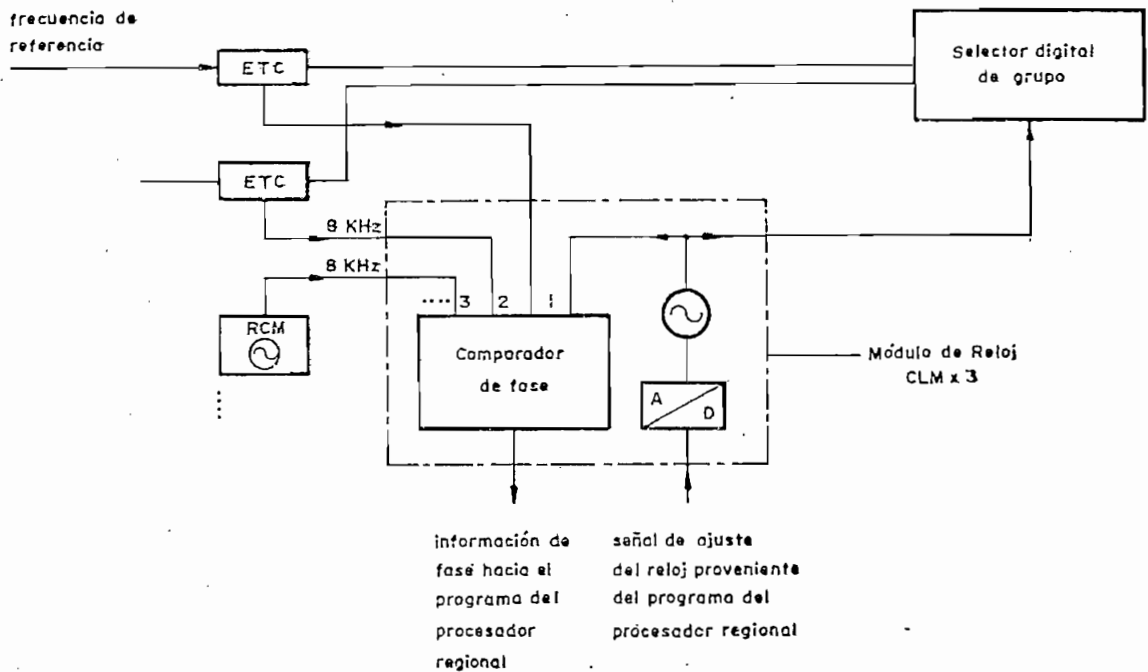


Figura 4-3. Sistema de enganche de fase en una central esclava.

Como se aprecia en la figura anterior, el equipo básico en un CLM consiste en un oscilador VCO, un equipo de medición de fase y un convertidor analógico/digital.

Como se ha dicho, el sistema de reloj interno de cada central AXE 10 está conformado por 3 CLM. Uno de los CLM actúa como maestro para los otros dos, pero los 3 CLM pueden realizar mediciones de fase independientes en las entradas de referencia. Estos módulos se hallan enganchados en fase mutuamente. Las señales de los 3 CLM se distribuyen a todas las partes del selector digital de grupo. La señal

de reloj ejecutiva se forma por decisión mayoritaria en circuitos lógicos.

Los VCO reciben sus voltajes de control de conversores D/A de 12 bits bajo el control de un microprocesador en cada CLM.

En el comparador de fase, un medidor de diferencia de fase mide la diferencia de fase en pasos de 41 ns entre pulsos de 8 KHz provenientes de la referencia y una señal de 8 KHz generada internamente. Esta medición se lleva a un regulador de frecuencia, donde se calcula una corrección de la frecuencia.

Por seguridad se conecta varias fuentes de referencia a los CLM (tales como enlaces PCM y módulos de reloj de referencia (RCM)), pero sólo una actúa a la vez. Cada referencia tiene un número de prioridad y debe ser usada si fallan todos los enlaces de prioridad más alta; con este fin, las centrales están dotadas de una función programable de conmutación.

En caso de falla de todos los enlaces de sincronización entrantes se puede usar como referencia de frecuencia uno de los CLM.

Se puede conectar máximo 20 referencias al módulo de reloj.

Las prioridades de ruta se traducen en prioridades para el CLM. Las prioridades de los enlaces digitales y de los RCM se establecen por comando.

Para un reloj esclavo se tiene las siguientes funciones de supervisión:

- a) Si la diferencia de frecuencia medida durante 400 s entre cualesquiera de las señales digitales entrantes excede un umbral se activa una alarma y la señal digital desviada se bloquea, no pudiendo ser escogida como señal maestra.
- b) Si la diferencia de frecuencia medida durante 400 s entre RCMs excede un umbral menor constante ( $40 \cdot 10^{-10}$ ) se activa una alarma baja para indicar que se debe realizar un ajuste manual en el RCM.
- c) Cuando se reconoce que la diferencia de frecuencia entre una señal digital entrante bloqueada y las señales digitales entrantes en servicio regresa bajo el umbral preestablecido, la señal se desbloquea en forma autónoma y podría ser usada para sincronización de los CLM o como una señal maestra de reserva.
- d) Si la diferencia de fase entre CLMs excede un umbral constante se activa una alarma y el CLM desviado se

bloquea.

- e) Si los datos de control, colocados en el regulador de frecuencia para controlar la frecuencia del CLM, exceden un umbral constante se activa una alarma y el CLM se bloquea. La alarma indica que se requiere de ajuste manual de la frecuencia del oscilador CLM.
- f) A intervalos regulares se chequea un CLM bloqueado realizando una prueba de sincronización iniciada en forma autónoma. En caso de éxito, se desbloquea el CLM.
- g) Para recoger información acerca del funcionamiento de la sincronización de la red se tiene un contador de deslizamientos.

La central maestra primaria, como toda central AXE 10, está equipada con 3 CLM; además, cuenta con 3 RCM, los cuales están conectados al comparador de fase de cada CLM (cada RCM tiene un número de prioridad). Los VCO de la central maestra primaria se enganchan en fase al RCM de prioridad 1 y la señal de reloj resultante se envía como referencia de temporización a las centrales esclavas. Las prioridades de las fuentes de referencia (RCM) funcionan tal como se explicó para el caso de una central esclava.

Para el reloj maestro se tiene las siguientes funciones de supervisión:

a) Si la diferencia de frecuencia medida durante 400 s entre los RCM excede un umbral se activa una alarma y el RCM desviado se bloquea.

En el caso de bloqueo de un RCM usado como reloj maestro, se realiza una conmutación autónoma a otro RCM.

b) Si la diferencia de frecuencia medida durante 400 s entre RCMs excede un umbral menor constante ( $40 \cdot 10^{-10}$ ) se activa una alarma baja para indicar que se requiere ajuste manual en el RCM desviado.

c) Cuando se reconoce que la diferencia de frecuencia entre un RCM bloqueado y los RCM en servicio regresa bajo el umbral preestablecido, el RCM se desbloquea automáticamente y podría ser usado como reloj maestro o como un reloj maestro de reserva.

Para el reloj maestro se dispone de las funciones de supervisión d), e), f) y g) mencionadas para el caso de un reloj esclavo.

En lo referente al comportamiento al ocurrir una falla, se tiene lo siguiente:

a) Fallas de central: ni fallas aisladas ni rearranques del sistema afectan al control temporal dentro de la central. Incluso después de fallar 2 procesadores

regionales el control de tiempo continúa aunque con una frecuencia de deslizamientos ligeramente mayor (siempre que no ocurran otras fallas simultáneamente).

- b) Fallas en la referencia de sincronización: las funciones de sincronización están estructuradas de forma que el comportamiento funcional de la red satisface o es mejor que lo prescrito en la Recomendación G.822 del CCITT, a condición de que se sigan los principios aplicables de planificación para la sincronización de la red. Uno de estos principios es que cada central debe tener, si es posible, por lo menos 2 o preferentemente 3 fuentes de referencia independientes entre sí (en lo que se refiere a la disponibilidad). Cualquier cambio a una referencia de reserva es automático. Más aún, todas las diferencias de fase iniciales debidas al cambio están compensadas mediante programa de modo que no ocurrirán variaciones de fase en la salida de la central. Por lo tanto, la falla de un solo enlace o de una ruta no degradará, en situaciones normales, el funcionamiento de la temporización. Sin embargo, el fallo total de todos los enlaces de sincronización que llegan a una central puede conducir a un incremento de la tasa de deslizamientos si queda aún transmisión digital a otra central sincronizada por otra fuente. A continuación se describe cómo se afecta la frecuencia de deslizamientos en este caso.



Central sin RCM: el cese total de los enlaces de sincronización no causa en un principio más de 1 deslizamiento cada 3.5 horas. Aún después de una semana e incluso con grandes variaciones de temperatura la frecuencia de deslizamientos no habrá sobrepasado un máximo de 1 deslizamiento cada 2 minutos.

Central con RCM: el cese total de los enlaces de sincronización puede causar un máximo de 1 deslizamiento cada 10 horas. Con una adición opcional (memoria de frecuencia en el software) puede conseguirse una mejora de modo que la frecuencia de deslizamientos puede limitarse a un máximo de 1 durante los tres primeros días de cese del enlace.

Una característica de las centrales AXE 10 (la cual ya ha sido mencionada anteriormente) es que su software puede o no tener función de memoria de frecuencia, la cual se utiliza para preservar la fase y la frecuencia de una fuente de referencia defectuosa. La memoria de frecuencia reduce la tasa de deslizamientos cuando fallan las referencias externas (en comparación con la tasa de deslizamientos durante una falla de la referencia sin memoria de frecuencia) memorizando la relación de fase entre los relojes internos RCM ó CLM y la referencia que ha fallado. Cuando se tiene una falla de la frecuencia de referencia, el control del CLM puede sacar ventaja de la relación de fase memorizada sobre la frecuencia de

referencia que sufre una falla.

Se tiene dos tipos de memoria de frecuencia: uno para el CLM y otro para el RCM. La memoria de frecuencia para el CLM implica dirigir el oscilador con un valor de control promediado cuando han fallado todas las referencias.

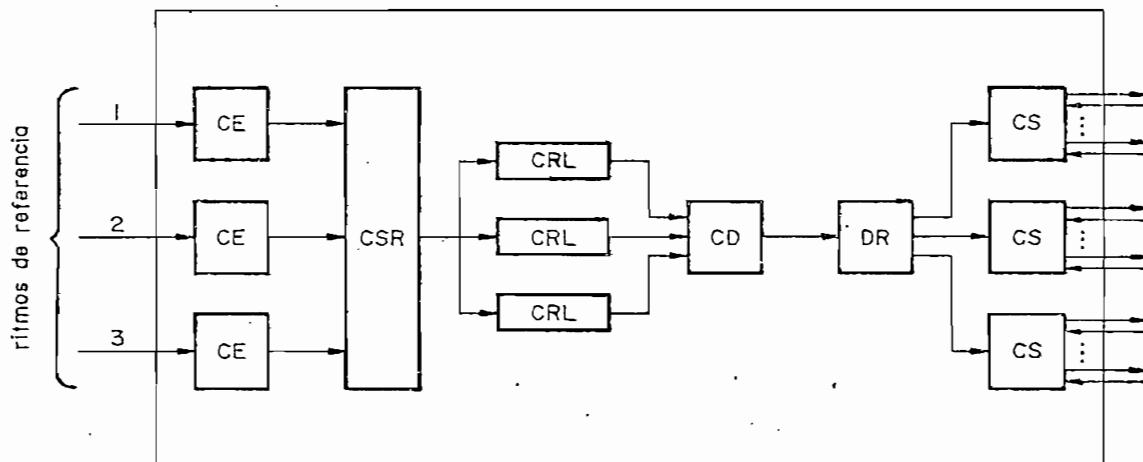
La memoria de frecuencia para el RCM implica que la desviación de frecuencia del RCM de reserva con respecto a la frecuencia de la central se compensa mediante software. Esto se consigue midiendo el cambio de fase a intervalos de 5.5 horas y luego realizando el proceso inverso por medio de la adición de cambios de fase a los valores medidos. Así, un RCM de reserva al que se conmute (automáticamente) para reemplazar a una fuente defectuosa no causará ninguna variación de frecuencia.

#### 4.3 SISTEMA DE LAS CENTRALES E10B.

Las centrales E10B existentes en el país emplean el método de sincronismo conocido como maestro - esclavo simple (sin rutas alternativas), el cual se halla explicado en el Capítulo III, ítem 3.2.

En la central maestra, como en toda central E10B, se tiene un dispositivo conocido como base de tiempo, el cual

se muestra en la figura 4-4.



CE: circuito de entrada  
 CSR: circuito de selección de ritmo  
 CRL: circuito de reloj local  
 CD: circuito de decisión  
 DR: distribuidor de ritmo  
 CS: circuito de salida

Figura 4-4. Base de tiempo de una central E10B.

En la base de tiempo se dispone de 3 circuitos de entrada a los que puede conectarse 3 enlaces digitales, cada uno de los cuales transporta un ritmo de 2048 Kbit/s. Se debe definir un orden de prioridad para estos 3 ritmos, siendo "1" la máxima prioridad. En cada uno de estos circuitos se recupera la señal de reloj del enlace digital entrante, se la regenera y se la envía al circuito de selección de ritmo. Cada circuito de entrada genera señales de alarma en caso de pérdida de la señal de referencia y las transmite al circuito de selección de ritmo y a la unidad de alarmas de la base de tiempo.

El circuito de selección de ritmo selecciona automáticamente el ritmo maestro de entre los 3 ritmos entrantes, de acuerdo al orden de prioridad; este circuito realiza la conmutación a un enlace de menor prioridad si se produce una pérdida del ritmo entrante o si detecta una falla de ese ritmo (para retornar a un ritmo de prioridad mayor no se tiene una operación automática y por esto, es necesario un accionamiento manual). La función que realiza el circuito de selección de ritmo se basa en las señales de alarma provenientes de los 3 circuitos de entrada y en las señales de alarma generadas por los circuitos de reloj local y transmitidas por la unidad de alarmas. Este circuito de selección de ritmo envía el ritmo seleccionado a los 3 circuitos de reloj local; también envía a estos 3 circuitos información sobre cambios en la señal de referencia y la indicación de alarma asociada a esta señal. Si existe fallas en las 3 señales que ingresan al circuito de selección de ritmo, éste no selecciona ninguna señal y, por lo tanto, no envía ninguna a los circuitos de reloj local; en este caso, este circuito transmite a la unidad de alarmas una indicación de ausencia de señal de referencia y de que los circuitos de reloj local no están bajo control.

Un circuito de reloj local está conformado por un oscilador de cuarzo controlado por un lazo de enganche de fase (PLL). Este circuito realiza la generación de la señal de reloj.

El PLL está compuesto por un comparador de fase y un filtro pasa - bajo digital, y su función es determinar un voltaje de control para el oscilador, con el objeto de que éste tenga la misma frecuencia que el ritmo de frecuencia entrante (de referencia).

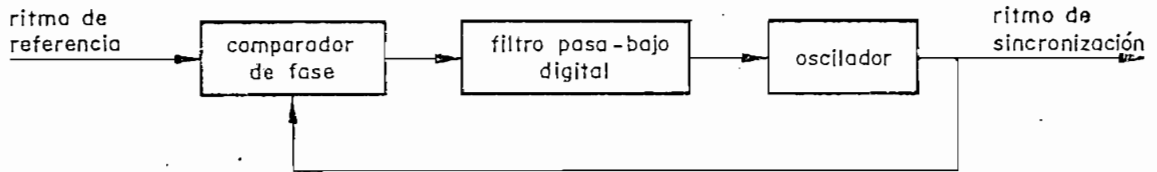


Figura 4-5. Circuito de Reloj Local.

En el comparador de fase se compara la frecuencia de la señal del oscilador con la frecuencia de la señal de referencia y se determina la diferencia de fase entre ambas señales, la cual se expresa en forma de elementos binarios (en 14 bits); el signo del defasaje se expresa mediante 1 bit. Con esta información se establece, realizando una conversión frecuencia/voltaje, el voltaje de control del oscilador.

El filtro pasa-bajo digital cumple con la función de minimizar el efecto del jitter con que está afectada la señal de referencia, y para esto cuenta con una constante de tiempo lo suficientemente grande.

El oscilador de cuarzo controlado por voltaje (VCO)

se halla en un horno termostático para asegurar una mayor estabilidad. El voltaje de control determina que el oscilador se enganche a la frecuencia del ritmo de referencia. El VCO emite una señal de frecuencia 2048 Kbit/s hacia el comparador de fase y otra hacia un circuito de decisión. Cada circuito de reloj local genera señales de alarma, las cuales son enviadas a la unidad de alarmas.

El circuito de decisión evalúa las señales provenientes de los 3 circuitos de reloj local determinando si la diferencia de frecuencia ( $\Delta f$ ) entre cada señal entrante y la señal de referencia excede un umbral; las señales cuyos  $\Delta f$  exceden el umbral establecido son bloqueadas, mientras que las demás son sometidas a una comparación, con la que se determina cuál de ellas tiene la frecuencia más cercana a la frecuencia de la señal de referencia. La señal seleccionada es distribuida en forma automática a los 3 circuitos de salida mediante el distribuidor de ritmo. La función realizada por el circuito de decisión se basa en las señales de alarma enviadas a éste por la unidad de alarmas, las cuales deciden si una determinada señal cumple o no con las características de precisión requeridas y, por lo tanto, si debe ser o no bloqueada.

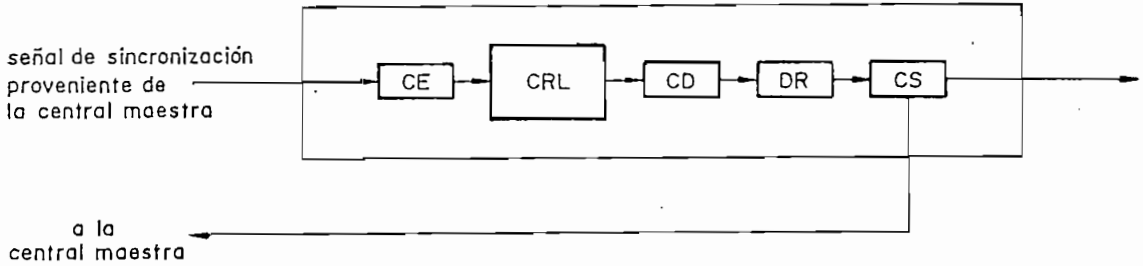
De cada circuito de salida salen enlaces que conducen, cada uno, una señal de sincronización de 2048 Kbit/s, y a cada uno de estos circuitos entran enlaces con

señales que permiten controlar y detectar fallas en el ritmo recibido en el o los equipos sincronizados por esta base de tiempo. Cada señal entrante al circuito de salida (proveniente de un equipo sincronizado) se compara con la señal de reloj proveniente del distribuidor de ritmo y se establece una diferencia de frecuencia; también funciona un sistema para detectar la ausencia de señal en cada enlace entrante. Tanto si se determina que alguna diferencia de frecuencia excede un valor dado, como si se detecta ausencia de la señal en un enlace entrante, se genera señales de alarma, las cuales son transmitidas a la unidad de alarmas.

La base de tiempo cuenta con una unidad de alarmas y con circuitos de alimentación.

En la base de tiempo de la central maestra Cuenca Centro 3 no se tiene enlaces digitales entrantes de referencia, por lo que no existe ritmos de referencia para los 3 circuitos de reloj local. En este caso, los osciladores no se enganchan a ninguna frecuencia patrón y, por lo tanto, operan con su propia frecuencia. Las señales suministradas por los osciladores constituyen las salidas de los circuitos de reloj local, y éstas tienen el mismo tratamiento que las señales salidas de los circuitos de reloj local cuando sí se tiene ritmos de referencia entrantes a la base de tiempo (únicamente variarán los valores umbrales considerados para evaluar dichas señales).

De la central Cuenca Centro 3 salen 3 enlaces, uno para cada unidad remota (Totoracocha 2, El Ejido 2 y Ricaurte), y en cada una de ellas se tiene una base de tiempo similar a la de la central maestra, que es como la que se indica en la figura 4.6.



CE: circuito de entrada  
 CRL: circuito de reloj local  
 CD: circuito de decisión  
 DR: distribuidor de ritmo  
 CS: circuito de salida

Figura 4-6. Base de tiempo de las unidades remotas.

Los diferentes circuitos que componen esta base de tiempo funcionan del mismo modo que en la base de tiempo de la central maestra.

Al circuito de salida, en este caso, sólo ingresa la señal proveniente del distribuidor de ritmo, y de este circuito salen enlaces con señales de sincronización. Una de las señales de salida de este circuito se envía a la central maestra y entra a su circuito de salida, como se vió anteriormente, para que ésta pueda controlar la calidad



de ese ritmo de sincronización. En caso de que la señal entrante a la base de tiempo de la central remota esté defectuosa, ésta se bloquea hasta ser corregida; en este caso, la base de tiempo de la unidad remota distribuye la frecuencia propia del reloj existente en el circuito de reloj local.

La base de tiempo, igual que en la central maestra, cuenta con una unidad de alarmas y con circuitos de alimentación.

## CAPITULO V

### ESTRUCTURA DE LA RED DE SINCRONISMO DEL ECUADOR

En 1986 se instalaron en el Ecuador las primeras centrales telefónicas digitales, las cuales se ubicaron de la siguiente manera:

- 7 centrales en Quito: la central de tránsito, Quito Centro 4, Mariscal Sucre 5, Iñaquito 3, El Pintado (con un concentrador en Guajaló), Carcelén (con un concentrador en Calderón) y La Luz.
- 5 centrales en Guayaquil: la central de tránsito, Centro 3, Bellavista, Durán y Norte 2.
- 1 central en Cuenca: la central de tránsito.
- 1 central en Guaranda con dos concentradores: uno en San Miguel y el otro en San José.

En 1987 se instaló en Quito la central Monjas, en Guayaquil las centrales Alborada 2, Sur 3 y Mapasingue, y en Cuenca la central Cuenca Centro 3, con tres unidades remotas: El Ejido 2, Totoracocha 2 y Ricaurte.

Por último, en 1988, se instaló una central en Santo Domingo de los Colorados, una central en Quevedo y una en Riobamba.

De lo anotado anteriormente, se observa que en la actualidad existen en nuestro país 22 centrales digitales, de las cuales 8 se hallan en Quito, 8 en Guayaquil, 2 en Cuenca, 1 en Riobamba, 1 en Guaranda, 1 en Santo Domingo de los Colorados y 1 en Quevedo.

Se debe mencionar que la central Cuenca Centro 3 y sus unidades remotas El Ejido 2, Totoracocha 2 y Ricaurte pertenecen a la Empresa de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA), empresa encargada de planificar, establecer, explotar, mantener y desarrollar la telefonía local en el Cantón Cuenca (provincia del Azuay), mientras que el resto de centrales telefónicas digitales pertenecen al Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL), el cual tiene como finalidad específica:

Planificar, establecer, explotar, mantener, controlar, regular y desarrollar todos los sistemas de telecomunicaciones nacionales e internacionales de acuerdo con los planes de desarrollo del país, con criterio económico y en función social y pública. Se exceptúan los sistemas de telecomunicaciones pertenecientes a las Fuerzas Armadas y a la Policía Civil Nacional, los que serán regulados y desarrollados por los Ministerios de Defensa y de Gobierno respectivamente, en coordinación con el Ministerio de Obras Públicas.(1)

Como se vio anteriormente, en el país se tiene varias unidades remotas (también llamadas centrales remotas o concentradores). Una unidad remota consiste en bastidores que han sido sacados de una central local y ubicados en

---

(1) Ley Básica de Telecomunicaciones. Artículo 12.

otro sitio (con una concentración aceptable de abonados), con el fin de abaratar costos de la red. Una unidad remota dispone de unidades de abonados y puede o no contar con pasos de conmutación. Si una unidad remota tiene tanto unidades de abonados como pasos de conmutación (como es el caso de Guajaló, Calderón, San Miguel, San José, El Ejido 2 y Totoracocha 2), aunque falle el enlace entre ésta y su correspondiente central local se seguirá teniendo llamadas locales. Por otra parte, si una unidad remota sólo tiene unidades de abonados (como es el caso de Ricaurte), no se puede tener llamadas locales si se daña el enlace entre ésta y la central local.

En lo referente al número de líneas, en 1986 se instalaron 73500 líneas, repartidas de la forma siguiente: 41000 líneas en Quito, 30000 líneas en Guayaquil y 2500 líneas en Guaranda. Un año después, en 1987, se añadieron 30000 líneas en Quito y 19000 líneas en Guayaquil, y se instalaron 12500 líneas en Cuenca. Finalmente, en 1988 se instalaron 10000 líneas en Santo Domingo de los Colorados, 10000 líneas en Quevedo y 10000 líneas en Riobamba.

De lo anterior se puede ver que en la actualidad se dispone de 165000 líneas digitales en todo el país, teniendo Quito 71000 líneas, Guayaquil 49000 líneas, Cuenca 12500 líneas, Guaranda 2500 líneas y las ciudades de Santo Domingo de los Colorados, Quevedo y Riobamba, 10000 líneas cada una.

Las centrales digitales ubicadas en Quito se hallan interconectadas mediante fibra óptica; el mismo tipo de enlace de interconexión se tiene para las centrales digitales situadas en Guayaquil. Además, los enlaces entre la central Cuenca Centro 3 y El Ejido 2 y Totoracocha 2 son también de fibra óptica.

Por su parte, el enlace entre la central Guaranda y sus concentradores es de cable de cobre PCM, y se tiene este mismo tipo de enlace entre la central de tránsito de Cuenca y la central Cuenca Centro 3, y entre esta última y Ricaurte.

Los enlaces entre Quito y Guayaquil, Quito y Riobamba, Quito y Santo Domingo de los Colorados, Guayaquil y Cuenca, Guayaquil y Guaranda y Guayaquil y Quevedo son aún de tipo analógico, pero se espera que para 1989 todos estos enlaces estén reemplazados por enlaces digitales.

De lo expuesto arriba se concluye que en el Ecuador se tiene 7 islas digitales, las cuales están ubicadas en Quito, Guayaquil, Cuenca, Riobamba, Guaranda, Santo Domingo de los Colorados y Quevedo.

Así mismo, puede concluirse que desde 1986 ha existido en el Ecuador la necesidad de realizar un sincronismo de las redes telefónicas digitales existentes,

lo cual implica que desde ese año se dispone de un plan de sincronismo para nuestro país, el mismo que fue incluido en las bases de contratación de las primeras centrales digitales.

Sin embargo, el plan de sincronismo elaborado en 1980 debe ser actualizado a la situación de la red y se debe profundizar sus especificaciones para que permita el interfuncionamiento de los sistemas existentes e incluso la incorporación de nuevos sistemas y servicios con el fin de prever el desarrollo de la red hacia la RDSI.

#### 5.1 JERARQUIA DE LA RED DE SINCRONISMO

En el Ecuador no existe una sola gran red de sincronismo, sino que se tiene varias redes de sincronismo que aún no están interconectadas digitalmente entre sí. Por esto, cuando en adelante se hable de la red de sincronismo nacional se estará haciendo referencia entonces al conjunto de redes de sincronismo que se tiene en el país.

La jerarquía de la red de sincronismo del Ecuador se basa en la jerarquía de la red de enrutamiento debido a que el método de sincronismo empleado es el maestro-esclavo.

Actualmente, la jerarquía de las centrales telefónicas, desde el punto de vista del enrutamiento, es

la siguiente: las unidades remotas se enlazan a su central local respectiva; las centrales locales se conectan a su correspondiente central mixta (local + tándem) (si la hay) y a su correspondiente central de tránsito primaria (las centrales mixtas se conectan a su correspondiente central de tránsito primaria); las centrales de tránsito primarias se enlazan a su vez a la central de tránsito secundaria que le corresponde y, por último, las centrales de tránsito secundarias se conectan a la central de tránsito internacional. De este modo, la red de enrutamiento actual para las centrales telefónicas (analógicas y digitales) está compuesta por los siguientes niveles jerárquicos (en orden descendente): nivel 0 (en el cual se tiene a la central de tránsito internacional), nivel 1 (en el que se halla la central de tránsito combinada (primaria + secundaria) de Guayaquil), nivel 2 (en el que se ubican las centrales de tránsito primarias de Quito y Cuenca) y nivel 3 (en el que se tiene a las centrales mixtas Quito Centro 4, Centro 3 y Bellavista, a las centrales locales y a las unidades remotas de todo el país).

En el caso del Ecuador se ha aplicado el método maestro - esclavo en cada una de las redes de sincronismo existentes, y a las centrales con mayor responsabilidad en cuanto al número de abonados que maneja (dentro de cada red digital) se las ha dotado de relojes con mejores características. Así, a la central con mayor jerarquía de enrutamiento en cada red digital se le ha asignado el papel

de maestra, mientras que las demás centrales funcionan como esclavas. Como centrales maestras secundaria y terciaria (si las hay) se ha escogido centrales con una jerarquía (de enrutamiento) menor a la de la central que opera como maestra primaria (pero mayor a la de las centrales esclavas). Como se conoce, la central maestra dispone de un reloj más preciso y, en general, de mejores características que el reloj con que está equipada una central esclava; además, cuando una central maestra secundaria o terciaria actúa en un momento dado como central maestra de la red, posee asimismo un reloj más preciso y estable que el reloj de cualquier central esclava, pero de menor precisión y estabilidad que el de la central maestra primaria.

La jerarquía de la red de sincronismo se define por la calidad y características de precisión y estabilidad de los relojes, y es por esto que dicha jerarquía mantiene una analogía con la jerarquía de la red de enrutamiento. La red de sincronismo se halla conformada por niveles, y en cada nivel se ubica un grupo de centrales cuyos relojes poseen características de precisión y estabilidad dentro de un cierto rango (aunque en la red de enrutamiento, estas centrales pertenezcan a niveles distintos). Así, la red de sincronismo actual está compuesta por 4 niveles, los cuales son: nivel 1 (en el que se tiene a la central de tránsito combinada (primaria + secundaria) de Guayaquil y a la central de tránsito primaria de Quito; nivel 2 (donde se encuentran la central de tránsito primaria de Cuenca y las



centrales mixtas Quito Centro 4, Centro 3 y Bellavista); nivel 3 (donde se tiene a las centrales locales Mariscal Sucre 5, El Pintado, Iñaquito 3, Monjas, La Luz, Carcelén, Guaranda, Cuenca Centro 3, Mapasingue, Durán, Norte 2, Alborada 2 y Sur 3) y nivel 4 (en el que se tiene a las unidades remotas de Guajaló, Calderón, San Miguel, San José, Totoracocha 2, El Ejido 2 y Ricaurte).

Como puede observarse, la jerarquía de la red de sincronismo es descendente, desde el nivel 1 hasta el nivel 4. Posteriormente se tendrá también el nivel 0, en el que se ubicará la central digital de tránsito internacional, y el mencionado nivel pasará a ser el de mayor jerarquía dentro de la red de sincronismo nacional.

En el ítem 5.2 (figura 5-0) puede verse un esquema de la red de sincronismo actual, donde se visualiza la jerarquía de sincronismo que aquí se ha descrito.

## 5.2 RED DE SINCRONISMO NACIONAL

De acuerdo a lo visto en la introducción de este capítulo y en el ítem 5.1, se tiene que la red de sincronismo nacional actual es la siguiente:



## Leyenda:

CTc(p+s):	central de tránsito combinada (primaria + secundaria ( <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CTc(p+s)</span> )
CTp:	central de tránsito primaria ( <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CTp</span> )
CM:	central mixta (local + tándem) ( <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">CM</span> )
CL:	central local ( <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">CL</span> )
UR:	central o unidad remota, o concentrador ( <span style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; transform: rotate(45deg);">UR</span> )
Q:	Quito
G:	Guayaquil
C:	Cuenca
QC4:	Quito Centro 4
C3:	Centro 3
B:	Bellavista
PT:	El Pintado
MS5:	Mariscal Sucre 5
I3:	Iñaquito 3
MJ:	Monjas
LLZ:	La Luz
CR:	Carcelén--
CC3:	Cuenca Centro 3
Gu:	Guaranda
A2:	Alborada 2
MP:	Mapasingue
D:	Durán
N2:	Norte 2
S3:	Sur 3
CA:	Calderón
GJ:	Guajaló
SM:	San Miguel
SJ:	San José
T2:	Totoracocha 2
EE2:	El Ejido 2
Ri:	Ricaurte
n:	Prioridad n
†:	RCM

En la figura anterior se aprecia claramente que la red de sincronismo nacional está constituida por las redes de sincronismo de Quito, Guayaquil, Cuenca y Guaranda.

Como se había mencionado en la parte introductoria de este capítulo, el Ecuador cuenta con 7 islas digitales, las cuales están ubicadas en Quito, Guayaquil, Cuenca, Guaranda, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados y Quevedo. Tanto la central de Riobamba como las de Santo

Domingo de los Colorados y Quevedo no tienen enlace digital con ninguna otra central digital, por lo cual no se requiere de sincronismo para éstas. El sincronismo se aplica en las islas digitales de Quito, Guayaquil, Cuenca y Guaranda, pues en ellas se tiene redes digitales, es decir, enlaces digitales entre centrales digitales y/o entre centrales digitales y sus concentradores; por esto, dichas islas digitales constituyen las 4 redes de sincronismo que conforman la red de sincronismo nacional que se muestra en la figura 5-0.

Las centrales digitales existentes en el país han sido suministradas por 3 diferentes compañías: se tiene las centrales NEAX 61, suministradas por la compañía NEC, las centrales AXE 10, suministradas por la compañía ERICSSON y la central E10B, suministrada por la compañía ALCATEL. Las centrales NEAX 61 existentes en el país son las que se encuentran en Quito, Guaranda, Riobamba y Santo Domingo de los Colorados; las centrales AXE 10 se hallan en Guayaquil, Cuenca (central de tránsito) y Quevedo; por último, la central E10B se encuentra en Cuenca y está constituida por la Central Cuenca Centro 3 y sus unidades remotas.

De lo visto anteriormente se desprende que el sistema de sincronismo de las centrales NEAX 61 se aplica en Quito, el sistema de sincronismo de las centrales AXE 10 en Guayaquil y el sistema de sincronismo de las centrales E10B en Cuenca. Estos sistemas de sincronismo son los

encargados de mantener el adecuado sincronismo en cada una de las redes de sincronismo existentes en el Ecuador, y fueron ya analizados en el capítulo anterior.

### 5.3 RED DE SINCRONISMO DE QUITO

En Quito se tiene una red de sincronismo compuesta por 8 centrales telefónicas digitales. Estas centrales, como se explicó anteriormente, son de tipo NEAX 61 y son las siguientes: la central de tránsito, Quito Centro 4, Mariscal Sucre 5, Iñaquito 3, El Pintado (con una unidad remota en Guajaló), Carcelén (con una unidad remota en Calderón), La Luz y Monjas.

Las centrales de la red de sincronismo de Quito emplean el método de sincronismo maestro - esclavo jerárquico con sistema de relación débil, que es el sistema de sincronismo de las centrales NEAX 61 y que fue descrito en el capítulo anterior, ítem 4.1. La central de tránsito funciona como central maestra primaria y está equipada con un reloj duplicado (por motivos de seguridad y confiabilidad) de rubidio, el cual tiene una precisión de  $1 \cdot 10^{-9}$ .

Al igual que la central maestra primaria, todos los relojes de las demás centrales digitales de Quito se encuentran duplicados por las mismas causas. Como central maestra secundaria (también llamada "submaestra" dentro del

sistema de sincronismo de las centrales NEAX 61) se tiene a la central Quito Centro 4, la cual posee un reloj de cristal con precisión de  $8 \cdot 10^{-9}$  y una estabilidad de  $1 \cdot 10^{-9}$ /día. Se tiene como centrales esclavas a las centrales Mariscal Sucre 5, Iñaquito 3, El Pintado, Carcelén, La Luz y Monjas; cada una de ellas está equipada con un reloj de cristal que tiene una precisión de  $3 \cdot 10^{-9}$  y una estabilidad de  $1 \cdot 10^{-9}$ /día. Finalmente, se debe mencionar que aquellas centrales que poseen un concentrador mantienen a su vez un sistema de sincronismo maestro-esclavo simple con sistema de relación débil, actuando como maestra la central local y como esclavo el concentrador. Los dos concentradores que existen en esta red de sincronismo (Guajaló y Calderón) están equipados cada uno con un reloj de cristal con una precisión de  $3 \cdot 10^{-9}$  y una estabilidad de  $1 \cdot 10^{-9}$ /día.

El mecanismo mediante el cual la central maestra secundaria pasa a desempeñar la función de central maestra de la red debido a una falla de la central maestra primaria es el siguiente: en la central Quito Centro 4 se dispone de un circuito detector encargado de detectar la falla de los dos relojes de la central de tránsito, falla que impide que dicha central pueda suministrar una señal de reloj a las demás centrales de la red de sincronismo. Cuando este circuito detecta dicha falla hace funcionar un sistema de software, el cual ordena a la central Quito Centro 4 asumir las funciones de maestra de la red; asimismo, dicho sistema

debe ordenar la conmutación de los enlaces de suministro de la señal de reloj, pasándose de los ordinarios (enlaces de prioridad 1) a los de reserva (enlaces de prioridad 2). De igual forma, cuando el circuito detector detecta que se dispone otra vez de al menos uno de los relojes de la central de tránsito ordena a esta central asumir el papel de maestra de la red y a Quito Centro 4 volver a ser una central esclava, como también la conmutación de los enlaces de reserva a los ordinarios.

A continuación se presenta un esquema de la red de sincronismo de Quito.

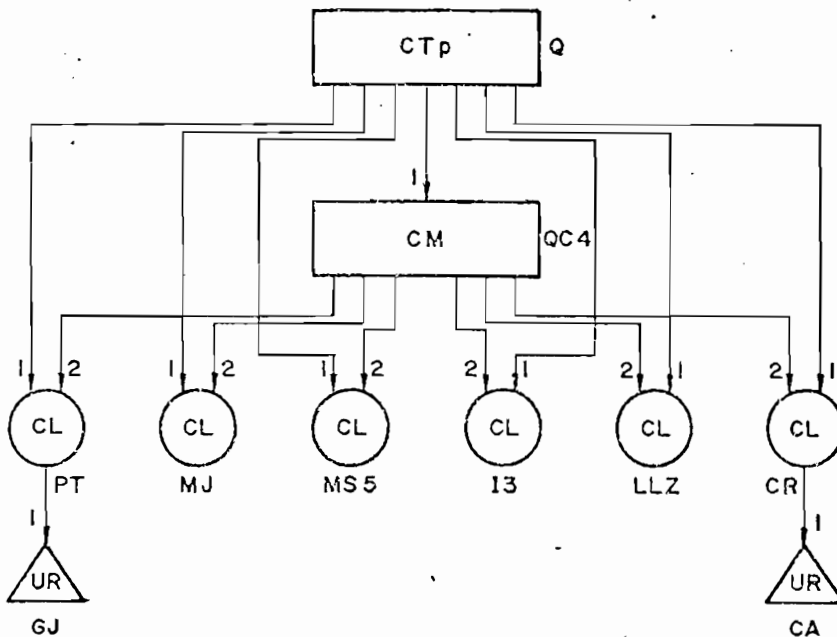






Figura 5-1. Red de sincronismo de Quito

Leyenda:

CT<sub>p</sub>: central de tránsito primaria (  )  
 CM: central mixta (local + tándem) (  )  
 CL: central local (  )

UR: central o unidad remota, o concentrador (  )  
 Q: Quito  
 QC4: Quito Centro 4  
 PT: El Pintado  
 MSS: Mariscal Sucre 5  
 I3: Iñaquito 3  
 MJ: Monjas  
 LLZ: La Luz  
 CR: Carcelén  
 CA: Calderón  
 GJ: Guajaló  
 n: Prioridad n

### 5.3.1 Red de Guaranda:

Debido a que las centrales que conforman la red de Guaranda son, al igual que las de la red de Quito, de tipo NEAX 61, se describirá en este punto las características de sincronismo de dicha red.

Las centrales NEAX 61 ubicadas en Guaranda, debido a la simplicidad de la red de sincronismo, han adoptado el método de sincronización maestro - esclavo simple (sin rutas alternativas), actuando como maestra la central Guaranda y como esclavas las centrales remotas San Miguel y San José. En la central Guaranda se dispone de un reloj de cristal con una precisión de  $8 \cdot 10^{-6}$  y una estabilidad de  $1 \cdot 10^{-7}$ /día, el cual se halla en forma duplicada por razones de seguridad. En cada central remota se tiene un reloj de cristal con una precisión de  $3 \cdot 10^{-6}$  y una estabilidad de  $1 \cdot 10^{-7}$ /día; al igual que en la central maestra, los relojes de las centrales remotas (esclavas) están duplicados por razones de seguridad y confiabilidad. Es importante mencionar que entre la central maestra (Guaranda) y las



esclavas (unidades remotas San Miguel y San José) se tiene únicamente un enlace unilateral (desde la central Guaranda a cada unidad remota) para el suministro de la señal de reloj.

En la siguiente figura se tiene un esquema de la red de sincronismo de Guaranda.

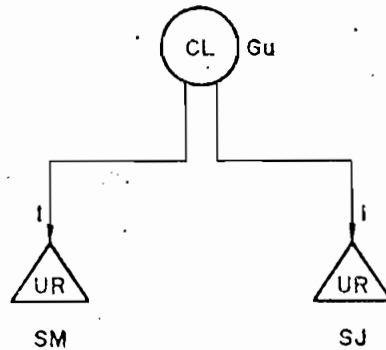




Figura 5-2. Red de sincronismo de Guaranda

Leyenda:

CL: central local (  )  
 UR: central o unidad remota, o concentrador (  )  
 Gu: Guaranda  
 SM: San Miguel  
 SJ: San José  
 1: Prioridad 1

#### 5.4 RED DE SINCRONISMO DE GUAYAQUIL

Como ya se ha mencionado, en Guayaquil se dispone de 8 centrales telefónicas digitales de tipo AXE 10, que son las siguientes: la central de tránsito de Guayaquil, Centro 3, Bellavista, Durán, Norte 2, Alborada 2, Sur 3 y Mapasingue. Cada una de estas centrales, al igual que cualquier otra central AXE 10, está equipada con un reloj interno conformado por 3 módulos de reloj (CLM), como se

explicó en el capítulo anterior. Como fuentes de referencia se emplea en ciertas centrales (además de enlaces PCM) módulos de reloj de referencia (RCM) y el número de módulos con que está equipada una central depende del papel que desempeña ésta en la red.

La red digital de Guayaquil emplea el sistema de sincronismo "PAMS" ("maestro - esclavo" de alternativa preseleccionada"), el cual consiste en el método maestro-esclavo jerárquico con sistema de relación estrecha. En el capítulo IV, ítem 4.2, se tiene una descripción del funcionamiento de este sistema de sincronismo.

La central de tránsito es la central maestra primaria y está equipada con 3 RCM; como maestra secundaria se tiene a la central Centro 3, que está equipada con 2 RCM y como maestra terciaria se tiene a la central Bellavista, la cual cuenta con 1 RCM. Las centrales restantes (Durán, Norte 2, Alborada 2, Sur 3 y Mapasingue) son centrales esclavas.

En la figura 5-3 se tiene esquematizada la red de sincronismo de las centrales AXE 10 situadas en la ciudad de Guayaquil.

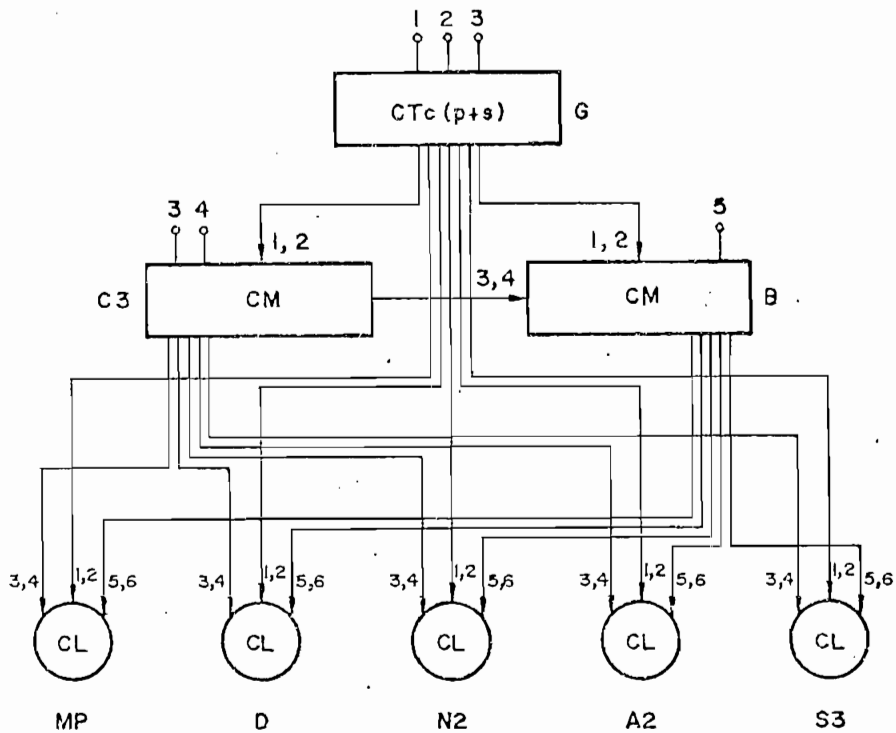


Figura 5-3. Red de Sincronismo de Guayaquil

Leyenda:

- CTc(p+s): central de tránsito combinada (primaria + secundaria (  $\boxed{\text{CTc(p+s)}}$  ) )  
 CM: central mixta (local + tándem) (  $\boxed{\text{CM}}$  )  
 CL: central local (  $\bigcirc$  )  
 G: Guayaquil  
 C3: Centro 3  
 E: Bellavista  
 A2: Alborada 2  
 MP: Mapasingue  
 D: Durán  
 N2: Norte 2  
 S3: Sur 3  
 n: Prioridad n  
 † : RCM

La señal de reloj de referencia se genera en la central de tránsito. De esta central salen 2 enlaces de

temporización hacia las demás centrales digitales, los cuales se conectan a los comparadores de fase de los CLM, con prioridades 1 y 2.

En la central maestra secundaria (Centro 3) se tiene conectados con prioridades 3 y 4 los 2 RCM con que está equipada. De esta central salen 2 enlaces de temporización a todas las centrales de la red de sincronismo de Guayaquil (excepto a la central de tránsito) y estos enlaces se conectan a los comparadores de fase de los CLM, con prioridades 3 y 4.

En la central Bellavista, que es la central maestra terciaria de esta red se tiene conectado a los comparadores de fase de sus CLM el RCM que posee, el cual tiene prioridad 5. De esta central salen 2 enlaces de temporización hacia todas las centrales digitales (excepto a las centrales maestras primaria y secundaria), los cuales se conectan a los comparadores de fase de los CLM con prioridades 5 y 6.

En las centrales Mapasingue, Durán, Norte 2, Alborada 2 y Sur 3, puesto que no están equipadas con RCM, se tendrá conectados a los comparadores de fase de sus CLM los enlaces provenientes de las centrales de tránsito, Centro 3 y Bellavista con prioridades del 1 al 6, como se ha explicado.

En el capítulo IV, ítem 4.2 se tiene una explicación de cómo y cuándo funcionan los enlaces de referencia de acuerdo a su prioridad.

## 5.5 RED DE SINCRONISMO DE CUENCA

En Cuenca existe una red de sincronismo que está conformada por 2 centrales telefónicas digitales: la central de tránsito de Cuenca (de tipo AXE 10) y la central Cuenca Centro 3 (de tipo E10B). Entre estas centrales existe sincronización plesiócrona (en el Capítulo III, ítem 3.2, se tiene una explicación de este tipo de sincronismo). La central de tránsito de Cuenca, como toda central AXE10, está equipada con 3 CLM, cuyas características fueron explicadas en el Capítulo IV, ítem 4.2; por su parte, la central Cuenca Centro 3 cuenta con un reloj que tiene una precisión de  $1 \cdot 10^{-7}$ , el cual está triplicado por motivos de confiabilidad.

Por su parte, la central Cuenca Centro 3 tiene tres centrales remotas que son El Ejido 2, Totoracocha 2 y Ricaurte. Tal como se explicó en el capítulo IV, ítem 4.3, las centrales E10B, es decir, la central Cuenca Centro 3 y sus centrales remotas, emplean el método de sincronismo maestro - esclavo simple (sin rutas alternativas), el cual se halla descrito en el capítulo III, ítem 3.2. Como central maestra se tiene a la central Cuenca Centro 3 y como esclavas a las centrales remotas Totoracocha 2, El

Ejido 2 y Ricaurte. Tanto en El Ejido 2 como en Totoracocha 2 se dispone de un reloj con una precisión de  $1 \cdot 10^{-6}$ , y en Ricaurte se tiene un reloj con una precisión de  $1 \cdot 10^{-9}$ .

A continuación se presenta un esquema de la red de sincronismo de Cuenca.

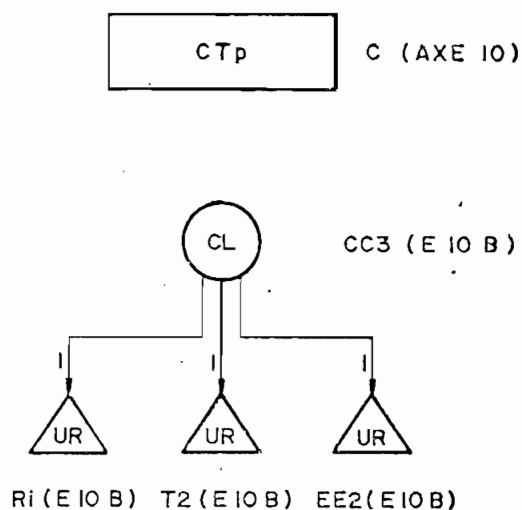


Figura 5-4. Red de Sincronismo de Cuenca

Leyenda:

- CT<sub>p</sub>: central de tránsito primaria ( CT<sub>p</sub> )  
 CL: central local ( CL )  
 UR: central o unidad remota, o concentrador ( UR )  
 C: Cuenca  
 CC3: Cuenca Centro 3  
 T2: Totoracocha 2  
 EE2: El Ejido 2  
 Ri: Ricaurte  
 1: Prioridad 1

El hecho de que se aplique el método plesiócrono entre la central de tránsito de Cuenca y la central Cuenca Centro 3 genera fallas en el sincronismo, ya que dichas centrales no disponen de relojes lo suficientemente precisos (atómicos) como para poder adoptar dicho método. Sin embargo, por el momento, este no es un gran problema, ya que al ser empleada esta red sólo para señales telefónicas, la distorsión de la señal que se produce debido a los deslizamientos es únicamente un "click" por cada 25 deslizamientos. De todos modos, a corto plazo se debe buscar un método de sincronismo más adecuado entre estas centrales.

## CAPITULO VI

### PLAN DE SINCRONISMO DEL ECUADOR

La red de sincronismo a largo plazo del Ecuador está planificada con un horizonte de 40 años, es decir, en forma aproximada, para el año 2030.

En la implementación del Plan de Sincronismo del Ecuador se considera dos etapas: la primera etapa comienza en el año 1989 y se extiende hasta fines del año 1999, mientras que la segunda etapa comprende desde el año 2000 hasta el año 2030, aproximadamente. Se ha fijado el año 2030 como final de la segunda etapa en forma sólo referencial y suponiendo que hasta ese año en nuestro país se tendrá únicamente una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) de banda angosta y probablemente no una de banda ancha.

Una Red Digital de Servicios Integrados es una red que ofrece conectividad digital de extremo a extremo para una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, tanto vocales como no vocales, entre los que se tiene a la telefonía, transmisión de datos, téletex, facsímil, transmisión de imágenes y telemetría. La RDSI ofrecerá los servicios mencionados a través de la red telefónica pública



digital existente en el futuro, y el acceso a la red se realizará por conexión normalizada en un enchufe único, empleando para esto un solo número. Como puede observarse, la RDSI ofrecerá una gran diversidad de servicios y acceso fácil y fiable a una cantidad inmensa de información. De acuerdo a las capacidades de ancho de banda, se tiene una RDSI de banda angosta y una RDSI de banda ancha.

La RDSI de banda angosta es aquella que está diseñada para la transmisión sincrónica de señales digitales que requieren canales de transmisión que soportan capacidades hasta la primaria (64 Kbit/s); proporciona los siguientes servicios: telefonía, datos, teletexto, videotexto, facsímil y telemetría. En la RDSI de banda angosta se tiene un interfaz usuario-red, conocido como So, que proporciona el Acceso Básico, el cual está compuesto por 2 canales B, cada uno con una capacidad de transmisión de 64 Kbit/s, y un canal D de 16 Kbit/s. Los canales B pueden utilizarse para telefonía, datos, servicios de texto, etc, mientras que el canal D (canal de control) se emplea para señalización entre el usuario y la central. El interfaz So tiene una estructura de bus y se puede conectar a él hasta 8 equipos terminales, de los cuales 2 cualesquiera pueden transmitir y recibir simultáneamente a 64 Kbit/s cada uno. Estos equipos terminales pueden ser terminales de teléfono, téletex, facsímil, o terminales multifuncionales. Las direcciones de transmisión y recepción en el interfaz So se transmiten por 2 pares de

alambre separados (operación a 4 hilos).

Cuando se requiere de una mayor capacidad se conecta el interfaz usuario-red de 2.048 Mbit/s, conocido como  $S_{2M}$ . El interfaz  $S_{2M}$  provee el Acceso de Velocidad Primaria, el cual cuenta con varios Accesos Básicos; su estructura comprende 30 canales B, cada uno con una capacidad de transmisión de 64 Kbit/s, y un canal D (de señalización) de 64 Kbit/s. Este interfaz tiene una velocidad binaria de 2.048 Mbit/s, la cual está compuesta por los canales 30B + D (1984 Kbit/s) más 64 Kbit/s de información adicional.

Por su parte, la RDSI de banda ancha es aquella que proporciona servicios que requieren canales de transmisión que soportan capacidades mayores a la primaria (64 Kbit/s). Dentro de estos servicios se tiene aquellos que manejan 2 Mbit/s, que incluyen video comprimido, telefonía visual, videoconferencia y video rápido, y aquellos servicios que requieren más de 2 Mbit/s y hasta 140 Mbit/s, que incluyen video de gran resolución (con movimiento total) y video interactivo.

En nuestro país, al igual que en el resto del mundo, se implementará inicialmente una RDSI de banda angosta y, posteriormente, una de banda ancha.

Es importante mencionar que la RDSI constituye la versión aceptada de la red de telecomunicaciones del

futuro, lo cual es resultado de la progresiva introducción de la tecnología digital en la transmisión y de la integración de los medios de conmutación y transmisión de una variedad de servicios. Esta red constituye la infraestructura básica del sistema de telecomunicaciones e información que será la base de la era de la informática, y todos los sistemas que ésta ofrezca deberán ser compatibles con los sistemas en actual funcionamiento. La importancia de la RDSI para los países en vías de desarrollo es enorme, pues los servicios que ésta prestará permitirán que disminuya la brecha existente entre esos países (y, entre ellos, el Ecuador) y los desarrollados.

#### 6.1 METODOS DE SINCRONISMO A UTILIZARSE

A partir de las características de cada método de sincronización, las cuales fueron descritas en el Capítulo III, ítem 3.2, se puede concluir que a pesar de que el método plesiócrono es adecuado para cualquier tipo de red y que es la técnica que ofrece la mayor garantía frente a fallas (pues la falla de un punto de la red no se propaga a los otros puntos), tiene el gran inconveniente de que se requiere colocar en cada nodo relojes de gran precisión y estabilidad (de calidad atómica) para poder satisfacer el objetivo referente a la tasa de deslizamientos, lo cual resulta demasiado costoso, tomando en cuenta además que estos relojes tienen una corta duración. Es debido a la desventaja mencionada, que el método plesiócrono no será

utilizado en la red de sincronismo del Ecuador.

En lo que respecta al método de sincronismo mutuo, se tiene dos opciones: sincronismo mutuo uniterminal y biterminal.

El sincronismo mutuo uniterminal es un sistema de sincronismo fiable que se puede aplicar en una red con estructura en malla; tiene la ventaja de que la fiabilidad de la temporización mejora considerablemente, por lo cual la estabilidad de los relojes es menor que la requerida para el método plesiócrono. Sin embargo, este método presenta como desventajas las variaciones de frecuencia del sistema y el hecho de que la frecuencia depende de las variaciones de los retardos de transmisión debidas, por ejemplo, a los cambios de la temperatura ambiente.

Existe una variante del método mutuo uniterminal, la cual consiste en que se tiene por lo menos un nodo que no es controlado por la red mutua, pero que ejerce control sobre ella. Dicho nodo se conoce como "sumidero" y con él se tiene la ventaja de que la red tiene una referencia absoluta de frecuencia (la frecuencia de toda la red converge a la frecuencia del sumidero), haciendo que el control mutuo sea insensible ante variaciones del tiempo de propagación. Esta alternativa permite que se pueda garantizar la frecuencia del sistema en estados de permanencia (a pesar de la fluctuación).

Se había pensado inicialmente emplear este último método en la red de sincronismo nacional durante la segunda etapa, entre las Ctc de Quito y Guayaquil (nivel 1) (ver figura 6-1), situando al sumidero en la CTi (Quito). Sin embargo, existe un importante impedimento para realizar esto: las centrales que conforman la red mutua requieren de circuitos de control idénticos. El algoritmo regulador no tiene que ser exactamente igual, pero al menos dentro de aproximadamente un  $\pm 50\%$  del nominal (preferentemente mejor). La supervisión de los enlaces debería ser también bastante igual para asegurar que dos centrales en cada extremo de un enlace tengan exactamente la misma "opinión" sobre la calidad del enlace; es deseable que ambas centrales rechacen un enlace al mismo grado de perturbación (esto previene que los enlaces bilaterales se vuelvan unilaterales).

Se desconoce las características que tendrán las centrales que conformarán la red telefónica digital del Ecuador durante la segunda etapa de implementación del Plan de Sincronismo y, por lo tanto, no se puede asegurar que las Ctc de Quito y Guayaquil tendrán circuitos de control idénticos, que es un requisito fundamental para la adopción del método mutuo uniterminal. (Actualmente, dichas centrales son de tipo NEAX 61 y AXE 10, respectivamente). Si dichas centrales son suministradas por diferentes compañías (lo cual actualmente es imposible afirmar o

negar), tendrán circuitos de control diferentes, y será muy problemático que una de estas compañías acepte adoptar el circuito de control de la otra; asimismo, será difícil que una de ellas revele a la otra los detalles de software concernientes a circuitos de control para que esta segunda los aplique. Este factor es una importante traba para la aplicación del método mutuo uniterminal, por lo que éste no se aplicará en la red de sincronismo ecuatoriana.

En una red que emplea sincronismo mutuo biterminal se tiene, al igual que en una red mutua uniterminal, relojes de bajo costo. El sincronismo mutuo biterminal tiene ventajas con respecto al sincronismo mutuo uniterminal, ya que la frecuencia de la red se vuelve insensible a las variaciones del retardo de transmisión y de la temperatura ambiente. Sin embargo, esta mejora se consigue a expensas de una mayor complejidad y equipo adicional, lo cual constituye una desventaja.

El método mutuo biterminal tampoco será empleado en la red de sincronismo planificada, pues para aplicarlo también se requiere de circuitos de control idénticos en todas las centrales de la red. Además, otra razón (de menor importancia) para no utilizar esta forma de sincronismo es que en nuestro país no se tiene conexiones muy largas, por lo que las variaciones del retardo de transmisión son despreciables, lo cual haría que sean pocas las ventajas prácticas del empleo de este método.

Debido a todo lo anotado anteriormente, el método maestro-esclavo será el que se utilice para realizar el sincronismo de la red de sincronismo del Ecuador planificada a largo plazo. En las distintas partes de la red nacional se empleará el método maestro-esclavo simple o el maestro-esclavo jerárquico.

El método maestro - esclavo simple es fácil de realizar, no plantea problemas de estabilidad de la red y es apropiado para la mayoría de topologías de red. Por su parte, el método maestro - esclavo jerárquico es más fiable, menos sensible a las fallas del enlace y es adecuado para cualquier estructura de red.

El empleo de uno o más enlaces de sincronismo entre dos centrales dadas dependerá de las características de las centrales digitales que conformen la red.

En el ítem 6.3 se tiene una explicación de los métodos a ser empleados en cada uno de los niveles de sincronismo de la red en las dos etapas concebidas dentro del plan de implementación.

## 6.2 CALIDAD DE LOS RELOJES

Durante la primera etapa de implementación del Plan de Sincronismo del Ecuador (1989 - 1999), la red telefónica pública digital se empleará únicamente para aplicaciones de telefonía. Las calidades de los relojes en cada nivel de la red de sincronismo nacional al final de la primera etapa serán las siguientes: en el nivel 0 se tendrá a la CTi (AXE 10), la cual estará equipada con 3 RCM, cada uno de los cuales tiene una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-10}$ /día. En el nivel 1 se tendrá a las CTC de Quito y Guayaquil. La CTC(p+s) de Quito (NEAX 61) estará equipada con 2 relojes internos de rubidio con una precisión de  $1 \cdot 10^{-9}$  y una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-10}$ /día, mientras que la CTC (p+s+i) de Guayaquil (AXE 10) estará equipada con 3 RCM. (Debe recordarse que toda central AXE 10 está equipada con 3 CLM). Las características del módulo de reloj (CLM) y del módulo de reloj de referencia (RCM) fueron descritas en el capítulo IV, ítem 4.2.

En el nivel 2 se tendrá a la CM Quito Centro 4 (NEAX 61) equipada con un reloj duplicado de cristal de cuarzo (VCO) de precisión  $8 \cdot 10^{-9}$  y estabilidad  $1 \cdot 10^{-9}$ /día, a las CTP de Cuenca y Machala (AXE 10), equipadas con un RCM, a la CM Centro 3 (AXE 10), la cual contará con 2 RCM, a la CM Bellavista (AXE 10), dotada de un RCM, y además a las CTP de Ibarra, Ambato, Manta y Loja (E10B), a la CM Iñaquito 4 y a todas las otras CTP y CM que se instale durante la



primera etapa, todas las cuales se equiparán con relojes de cuarzo con una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-9}$ /día y  $1 \cdot 10^{-7}$ /año.

En el nivel 3 se tendrá a las CL equipadas con relojes de cristal de cuarzo (VCO) con una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-9}$ /día y  $1 \cdot 10^{-7}$ /año.

En el nivel 4, las UR estarán provistas de relojes de cristal de cuarzo (VCO) con una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-9}$ /día y  $1 \cdot 10^{-7}$ /año.

En la red de sincronismo del Ecuador a fines de la primera etapa se ha ubicado a la CTi en el nivel 0, a pesar de que las características de sus relojes no son mejores que las de los relojes de las centrales de los niveles 1 ó 2. Sin embargo, se ha hecho esto debido a que la mencionada situación es sólo transitoria, y en pocos años más esa central se equipa con relojes de calidad superior a la de los relojes de los demás niveles. Esta representación, además, no da origen a confusiones en la comprensión de los circuitos de la red de sincronismo nacional durante la segunda etapa.

Durante la segunda etapa (2000 - 2030), en nuestro país se tendrá acceso a una RDSI de banda angosta, ya que en los años 90 se adquirirá las primeras centrales con capacidad para operar en una RDSI, las cuales serán

instaladas aproximadamente el año 2000, y posteriormente se continuará instalando más centrales de este tipo. La RDSI empleará los enlaces digitales existentes, por lo que sólo tendrán posibilidad de acceder a ella los abonados del servicio telefónico conectados a la red digital. Cuando un abonado solicite al IETEL el acceso a la RDSI, el IETEL digitalizará la parte del sistema que corresponde al lado del abonado, con lo cual la persona o institución podrá disfrutar de los servicios que proporcione la RDSI de banda angosta.

Al inicio, se tendrá un porcentaje muy reducido de abonados que tengan acceso a la RDSI. Habrá dos razones principales para esto: en primer lugar, habrá muchos abonados que no necesiten de los servicios que ofrece la RDSI (a nivel doméstico, probablemente sólo será necesario el servicio telefónico con las características actuales), y en segundo lugar; muchos otros abonados no tendrán posibilidades económicas de tener acceso a ella. Debido a que se espera que con el tiempo se reduzcan los costos de explotación y mantenimiento de la RDSI (y, por lo tanto, el precio que debe pagar un abonado para poder usufructuar de los servicios que ofrece la RDSI), se prevé que a medida que transcurra esta segunda etapa aumentará, aunque lentamente, el número de usuarios de la RDSI. Otro factor que también contribuirá a que aumente el número de abonados que hagan uso de la RDSI es el hecho que, para el año 2010 el IETEL tiene como meta que en el país se disponga de una

sola RDI, con lo cual habrá más abonados con posibilidades (desde el punto de vista técnico) de solicitar un acceso a la RDSI.

Se debe indicar que los requerimientos de sincronismo y, en general, de calidad de transmisión de los servicios a ser proporcionados por la RDSI de banda angosta no serán mayores a los actuales puesto que la velocidad a la que serán transmitidos dichos servicios permitirán una gran redundancia.

Un factor que sí influenciará en la calidad de algunos relojes durante esta etapa es el hecho de que se espera disponer en el año 2000 de satélites digitales, lo cual hará posible la existencia de redes de telecomunicaciones internacionales digitales. Dichas redes operarán en forma plesiócrona y por ello, para cumplir con la Recomendación G.811 del CCITT, se deberá equipar a la CTi con relojes de cesio.

Por lo indicado arriba, en el nivel 0 de la red de sincronismo del Ecuador, se tendrá durante la segunda etapa a la CTi equipada con relojes de cesio (triplicados o, al menos duplicados), los cuales tienen una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-11}$  durante su tiempo de vida (4 - 5 años).

En el nivel 1 se tendrá durante la segunda etapa, al igual que en la primera etapa, a la CTC (p+s) de Quito y a

la CTC (p+s+i) de Guayaquil. Hasta fines de la primera etapa, la CTC (p+s) de Quito (NEAX 61) estará equipada con relojes internos de rubidio pero, puesto que éstos no pueden ser esclavos, en la segunda etapa, la central que opere como CTC (p+s) de Quito (que puede o no ser de tipo NEAX 61) deberá estar provista de relojes internos con oscilador de cuarzo (VCO). Por su parte, la central que opere durante la segunda etapa como CTC (p+s+i) de Guayaquil deberá también estar equipada con relojes internos de cuarzo (VCO). Los relojes de las centrales del nivel 1 deberán tener en la segunda etapa una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-10}$ /día.

Durante la segunda etapa todas las CTP y CM (nivel 2) estarán equipadas con relojes de cuarzo (VCO) con una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-9}$ /día y  $1 \cdot 10^{-7}$ /año, todas las CL (nivel 3) contarán con relojes de cuarzo (VCO) con una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-9}$ /día y  $1 \cdot 10^{-7}$ /año y todas las UR (nivel 4) estarán provistas de relojes de cuarzo (VCO) con una estabilidad mejor que  $1 \cdot 10^{-7}$ /día y  $1 \cdot 10^{-5}$ /año.

Es importante que se comprenda que las etapas están determinadas por los acontecimientos y no por las fechas, de modo que si los eventos no ocurren cuando se prevén, las etapas abarcarán otros períodos.

### 6.3 PLAN DE IMPLEMENTACION

El plan de implementación, como se ha explicado al inicio del capítulo, considera dos etapas importantes: una primera etapa, que comprende desde el año 1989 hasta el año 1999 y una segunda etapa, que se extiende desde el año 2000 hasta el año 2030.

La primera etapa, como se ha mencionado, abarca desde el año 1989 hasta el año 1999. Durante el año 1989 se instalará las centrales digitales de tránsito primarias (CTp) de Ibarra (E10B), Ambato (E10B), Manta (E10B), Machala (AXE 10) y Loja (E10B). Las CTp de Ibarra y Ambato se conectarán a la actual CTp de Quito, la última de las cuales se convertirá en una central de tránsito combinada (primaria + secundaria) (CTc(p+s)). Las CTp de Manta, Machala y Loja se conectarán a la actual CTc(p+s) de Guayaquil. En este mismo año se añadirá a esta última central los equipos y características necesarias para que también opere como central de tránsito internacional, con lo cual se convertirá en una central de tránsito combinada (primaria + secundaria + internacional) (CTc(p+s+i)).

En 1990 se instalará la central digital de tránsito internacional (CTi) en Quito (AXE 10), la cual no estará dotada de memoria de frecuencia. Esta central reemplazará a la actual central analógica de tránsito internacional que está ubicada en la misma ciudad. Durante esta etapa la CTi

estará equipada con relojes de cristal de cuarzo (RCM).

Posteriormente, alrededor del año 1995 se instalará en Quito una central digital mixta (local+tándem) (CM) que cumplirá con la función de ser maestra terciaria de la red de sincronismo de Quito; ésta será la central Iñaquito 4, y aún no se conoce qué tipo de central será.

Con el propósito de simplificar las descripciones que se harán en este capítulo se emplearán las siguientes definiciones:

Zona A: zona en la que se halla la CTC(p+s) de Quito y todas las CTP, CM, CL y UR enlazadas a ésta (directa o indirectamente) con fines de enrutamiento.

Zona B: zona en la que se halla la CTC (p+s+i) de Guayaquil y todas las CTP, CM, CL y UR enlazadas a ésta (directa o indirectamente) con fines de enrutamiento.

Se debe indicar que las CTP se enlazan y se enlazarán con fines de enrutamiento a la CTC (nivel 1) más cercana pero, si existen inconvenientes de tipo geográfico, lo harán a la más lejana. Puesto que a una CTP se conectan las CM (si las hay), las CL, y a estas últimas sus respectivas UR, las CL, CM y UR pertenecerán a la Zona A ó B dependiendo de a qué CTC (nivel 1) esté conectada su correspondiente CTP.

En esta etapa se implementará enlaces digitales (ya sea mediante radio o línea física) entre la CTC(p+s) de Quito y la CTi, entre la CTC(p+s) de Quito y la CTC(p+s+i) de Guayaquil, entre esta última y las centrales del nivel 2 de la Zona A, entre la CTC(p+s) de Quito y la CTP de Manta, la CTP de Loja y todas las CTP de tipo (IV) que se instalen en esta etapa en la Zona B, y entre la CM Quito Centro 4 y la CM Iñaquito 4. Asimismo, se conectará digitalmente a las CTP y las CM con su correspondiente CTC (nivel 1), a cada CL con la CTC (nivel 1) respectiva (Zona A ó B), con su correspondiente CTP, con sus CM (si las tiene) y con sus UR.

A continuación se tiene una figura en la que se muestra un esquema de la red de sincronismo del Ecuador a fines de la primera etapa.

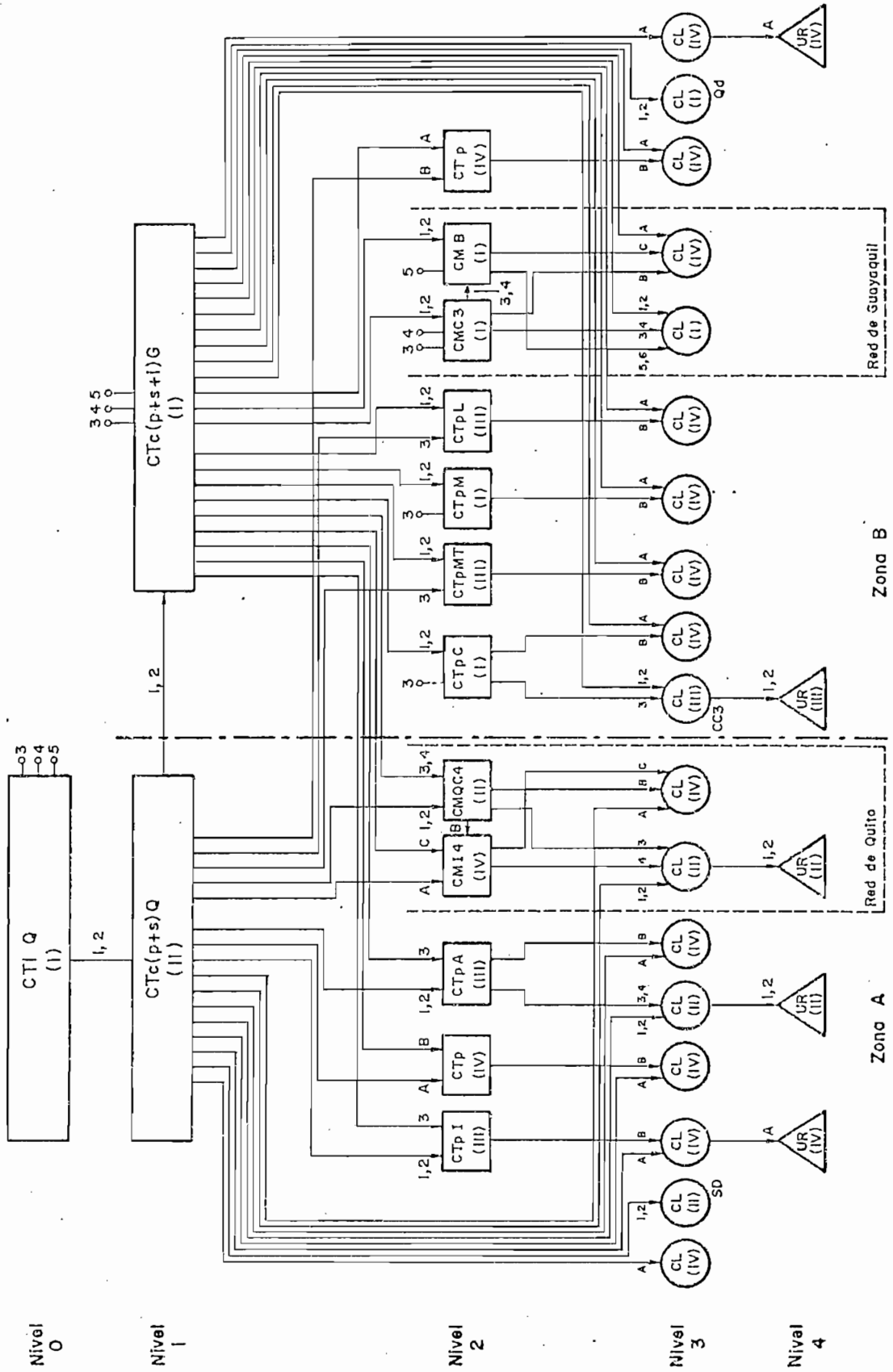


Figura 6-0. Red de sincronismo del Ecuador a fines de la primera etapa (1989 - 1999)



## Leyenda:

CTi:	central de tránsito internacional ( $\boxed{\text{CTi}}$ )
CTc(p+s+i):	central de tránsito combinada (primaria + secundaria + internacional) ( $\boxed{\text{CTc(p+s+i)}}$ )
CTc(p+s):	central de tránsito combinada (primaria + secundaria ( $\boxed{\text{CTc(p+s)}}$ ) )
CTp:	central de tránsito primaria ( $\boxed{\text{CTp}}$ )
CM:	central mixta (local + tándem) ( $\boxed{\text{CM}}$ )
CL:	central local ( $\textcircled{\text{CL}}$ )
UR:	central o unidad remota, o concentrador ( $\triangle_{\text{UR}}$ )
Q:	Quito
G:	Guayaquil
C:	Cuenca
I:	Ibarra
A:	Ambato
I4:	Iñaquito 4
QC4:	Quito Centro 4
MT:	Manta
M:	Machala
L:	Loja
C3:	Centro 3
B:	Bellavista
SD:	Santo Domingo de los Colorados
Qd:	Quevedo
CC3:	Cuenca Centro 3
n:	Prioridad n
?	RCM
(I):	central de tipo AXE 10
(II):	central de tipo NEAX 61
(III):	central de tipo E10B
(IV):	central de marca y características desconocidas.

Para los enlaces de sincronismo de referencia entrantes a una central de tipo (IV):

A:	conjunto de enlaces con la mayor prioridad.
B:	conjunto de enlaces con menor prioridad que los enlaces del conjunto A.
C:	conjunto de enlaces con la menor prioridad (menor que la de los enlaces de los conjuntos A y B).

Los conjuntos de enlaces A, B y C podrán estar constituidos por uno o más enlaces, lo cual dependerá de las características de cada central de tipo (IV). Si un conjunto tiene más de un enlace se deberá establecer a su

vez prioridades para éstos. Un requisito que deberá cumplir cualquier central de tipo (IV) es el de tener por lo menos un enlace en el conjunto A, uno en el conjunto B y uno en el conjunto C, es decir que por lo menos se pueda conectar a ella 3 enlaces de temporización de referencia.

En la figura anterior se ha representado a cada conjunto de centrales locales existentes actualmente (inicio de 1989) de un mismo tipo y enlazadas a una misma CTp o a las mismas CM sólo por una de ellas. Si en algún conjunto hay una o varias centrales locales, cada una con una o más unidades remotas, la central con la que se ha representado al conjunto se ha dibujado con una unidad remota, lo cual constituye el caso más general. Se ha realizado una representación de este tipo, puesto que para todas las centrales locales el origen de los diferentes enlaces de temporización entrantes, la distribución de los enlaces de temporización salientes y las prioridades de todos éstos son los mismos.

Asímismo, en la mencionada figura, se ha colocado el indicativo (IV) a todas aquellas centrales que serán o que podrían ser instaladas durante la primera etapa, cuya marca y características se ignoran. Para el caso de las CL (IV) se ha realizado dos ejemplos para indicar el tipo de sincronismo entre una de estas centrales y una unidad remota.

Dentro de la primera etapa es posible que se instale una o varias CTP, CL o UR; los enlaces de sincronismo correspondientes serán del mismo tipo que los que se observa en la figura 6-0.

Durante la primera etapa podría instalarse una o más centrales mixtas o centrales tándem; en este caso, se tendrá las siguientes alternativas:

- Si la central será solamente esclava, se ubicará en el nivel 3 y sus enlaces de sincronismo serán del mismo tipo que los que tiene cualquier central de dicho nivel en la figura 6-0.
- Si la central será maestra secundaria de alguna subred, ésta se ubicará en el nivel 2 y sus enlaces de sincronismo serán como los que se observa para la CM Centro 3 o para la CM Quito Centro 4 en la figura 6-0.
- Si la central será maestra terciaria de alguna subred, ésta se ubicará en el nivel 2 y sus enlaces de sincronismo serán del mismo tipo que los que tiene la CM Iñaquito 4 o la CM Bellavista en la figura 6-0.

La red de sincronismo al final de la primera etapa tendrá las siguientes características: entre los niveles 0 y 3 se empleará el método maestro - esclavo jerárquico, donde la maestra primaria será la CTC(p+s) de Quito (pues

durante esta etapa, esta central será la que disponga de relojes más precisos), la maestra secundaria será la CTC(p+s+i) de Guayaquil y como esclavas se tendrá a la CTi, las CTP, las CM y las CL. La CTC(p+s) de Quito será maestra de la CTi y maestra primaria de las CTP, CM y CL de la Zona A. En la red de Quito, la CM Quito Centro 4 será maestra secundaria, la CM Iñaquito 4 será maestra terciaria y las CL serán esclavas. Cada CTP de la zona A será maestra secundaria de sus correspondientes CL, las cuales serán esclavas. En caso de falla de la CTC(p+s) de Quito, la CTC(p+s+i) de Guayaquil suministrará (enganchada a un RCM) la señal de temporización a las CTP y a las CM de la Zona A. Tanto las CTP como la CM Quito Centro 4 se engancharán en fase. Las CTP actuarán a su vez como maestras y se encargarán del suministro de la señal de temporización a sus respectivas CL, las cuales serán esclavas. En la red de Quito, tanto la CM Iñaquito 4 como las CL se engancharán en fase a la CM Quito Centro 4 pero si falla esta última, la CM Iñaquito 4 se enganchará en fase a la señal de reloj de la CTC(p+s+i) de Guayaquil y proporcionará señales de temporización a las CL.

En caso de falla de la CTC(p+s) de Quito, las CL que estén enlazadas con ésta y que no tengan enlaces digitales con ninguna CTP ni CM funcionarán en forma autónoma hasta que se solucione la falla de la CTC(p+s) de Quito.

Se debe indicar que para el caso de una central NEAX

61 que funciona como esclava (por ejemplo, la CM Quito Centro 4, la CL de Santo Domingo de los Colorados o cualquier otra central existente o que se instale en la red), una vez que fallen todos los enlaces de referencia entrantes, ésta funcionará en forma independiente llevando el control en base a la información de la frecuencia anterior a la falla de las señales de temporización de referencia entrantes, con lo cual se mantiene el mismo sistema.

La CTC(p+s+i) de Guayaquil se enganchará en fase a la CTC(p+s) de Quito. Esta central de Guayaquil será, a su vez, maestra primaria de las CTP, CM y CL de la Zona B. En la red de Guayaquil, la CM Centro 3 será maestra secundaria, la CM Bellavista será maestra terciaria y las CL serán esclavas. Cada CTP de la Zona B será maestra secundaria de sus correspondientes CL, las cuales serán esclavas. En caso de falla de la CTC(p+s) de Quito, en la Zona B se mantendrá la misma estructura de red de sincronismo, con la diferencia que la CTC(p+s+i) de Guayaquil se enganchará en fase a uno de sus RCM.

Si se producen fallas en todos los relojes internos de la CTC(p+s+i) de Guayaquil y funciona correctamente la CTC(p+s) de Quito, esta última suministrará (enganchada en fase o no a la CTi) una señal de reloj a la CTP de Manta, a la CTP de Loja y a todas las CTP de tipo (IV) de la Zona B para que estas centrales se enganchen en fase (el resto de

centrales del nivel 2 de la Zona B no requerirán engancharse en fase a la CTC(p+s) de Quito pues dispondrán por lo menos de un RCM, al cual se engancharán). De este modo, todas las CTP de la Zona B actuarán a su vez como maestras y se encargarán del suministro de la señal de temporización a sus respectivas CL, las cuales serán esclavas. En la red de Guayaquil la CM Bellavista y las CL se engancharán en fase a la señal de reloj proveniente de la CM Centro 3, pero si falla esta última central, la CM Bellavista se enganchará en fase a su RCM y proporcionará señales de temporización a las CL.

Si falla la CTC(p+s+i) de Guayaquil (funcione o no la CTC(p+s) de Quito) las CL que estén enlazadas digitalmente sólo con ella operarán en forma independiente hasta que la CTC(p+s+i) de Guayaquil vuelva a funcionar correctamente.

Sólo en caso de que se produjera una falla simultánea de todos los relojes internos de la CTC(p+s) de Quito y de la CTC(p+s+i) de Guayaquil, lo cual es muy poco probable, se tendría problemas en el sincronismo de la red telefónica digital ecuatoriana planificada para fines de la primera etapa.

En caso de falla de la CTC(p+s) de Quito, la CTi se enganchará en fase a un RCM (dispondrá de tres).

Entre los niveles 3 y 4, puesto que la red tiene y tendrá una estructura muy sencilla, se adoptará el método maestro - esclavo simple, siendo maestras las CL y esclavas sus correspondientes UR.

En la figura 6-0 se indica para cada enlace de sincronismo (excepto para las centrales de tipo (IV)) si se dispondrá o no de rutas alternativas, lo cual se puede apreciar mediante los números de prioridad. En esa figura se indica además el número y tipo de relojes de referencia que se empleará en la red de sincronismo del Ecuador a fines de la primera etapa. En el ítem 6.2 de este capítulo se tiene información sobre la calidad de los relojes para cada uno de los niveles de la red.

La segunda etapa se extiende desde el año 2000 hasta el año 2030. En los años 90 el Ecuador adquirirá centrales telefónicas digitales que tengan la capacidad para funcionar en una RDSI, y se piensa instalar las primeras de estas centrales alrededor del año 2000; en los años siguientes se continuará instalando más centrales de este tipo. Estas centrales deberán integrarse a la red telefónica pública digital nacional existente. Durante esta etapa se ofrecerá una RDSI de banda angosta a los abonados del servicio telefónico que tengan acceso a la red digital y, como se explica en el ítem 6.2, la introducción de ésta en la red telefónica pública digital no aumentará los requerimientos de sincronismo que se tenían en la primera

etapa.

Por otra parte, se espera que aproximadamente en el año 2000 se disponga ya de redes internacionales digitales para telecomunicaciones debido a la aparición de satélites digitales. Cuando esto suceda, se deberá equipar a la CTi con relojes de cesio; esta central pasará a desempeñar las funciones de maestra primaria de la red. Puesto que la CTC(p+s) de Quito estará hasta el final de la primera etapa equipada con relojes internos de rubidio, en esta etapa se deberá cambiar estos relojes por unos de cristal de cuarzo, ya que la mencionada central pasará a ser esclava.

Durante esta etapa se mantendrá los enlaces de sincronismo existentes hasta fines de la primera etapa; además, se conectará mediante enlace digital a la CTi con la CTC(p+s+i) de Guayaquil y a la CTC(p+s) de Quito con las centrales del nivel 2 de la Zona B que hasta el final de la primera etapa no estén enlazadas con ella.

A continuación se presenta un esquema de la red de sincronismo del Ecuador durante la segunda etapa.



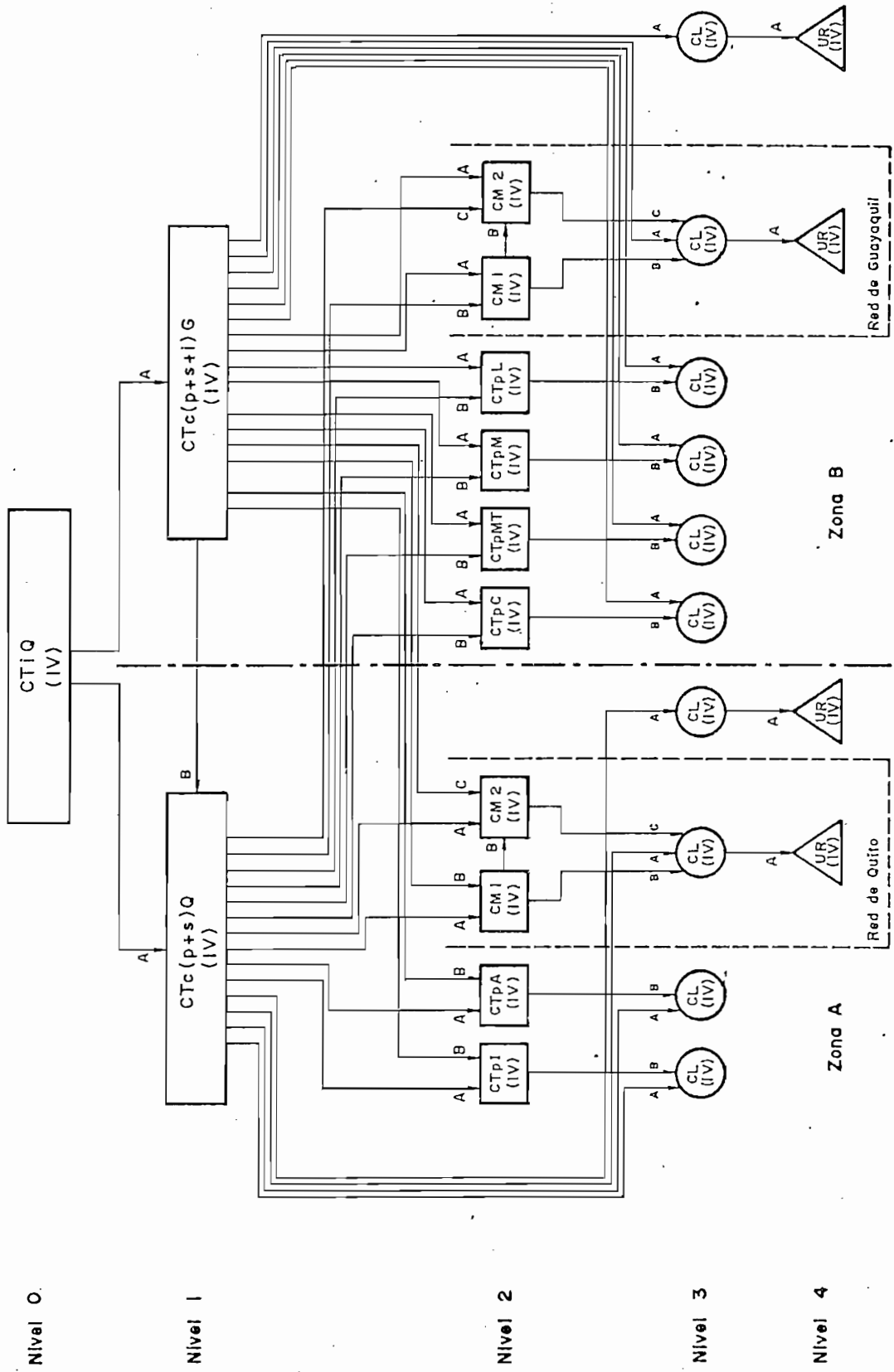


Figura 6-1. Red de sincronismo del Ecuador durante la segunda etapa (2000 - 2030)

## Leyenda:

CTi:	central de tránsito internacional ( $\boxed{\text{CTi}}$ )
CTc(p+s+i):	central de tránsito combinada (primaria + secundaria + internacional) ( $\boxed{\text{CTc(p+s+i)}}$ )
CTc(p+s):	central de tránsito combinada (primaria + secundaria ( $\boxed{\text{CTc(p+s)}}$ )
CTp:	central de tránsito primaria ( $\boxed{\text{CTp}}$ )
CM:	central mixta (local + tándem) ( $\boxed{\text{CM}}$ )
CL:	central local ( $\textcircled{\text{CL}}$ )
UR:	central o unidad remota, o concentrador ( $\triangle_{\text{UR}}$ )
Q:	Quito
G:	Guayaquil
C:	Cuenca
I:	Ibarra
A:	Ambato
MT:	Manta
M:	Machala
L:	Loja
(IV):	central de marca y características desconocidas

Para los enlaces de sincronismo de referencia entrantes a una central de tipo (IV):

A:	conjunto de enlaces con la mayor prioridad.
B:	conjunto de enlaces con menor prioridad que los enlaces del conjunto A.
C:	conjunto de enlaces con la menor prioridad (menor que la de los enlaces de los conjuntos A y B).

Los conjuntos de enlaces A, B y C podrán estar constituidos por uno o más enlaces; lo cual dependerá de las características de cada central de tipo (IV). Si un conjunto tiene más de un enlace se deberá establecer a su vez prioridades para éstos. Un requisito que deberá cumplir cualquier central de tipo (IV) es el de tener por lo menos un enlace en el conjunto A, uno en el conjunto B y uno en el conjunto C, es decir que por lo menos se pueda conectar a ella 3 enlaces de temporización de referencia.

Ya sea porque termine el tiempo de vida de una

central (15.- 25 años) o porque el avance tecnológico así lo exija, durante la segunda etapa serán reemplazadas todas las centrales telefónicas digitales existentes hasta fines de la primera etapa. Es por esto que a todas las centrales de la red de sincronismo durante la segunda etapa (fig. 6-1) se les ha colocado el indicativo (IV), ya que se desconoce las marcas y las características tanto de las centrales que reemplazarán a las existentes hasta el final de la primera etapa, como de las nuevas centrales que se instale.

En la figura 6-1 se ha representado a todas las CL enlazadas a una misma CTP o a las mismas CM sólo por una de ellas, puesto que para todas las CL el origen de los diferentes conjuntos de enlaces de temporización entrantes y las prioridades de dichos conjuntos son los mismos. Asimismo, en esta figura se ha realizado algunos ejemplos para indicar el tipo de sincronismo entre una CL y una UR.

En la red de Quito se ha representado a las dos centrales mixtas sin nombres (sólo como CM1 y CM2), pues durante la segunda etapa éstas podrían ser trasladadas a otro sitio dentro de la misma red y, por lo tanto, variarían sus nombres. Lo mismo se ha hecho para el caso de la red de Guayaquil.

En la segunda etapa puede ser que se instale una o más CTP, CL o UR, en cuyo caso, los enlaces de sincronismo

correspondientes serán del mismo tipo que los que se observa en la figura 6-1.

Durante esta etapa podría también instalarse una o más centrales mixtas o centrales tándem; en este caso, se tendrá las siguientes alternativas:

- Si la central será solamente esclava, se ubicará en el nivel 3 y sus enlaces de sincronismo serán del mismo tipo que los que tiene cualquier central de dicho nivel en la figura 6-1.
- Si la central será maestra secundaria de alguna subred, ésta se ubicará en el nivel 2 y sus enlaces de sincronismo serán como los que se observa para una CM1 en la figura 6-1.
- Si la central será maestra terciaria de alguna subred, ésta se ubicará en el nivel 2 y sus enlaces de sincronismo serán del mismo tipo que los que tiene una CM2 en la figura 6-1.

La red de sincronismo del Ecuador durante la segunda etapa tendrá las siguientes características: entre los niveles 0 y 3 se empleará el método maestro - esclavo jerárquico, donde la maestra primaria será la CTi, la maestra secundaria será la CTc(p+s+i) de Guayaquil, la maestra terciaria será la CTc(p+s) de Quito y las esclavas

serán las CTP, CM y CL. La CTi suministrará una señal de temporización a la CTC(p+s) de Quito, la cual, a su vez, desempeñará la función de maestra primaria de las CTP, CM y CL de la Zona A. En la red de Quito, la CM1 actuará como maestra secundaria, la CM2 como maestra terciaria y las CL como esclavas. En el resto de la zona A, las CTP serán maestras secundarias de sus respectivas CL, y estas últimas serán esclavas.

En caso de falla de la CTi, la CTC(p+s) de Quito se enganchará en fase a la señal de temporización proveniente de la CTC(p+s+i) de Guayaquil; si fallan simultáneamente la CTi y la CTC(p+s+i) de Guayaquil, la CTC(p+s) de Quito funcionará en forma autónoma, pues en ese caso no podrá engancharse en fase a ninguna señal de reloj de referencia. En cualquiera de estos casos no se alterará la estructura de la red de sincronismo descrita anteriormente para la Zona A entre los niveles 1 y 3.

Si fallan los relojes de la CTC(p+s) de Quito y funciona correctamente la CTC(p+s+i) de Guayaquil, esta última suministrará (enganchada en fase o no a la CTi) una señal de temporización a las CTP y a las CM de la Zona A. Tanto las CTP como la CM1 se engancharán en fase. Las CTP actuarán a su vez como maestras y se encargarán del suministro de la señal de temporización a sus respectivas CL, las cuales serán esclavas. En la red de Quito, la CM2 y las CL se engancharán en fase a la señal de reloj

proveniente de la CM1, pero si falla esta última, la CM2 se enganchará en fase a la señal de reloj de la CTC(p+s+i) de Guayaquil y proporcionará señales de temporización a las CL.

Si falla la CTC(p+s) de Quito, las CL que sólo estén enlazadas digitalmente a ella operarán independientemente hasta que la CTC(p+s) de Quito vuelva a funcionar en forma correcta.

La CTC(p+s+i) de Guayaquil se enganchará en fase a la señal de temporización suministrada por la CTi. Esta primera central operará, a su vez, como maestra primaria de las CTP, CM y CL de la Zona B. En la red de Guayaquil se tendrá como maestra secundaria a la CM1, como maestra terciaria a la CM2 y como esclavas a las CL. En el resto de la Zona B, cada CTP será maestra secundaria de sus respectivas CL, las cuales serán esclavas.

Si falla la temporización de la CTi, la CTC(p+s+i) de Guayaquil funcionará en forma autónoma pues no tendrá ninguna señal de reloj de referencia a la cual engancharse.

Tanto cuando la CTC(p+s+i) de Guayaquil se enganche en fase a la señal de reloj de la CTi como cuando funcione en forma autónoma, no se alterará la estructura de la red de sincronismo descrita anteriormente para la Zona B entre los niveles 1 y 3.

Si falla la CTC(p+s+i) de Guayaquil y funciona correctamente la CTC(p+s) de Quito, esta última suministrará (enganchada en fase o no a la CTi) una señal de temporización a todas las CTP y a las CM de la Zona B. Tanto las CTP como la CM1 se engancharán en fase. Las CTP actuarán a su vez como maestras y se encargarán del suministro de la señal de temporización a sus respectivas CL, las cuales serán esclavas. En la red de Guayaquil, la CM2 y las CL se engancharán en fase a la señal de reloj proveniente de la CM1, pero si falla esta última, la CM2 se enganchará en fase a la señal de reloj de la CTC(p+s) de Quito y proporcionará señales de temporización a las CL.

Sólo en caso de que se produjera una falla simultánea de todos los relojes internos de la CTC(p+s) de Quito y de la CTC(p+s+i) de Guayaquil (independientemente del funcionamiento de los relojes de la CTi), lo cual es muy poco probable, se tendría problemas en el sincronismo de la red telefónica digital ecuatoriana planificada para la segunda etapa.

Si falla la CTC(p+s+i) de Guayaquil, aquellas CL que tengan enlaces digitales sólo con ésta, operarán en forma autónoma hasta que se solucione la falla en la CTC(p+s+i) de Guayaquil.

Entre los niveles 3 y 4, la red tiene y tendrá una

estructura muy sencilla, y es por esto que se adoptará el método maestro - esclavo simple, siendo maestras las CL y esclavas sus correspondientes LR.

En el ítem 6.2 de este capítulo se tiene información sobre la calidad de los relojes para cada uno de los niveles de la red.

En este punto se debe mencionar, tal como se hizo en el ítem 6.2, que las etapas están determinadas por los sucesos que aquí se han descrito y no por las fechas, las cuales han servido únicamente como referencias para ubicarse en forma aproximada en el tiempo.

La red de sincronismo nacional durante la segunda etapa constituye la red de sincronismo del Ecuador planificada a largo plazo, la cual ha constituido el propósito de este capítulo y, en general, de todo el trabajo realizado. Cabe indicar que existe la posibilidad, como en todo caso en que se realizan proyecciones, que la realidad sea diferente a la que se ha pensado. Todo plan a largo plazo, y, por lo tanto, un plan de sincronismo, contempla la posibilidad de que suceda algo así. En el caso concreto del Plan de Sincronismo para la Red Telefónica del Ecuador, si en un momento dado se observa cambios con respecto a lo planificado, se deberá modificar el plan de modo que éste tome en cuenta las variaciones que se produzcan.



## BIBLIOGRAFIA

1. Bellamy, John, Digital Telephony, New York, John Wiley and Sons. Inc, 1981.
2. Brandt, Harald y Marlevi, Aleksander, "Sincronización de redes digitales de telecomunicaciones", ERICSSON REVIEW, 1 (1984), 44-50.
3. España. Standard Eléctrica, S.A, Telecommunication Planning, Madrid, 1979.
4. Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones, Planes Fundamentales del IETEL para la primera etapa del plan de desarrollo de las telecomunicaciones, Quito, 1986.
5. Suiza. CCITT, Redes Digitales, Sistemas de Transmisión y Equipos de Multiplexación, Tomo III - Fascículo III.3 (Libro Rojo), Ginebra, 1985.
6. Suiza. CCITT, Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), Tomo III - Fascículo III.5 (Libro Rojo), Ginebra, 1985.
7. Ley Básica de Telecomunicaciones.
8. Suecia. ERICSSON, Network Synchronization Planning, Estocolmo, 1985.
9. Suecia. ERICSSON, Synchronization. Training Document, Estocolmo, 1984.
10. Suecia. ERICSSON, Clocks and Synchronization Functions in AXE 10, Estocolmo, 1985.
11. Suecia. ERICSSON, Slave and Master Clock Functions,

- Estocolmo, 1982.
12. Braugenhardt, Staffan, Desarrollo de la red con conmutación digital, Estocolmo, ERICSSON, 1984.
  13. Chomette, A y otros, Synchronisation du réseau numérique, Paris, Centre National D'Etudes des Télécommunications, 1980.
  14. Japón. NEC Corporation, The Basis of Telephone Network, Osaka, 1985.
  15. Suiza. CCITT, GAS 3/General Network Planning, Ginebra, 1985.
  16. Plügge, Heinz y Schweizer, Lutz, "Digital Transmission in the ISDN", Telcom Report, 10 (1987), 145-149.
  17. Beetz, Heinz y Steiner, Erhard, "Network Synchronization in the ISDN", Telcom Report, 10 (1987), 169-175.
  18. Subgerencia de Análisis Tecnológico de TELMEX, "Red Digital de Servicios Integrados; Banda Angosta y Banda Ancha", AHCIET, 32 (1988), 27-34.
  19. Beetz, Heinz y Steiner, Erhard, "High-precision Synchronization in the ISDN", Telcom Report, 11 (1988), 178-181.
  20. Francia. Direction de la formation professionnelle des télécommunications, Transmission et Commutation Temporelle, Paris, 1985.
  21. Japón. Nippon Electric Co. Ltd, Digital Switching System. NEAX 61. Orientaciones para la Planificación de Redes, Tokio, 1981.