

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

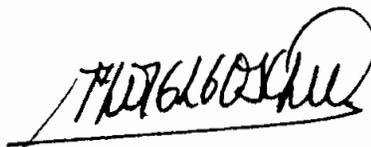
ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
TELECOMUNICACIONES PARA EL PROYECTO  
TROLEBÚS DEL MUNICIPIO DEL DISTRITO  
METROPOLITANO DE QUITO (M.D.M.Q)

ANGELA MARÍA MORA CÓRDOVA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN LA ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

QUITO, MARZO DE 1999

Certifico que la presente tesis ha sido elaborada en su totalidad por la Señora Angela María Mora Córdova.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'PHIDALGO LASCANO', written over a horizontal line.

Ing. Pablo Hidalgo Lascano  
DIRECTOR DE TESIS

### *Agradecimientos*

*Agradezco a Dios, porque sin El nada hubiera sido posible; a Alejandro Ribadeneira, mi esposo, por su invalorable apoyo, fe y confianza en mi trabajo; a mis padres, hermana y abuelita, por su constante respaldo en esta aventura; y al personal de la Unidad Ejecutora del Proyecto Trolebús, por toda su generosa colaboración.*

*Mi reconocimiento especial al Ingeniero Pablo Hidalgo, por su inmejorable dirección.*

# INTRODUCCIÓN

La presente tesis está inspirada en mejorar el servicio que reciben los aproximadamente 170 mil quiteños que, día a día, en algún momento de su jornada, viajan en trolebús, el sistema de transporte que cambió la cara de la capital en 1995 y que, sin duda, alteró para siempre la cotidianidad de la gente.

Sin embargo, pese a que ha sido bien recibido por los ciudadanos, y aunque es alabado por autoridades de otras ciudades del Continente, el trolebús necesita de un sistema que le permita obtener la información oportuna para mejorar la calidad del servicio y solucionar problemas relacionados con la evasión en el cobro del pasaje, retrasos en la circulación de trolebuses, seguridad para los usuarios mediante cámaras de televisión, aglomeración de gente en determinadas paradas y otros inconvenientes relacionados con la operación diaria.

Por eso, el Municipio de Quito, que actualmente se encuentra planificando la ampliación del Proyecto Trolebús, ha previsto la necesidad de instalar un Sistema de Telecomunicaciones sobre el que se transmita voz, datos y vídeo a lo largo de su trayecto.

Ante esta realidad, la presente tesis tiene por objetivo diseñar, tomando en cuenta las necesidades del Municipio, un Sistema de Telecomunicaciones que contenga varios subsistemas, que son: Telefonía y Megafonía; Telealarma, Telemedida y Telemando; Recaudación; Circuito Cerrado de Televisión; Sistema de Ayuda a la Explotación y Radiocomunicaciones.

Como se aprecia, la envergadura de este trabajo afronta una tarea real y próxima para nuestra ciudad y, al mismo tiempo, utiliza un amplio campo de conocimientos en telecomunicaciones. Para cumplir con este fin, la tesis ofrece, en el Capítulo I, una investigación del estado actual del Sistema de Telecomunicaciones y un estudio de la demanda de los subsistemas mencionados.

Luego, el Capítulo II analiza las diferentes alternativas para implantar cada uno de estos subsistemas, y busca seleccionar el mejor medio de transmisión. Posteriormente, en el Capítulo III se procede a la selección de la mejor alternativa técnica, sobre cuya base se elabora la ingeniería de detalle y dimensionamiento de la red.

El aspecto económico está detallado en el Capítulo IV, en el que se realiza una comparación de los costos de cada una de las alternativas de comunicaciones más viables.

La tesis termina con el Capítulo V, que contiene las conclusiones y recomendaciones de este trabajo, que no busca otra cosa que contribuir a la comunidad con un sistema que mejorará el servicio del trolebús y, por consecuencia, la dinámica de nuestra ciudad.

# ÍNDICE

Páginas

## CAPÍTULO 1

### DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL PROYECTO TROLEBÚS..... 1

#### 1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO..... 2

#### 1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES ..... 5

1.2.1. Situación actual del Sistema de Telefonía y Megafonía..... 5

1.2.2. Situación actual del Sistema de Radiocomunicaciones..... 9

1.2.3. Situación actual del Sistema de Transmisión de datos de las Subestaciones de Tracción..... 15

1.2.4. Situación actual del Sistema de Recaudación..... 23

1.2.5. Situación actual del Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)..... 30

#### 1.3. ESTUDIO DE DEMANDA..... 35

1.3.1. Demanda de Telefonía y Megafonía..... 35

1.3.2. Demanda de Radiocomunicaciones..... 43

1.3.3. Demanda de Transmisión de datos de las Subestaciones de Tracción..... 50

1.3.4. Demanda del Sistema de Recaudación..... 54

1.3.5. Demanda del S.A.E. .... 56

## CAPÍTULO 2

### ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

### DE COMUNICACIONES PARA EL PROYECTO TROLEBÚS..... 60

#### 2.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN..... 61

2.1.1. Características..... 62

2.1.2. Ventajas..... 86

2.1.3. Desventajas..... 91

|  |            |
|--|------------|
| 2.1.4. Comparación entre Medios Guiados.....   | 94         |
| <b>2.2. ANÁLISIS DE SOLUCIONES INDIVIDUALES PARA CADA UNO DE LOS SERVICIOS.....</b>                  | <b>98</b>  |
| 2.2.1. Sistema de Telefonía y Megafonía.....   | 98         |
| 2.2.2. Sistema de Radiocomunicaciones.....   | 115        |
| 2.2.3. Sistema de Telealarma, Telemando y Telemedida.....  | 133        |
| 2.2.4. Sistema de Transmisión de Datos de Recaudación.....   | 141        |
| 2.2.5. Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E).....  | 153        |
| <b>2.3. ANÁLISIS DE UNA SOLUCIÓN INTEGRADA DE COMUNICACIONES PARA CADA UNO DE LOS SERVICIOS.....</b> | <b>164</b> |
| 2.3.1. Fundamentos de TDM (Time Division Multiplexing).....  | 164        |
| 2.3.2. Descripción de una Solución TDM para Red MAN.....   | 168        |
| 2.3.3. Fundamentos de Frame Relay.....   | 185        |
| 2.3.4. Descripción de una Solución con Frame Relay para Red MAN.....                                 | 197        |
| <br>   |            |
| <b>CAPÍTULO 3</b>  |            |
| <b><u>DISEÑO DE LA RED</u>.....</b>  | <b>209</b> |
| <br>   |            |
| <b>3.1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA.....</b>  | <b>210</b> |
| 3.1.1. Solución FDDI.....  | 212        |
| 3.1.2. Solución ATM.....   | 212        |
| 3.1.3. Solución Propietaria.....   | 213        |
| 3.1.4. Solución TDM.....   | 213        |
| 3.1.5. Solución Frame Relay.....   | 214        |
| 3.1.6. TDM vs. Frame Relay.....  | 214        |
| <br>   |            |
| <b>3.2. INGENIERÍA DE DETALLE Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....</b>                                  | <b>220</b> |
| 3.2.1. Red Integrada de Telecomunicaciones (R.I.T.).....   | 222        |
| 3.2.1.1. Backbone.....   | 222        |
| 3.2.1.2. Sistema de Telefonía y Megafonía.....   | 231        |
| 3.2.1.3. Sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando.....  | 235        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.2.1.4. Sistema de Recaudación.....                                  | 237        |
| 3.2.1.5. Requerimientos del Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).... | 241        |
| 3.2.1.6. Cableado.....  | 243        |
| 3.2.2. Sistema de Radiocomunicaciones.....                            | 249        |
| 3.2.3. Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.).....                | 250        |
| <b>3.3. CRONOGRAMA DE IMPLANTACIÓN.....</b>                           | <b>296</b> |

## **CAPÍTULO 4**

|   |            |
|---|------------|
| <b><u>ESTUDIO DE COSTOS</u>.....</b>  | <b>299</b> |
| <b>4.1. LISTADO DE COMPONENTES DEL SISTEMA FRAME RELAY.....</b>   | <b>300</b> |
| <b>4.2. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON RED MAN FRAME RELAY.....</b>                        | <b>305</b> |
| 4.2.1. Costos de Personal.....  | 305        |
| 4.2.2. Costos de Repuestos.....   | 306        |
| 4.2.3. Costos de Equipos de Medición y Herramientas para Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema de Telecomunicaciones..... | 309        |
| 4.2.4. Costos Administrativos y de Reposición.....  | 310        |
| <b>4.3. COSTOS DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON TDM.....</b>   | <b>312</b> |
| 4.3.1. Listado de Componentes del Sistema con TDM.....  | 312        |
| 4.3.2. Costos de Operación y Mantenimiento del Sistema de Telecomunicaciones con Red MAN TDM.....                                     | 313        |
| <b>4.4. COMPARACIÓN DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS INTEGRADAS DE COMUNICACIONES.....</b>   | <b>315</b> |
| 4.4.1. Definiciones.....  | 320        |
| 4.4.2. Financiamiento.....  | 322        |
| 4.4.3. Ingresos y Beneficios del Sistema de Telecomunicaciones.....   | 323        |
| 4.4.4. Flujo de Caja.....   | 332        |

## **CAPÍTULO 5**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 340**

**BIBLIOGRAFÍA..... 352**

## **ANEXOS**

**ANEXO 1:** Modelo del formato de encuesta utilizado en el estudio de demanda..... 1-1

**ANEXO 2:** Recomendaciones de la UIT-T (G.703, G.704, G.707, G.708, G.709,  
G.711, G.729, G.732, G.733, G.957, I.233, I.370, Q.23, Q.922, Q.933)..... 2-1

**ANEXO 3:** Interfaz RS-485..... 3-1

**ANEXO 4:** Ábaco de cálculo de número de repetidoras de radio..... 4-1

# CAPITULO 1

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO  
ACTUAL DEL SISTEMA DE  
TELECOMUNICACIONES DEL  
PROYECTO TROLEBÚS**

# 1

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES DEL PROYECTO TROLEBÚS

### 1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO<sup>1</sup>

El Proyecto Trolebús nace con el objetivo de instalar un sistema integrado de transporte que sea rápido, cómodo, seguro y no contaminante para la ciudad de Quito. Este proyecto empezó a brindar servicio el 17 de diciembre de 1995.

Actualmente, el sistema de transporte mediante trolebuses eléctricos cubre el tramo comprendido entre el Terminal Norte (Estación de transferencia La Y) y el Terminal Sur (Estación de transferencia El Recreo) en un trayecto de 11,3 km. a lo largo de 39 paradas que se encuentran separadas entre sí aproximadamente 400 metros, 19 en sentido sur - norte y 20 en sentido norte - sur. Sin embargo, los pasajeros pueden tomar un autobús con motor a diesel denominado “alimentador” en cualquiera de las rutas disponibles fuera del carril exclusivo por el que viajan los trolebuses y continuar su viaje en un vehículo trolebús, que se lo puede tomar en la estación de transferencia más cercana. De esta manera es posible atravesar distancias muy grandes con el pago de un solo pasaje.

---

<sup>1</sup> Datos obtenidos de la Unidad Ejecutora del Proyecto Trolebús (UEPT) a diciembre de 1997.

Se prevé la ampliación del sistema trolebús en su parte sur hasta la estación de transferencia Quitumbe, con una distancia de 7 km y 13 paradas dobles, en tanto que hacia el norte se extenderá en 6 km con 14 paradas dobles adicionales, hasta la estación de transferencia La Ofelia, con lo que cubrirá un total de 24,3 km para todo el trayecto.

En general, el proyecto trolebús ha considerado las siguientes fases:

**SEGUNDA FASE - PRIMERA ETAPA (Extensión Sur):**

Comprendida entre la estación de transferencia Quitumbe y estación de transferencia El Recreo, cuya longitud es de 7 km y que contará con 34 trolebuses.

**PRIMERA FASE (Troncal Central):**

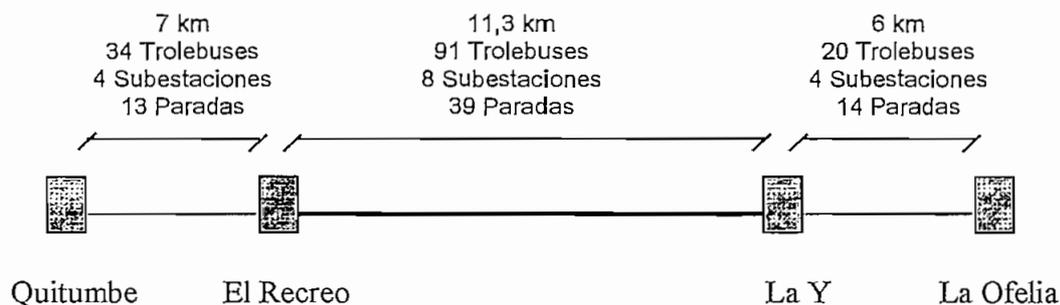
Comprendida entre la estación de transferencia el Recreo y la estación de transferencia La Y, con una longitud de 11,3 km y que contará con 91 trolebuses.

**SEGUNDA FASE - SEGUNDA ETAPA (Extensión Norte):**

Comprendida entre la estación de transferencia La Y y la estación de transferencia La Ofelia, con una distancia de 6 km y que contará con 20 trolebuses.

| <b>FASE</b>                | <b>TRAYECTO</b>      | <b>DISTANCIA (km)</b> | <b>Nº TROLES</b> |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| Extensión Sur              | Quitumbe - El Recreo | 7                     | 34               |
| Troncal Central            | El Recreo - La Y     | 11,3                  | 91               |
| Extensión Norte            | La Y - La Ofelia     | 6                     | 20               |
| Troles de reserva          | Todo el trayecto     | 24,3                  | 13               |
| <b>TOTAL DE TROLEBUSES</b> |                      |                       | <b>158</b>       |

**Tabla 1.1. Fases del Proyecto**



**Fig. 1.1. Proyecto Trolebús**

Por lo tanto, la flota de trolebuses será de 145 vehículos en operación y 13 en reserva, lo que da un total de 158 unidades para todo el Sistema Trolebús.

En resumen, el sistema de transporte mediante trolebuses eléctricos contará con:

- Distancia total del trayecto: 24,3 km
- Número total de trolebuses: 158
- Número de buses alimentadores: 110
- Distancia media entre paradas: 400 m
- Número de paradas en sentido de circulación Norte - Sur : 20
- Número de paradas en sentido de circulación Sur - Norte: 19
- Número de paradas dobles en la extensión norte : 14
- Número de paradas dobles en la extensión sur : 13

Las paradas dobles estarán ubicadas solamente en las extensiones norte y sur y servirán para ambos sentidos de circulación.

## 1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES<sup>2</sup>

### 1.2.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA

#### *Estructura del Sistema*

El sistema telefónico actualmente está constituido por una central telefónica española de tecnología propietaria de REVENGA - INGENIEROS S.A. con 54 terminales telefónicos, un puesto de mando central, conectados a través de un único canal de comunicaciones, el cual utiliza dos pares de cobre, uno para transmisión y otro para recepción.

Los 54 aparatos telefónicos están distribuidos en :

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| · Paradas.....                       | 39        |
| · Subestaciones.....                 | 8         |
| · Taller.....                        | 1         |
| · Centro de recaudaciones Norte..... | 1         |
| · Administración Norte.....          | 1         |
| · Bodega.....                        | 4         |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>54</b> |

El sistema total funciona en dos modalidades: centralizado y descentralizado.

El modo centralizado es utilizado por los usuarios de las 39 paradas y de la Administración Norte (en la estación de transferencia La Y) que realizan comunicaciones de voz a través del puesto de mando. Es decir, este modo no permite hacer llamadas directamente entre usuarios.

<sup>2</sup> Datos obtenidos del Departamento de Telecomunicaciones de la Unidad Operadora del Sistema Trolebús (UOST) a diciembre de 1997.

El modo descentralizado utilizan los usuarios de los teléfonos de las 8 subestaciones, del taller (en la estación de transferencia El Recreo) y del Centro de Recaudación Norte (en la estación de transferencia La Y), que pueden hacer llamadas directamente sin necesidad de la intervención de la operadora del puesto de mando.

El puesto central de mando, que se encuentra en la estación de transferencia de El Recreo, está configurado por los siguientes elementos :

- Teléfono
- Altavoz y microteléfono
- Interfaz de interconexión con central privada para servicios locales y a través de ésta, con una línea telefónica de la red pública conmutada de ANDINATEL S.A.

La central telefónica SAMSUNG, existente en la estación de El Recreo, se interconecta con la central REVENGA; con esto se permite básicamente dos funciones:

- Integrar las oficinas de Recaudación Sur (en El Recreo) al sistema REVENGA y por consiguiente establecer comunicación con las paradas.
- Posibilitar el acceso de todos y cada uno de los teléfonos de la central REVENGA, vía la operadora del puesto de mando, a la red telefónica pública de ANDINATEL S.A.

Todos los teléfonos del sistema REVENGA están protegidos por cajas metálicas antivandálicas de acero inoxidable con altavoz incorporado, micrófono oculto, pulsador exterior accesible e indicador luminoso. Disponen de una puerta de seguridad para proteger el acceso al microteléfono, al teclado y al *display* alfanumérico; todos estos elementos están incorporados en la misma caja.

Los teléfonos utilizan marcación de tonos empleando señalización de doble tono multifrecuencial (DTMF recomendación CCITT Q.23<sup>3</sup>).

Algunas de las principales características técnicas del terminal telefónico son las siguientes:

- Tensión de alimentación en carga: 13,4 - 13,8 VDC
- Consumo en reposo: < 80 mA
- Medio de transmisión utilizado: 2 pares (1 cuadrete)
- Impedancia de entrada en recepción: >15 k $\Omega$
- Impedancia de salida en transmisión: 4.200  $\Omega$
- Plan de numeración: 2 a 6 dígitos.
- Nivel de salida (600  $\Omega$ ) para generación de códigos: -15 dBm a +4,5 dBm
- Margen dinámico para recepción de códigos: -20 dBm a +5 dBm

El cable de transmisión que interconecta cada uno de los terminales telefónicos es de 7 cuadretes, de los cuales 2 pares (un cuadrete) son utilizados para el sistema telefónico.

De acuerdo al fabricante, el diámetro de los conductores es de 0,9 mm, la atenuación a 1 kHz es de 0,7 dB/km y la resistencia de 29  $\Omega$ /km.

Los empalmes realizados en el cable son del tipo XAGA 1650 y su fabricante Raychem S.A. Su tecnología emplea el denominado sistema de empalme relleno de encapsulante.

### *Funciones del sistema*

El Puesto Central tiene las siguientes funcionalidades :

#### *Llamada individual selectiva.-*

La central envía una señalización acústica y luminosa al teléfono seleccionado solicitando

---

<sup>3</sup> Véase el anexo 2

establecer la comunicación. Esta señalización en cadencia está limitada a 30 segundos, luego de los cuales se interrumpe si la llamada no es atendida. El tiempo de utilización máximo por llamada que permite la central es de 9 minutos, pero se ha programado para 3 minutos solamente.

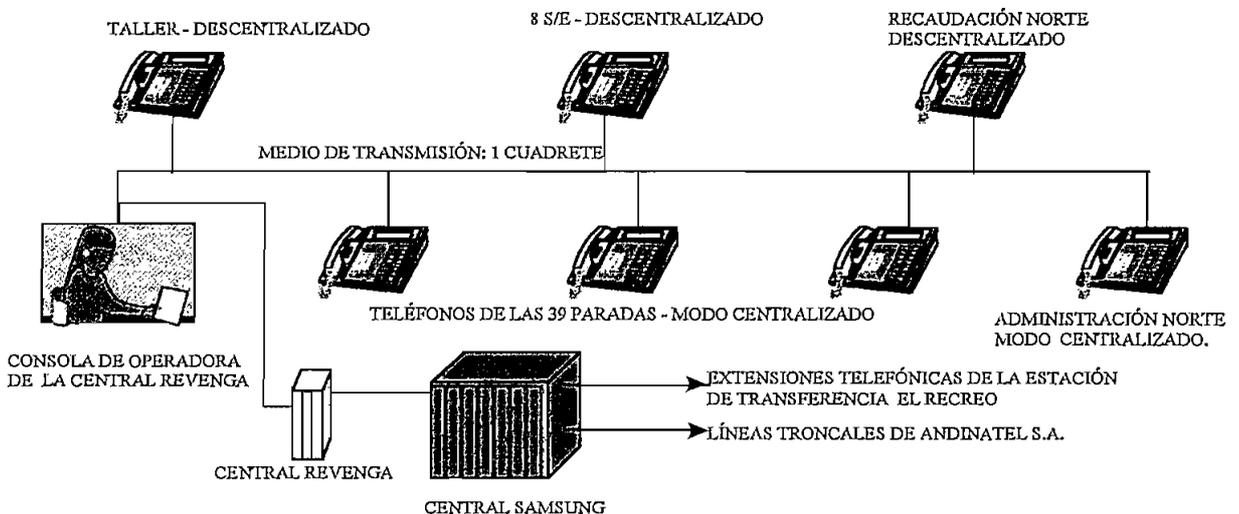
Desde las subestaciones se pueden hacer llamadas hacia otros teléfonos sin intervención de la operadora; pero desde el puesto de mando existe la posibilidad de cortar la comunicación y liberar el canal, para llamadas de emergencia.

#### *Llamada de grupo.-*

El sistema permite la difusión de mensajes de megafonía desde el puesto de mando central hacia cada una de las paradas en los terminales telefónicos a través de sus altavoces.

#### *Acceso a la red telefónica pública y privada.-*

A través del puesto de mando central se pueden conectar todos los teléfonos del sistema, tanto a centrales públicas de ANDINATEL S.A. como a la central privada SAMSUNG.



**Fig. 1.2. Sistema Actual de Telefonía y Megafonía**

### *Estado actual del sistema*

El sistema telefónico se encuentra funcionando de acuerdo a las facilidades que han sido descritas en párrafos anteriores y que se han habilitado.

Debido a que el equipo de megafonía está incorporado al teléfono y en un ambiente reducido, éste no permite una distribución acústica adecuada, por lo que el sonido dentro de la cabina es distorsionado por su elevado volumen y en la mayoría de los casos es ininteligible.

Uno de los problemas que se ha evidenciado es que no se puede hacer llamadas sin la intervención de operadora, razón por la que se puede señalar que el sistema adquirido es de conmutación manual y no automático (esto último sería lo deseable). Este hecho igualmente ha determinado que la probabilidad de bloqueo en el sistema sea alta, pues basta que la operadora esté utilizando su línea para que no pueda cursarse ninguna otra llamada. Con el fin de disminuir el bloqueo se ha restringido el tiempo de utilización y limitado la función de muchos de los teléfonos a un intercomunicador con la operadora.

### **1.2.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**

El sistema de transporte mediante trolebuses emplea, para explotar con eficiencia y rapidez sus servicios, un sistema privado de radiocomunicaciones.

Se emplea comunicaciones por radio a lo largo de la ruta del trolebús, entre las estaciones de El Recreo y de La Y. Sin embargo, el área básica de cobertura en el futuro comprenderá la ciudad de Quito, desde la estación de transferencia de trolebuses que estará ubicada en Quitumbe hasta la estación a construirse en la Ofelia, a lo largo de los 24,3 km que constituirá el recorrido del sistema de trolebuses.

La UOST (Unidad Operadora del Sistema Trolebús) dispone para el sistema de radiocomunicaciones actual de un conjunto de frecuencias en UHF, asignadas por

SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones), en el rango de 450 a 512 MHz.

### *Estructura actual del Sistema*

El sistema de radiocomunicaciones es convencional y está formado por tres circuitos radioeléctricos independientes, cada uno con su estación repetidora.

Cada circuito radioeléctrico está a su vez constituido por varios grupos de usuarios separados por tonos o códigos de señalización, de tal manera que a los usuarios de cada grupo les parece que tuvieran un canal de comunicaciones exclusivo para ellos.

Desde el punto de vista de operación y explotación del sistema de trolebuses, el Centro de Control de Tráfico (CCT), cuya oficina se encuentra en la estación de transferencia de El Recreo, es el que más requiere del uso de canales radioeléctricos y por lo tanto se le ha dedicado un circuito radioeléctrico exclusivo.

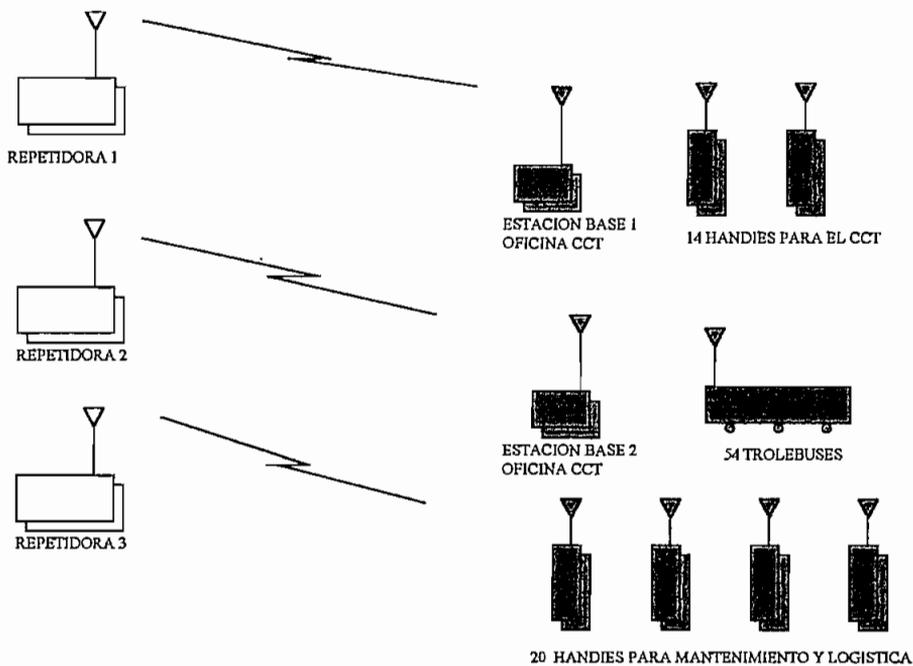
Así mismo, en cualquier instante que se requiera tener comunicación con los trolebuses, se debe disponer de un segundo canal de comunicaciones, razón por la cual, se le ha dedicado, para este fin, un canal radioeléctrico exclusivo.

Finalmente, para facilitar las comunicaciones del personal de mantenimiento y apoyo logístico, se ha asignado un tercer circuito radioeléctrico.

Los tres circuitos radioeléctricos están configurados de la siguiente manera:

- El primer circuito radioeléctrico está conformado por su estación repetidora, una estación base ubicada en la oficina del CCT y 14 radios portátiles (*handies*) para uso del personal del CCT. Este circuito opera con frecuencias centrales de 452,650 MHz para recepción y 457,650 MHz para transmisión.

- El segundo circuito radioeléctrico está dedicado para atender a los 54 trolebuses, es decir, cada trolebús cuenta con un equipo de radiocomunicaciones. Una estación base ubicada en la oficina del CCT, a través de su estación repetidora, es la que comanda la operación de los trolebuses en este canal radioeléctrico. Este circuito opera con frecuencias centrales de 453,650 MHz para recepción y 458,650 MHz para transmisión.
- El tercer circuito radioeléctrico está conformado por una estación repetidora y 20 equipos portátiles o handies repartidos entre el personal de mantenimiento y de apoyo logístico. Este circuito opera con frecuencias centrales de 451,650 MHz para recepción y 456,650 MHz para transmisión.



**Fig. 1.3. Sistema Actual de Radiocomunicaciones**

### *Características técnicas de los equipos actuales*

Estaciones Repetidoras: Instaladas en la caseta que el M.D.M.Q. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito) tiene en la loma de Puengasí. Cada estación repetidora consta de:

- Radio repetidor marca Kenwood, modelo TKR820
- Duplexor
- Antena exterior de 8 dipolos, montada sobre una torre de 20 metros de altura
- Sistema auxiliar de energía eléctrica (UPS)

### Estación Base

- Radio móvil marca Motorola, modelo GM 300 de 16 canales
- Antena omnidireccional de 8 dipolos
- Fuente de 110 VAC/ 13,8 VDC

Equipo móvil: Instalado en cada uno de los trolebuses

- Radio móvil marca Motorola, modelo GM 300 de 16 canales
- Antena tipo *ON GLASS*
- Conversor de 24 VDC a 12 VDC

### Equipos portátiles

- Radio portátil marca Motorola, modelos GP 300 y GP 350
- Cargador rápido de baterías para radio portátil

### *Funciones del sistema*

- El primer circuito radioeléctrico (452,650 MHz - 457,650 MHz), que usa el CCT, es

utilizado para hacer un seguimiento continuo de la operación de los trolebuses en ruta.

La información proporcionada por personal de operaciones ubicado estratégicamente en el trayecto de los trolebuses, es transmitida utilizando los radios portátiles hacia el CCT. El tráfico que genera este circuito es extremadamente alto, debido a que es permanentemente ocupado durante la operación del trolebús.

- El segundo circuito radioeléctrico (453,650 MHz - 458,650 MHz) está dedicado a prestar comunicaciones entre los vehículos trolebuses y el CCT. Este circuito es muy útil para dar indicaciones a los conductores frente a diferentes situaciones normales o anormales de operación. Por su parte, los conductores de los vehículos reportan al CCT cualquier novedad en ruta. Es decir que este circuito radioeléctrico es controlado únicamente por el CCT y ningún otro usuario puede comunicarse con los trolebuses.

Si bien el tráfico en este circuito no es intenso, por motivos estratégicos, en caso de cualquier eventualidad que pudiera ocurrir en el trayecto y afectar el recorrido normal del trolebús, se mantiene este canal como exclusivo.

- El tercer circuito radioeléctrico (451,650 MHz - 456,650 MHz) está dedicado para el personal de mantenimiento y de apoyo logístico. Es decir, para el personal de mantenimiento electrónico, mecánico, de recaudación, seguros, seguridad y especialmente para apoyo en ruta del personal de línea aérea de contacto y subestaciones de tracción.

Ciertos equipos portátiles, debido a sus requerimientos, están programados para comunicarse con varios grupos utilizando los tres circuitos radioeléctricos. Por ejemplo, la estación base del CCT puede comunicarse con los trolebuses, con el personal de mantenimiento y con el personal de seguridad.

Todos los radios están programados para escuchar el canal del CCT, pero no todos los radios están programados para transmitir mensajes al CCT.

### *Estado actual del sistema*

De las 17 frecuencias en UHF que dispone el M.D.M.Q., únicamente se utilizan 6 mediante el empleo de 3 repetidoras. Esto determina, por el momento, una subutilización del espectro radioeléctrico. A futuro se podrán emplear dichas frecuencias en las etapas de ampliación de acuerdo a los requerimientos que demande el estudio técnico.

A medida que el número de usuarios y el número de frecuencias crezca, será necesario emplear otro sistema de administración de frecuencias que permita una optimización en la utilización de los canales de radio.

Cabe recalcar que las frecuencias que dispone el M.D.M.Q. se encuentran en la banda de 450 MHz a 512 MHz.

En el caso del Sistema de transporte de trolebuses, los 14 handies del personal en ruta del CCT, generan un tráfico de voz tan alto que a pesar de que el número de estaciones (14) es bajo, el canal destinado a este grupo de usuarios está prácticamente saturado.

### **1.2.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE LAS SUBESTACIONES DE TRACCIÓN**

Las subestaciones de tracción son aquellas que proveen de la energía eléctrica necesaria a la línea aérea de contacto, es decir, de donde toman la energía los trolebuses para su funcionamiento.

Para la distribución geográfica de las subestaciones se considera las siguientes zonas:

- 1°. **ZONA:** Estación de transferencia Quitumbe - Estación de transferencia el Recreo
- 2°. **ZONA:** Estación de transferencia El Recreo - Estación de transferencia La Y
- 3°. **ZONA:** Estación de transferencia La Y - Estación de transferencia La Ofelia

De este modo, las subestaciones de tracción (S/E) se encuentran repartidas de la siguiente forma:

1º. ZONA: (4 S/E) Quitumbe, Turubamba, Solanda, San Bartolo.

2º. ZONA: (8 S/E) Estación de transferencia El Recreo, Villa Flora, Cumandá, San Blas, El Ejido, Mariana de Jesús, Naciones Unidas, Estación de transferencia La Y.

3º. ZONA: (4 S/E) Concepción, Andalucía, Rosario, Ofelia.

El M.D.M.Q. implantó, para la segunda zona, un sistema de telemedida, que comprende un sistema remoto de adquisición de datos, para supervisar los parámetros eléctricos y funcionales de cada una de las subestaciones.

Adicionalmente, para disponer en un centro de control el registro y reporte de las diferentes alarmas que pudieran presentarse en las subestaciones, se implantó un sistema de telealarma. Dicho sistema debe transmitir las diferentes alarmas producidas en cada una de las subestaciones hacia el centro de información y control.

Ante el conocimiento de las alarmas que puedan presentarse y de los parámetros eléctricos y funcionales de cada una de las subestaciones, es necesario que el operador del sistema sea capaz de operar remotamente los disyuntores de la subestación (telemando) pero este sistema aún no ha sido adquirido.

Para los sistemas de telealarma y telemedida, se optimizan los recursos con un software de aplicación y una infraestructura de transmisión de datos común.

En la zona comprendida entre El Recreo y La Y, en la que actualmente se encuentra funcionando el sistema de trolebuses, se tiene implantado únicamente un sistema de telealarma y telemedida.

### *Estructura actual del Sistema*

El sistema está compuesto por una estación central para el procesamiento de la información y un conjunto de 8 estaciones remotas (una para cada subestación de tracción) encargadas de la recopilación de datos.

El control de cada subestación se realiza mediante cinco PLC's MODICOM de tipo compacto, con una CPU 984-145. Estos PLC's están interconectados en red y se comunican entre sí a través del protocolo de comunicaciones MODBUS PLUS. Toda la información disponible en los PLC's se concentra en un centro de monitoreo local denominado PANEL MATE ubicado en cada una de las subestaciones de tracción.

Un sexto PLC en cada subestación recoge la información disponible en la red y se comunica, mediante protocolo MODBUS, con un módem marca RAD que a su vez envía la información según el requerimiento hacia el puesto central que controla todas las subestaciones.

Por lo tanto, cada S/E tiene 6 PLC's que controlan las siguientes instalaciones:

**PLC1:** Controla celda de protección general y celda de medida.

Consta de:

- 2 tarjetas de entradas digitales DEP-216 (0;24VDC)
- 1 tarjeta de salidas digitales DAP-208 (0;110VDC)
- 1 tarjeta de entradas analógicas ADU-206 (0 a 10 VDC)

**MEDIDAS ANALÓGICAS (0 a 10 VDC):**

- Señal de voltaje de entrada
- Señal de corriente de entrada

**SEÑALES DE CONTROL:**

- Conexión, desconexión del disyuntor de protección general.
- Encendido, apagado de lámpara de pulsador para mando del disyuntor.

**ALARMAS:**

- Falta de tensión de 6 kV
- Automático caído
- Sobrecorriente
- Cortocircuito

**PLC2:** Controla la celda de protección del grupo transformador-rectificador, celda del rectificador y el transformador de potencia (2.000 kVA).

Consta de:

- 2 tarjetas de entradas digitales DEP-216 (0;24VDC)
- 1 tarjeta de salidas digitales DAP-208 (0;110VDC)
- 1 tarjeta de entradas analógicas ADU-206 (0 a 10 VDC)

**MEDIDAS ANALÓGICAS (0 a 10 VDC):**

- Señal de corriente de salida a 750 VDC en barra positiva
- Señal de corriente de salida a 750 VDC en barra negativa
- Señal de voltaje de salida del rectificador

**SEÑALES DE CONTROL:**

- Conexión, desconexión del disyuntor de protección del grupo transformador-rectificador.
- Encendido, apagado de lámpara de pulsador para mando del disyuntor.

**ALARMAS:**

- Automático caído
- Sobrecorriente

- Cortocircuito
- Disparo Buchholz de transformador
- Disparo temperatura de transformador
- Alarma Buchholz de transformador
- Alarma temperatura de transformador
- Puerta abierta de celda de transformador
- Puesta a masa celdas corriente alterna
- Puesta a masa transformador de potencia
- Puesta a masa celdas corriente continua
- Fusión fusible diodo rectificador
- Puerta abierta de la celda del rectificador
- Fusión fusible equipo medida de tensión
- Fusión fusible filtros
- Sobretemperatura rectificador
- Fusión fusible amortiguación
- Diferencia de corriente en barra positiva y barra negativa

**PLC3:** Controla la salida de *feeder1*.

Consta de:

- 1 tarjeta de entradas digitales DEP-216 (0;24VDC)
- 1 tarjeta de salidas digitales DAP-208 (0;110VDC)
- 1 tarjeta de entradas analógicas ADU-206 (0 a 10 VDC)

**MEDIDAS ANALÓGICAS (0 a 10 VDC):**

- Señal de corriente del analizador de catenaria
- Señal de corriente de salida del *feeder1*
- Señal de voltaje de salida

**SEÑALES DE CONTROL (0 ; 110 VDC):**

- Conexión, desconexión del disyuntor de *feeder1*

- Conexión, desconexión del contactor del analizador de catenaria
- Aviso de carro en modo de prueba
- Prendido y apagado de la lámpara del pulsador de mando para el disyuntor

**ALARMAS:**

- Cortocircuito lejano (di/dt)
- Fusión fusible analizador (-F10, -F20)
- Posición carro disyuntor
- Automático caído
- Puerta abierta celda salida de *feeder1*
- Cortocircuito en catenaria
- Diferencia de voltaje
- Bloqueo disyuntor extrarrápido
- Desconexión involuntaria

**PLC4:** Controla salida de *feeder2*.

Tiene las mismas características, medidas y alarmas del PLC3.

**PLC5:** Controla la celda de servicios auxiliares de corriente alterna y celda de servicios auxiliares de corriente continua.

Consta de:

- 1 tarjeta de entradas digitales DEP-216 (0;24VDC)
- 1 tarjeta de salidas digitales DAP-208 (0;110VDC)
- 1 tarjeta de entradas analógicas ADU-206 (0 a 10 VDC)

**MEDIDAS ANALÓGICAS (0 a 10 VDC):**

- Señal de voltaje de 210 VAC
- Señal de voltaje de 110 VDC
- Señal de voltaje de 24 VDC

**SEÑALES DE CONTROL:**

- Conexión, desconexión del disyuntor de servicios auxiliares en baja tensión
- Conexión, desconexión de sirena
- Encendido, apagado de la lámpara del pulsador de mando del disyuntor

**ALARMAS:**

- Falta 210V, 60 Hz
- Automático caído
- Puesta a masa transformador de servicios auxiliares
- Voltaje 110 VDC bajo
- Voltaje 24 VDC bajo
- Avería batería

**PLC6:** Controla comunicación con el puesto central y medición de energía activa y reactiva.

Consta de:

- 1 tarjeta de entradas digitales DEP-216 (0;24VDC)

**MEDIDAS DIGITALES (0 ; 24 VDC):**

- Medida de energía activa en forma de pulsos provenientes del medidor de energía.
- Medida de energía reactiva en forma de pulsos provenientes del medidor de energía.

El puesto central se encuentra ubicado en el taller de trolebuses, junto a la estación de transferencia El Recreo, en tanto que las 8 estaciones remotas están ubicadas en las subestaciones de:

- Estación de transferencia La Y
- Naciones Unidas
- Mariana de Jesús
- El Ejido
- San Blas
- Cumandá
- Villa Flora
- Estación de transferencia El Recreo

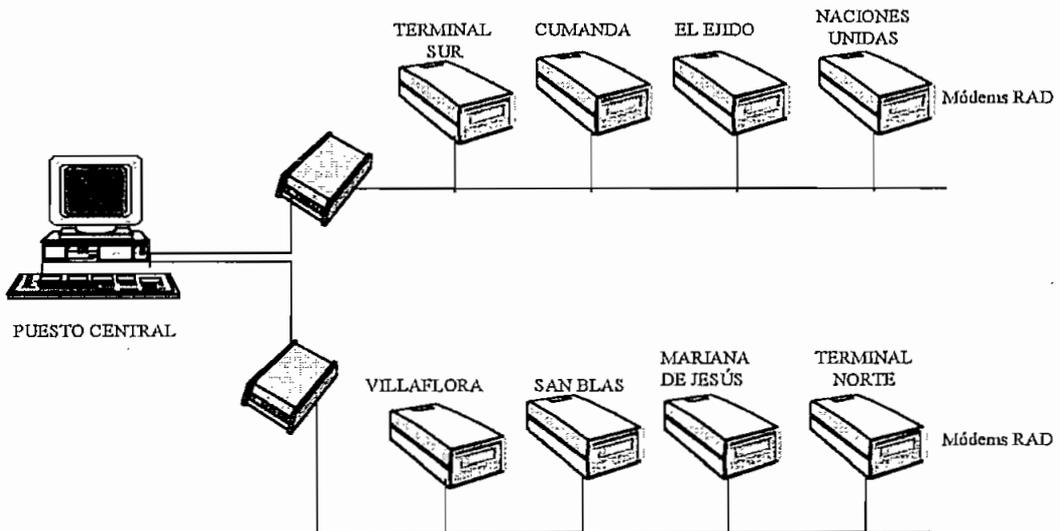


Fig. 1.4. Sistema Actual de Telealarma y Telemedida

El sistema de telemedida comparte los equipos con el sistema de telealarma para las subestaciones de tracción (S/E).

El sistema permite seleccionar un conjunto de medidas cuyos valores se almacenan en memoria, de forma que se pueda conocer su evolución en el tiempo de una manera más precisa. Se puede almacenar los datos que provienen de las S/E y los que se obtengan del cálculo de las medidas realizadas.

### *Hardware*

La estación central dispone de un ordenador PC compatible IBM tipo pentium a 120 MHz.

### *Software*

La estación central está equipada con el paquete FACTORY LINK de MODICOM en módulo base con gráficos, en un entorno Windows NT Workstation, y dispone de los protocolos Modbus y Modbus Plus.

### *Funciones del sistema*

El sistema está diseñado para transmitir desde la S/E hasta la estación central las siguientes variables:

- Corriente de entrada en media tensión
- Voltaje de entrada
- Energía activa
- Energía reactiva
- Voltaje de salida del rectificador
- Corriente de salida del rectificador
- Corriente de salida de *feeder 1*
- Corriente de salida de *feeder 2*
- Voltaje de servicios auxiliares en alterna
- Voltaje de servicios auxiliares, 110 VDC
- Voltaje de servicios auxiliares, 24 VDC
- Demanda de 15 minutos

El sistema detecta todas las alarmas disponibles en los PLC's y realiza un registro en la base de datos e impreso. El reconocimiento y eliminación de la alarma quedan registrados tanto en la base de datos como en el reporte impreso.

Por medio de *software* se puede visualizar en pantalla la ubicación de la falla, el tipo de la alarma y la hora a la que sucedió la misma.

#### **1.2.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE RECAUDACIÓN**

En forma general, una parada estándar consta de lo siguiente:

- Una cabina para la cajera.
- Dos máquinas recaudadoras con barras de acceso.
- Dos molinetes mecánicos de salida.
- Tres puertas de acceso al trole.
- Un asistente operacional.
- Un recaudador.

El sistema cuenta con un total de 12 personas para la recaudación de alcancías y 4 para mantenimiento de las 90 máquinas recaudadoras.

Cada reparación toma un promedio de 20 minutos. Esto se debe a que el personal de mantenimiento se transporta en trolebús y a que la falla se reporta por medio del sistema telefónico REVENGA, que permite establecer solo una llamada a la vez.

Las estaciones de transferencia (El Recreo y La Y), a diferencia de las paradas, cuenta cada una con 6 máquinas recaudadoras. Adicionalmente, en estas estaciones se produce el traspaso de pasajeros desde los buses alimentadores al trolebús y viceversa (sin atravesar por las máquinas recaudadoras).

El número total de boletos de mano, que corresponden a personas que no utilizan las máquinas recaudadoras, son alrededor de 2.000 diarios y se usan en las paradas y/o estaciones de transferencia cuando ocurren problemas técnicos o de congestiónamiento.

Cada máquina recaudadora recibe monedas como medio principal de pago (98%). El 2% restante tiene la opción de utilizar fichas, tarjetas magnéticas y boletos impresos.

Actualmente hay ocasiones que salen de operación 20 máquinas. La mayor causa de daño es la quema de fusibles. No obstante, podría atribuirse algunas de las fallas en las máquinas recaudadoras a que cada una de éstas fue diseñada para un promedio de 1.200 pasajeros al día y, en paradas de máxima demanda, atraviesan más del doble de esa cantidad de personas; o a imperfecciones de las fuentes de alimentación que existen en las paradas.

Una compuerta denominada NRI (que es una configuración especial de sensores inductivos) permite el reconocimiento de monedas o fichas para ser consideradas como válidas. Sin embargo, con el desgaste de las monedas o fichas, dicha compuerta debe ser recalibrada. Esto no ha sido realizado por la empresa proveedora de las máquinas recaudadoras y el personal del Municipio no tiene los recursos adecuados para hacerlo.

Es importante señalar que el banco en que se deposita el dinero del sistema trolebús recuenta el dinero en las mismas máquinas recaudadoras del sistema trolebús, lo que ocasiona un mayor desgaste.

El total de pasajeros que circulan por las 90 máquinas recaudadoras existentes es de 120.000 a 135.000 diarios, en promedio. Sin embargo, se ha llegado a un máximo de 200.000 personas en un día.

Las paradas fueron diseñadas para soportar un promedio de 2.400 pasajeros pero, en paradas de máxima demanda, atraviesan más del doble de esta cantidad de personas.

La gran demanda de pasajeros en determinadas paradas (20) ha provocado que el andén de las mismas se sature en varios lapsos de tiempo y las personas deben hacer largas filas fuera de la parada para poder ingresar al sistema de trolebuses. Para solucionar este problema, el personal ha pensado en adquirir un medio de transmisión de información

visual (cámara de televisión) a un centro de control que permita despachar un mayor número de trolebuses conforme a la demanda. Adicionalmente, se tendría un control visual para seguridad .

El sistema de transporte mediante trolebuses en la actualidad cuenta con:

|             |   |                     |    |
|-------------|---|---------------------|----|
| TROLEBUSES: | [ | OPERANDO .....      | 48 |
|             |   | MANTENIMIENTO ..... | 4  |
|             |   | RESERVA .....       | 2  |
|             |   | TOTAL .....         | 54 |

Cada trolebús tiene un sensor de peso, que se activa el momento que hay sobrecarga y no permite el arranque del vehículo.

Tomando en cuenta que el valor del pasaje es actualmente de mil quinientos sucres, se tiene un ingreso de 180'000.000 de sucres si consideramos 120.000 pasajeros. Por lo tanto, cada trolebús generaría un promedio de 3'750.000 de sucres diarios.

Es importante señalar que los niños, ancianos y discapacitados pagan un pasaje de 700 sucres, cuando el precio del pasaje normal es de 1.500 sucres.

Existen disponibles 100 máquinas recaudadoras en bodega, las cuales no se utilizan actualmente pero que se usarán en la ampliación del Sistema de Transporte mediante Trolebuses Segunda fase.

El M.D.M.Q. requiere centralizar y automatizar la información proveniente de cada una de las máquinas de recaudación que se encuentran en las paradas y las estaciones de transferencia; para ello, deberá enviarse dicha información a un puesto central, que se encargará del almacenamiento y procesamiento de los datos transmitidos.

Adicionalmente, se requiere de un sistema de circuito cerrado de televisión para cada una de las paradas, que debe estar conectado a un centro de conmutación y monitoreo, con la posibilidad de registro de información. Dicho registro deberá ser accionado manual o automáticamente.

El sistema de recaudación actual se realiza de la siguiente manera:

El personal de recaudación hace recorridos, por turnos, junto al personal de seguridad en una camioneta. En este recorrido se visita cada una de las paradas, donde se hace el intercambio de las alcancías llenas por las vacías, las cuales son trasladadas a los terminales de recaudación (ubicados en El Recreo y en La Y) para el conteo del dinero. Además, se obtiene el pequeño reporte escrito que la máquina entrega para la comparación entre el conteo mecánico y el manual.

Los turnos mencionados tienen el siguiente cronograma:

**Primer turno:** A las 7h00 para una recaudación general a todas las paradas.

**Segundo turno:** A las 9h00 para una recaudación adicional en el terminal de El Recreo. En las paradas con mayor demanda de pasajeros se añade una recaudación a las 11h00 y otra a las 14h00.

**Tercer turno:** A las 17h30 para una segunda recaudación general a todas las paradas.

En cada turno se realiza el conteo del dinero, el Jefe de Recaudación realiza un informe escrito al Gerente del Terminal. Al final del día, se realiza una planilla global, donde constan los siguientes datos:

- Recaudación en monedas, por máquina en cada turno.
- Recaudación en fichas, por máquina en cada turno.

- Recaudación por concepto de tarjeta magnética, por máquina en cada turno.
- Recaudación por boletos, por máquina en cada turno.
- Diferencia entre el reporte de la máquina y el conteo físico.
- Totales generales por turno.
- Total general diario.
- Informe general mensual de recaudación.

Las partes del proceso mencionado no se realizan automáticamente.

Toda la información es inalterable, permanece almacenada por un lapso máximo de 3 días (puesto que la máquina tiene un disco de 1 MB) y puede ser obtenida en forma escrita o en un *diskette*. IBM indicó que la información se encuentra encriptada y que para obtenerla en un *diskette* debe ser desencriptada.

Actualmente no se dispone del archivo desencriptador de la información que se encuentra en cada máquina recaudadora y que permitiría conocer el conteo de pasajeros.

La información se encuentra encriptada para que no pueda ser alterada ni procesada por personal no autorizado. Por lo tanto, para obtener el desencriptador, la UOST debería solicitar el *software* necesario a IBM para obtener fácilmente la información completa. Adicionalmente, se deberá designar al personal responsable de proteger el programa para que no sea copiado ni robado.

Debido a que no se cuenta con el archivo desencriptador, la única manera en que la UPGT (Unidad de Planificación y Gestión de Transporte) y la UOST pueden obtener datos de conteo de pasajeros es a través de encuestas y muestreos. Dichos datos tienen un porcentaje de error, por fallas humanas, que no ha sido cuantificado pero que debe tomarse en cuenta.

En septiembre de 1.997, se proporcionó a la UOST un programa demostrativo (Demo) que fue instalado en la estación de transferencia La Y. Este *software* proporciona parcialmente la información que es requerida tanto por la UOST como por la UPGT.

Cabe mencionar, que la Demo está instalada en un computador personal con 2 GB de disco duro, por lo que se puede concluir que el *software* depurado que se debe adquirir puede ser muy completo y no se requerirá de equipo adicional para su utilización.

La UPGT requiere contar con la información de las máquinas recaudadoras para fines de planificación y para auditorías externas.

Las diferencias en el conteo físico y el reporte de recaudación de las máquinas recaudadoras pueden deberse a múltiples causas como son: desconexión de la máquina durante el pago de un pasaje, pérdida de monedas durante su manipulación, error durante el conteo, etc.

Los recaudadores que se encuentran en cada parada, antes de empezar su jornada de trabajo, deben pasar por los terminales recogiendo monedas, fichas, tarjetas magnéticas y boletos. Al final del día deben entregar el dinero (en sucres) de lo que se ha recaudado y las especies mencionadas que hayan quedado.

Cualquier novedad en la recaudación de una parada es reportada vía telefónica. En cada turno se realiza un promedio de 30 llamadas en todo el sistema.

Sin embargo, cabe mencionar que la comunicación con las paradas es difícil. Pues la información de la carencia de fichas o monedas, problemas técnicos, problemas de personal, etc, es tardía y no permite la posibilidad de tomar decisiones inmediatas. Esto impide cumplir con una buena calidad de servicio.

Se tomó una muestra en la cual se determinó que existieron 173.000 pasajeros en un día, de los cuales se recaudaron los fondos correspondientes a 162.000 personas. Esto

implica que se tuvo una evasión del 6,35% en esa jornada.

Como posibles maneras de realizar evasiones se pueden mencionar las siguientes:

- Existe la posibilidad de que la barra de acceso quede abierta una vez que el usuario ha cancelado el valor de su pasaje. De esta manera se puede permitir el paso de varias personas con el pago de un solo pasaje.
- Se tiene la opción de colapsar la barra (gírala en sentido contrario al usual) para permitir la salida rápida de personas en caso de emergencia en la parada, salida de personas que utilizan silla de ruedas, o para el ingreso de personal autorizado del Municipio. Sin embargo, se colapsa la barra para el ingreso de personal no autorizado.
- Se puede ingresar al sistema de trolebuses, sin pagar el pasaje, al pasar por debajo de la barra de acceso.
- Ingreso por puertas laterales de las paradas debido a fallas en el sistema de apertura y cierre de las mismas, por lo que permanecen abiertas. Esto permite la entrada de personas cuando el trolebús no se encuentra en la parada.
- Existen tornos de salida defectuosos que posibilitan el ingreso de personas a la parada al no disponer de un único sentido de giro.

Del muestreo que se realizó el 24 de septiembre de 1.997, se puede concluir que la mayor causa de evasión es la posibilidad de que pasen más de una persona en una sola apertura de barra.

Adicionalmente, puede decirse que se requiere la opción de barra colapsable para el egreso de las paradas de personas discapacitadas, aunque ésto permite la posibilidad de evasión.

Actualmente se tiene la posibilidad de que la alcancía se llene en horas pico, antes de que sea cambiada. Esto impide que el público ingrese a través de la máquina de recaudación correspondiente hasta que no sea recaudada. No existe posibilidad de prever esta situación para forzar una recaudación anticipada en el sistema actual.

#### **1.2.5. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN (S.A.E.)**

El Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) es la herramienta principal que se empleará para la optimización de la operación del sistema de trolebuses de acuerdo a la demanda.

Actualmente se brinda servicio a un promedio de 170.000 pasajeros diarios en días laborables, con una tasa de crecimiento que oscila entre 1,8 y 2,5%.

La distribución geográfico - temporal del público no es homogénea. Esto hace que existan paradas con mucha menos demanda que otras donde el sistema presenta síntomas de subdimensionamiento, con lo cual se puede observar que el andén de dichas paradas se llena cada cierto tiempo y provoca la formación de largas colas de aquellas personas que ya no pueden ingresar inmediatamente al sistema debido a este inconveniente.

#### ***Estructura actual del Sistema***

Para la administración de la flota de trolebuses, se elaboran diariamente los siguientes cronogramas:

- Cronograma de mantenimiento eléctrico y mecánico
- Programación de horarios de los trolebuses
- Horarios de trabajo de los conductores

La planificación de estos cronogramas se realiza mediante programas elaborados en Microsoft Excel para Windows 95 (Versión 7.0) que fueron desarrollados dentro de la UOST.

Para llevarlos a cabo, se tiene un centro de control de tráfico (CCT) que está ubicado en la estación El Recreo. En ésta se encuentran dos radios bases, puesto que el CCT tiene bajo su responsabilidad fundamentalmente a dos grupos de usuarios: el personal de operaciones y los conductores de los trolebuses. Para cada uno de estos grupos se ha destinado un canal radioeléctrico exclusivo.

En el CCT existen dos personas con un computador personal y un *handie* para cada una, quienes administran el sistema con planillas elaboradas en los programas mencionados anteriormente. Una tercera persona dirige a las dos anteriores y controla el sistema mediante otro computador.

De esta forma se comienza el día con una preprogramación completa de las actividades de la jornada; se utilizan como datos de entrada los datos del día anterior que son procesados en el tercer computador. Cabe anotar que los computadores mencionados no se encuentran en red.

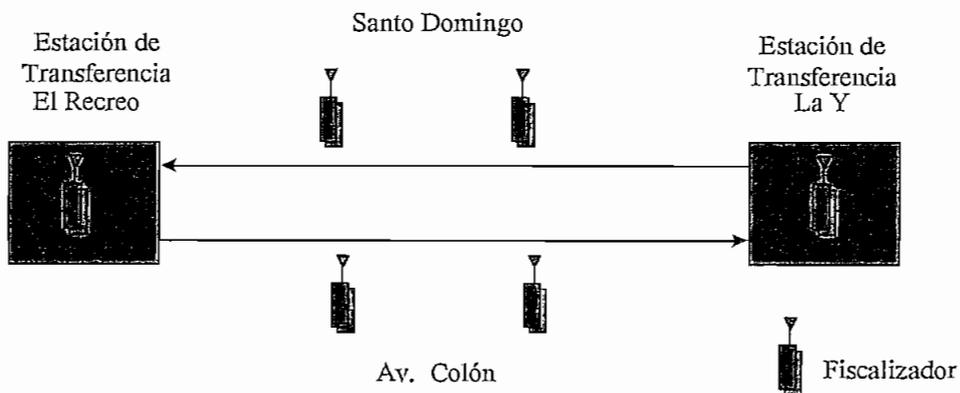


Fig. 1.5. Sistema Actual de S.A.E.

En la figura 1.5. se presenta el sistema actual de administración de la flota, el cual se puede observar cuenta con siete personas que dan información vía radio al CCT sobre el cumplimiento de los cronogramas establecidos para los trolebuses. El CCT a su vez informa las acciones correctivas necesarias tanto a los conductores de los trolebuses como al personal de despacho que se encuentra en los terminales. Así, se tiene dos

personas ubicadas en Santo Domingo, dos en la Colón, un despachador en cada terminal y un fiscalizador que recorre todo el trayecto del trolebús.

Las personas que están manejando los programas de Excel en el CCT de El Recreo, realizan cambios puntuales de acuerdo a la información recibida del personal en ruta.

Con el fin de cumplir con estos cronogramas, se cuenta con un sistema de radiocomunicaciones convencional en la banda de 450 MHz, el cual se divide en dos canales de transmisión: uno dedicado a los vehículos trolebuses y otro para el personal en ruta.

Si hay un desfase en el itinerario de las actividades se informa a los conductores de las medidas que deben tomar (aumentar o disminuir el tiempo de llegada a las próximas paradas). Estos cambios pueden ocurrir por diferentes causas como son: accidentes en la ruta, manifestaciones públicas que impiden el normal desenvolvimiento de las actividades, fenómenos meteorológicos, salida de servicio de alguna unidad, aumento puntual de la demanda, problemas generales en el tráfico, etc.

Hasta el 28 de septiembre de 1.997 los vehículos trolebuses viajaban por una sola ruta que cruzaba toda la ciudad, desde la estación de transferencia El Recreo hasta la estación de La Y y viceversa. El promedio de tiempo que tarda un trolebús en recorrer esta ruta es de aproximadamente 90 minutos.

Cabe mencionar que si un trolebús, que únicamente circule por este recorrido, deja de hacerlo durante un día, el M.D.M.Q. no percibe 3'750.000 de sucres, en promedio. Es decir, se pierden aproximadamente 400.000 sucres por vuelta completa no realizada.

El sistema completo implica un recorrido de 10.000 km diarios recorridos por el total de trolebuses en las 19 horas por día.

El cumplimiento de los cronogramas de horarios de circulación de trolebuses es del 88% en días laborables y del 100% en fines de semana y días feriados.

Con el actual sistema de radiocomunicaciones que se encuentra instalado para la administración de la flota, existe la posibilidad, y de hecho ha ocurrido, que cuando las radiocomunicaciones quedan fuera de servicio por cualquier motivo, el restablecimiento de éstas se demora aproximadamente un día.

Esto ha causado muchos problemas al CCT por no seguir el cronograma establecido con anterioridad, lo que se demuestra en la disminución de la eficiencia, en el número de viajes programados para los trolebuses en un 8%, lo cual ocasiona molestias para los usuarios puesto que se incrementa el número de pasajeros por trolebús y se provoca un daño en la imagen del sistema en el público en general. Además el M.D.M.Q. deja de recibir dinero por todos aquellos que no pudieron ingresar al sistema.

A partir del 28 de septiembre de 1.997, se añadieron dos rutas adicionales al recorrido principal del trolebús, con el objetivo de optimizar la carga de pasajeros. El primero está comprendido entre la estación de El Recreo hasta la Colón (trayecto en rojo en la figura 1.6.) y el segundo desde la estación de La Y hasta la Plaza Grande (trayecto en azul en la figura 1.6.).

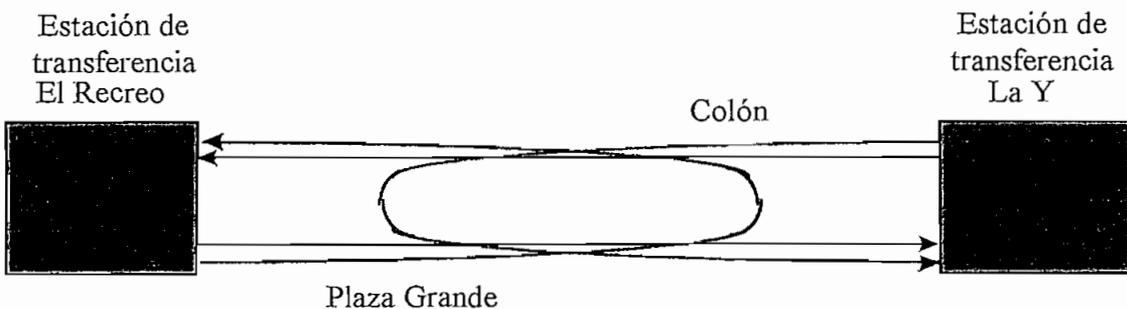


Fig. 1.6. Circuitos de circulación de trolebuses

Estos tres circuitos funcionan simultáneamente, pero el circuito principal (el que se encuentra entre las dos estaciones de transferencia) es el que cuenta con el mayor número de trolebuses en horas de demanda no crítica. Los demás, que han sido diseñados de acuerdo a la demanda, tienen el mayor número de trolebuses solamente en horas pico.

La optimización de la carga de pasajeros se debe hacer debido a que, a pesar de que se cuenta en cada trolebús con un sensor de peso mediante el cual no se permite el arranque del vehículo cuando existe sobrecarga, puede haber una densidad alta de hasta 8 personas por  $m^2$ ; esto resulta sumamente incómodo para los usuarios, puesto que la máxima densidad tolerable debe ser de 6 personas por  $m^2$ .<sup>4</sup>

Cabe mencionar que no se cuenta actualmente con un sistema automatizado de obtención de información de la demanda de pasajeros.

El cable de transmisión que se tiene disponible para comunicaciones es de cobre de 0,9 mm de diámetro de 7 cuadretes (14 pares), de los cuales 2 pares (un cuadrete) son utilizados para el sistema telefónico actual. Este cable está instalado a lo largo de la ruta de trolebuses desde la estación de El Recreo hasta la estación de La Y.

Los cuatro lazos posibles que se forman en caso de manifestaciones, dependiendo de la ubicación del disturbio, son:

1. Lazo entre la estación de La Y y la calle Bogotá.
2. Lazo entre la estación de La Y y la Av. Orellana
3. Lazo entre la calle Esmeraldas y la estación de El Recreo
4. Lazo entre la calle Sucre y la estación de El Recreo

---

<sup>4</sup> Datos obtenidos de la Unidad Ejecutora del Proyecto Trolebús (UEPT)

### 1.3. ESTUDIO DE DEMANDA

#### 1.3.1. DEMANDA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA

La demanda para el Sistema de Telefonía y Megafonía se estableció a base de encuestas<sup>5</sup> y en función del área a la que pertenecen los encuestados. Se efectuó un total de 16 encuestas, que fueron realizadas a los usuarios del sistema de telefonía y megafonía privado que dispone el Trolebús; es decir, se encuestó a los Jefes de Departamento, al personal técnico, al personal administrativo y a los recaudadores (personas que se encuentran en las paradas para cambiar los billetes del público en monedas que puedan aceptar las máquinas canceladoras, o que cambian por fichas el dinero de los usuarios minusválidos, ancianos y niños) de las paradas con mayor afluencia de pasajeros.

#### *Necesidades del personal que labora en las paradas*

Dentro de lo que concierne a paradas, las principales personas que laboran son las pertenecientes al personal de recaudación que se encuentra en las paradas, personal técnico que visita las paradas permanentemente, asistentes operacionales, Jefe de paradas entre otros.

Cabe resaltar que este grupo de usuarios es el que utiliza actualmente el sistema telefónico REVENGA.

De los resultados que arrojan las encuestas se puede concluir que el 85,72% tiene acceso el servicio de telefonía aunque limitadamente, puesto que está restringido a la función de intercomunicador con el puesto de mando y al uso del megáfono incorporado en el aparato telefónico. El 14,28% restante necesita de este servicio, pero no lo tiene disponible.

---

<sup>5</sup> En el anexo 1 se adjunta un modelo del formato utilizado en la encuesta

El 57,14% de los encuestados cree necesario que el servicio de megafonía debe ser independiente del de telefonía, es decir, que los mensajes de megafonía no impidan hacer llamadas telefónicas; además, el hecho de que estos servicios no dependan entre sí implica que el uso del megáfono no bloquearía el canal de comunicaciones.

El servicio de intercomunicador está siempre disponible para el 14,29%, continuamente para el 28,57% y ocasionalmente en el 57,14% de los casos, es decir que la mayor parte del tiempo no se puede establecer una conversación con la operadora de forma inmediata debido a que el único canal de comunicaciones está ocupado. De estos resultados se concluye la necesidad de un sistema que permita hacer varias llamadas simultáneas.

La facilidad de hacer llamadas de un teléfono a otro dentro o fuera de la red interna sin la intervención de la operadora no está disponible en el 57,14% de los casos.

En cuanto a la ubicación del megáfono, el 100% de los usuarios concuerda en que debería estar fuera de la cabina de recaudación, es decir, que no debe formar parte del aparato telefónico.

La caja antivandálica es catalogada por el 71,43% de los usuarios como una necesidad.

El 57,14% requiere ocasionalmente tener una configuración de grupos de abonados, es decir, que utilizarían esta facilidad solamente en caso de que se necesite dar un mensaje telefónico a un grupo de paradas.

El 42,86% utilizaría siempre la llamada telefónica individual, 42,86% ocasionalmente y el 14,28% nunca.

En cuanto al servicio de megafonía individual a cada parada, el 42,86% lo considera útil siempre, el 42,86% ocasionalmente y el 14,28% nunca. Pero el servicio de megafonía a grupo de paradas y megafonía general a todas las paradas lo consideran siempre útil el 71,43% y el 28,57% ocasionalmente.

La facilidad de hacer o recibir llamadas externas, es decir la posibilidad de tener acceso a la red pública en casos de emergencia, sea a hospitales, policía, etc.; es considerado innecesario por el 57,14% de los usuarios, puesto que piensan que este servicio podría ser mal utilizado y empleado para llamadas personales. Es decir, sí se necesita la posibilidad de hacer llamadas de emergencia pero el sistema debe tener la capacidad de restringir el uso del teléfono. El 28,58% sí cree necesario el tener esta facilidad para estas ocasiones especiales y el 14,28% piensa que es útil tener siempre disponible esta facilidad.

Por otra parte, el 71,43% de usuarios dentro de esta área, piensa que es suficiente con tener siempre la posibilidad de contactarse telefónicamente con la operadora para que ella pueda comunicarles dentro o fuera de la red telefónica interna, de esta manera se piensa que se puede tener un mejor control del tipo de llamadas que se realicen; pero el bloqueo del canal de comunicaciones no permitiría una adecuada calidad del servicio. El 28,57% restante requeriría esta facilidad ocasionalmente.

La posibilidad de que dos o más paradas puedan tener una conversación simultánea entre ellas, es decir la facilidad de conferencia a grupos de paradas, es considerada siempre necesaria por el 42,86% de usuarios, utilizada ocasionalmente por el 14,28% e innecesaria por el 42,86%.

El servicio de intercomunicación con el puesto central sería usado constantemente por el 57,14%, mientras que sería empleado ocasionalmente por el 42,86%. De este resultado se observa el marcado interés de utilizar el intercomunicador debido a que en la mayoría de los teléfonos es el único medio que les permite comunicarse.

Finalmente, el 85,72% de los usuarios está consciente de la urgente necesidad de tener siempre disponible la posibilidad de que existan en la red **más de dos llamadas simultáneas**, es decir, que la central telefónica pueda comandar alto tráfico y el 14,28% restante lo considera útil ocasionalmente.

### *Necesidades del área de mantenimiento*

Dentro de esta área operativa se han considerado a las siguientes personas: Jefe de Ingeniería Mecánica, Jefe de Talleres, Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Administrador y Jefe del Departamento de Electrónica y Control. Este grupo de usuarios no utiliza el sistema de la central REVENGA, sino el de la central telefónica privada SAMSUNG.

De los resultados que arrojan las encuestas se puede concluir que el 100% de los usuarios dispone y necesita del uso del servicio de telefonía.

El servicio de intercomunicador está disponible siempre para el 20% de los encuestados, continuamente 20% y nunca para el 60%.

La facilidad de hacer llamadas de un teléfono a otro dentro o fuera de la red interna sin la intervención de la operadora está disponible en el 60% de los casos.

El 20% requiere tener siempre una configuración de grupos de abonados, el 40% ocasionalmente y el 40% nunca.

El 80% utilizaría siempre la llamada telefónica individual y el 20% ocasionalmente.

La facilidad de hacer o recibir llamadas externas es necesario para el 80% de los usuarios e innecesario para el 20%.

Para el 100% de este grupo de usuarios, al igual que para los del área de paradas, es indispensable tener acceso a la red telefónica privada del sistema de trolebuses.

El servicio de intercomunicación con el puesto central sería usado constantemente por el 80%, mientras que estaría empleado ocasionalmente por el 20%.

Finalmente, el 100% de los usuarios considera necesaria la posibilidad de que la central telefónica pueda comandar alto tráfico.

#### *Necesidades del Centro de Control de Tráfico (CCT)*

Dentro de esta área operativa se encuestó al Jefe del Centro de Control de Tráfico, quien manifestó que no cuenta con el servicio de intercomunicación con la operadora debido a que dispone de un teléfono; por lo tanto, es innecesario el intercomunicador. Además, el sistema que emplea para establecer sus comunicaciones, básicamente, es el de radio.

La caja antivandálica es considerada innecesaria.

La configuración de grupos de abonados se emplearía ocasionalmente. El tipo de llamada que efectuaría por lo general sería una llamada telefónica individual, la cual debería tener la posibilidad de ser interna o externa.

En cuanto al servicio de conferencia a grupo de paradas lo utilizaría ocasionalmente.

El servicio de intercomunicación con el puesto central sería empleado ocasionalmente y considera necesaria la posibilidad de que la central telefónica pueda comandar alto tráfico.

#### *Necesidades del área de Recaudación*

Las personas encuestadas que trabajan en esta área son el Jefe de Caja y el Jefe de Recaudación, quienes disponen y consideran necesario el uso del servicio telefónico. Es importante señalar que estos usuarios utilizan exclusivamente el servicio telefónico de la central REVENGA.

El servicio de intercomunicación está disponible continuamente para el Jefe de Recaudación pero no para el Jefe de Caja, que también requiere del servicio.

Adicionalmente, ambos opinan que el servicio de megafonía sea independiente del de telefonía.

Consideran necesario tener una configuración de grupos de abonados, es decir, que utilizarían esta facilidad solamente en caso de que se requiera dar un mensaje telefónico a un grupo de paradas.

Requieren tener siempre disponible la posibilidad de establecer una llamada telefónica individual a cada parada.

Afirman que el servicio de megafonía individual a cada parada lo utilizarían ocasionalmente, y consideran muy útil el servicio de megafonía a grupo de paradas y en general a todas las paradas.

El acceso a la central local, que enlazaría con otras áreas administrativas de la U.O.S.T y la red de ANDINATEL S.A., es muy necesario para el área de recaudación.

La posibilidad de que dos o más paradas puedan tener una conversación simultánea entre ellas, es decir la facilidad de conferencia a grupos de paradas, es considerada siempre necesaria para ciertas ocasiones anormales de trabajo.

Se considera que el servicio de intercomunicación con el puesto central esté siempre disponible.

Finalmente, están conscientes de la necesidad de que la central telefónica pueda comandar alto tráfico.

### *Resumen*

El resumen de las necesidades del personal que labora en las paradas, del área de mantenimiento, del Centro de Control de Tráfico, del área de Recaudación y de la

Operadora del Puesto de Mando es el siguiente:

#### **Requerimientos de Necesidades:**

- Posibilidad de que existan en la red más de dos llamadas simultáneas, es decir, que la central telefónica pueda comandar alto tráfico.
- Disponibilidad del servicio de telefonía sin intervención de operadora para llamadas internas.
- Disponibilidad del servicio de megafonía claro y eficiente, pero sobretodo independiente del de telefonía en su disposición física.
- El teléfono debe disponer de una caja antivandálica. Debe indicarse que este requerimiento no es real, pues la caja antivandálica no ha cumplido su objetivo al permanecer constantemente abierta.

#### **Requerimientos de Facilidades:**

- Configuración de grupos de abonados
- Llamada telefónica individual selectiva
- Megafonía individual a cada parada
- Megafonía a grupos de paradas
- Megafonía general a todas las paradas
- Acceso a la central privada local
- Acceso a la red telefónica pública a través de operadora
- Conferencia a grupos de paradas
- Intercomunicador teléfono - puesto central
- Comandar alto tráfico
- Llamada individual entre centrales de comunicaciones
- Conferencia entre centrales de comunicaciones

Los dos últimos requerimientos de facilidades se explican por que las dos centrales telefónicas actualmente existentes son sistemas totalmente independientes.

Se concluye que, para cubrir las necesidades de comunicación de voz a lo largo de todo el recorrido de los trolebuses (incluyendo sus ampliaciones), se requiere un sistema de telefonía y megafonía de última tecnología.

En base a las encuestas, se puede decir que la capacidad inicial del sistema es:

| ITEM | USUARIOS   | CANTIDAD DE EXTENSIONES |
|------|--|-------------------------|
| 1    | Paradas  | 66                      |
| 2    | Oficinas de la Estación de transferencia El Recreo | 8                       |
| 3    | Oficinas de la Estación de transferencia La Y      | 8                       |
| 4    | Oficinas de la Estación de transferencia Quitumbe  | 8                       |
| 5    | Oficinas de la Estación de transferencia Ofelia    | 8                       |
|      | <b>SUBTOTAL EXTENSIONES TELEFÓNICAS</b>            | 98                      |

**Tabla 1.2. Capacidad inicial del Sistema de Telefonía**

Las extensiones podrán ser del tipo analógico y digital. De acuerdo a la jerarquía de los usuarios del sistema y al número de extensiones que traen usualmente las tarjetas de una central telefónica privada, la central que cumple con la demanda, considerando un 20% de reserva, deberá tener:

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Extensiones analógicas..... | 128 |
| Extensiones digitales.....  | 32  |
| Troncales.....              | 16  |
| Puestos de Operadora.....   | 1   |

Sin embargo, la capacidad final alambrada deberá ser por lo menos un 50% más de la demanda inicial indicada, de manera que en el futuro se requiera exclusivamente de tarjetas adicionales de extensión y de troncales para el crecimiento del sistema.

### **1.3.2. DEMANDA DE RADIOCOMUNICACIONES**

La demanda para el Sistema de Radiocomunicaciones se estableció sobre la base de encuestas<sup>6</sup> en función del área a la que pertenecen los encuestados. Se realizaron un total de 10 encuestas, a las personas más representativas de los usuarios del sistema de radiocomunicaciones y que pertenecen a las siguientes áreas: Jefes de Departamento, personal técnico y personal administrativo.

#### *Necesidades de las áreas de Mantenimiento, Recaudación y Administración de Paradas*

Dentro de lo que concierne a paradas, se encuestó a: Administradora de paradas, Jefes de los departamentos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Administrador del taller y Jefe de recaudación. De todas las personas encuestadas, la Administradora de paradas de trolebuses es la única que no dispone de equipo para radiocomunicaciones pero indica la necesidad de contar con un radio portátil.

En cuanto a los requerimientos de facilidades en radiocomunicaciones las necesidades consideradas indispensables son:

- El 66,7% considera indispensable tener clasificación del tráfico por grupos, mientras que el 33,3% lo utilizaría ocasionalmente.
- Para el 88,9% utilizaría siempre la facilidad de asignación de canales libres y el 11,1% ocasionalmente.

---

<sup>6</sup>En el anexo 1 se adjunta un modelo del formato utilizado en la encuesta

- Disponer de la facilidad de hacer llamadas selectivas es siempre necesario para el 88,9% y lo usaría ocasionalmente el 11,1%.
- Poder comandar alto tráfico, es decir que existan en el sistema varias llamadas simultáneas sin que se produzca bloqueo para una nueva llamada es indispensable para el 100% de los usuarios.
- Que exista determinación de nivel de prioridades para el acceso al canal de radiocomunicaciones, de manera que dependiendo de una cierta jerarquía haya personas o grupos de personas que accedan con mayor rapidez a dicho canal de comunicación.
- El acceso a sistemas de emergencia como llamadas a hospitales, policía, defensa civil, etc., es siempre indispensable para el 50%, sería utilizado ocasionalmente por otro 37,5% y no sería útil para el 12,5%.
- Posibilidad de contar con llamadas en espera, es decir que si se tiene más de una llamada a la vez, una de ellas puede quedar en espera mientras la otra es atendida sin que se corte la comunicación; es una facilidad considerada indispensable para el 50% y sería un servicio empleado ocasionalmente para el 50%.
- Tener acceso a la central telefónica pública o local a través del radio portátil es siempre necesario por el 14,3% de los usuarios y sería usado ocasionalmente por el 85,7%.
- Disponer de un código de identificación asignado al radio para mayor seguridad, mayor privacidad y monitoreo de la estación base, es considerado siempre necesario por el 87,5% de los usuarios y ocasionalmente por el 12,5%.

### *Necesidades del Centro de Control de Tráfico (CCT)*

Dentro de esta área operativa se encuestó al jefe del Centro de Control de Tráfico, quien manifestó que dispone del servicio de radiocomunicaciones como sistema fundamental de comunicaciones para la ayuda a la explotación del sistema de trolebuses.

Considera indispensable tener clasificación del tráfico por grupos, asignación de canales libres, llamadas selectivas, comandar alto tráfico, determinación de nivel de prioridades, acceso a sistemas de emergencia y tener llamadas en espera.

Por otra parte, emplearía ocasionalmente la facilidad de hacer o recibir llamadas telefónicas a través de radio, pero únicamente con conexión a la central telefónica privada.

Finalmente considera que ocasionalmente es útil disponer de códigos de identificación asignados a los radio móviles de los trolebuses.

### *Resumen*

El resumen de las necesidades de radiocomunicaciones es el siguiente:

#### **Requerimientos de Facilidades:**

- Configuración del tráfico por grupos
- Asignación de canales libres
- Llamadas selectivas
- Llamadas de grupos
- Comandar alto tráfico
- Determinación del nivel de prioridades
- Acceso a sistemas de emergencia
- Llamadas en espera

- Llamadas telefónicas
- Acceso a la central local
- Códigos de identificación

### *Demanda Actual de Radiocomunicaciones*

El sistema cuenta actualmente con:

- 3 estaciones repetidoras ubicadas en la Loma de Puengasí
- 2 estaciones base ubicadas en el CCT
- 54 equipos móviles instalados en los vehículos trolebuses
- 34 equipos portátiles para el personal:
  - 14 para el CCT
  - 2 para seguridad
  - 4 para mantenimiento de máquinas de recaudación
  - 1 para seguros
  - 13 para personal de mantenimiento

| PARÁMETRO                 | REPETIDORA  | ESTACIÓN BASE                      | ESTACIÓN MÓVIL  | ESTACIÓN PORTÁTIL                  |
|---------------------------|---|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| MARCA                     | Kenwood   | Motorola                           | Motorola        | Motorola                           |
| MODELO                    | TKR820  | GM 300                             | GM 300          | GP 300 y GP 350                    |
| CANTIDAD                  | 3   | 2                                  | 54              | 34                                 |
| FRECUENCIAS (RX - TX) MHz | 453,650-458,650<br>452,650-457,650<br>451,650-456,650 | 453,650-458,650<br>452,650-457,650 | 453,650-458,650 | 452,650-457,650<br>451,650-456,650 |
| CANALES                   | 2   | 3                                  | 1               | 2 y 3                              |
| POTENCIA [W]              | 25  | 25                                 | 25 y 40         | 4 y 5                              |
| TIPO DE ANTENA Y GANANCIA | Exterior de 8 dipolos, 9 dB                           | Omnidireccional de 8 dipolos, 9 dB | ON GLASS 5 dB   | Látigo 3 dB                        |

**Tabla 1.3. Especificaciones del sistema actual de radiocomunicaciones**

La demanda actual no ha sido satisfecha en su totalidad en cuanto a equipos se refiere.

### *Análisis del tráfico actual*

Del análisis de las encuestas realizadas al personal que hace uso del sistema de radiocomunicaciones de la Unidad Operadora del Sistema Trolebús (UOST) y de la experiencia acumulada por el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones del M.D.M.Q., se desprende que son las áreas de Mantenimiento y Operaciones las que con mayor intensidad hacen uso de este sistema de radiocomunicaciones. Esto, lógicamente concuerda con el hecho de que dichas áreas tienen relación directa con el funcionamiento y la operación misma de los vehículos trolebuses. El resto de áreas de la UOST también hacen uso del sistema de radiocomunicaciones, pero el tráfico de voz que generan es bajo en comparación con las dos áreas mencionadas.

El tráfico del sistema de radiocomunicaciones actual se distribuye de la siguiente manera:

- Por un lado, el Centro de Control de Tráfico (CCT) hace uso continuo del canal radioeléctrico que le ha sido destinado para la comunicación con el personal encargado de la supervisión de la operación de los trolebuses a lo largo del trayecto. Este canal prácticamente está ocupado durante las 19 horas diarias de operación del sistema de trolebuses, y genera una llamada al CCT cada tres minutos.
- El segundo canal radioeléctrico está destinado a cursar el tráfico de voz entre los vehículos trolebuses y el CCT. Este canal tiene menor intensidad de tráfico que el caso anterior, pero dada su importancia se lo mantiene como canal exclusivo para que siempre esté disponible cuando se requiera establecer comunicación.
- El tercer canal radioeléctrico está destinado al área de mantenimiento y al resto de áreas de apoyo logístico. El tráfico de voz que cursa es de menor intensidad que en los dos casos anteriores.

De lo mencionado en los párrafos precedentes, se observa que, de las tres estaciones repetidoras existentes y que forman parte del sistema de radiocomunicaciones de la

UOST, la repetidora dedicada al CCT-personal de operación es la que está expuesta a trabajo más intenso. Debido a que la repetidora mencionada está operando de manera continua y rigurosa durante poco más de 19 horas diarias, ha exigido al personal un gran cuidado en su mantenimiento con el fin de evitar interrupciones en su servicio.

De acuerdo con la demanda, puede concluirse que el tiempo de uso o en el aire de un usuario es sumamente corto y existe un gran número de usuarios que necesitan comunicarse al mismo tiempo. Adicionalmente, los usuarios requieren tener una probabilidad muy alta de tener éxito en su comunicación después de su primer intento.

El sistema que se necesita debe permitir incrementar el número de usuarios con mucha flexibilidad y sin repetidoras adicionales.

El M.D.M.Q. debe disponer de un sistema de radiocomunicaciones de alta confiabilidad y disponibilidad de canales radioeléctricos, es decir, el servicio de comunicaciones de radio nunca debe interrumpirse.

El sistema a adquirirse debe proporcionar seguridad, es decir, si un radio transceptor es robado se lo podrá desactivar completamente de manera remota y en el caso de ser recuperado se lo activará fácilmente. Por lo tanto, los usuarios no autorizados no tendrán la posibilidad de transmitir ni recibir información a pesar de tener los mismos equipos de radio.

Para estimar la demanda, en cuanto al servicio de radiocomunicaciones, se ha considerado que la tendencia en cuanto a tráfico de voz se mantendrá, es decir, el centro de control (CCT) será el que necesite mayor ocupación del canal de comunicaciones con respecto al resto de áreas.

La tabla 1.4. contiene la demanda futura estimada a base de los datos proporcionados por usuarios representativos de cada grupo, de acuerdo con las encuestas realizadas.

| Item                               | Equipo para Radiocomunicaciones              | Total      |
|------------------------------------|--|------------|
| 1                                  | Estación base CCT                            | 6          |
| 2                                  | Estación base Central de radiocomunicaciones | 1          |
| <b>SUBTOTAL DE ESTACIONES BASE</b> |  | <b>7</b>   |
| 1                                  | Equipo portátil para Operaciones             | 28         |
| 2                                  | Equipo portátil para Mantenimiento           | 28         |
| 3                                  | Equipo portátil para Seguros                 | 1          |
| 4                                  | Equipo portátil para Seguridad               | 4          |
| 5                                  | Equipo portátil para Recaudación             | 12         |
| <b>SUBTOTAL DE EQUIPO PORTÁTIL</b> |  | <b>73</b>  |
| 1                                  | Equipo móvil para Trolebuses                 | 145        |
| 2                                  | Equipo móvil para Vehículos de mantenimiento | 10         |
| 3                                  | Equipo móvil para Vehículos de operaciones   | 2          |
| 4                                  | Equipo móvil para Trolebuses en reserva      | 13         |
| <b>SUBTOTAL EQUIPO MÓVIL</b>       |  | <b>170</b> |
| <b>TOTAL</b>                       |  | <b>250</b> |

**Tabla 1.4. Capacidad inicial para el sistema de radiocomunicaciones**

La configuración inicial de grupos de usuarios del sistema de radiocomunicaciones será la siguiente:

**Zona Sur.** Comprendida entre las Estaciones de transferencia Quitumbe y El Recreo.

**Grupo 1:**

- CCT Sur - Personal de operaciones CCT Sur
- CCT Sur - Vehículos trolebuses Sur

**Zona Central.** Comprendida entre las Estaciones de transferencia de El Recreo y La Y.

**Grupo 2:**

- CCT Centro - Personal de operaciones CCT Centro
- CCT Centro - Vehículos trolebuses Centro

**Zona Norte.** Comprendida entre las Estaciones de transferencia de La Y y La Ofelia

**Grupo 3:**

- CCT Norte - Personal de operaciones CCT Norte
- CCT Norte - Vehículos trolebuses Norte

El resto de áreas conformarían los siguientes grupos:

**Grupo 4:** Mantenimiento

**Grupo 5:** Recaudación

**Grupo 6:** Seguridad

**Grupo 7:** Seguros

Básicamente, el sistema de Radiocomunicaciones debe ofrecer comunicación confiable en el área que abarca toda la ruta de trolebuses y lugares en los que está instalada su infraestructura: desde la Estación de Transferencia Quitumbe, en el sur de la ciudad, hasta la Estación de Transferencia La Ofelia, en el Norte.

Si se toma en cuenta que en la ruta de trolebuses actual, comprendida entre la Estación de Transferencia de El Recreo y la Estación de Transferencia de La Y, se incrementará el número de vehículos trolebuses; esto incidirá directamente en el aumento del número de usuarios y, por lo tanto, del tráfico de voz en dicha área de cobertura.

En otras palabras, en el área descrita se concentrará el mayor número de usuarios que generarán un alto tráfico de voz, por lo que habrá que diseñar el sistema de tal manera que no se congestione ni sature.

### **1.3.3. DEMANDA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE LAS SUBESTACIONES DE TRACCIÓN**

Los requerimientos de este sistema se han establecido sobre la base de las necesidades expresadas por el departamento de Ingeniería Eléctrica de la UOST.

### *Requerimientos generales*

1. El sistema a implantarse debe asegurar compatibilidad total con el sistema actualmente instalado. Para esto, se analizará la posibilidad de utilizar el centro de control que existe en el taller para receptor los parámetros de telealarma y telemedida de las 8 subestaciones de tracción adicionales (4 a lo largo del trayecto comprendido por la Extensión Sur y 4 en la Extensión Norte), así como el envío de los correspondientes parámetros para la operación de telemando.
2. En todas y cada una de las subestaciones a lo largo de todo el trayecto del trolebús (24,3 Km), se instalará el equipo necesario para la comunicación entre los PLC's propios de la subestación y el puesto de control.

### *Requerimientos funcionales de telemedida*

Tanto en el centro de control como en cada una de las subestaciones, el sistema deberá permitir seleccionar un conjunto de medidas cuyas variaciones se almacenarán en memoria, de forma que se pueda conocer su evolución de una manera más precisa. Se deberán almacenar los datos que provienen de las S/E y los que se obtengan del cálculo de las medidas realizadas.

A partir de los datos almacenados, se podrán presentar en pantalla los valores de las medidas en diferentes formas (curvas, gráfico de barras, etc.). Todos los datos y gráficos que aparezcan en la pantalla del computador tendrán la opción de imprimirse de forma manual o automática.

El operador podrá visualizar en pantalla la medida que quiera seleccionar a través de ventanas en cualquier instante. El reporte diario y mensual de las medidas deberá imprimirse de forma automática cuando finalice el día o el mes. Adicionalmente, se deberá observar los reportes de una, varias o todas las subestaciones a través de ventanas.

Para realizar adecuadamente la telemedida de una S/E, se deberá instalar los convertidores de medida de potencia, de energía, etc, que sean capaces de entregar a la tarjeta analógica la información precisa que luego se transmitirá al puesto central.

El PLC de comunicaciones almacenará, en registros destinados para tal efecto, todas las magnitudes medidas por los distintos PLC's y enviará toda la información al puesto central cuando éste así lo requiera. Esta será una operación periódica con un intervalo de tiempo determinado por la velocidad de transmisión.

Desde la S/E hasta el puesto central se deberá transmitir las siguientes medidas:

- Intensidad de corriente de entrada en media tensión, es decir en el primario de la Empresa Eléctrica Quito.
- Voltaje de entrada en media tensión, es decir en el primario de la Empresa Eléctrica Quito.
- Voltaje a la salida del rectificador.
- Intensidad de corriente a la salida del rectificador.
- Intensidad de corriente a la salida del *feeder 1* (Norte).
- Intensidad de corriente a la salida del *feeder 2* (Sur)
- Voltajes de servicios auxiliares :

210 V, 60Hz

110 VDC

24 VDC

Las medidas de intensidad de corriente deben ser obtenidas y transmitidas en tiempo real o en un máximo de 5 segundos. Las de voltaje pueden ser almacenadas localmente en tiempo real y transmitidas al puesto central de manera automática cada 30 minutos, o en forma manual según los requerimientos del operador.

Se requiere generar un reporte de valores máximos y mínimos alcanzados durante el día de:

- Potencia activa, de cada subestación y de todo el sistema
- Potencia reactiva, de cada subestación y de todo el sistema
- Factor de Potencia
- Consumo de energía activa y reactiva, de cada subestación y de todo el sistema
- Demanda de cuarto de hora de cada subestación y de todo el sistema, la cual será transmitida cada 15 minutos.

Las medidas de potencia serán obtenidas y transmitidas en tiempo real o en un máximo de 5 segundos, las cuales podrán ser visualizadas e impresas en reportes y cuadros históricos, diarios, mensuales, anuales, etc.

La información de energía será transmitida únicamente cuando el operador lo requiera, la cual podrá ser visualizada e impresa en reportes y cuadros históricos, diarios, mensuales, anuales, etc.

El puesto de control deberá estar equipado con un *software* que permita cumplir con los requerimientos funcionales de telealarma, telemedida y telemando.

Para evitar la saturación del disco duro, la base de datos se debe almacenar periódicamente (cada día, cada semana o cada mes) en un CD-ROM. Esta información podrá ser recuperada y/o visualizada cuando sea requerida por el operador.

### ***Requerimientos funcionales de telealarma***

Las alarmas que deben transmitirse son todas aquellas que se generan en la subestación y se producen en el PLC respectivo.

Mediante *software* se debe visualizar en pantalla en dónde ha ocurrido la alarma, descripción de la alarma y a qué hora se produjo. En un diagrama unifilar de cada subestación se podrá observar el estado de conexión de disyuntores y seccionadores.

Las alarmas se transmitirán inmediatamente después de haberse producido y deberán almacenarse localmente en cada una de las subestaciones donde se hubieren originado hasta su reconocimiento y eliminación. El sistema central debe permitir obtener reportes históricos y en tiempo real de las alarmas producidas.

La actualización de los datos deberá procesarse en tiempo real, para lo cual las bases de datos deberán estar organizadas de manera que se facilite su manejo y operación.

### *Requerimientos funcionales de telemando*

En el centro de control, el operador deberá tener la opción de realizar las siguientes acciones (de manera remota) en todas y cada una de las subestaciones de tracción:

- Apertura y cierre del disyuntor de entrada de línea.
- Apertura y cierre del disyuntor protección de grupo transformador y rectificador.
- Apertura y cierre de los disyuntores extrarrápidos
- Apertura y cierre del disyuntor de servicios auxiliares de baja tensión.

### **1.3.4. DEMANDA DEL SISTEMA DE RECAUDACIÓN**

De la información proporcionada por el Jefe de Recaudación de la UOST, se plantea la necesidad de centralizar la información proveniente de las máquinas de recaudación instaladas en las paradas de trolebuses y estaciones de transferencia. El tipo de información a centralizar es:

- Cantidad de dinero ingresado en cada máquina recaudadora.
- Número de personas que ingresan a las paradas y terminales de transferencia que activan las barras de control de acceso de pasajeros, en las máquinas recaudadoras. La importancia de esta información radica en que existen personas autorizadas y no autorizadas que ingresan a las paradas y terminales de transferencia pero que no pagan su pasaje.

- Número de personas que pagan su pasaje.
- Número de personas que salen de las paradas.
- Alarma preventiva cuando la alcancía se ha llenado en un 75%.
- Alarma crítica de llenado total de la alcancía.
- Alarma de retención de la barra de control de acceso por un tiempo mayor a seis segundos.
- Alarma de barra de acceso colapsada, es decir, cuando la barra ha sido forzada a permanecer en la posición contraria a su giro normal.
- Alarma indicadora de máquina defectuosa o fuera de servicio.

El periodo de actualización de la información deberá ser al menos de una hora, con excepción del caso de alarmas, cuya transmisión hacia el puesto de control central será inmediata.

Debido a que en bodega se tiene 100 máquinas recaudadoras, que deberán ser implantadas en la segunda fase del Proyecto, se requiere la obtención de los pedestales correspondientes, los cuales podrían adquirirse localmente.

Es necesario contar con un taller para mantenimiento de máquinas de recaudación, donde se cuente con el personal debidamente capacitado y los repuestos necesarios con el fin de que una máquina no pueda estar fuera de servicio por más de 5 minutos.

Cada falla en una de las máquinas de recaudación tarda en repararse 20 minutos, de los cuales de 12 a 15 minutos es el retardo que se produce por el sistema de comunicación telefónica que se dispone (REVENGA), y por el tiempo que se demora el personal en trasladarse al sitio del conflicto al transportarse en trolebús y no en un vehículo dedicado a mantenimiento.

Por lo tanto, se requiere un sistema de información centralizado que comunique en tiempo real el lugar donde se produce la falla y tener disponible el autodiagnóstico de la máquina de manera que se pueda disminuir los tiempos en la reparación.

Es importante disponer de parámetros de calidad de las máquinas canceladoras para mantener una eficiencia óptima del sistema de recaudación. Estos parámetros deberían establecerse en función del porcentaje del tiempo que permanece en funcionamiento una máquina versus el tiempo teórico que debiera estar trabajando.

#### 1.3.5. DEMANDA DEL S.A.E.

Los requerimientos para el Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) fueron planteados por el Subdirector de Operaciones de la UOST.

El parámetro más importante que requiere el SAE es la ubicación de cada trolebús a lo largo de la ruta mencionada, en relación al tiempo en el cual llega a esa posición. Esta información proveniente de cada trolebús será centralizada y automatizada en el centro del SAE; para ello es necesario contar con un sistema de comunicaciones tal que permita adquirir dicha información en tiempo real.

Por otro lado, el sistema debe facilitar el envío de breves instrucciones desde el centro de control del SAE (CCSAE) hacia los conductores de los trolebuses.

Además deberá administrar los intervalos de los troles con el fin de obtener la mejor eficiencia de cada vehículo, puesto que en la actualidad lo programado se cumple al 88%.

El SAE deberá manejar los tres circuitos simultáneamente y además deberá controlar la localización, administración y comunicación de cada uno de ellos.

**Localización:** Como su nombre lo indica, es la posición exacta de cada trolebús dentro del horario previsto para cada circuito.

**Administración:** Incluye la planificación, programación de operaciones y programación de horarios de circulación de los trolebuses.

- *Planificación*, en este punto debe considerarse cuántos y cuáles vehículos estarán en mantenimiento o en reserva.
- *Programación de operaciones*, la cual se realiza para elaborar los horarios de los conductores de los trolebuses.
- *Programación de horarios*, se refiere a los horarios planificados para los trolebuses.

Se requiere que el sistema de comunicaciones con el que funcione el SAE tenga garantizada su confiabilidad, es decir, no se interrumpa la comunicación salvo en el caso de fuerza mayor como, por ejemplo, desastres naturales.

### ***Requerimientos Funcionales***

El Sistema de transporte mediante trolebuses requiere una eficiente administración de toda la flota de sus vehículos.

La información a ser intercambiada entre el centro de control (CCSAE), que se prevé ubicar en la estación del El Recreo, y los conductores de los trolebuses, básicamente es:

- Desde los trolebuses al centro de control del SAE
  - Posición de trolebuses
  - Hora en la que se reporta la posición
- Desde el centro de control del SAE hacia los trolebuses
  - Instrucciones de voz al conductor
  - Mensajes de 2 o 3 palabras máximo, a mostrarse en un *display* de 3 líneas (22 x 10 cm) en el panel del conductor.

La información que se proyecta enviar a los conductores de los trolebuses son instrucciones propias de operación.

Con el objeto de obtener reportes históricos y estadísticos, tanto numéricos como gráficos, se requiere que en el centro de control se tenga disponible la siguiente información proveniente de las paradas:

- Número de personas que han ingresado en las paradas a una determinada fecha y en un lapso de tiempo.
- Reportes con identificación de trolebuses en todas las paradas a una determinada fecha y en un lapso de tiempo.
- Reportes con identificación de paradas a las que ha arribado un trolebús a una determinada fecha y cada cierto lapso de tiempo.
- Obtención de matriz de origen y destino de pasajeros, es decir, el número de personas que entran y salen a lo largo de todas y cada una de las paradas.
- Tiempo de actualización de la información.
- Número aproximado de pasajeros en cada trolebús. Para esta información se dependería de las observaciones sucesivas de los conductores.

Para la demanda de comunicaciones debe considerarse que los trolebuses tardan entre 1 minuto o minuto y medio en trasladarse de una parada a otra y permanecen de 15 a 40 segundos en cada parada (El tiempo programado es de 30 seg).

Cuando se realicen manifestaciones o huelgas que interrumpan la ruta normal del trolebús, cuyas probables ubicaciones son detectadas, el S.A.E. debe conocer los lazos que se formarán para rutas alternativas, calcular el número de trolebuses que circularán en cada lazo y notificar a los trolebuses respectivos por dónde transitar y cuáles tienen que salir del circuito.

El sistema debe administrar simultáneamente los circuitos de flota (rutas) que incorpore el CCT.

El sistema debe considerar que la ruta por la que circulan los trolebuses es rígida, es decir, la posibilidad de utilizar caminos alternativos es muy baja y no es posible que se produzcan rebasamientos entre trolebuses.

El SAE debe programar automáticamente los cronogramas de trolebuses, conductores y mantenimiento preventivo (debe considerar los trolebuses que se encuentran en mantenimiento correctivo).

Los algoritmos de la programación de horarios de los trolebuses, circuitos y los conductores deben proporcionar la flexibilidad necesaria para que un operador pueda introducir cambios en línea, si el caso lo justifica.

Estos algoritmos también deben considerar la administración de la flota en función de la demanda de acuerdo a la matriz de origen y destino de pasajeros.

# CAPITULO 2

**ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES  
ALTERNATIVAS DE  
COMUNICACIONES PARA EL  
PROYECTO TROLEBÚS**

# 2

## ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE COMUNICACIONES PARA EL PROYECTO TROLEBÚS

### 2.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

La comunicación es el proceso de transmitir información de un lugar a otro. Por lo general, para las telecomunicaciones (o comunicaciones a distancia) se transporta las señales de voz, datos o vídeo (señal modulante) sobre otra señal analógica de mayor frecuencia (señal portadora) mediante el proceso de modulación. Una vez que se ha obtenido la señal modulada, se la lleva a través de algún material (medio de transmisión); cuando llega a su destino, se recupera la información a través del proceso de la demodulación. Si aumenta la frecuencia de portadora, crece la disponibilidad de ancho de banda (rango de frecuencias que puede transmitir un sistema de comunicaciones) en el sentido de tener la capacidad de transportar mayor cantidad de información.

Medio de transmisión es la trayectoria entre el transmisor y receptor. Puede ser guiado o no guiado.

En los medios guiados, el medio de transmisión es uno de los parámetros fundamentales que determina la calidad de la transmisión.

En medios no guiados, el espectro de frecuencia de la señal que sale de la antena transmisora determina la calidad de la transmisión. Es decir, a mayor frecuencia central se puede tener un mayor ancho de banda y por lo tanto mayor velocidad de transmisión. Adicionalmente, en señales de baja frecuencia se tendrán ondas omnidireccionales y en alta frecuencia ondas direccionales.

### 2.1.1. CARACTERÍSTICAS

#### *Par trenzado*

Uno de los medios de transmisión más antiguo y que todavía es utilizado es el par trenzado.

Un par trenzado consiste de dos alambres de cobre, con recubrimiento aislante, que generalmente tienen un diámetro de aproximadamente 1mm. Estos dos alambres se encuentran entorchados en forma helicoidal al igual que una molécula de ADN.



Fig. 2.1. Par trenzado

Los alambres se entorchan con el objetivo de minimizar la interferencia electromagnética, puesto que, de encontrarse juntos y paralelos estarían en la configuración de una antena simple. El entorchamiento provoca que cada alambre reciba la misma cantidad de interferencia electromagnética del exterior, de modo que ésta es eliminada casi totalmente aunque persista de todas maneras.

Para varios pares trenzados dentro de un mismo cable, se varía la distancia del trenzado para reducir el *crosstalk*.

El par trenzado puede utilizarse por algunos kilómetros sin necesidad de emplear un repetidor para amplificar la señal.

La aplicación más común del par trenzado se encuentra en la planta externa del sistema telefónico. En dicho sistema se utiliza el cable multipar, donde en una misma chaqueta se tienen varios pares trenzados que, a su vez, se entorchan entre sí para no causar interferencia con los pares vecinos. El diámetro de un cable multipar puede alcanzar algunos centímetros.

El par trenzado puede ser empleado tanto para transmisión analógica como para transmisión digital. El ancho de banda del canal depende del grosor del alambre y de su longitud. En muchos casos se pueden alcanzar velocidades de algunos Megabits por segundo (Mbps) en distancias de unos pocos kilómetros.

Debido a que tiene un buen desempeño a bajo costo, el par trenzado es y continuará siendo ampliamente usado.

Los cables de pares de cobre tienen algunas variedades, dos de las cuales son muy utilizadas en redes de computadoras.

La ANSI/EIA/TIA<sup>7</sup> definió el par trenzado **categoría 3**, el cual tiene un menor número de trenzas por longitud, es decir, el entorchamiento no es muy apretado. El cable tiene 4 pares que se encuentran recubiertos por una cubierta exterior plástica, útil para protección del cable y para mantener unidos a los ocho hilos de cobre. Hasta 1.988 fue muy utilizado en edificios que llevaban este tipo de cable desde las oficinas hasta los armarios de comunicaciones.

A comienzos de 1.988, se introdujo el cable de par trenzado **categoría 5** (estandarizado también por ANSI/EIA/TIA). Este cable es muy similar al de categoría 3, con la

---

<sup>7</sup> Las siglas de los organismos de normalización son: ANSI ≡ American National Standards Institute, EIA ≡ Electronic Industries Association, TIA ≡ Telecommunication Industries Association

diferencia de que tiene mayor número de torciones (o trenzas) por centímetro y que tiene aislamiento de teflón. En resumen, se disminuye la diafonía y se tiene una mejor calidad de la señal sobre distancias más largas. Estas características lo hacen más apto para comunicaciones de datos a velocidades de transmisión más altas.

A estos dos tipos de cables se los llama **UTP** (*Unshielded Twisted Pair*), es decir, par trenzado sin blindaje. Existen también los cables **STP** (*Shielded Twisted Pair*), son los mismos cables UTP pero con apantallamiento (blindaje), por lo tanto, son más pesados y costosos que los UTP y fueron creados por la IBM. El cable UTP es el que más se emplea para cableado estructurado por ser menos costoso.

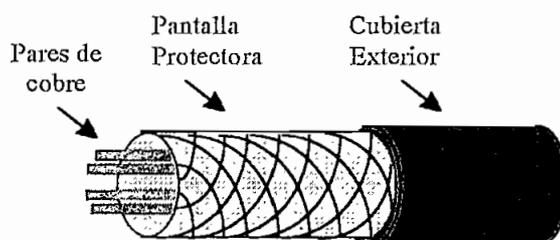


Fig. 2.2. Cable STP

Tanto el cable UTP categoría 3 como el categoría 5 son ampliamente utilizados en redes de cableado estructurado según el Estándar Industrial para Edificios Comerciales (ANSI/EIA/TIA 568A).

El cable de categoría 3 se emplea en los sistemas de telefonía analógicos o digitales (voz digitalizada) y el ancho de banda máximo que se puede alcanzar es 16 MHz.

El cable de categoría 5 se emplea en sistemas de voz o datos, indistintamente, y el ancho de banda máximo que puede obtenerse es de 100 MHz. Sin embargo, cabe indicar que, a mayor distancia, disminuye el ancho de banda que puede alcanzarse y, por lo tanto, la velocidad de transmisión. Solamente se podrá alcanzar 100 MHz para distancias menores que 100 metros.

### *Cable coaxial*

Otro medio de transmisión que es muy común es el cable coaxial. Tiene un mejor blindaje, abarca distancias más largas y alcanza mayores velocidades de transmisión que el par trenzado.

Se puede utilizar técnicas de multiplexación en frecuencia (FDM), utilizando el cable coaxial como medio de transmisión.

Existen dos tipos de cable coaxial:

- **Cable coaxial de banda base:** tiene una impedancia de  $50 \Omega$  y se usa comúnmente en aplicaciones de transmisión digital.
- **Cable coaxial de banda ancha:** con una impedancia de  $75 \Omega$  que se usa generalmente en aplicaciones de transmisión analógica.

#### Cable coaxial de banda base

El cable coaxial consiste en un alambre rígido de cobre, llamado núcleo, rodeado por material aislante que a su vez se encuentra envuelto por un conductor cilíndrico que por lo general constituye una malla de blindaje. Finalmente, este conductor está cubierto por una envoltura plástica.

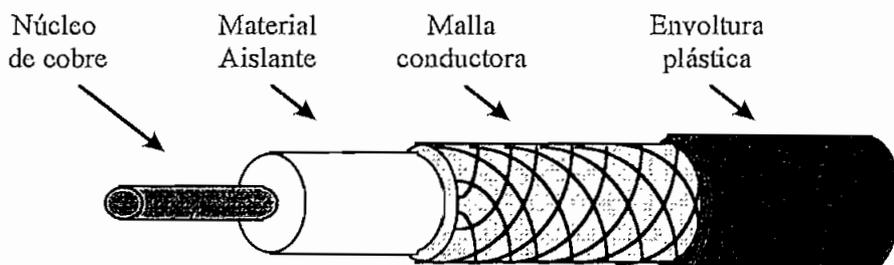


Fig. 2.3. Estructura de un cable coaxial

La construcción y el blindaje del cable coaxial es una buena combinación para un gran ancho de banda y una excelente protección contra el ruido. Sin embargo, el ancho de banda que es posible alcanzar depende de la longitud del cable. Es posible alcanzar velocidades entre 1 y 2 Gbps en cables de hasta 1 km.

Este tipo de cable coaxial utiliza un único canal que solo puede transferir un tipo de señal a la vez (multiplexada o no), pero a gran velocidad. El conductor que forma el núcleo es el que lleva la señal y la malla constituye el blindaje y la tierra de la señal. La información digital se envía por el cable de manera serial, un bit a la vez. Debido a esta limitación, no es posible enviar señales compuestas de voz, datos y vídeo.

Se utiliza en configuraciones punto a punto o multipunto. Para transmitir en banda base se usan los códigos de línea para adaptar la señal al medio de transmisión. Los códigos más empleados son el Manchester y Manchester diferencial en redes LAN.

#### Cable coaxial de banda ancha

Existe otro tipo de sistemas de cable coaxial que utiliza transmisión analógica para el transporte de información. Este cable es llamado de banda ancha. Cabe mencionar, que el término “banda ancha” se refiere a cualquier ancho de banda mayor que 4 kHz; en el mundo de las redes de computadores se refiere a cualquier cable que se encuentre en una red que emplee transmisión analógica (Modulación digital).

En contraste al cable coaxial de banda base, el de banda ancha puede transportar varias señales a la vez. Cada señal se transmite en el cable a diferente frecuencia al mismo tiempo. Esta técnica es la que emplea las compañías de televisión por cable; cada canal se difunde por el cable a diferente frecuencia. Se utiliza para transmitir voz (audio de alta calidad), vídeo (televisión por cable) o datos.

Este tipo de cable puede usarse hasta 300 MHz y alcanzar distancias hasta de 100 km debido a que la señal analógica es menos crítica que la digital. Para transmitir señales

digitales en una red analógica, cada interfaz debe contar con conversores digital / análogo y conversores análogo / digital. Dependiendo del tipo de dispositivos que se disponga, 1 bps puede ocupar 1 MHz; pero, a frecuencias más altas, es posible utilizar técnicas de modulación avanzadas.

Los sistemas de banda ancha se dividen en muchos canales. Para la transmisión de televisión generalmente se usan canales de 6 MHz. Cada canal puede ser empleado independientemente para televisión analógica, audio en calidad de CD (1,4 Mbps) o datos con hasta 3 Mbps.

Una diferencia entre los sistemas de banda base y el de banda ancha es que típicamente los de banda ancha cubren grandes áreas y adicionalmente requieren de amplificadores analógicos para regenerar la señal periódicamente. Estos amplificadores pueden transmitir señales en una sola dirección. Por lo tanto, se han desarrollado dos sistemas de banda ancha: sistemas de doble cable y sistemas de un solo cable.

Técnicamente el cable coaxial de banda ancha es inferior que el de banda base para transmisión digital pero tiene la ventaja de que se encuentra implantado en mayor cantidad, especialmente en aplicaciones de televisión por cable.

### *Fibra óptica*

Una fibra óptica es un hilo sólido de vidrio, recubierta por otra capa de vidrio llamada manto (en algunos casos de plástico) que conducen luz de la misma manera que los alambres de cobre transportan la electricidad o que los tubos llevan agua. El índice de refracción del manto es menor que el del núcleo, esto permite que la luz quede atrapada dentro del núcleo y pueda viajar por él. Es decir, la transmisión de información por fibra óptica no se basa en señales eléctricas, sino que se produce mediante pulsos de luz que viajan a través de la fibra.

Con la actual tecnología para fibra óptica el ancho de banda que se podría alcanzar es de 50.000 Gbps (50 Tbps) y continúan las investigaciones para encontrar mejores materiales. En la práctica se han alcanzado velocidades de transmisión hasta de 1 Gbps debido a que no se ha encontrado la manera de convertir la señal eléctrica en óptica a una mayor velocidad.

Un sistema de transmisión óptico tiene tres componentes: fuente de luz, el medio de transmisión y el detector. Por convención, un pulso luminoso representa un bit y la ausencia de pulso luminoso indica cero bits. El medio de transmisión es una fibra de vidrio ultra delgada. El detector genera un pulso eléctrico con la incidencia de la luz.

Como se había mencionado, las fibras ópticas son hechas de vidrio, básicamente de cuarzo puro ( $\text{SiO}_2$ ), cuyo núcleo conductor luminoso está dopado con adiciones de germanio y flúor para optimizar las características en lo referente a la anchura de banda y atenuación. El vidrio, que a su vez es hecho de arena, es un material de bajo costo que está disponible en grandes cantidades. El tipo de vidrio que se emplea en las fibras ópticas es tan transparente que, si el océano estuviera lleno de este material en lugar de agua, el fondo del mar sería tan visible como es la tierra desde un aeroplano en un día despejado.

La fibra óptica, que está hecha en la mayoría de los casos de  $\text{SiO}_2$  (óxido de silicio) con vidrio de cuarzo, requiere de una fuente de luz que puede ser un diodo LED (*Light Emitting Diode*) o un diodo láser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) también llamado ILD (*Injection Laser Diode*).

El detector de luz, cuya función es convertir las señales ópticas en eléctricas, puede ser un fotodiodo PIN (*Positive Intrinsic Negative*) o APD (*Avalanche Photo Diode*), donde el PIN es menos costoso pero también menos sensitivo; también puede usarse como detector un fototransistor. Los más utilizados son los fotodiodos de avalancha y los receptores PIN-FET.

Los diodos emisores de luz se basaron, originalmente, en Ga As, Ga Al As que emitían en la región de  $0,8 \mu\text{m}$  a  $0,9 \mu\text{m}$  (infrarrojo cercano). Posteriormente se desarrollaron fuentes de arseniuro fosfuro de indio y galio (In Ga As P) que emiten luz en el rango de  $1,2 \mu\text{m}$  a  $1,6 \mu\text{m}$ .

Cuando se ubica un emisor de luz en uno de los extremos de una fibra óptica y un detector en el otro, se tendrá un sistema de transmisión de datos unidireccional que acepte una señal eléctrica, la convierta y la transmita en pulsos de luz y la recupere a la salida como señal eléctrica.

El sistema óptico puede tener pérdidas y no ser útil para fines prácticos. Cuando el rayo de luz pasa de un medio a otro, como de óxido de silicio (fundido) al aire, el rayo se refracta en el límite  $\text{SiO}_2/\text{aire}$  como se muestra en la figura 2.4. (a) donde se observa al rayo incidente en un ángulo  $\alpha_1$  y refractado en un ángulo  $\beta_1$ . El índice de refracción depende de las propiedades de los dos medios. Para ángulos de incidencia mayores al valor crítico ( $\alpha_c$ ), la luz reflejada regresa al silicio en su totalidad y no existe refracción del rayo en el aire. Por lo tanto, el rayo de luz queda atrapado dentro de la fibra como se muestra en la figura 2.4. (b) y puede propagarse por muchos kilómetros, prácticamente sin pérdidas.

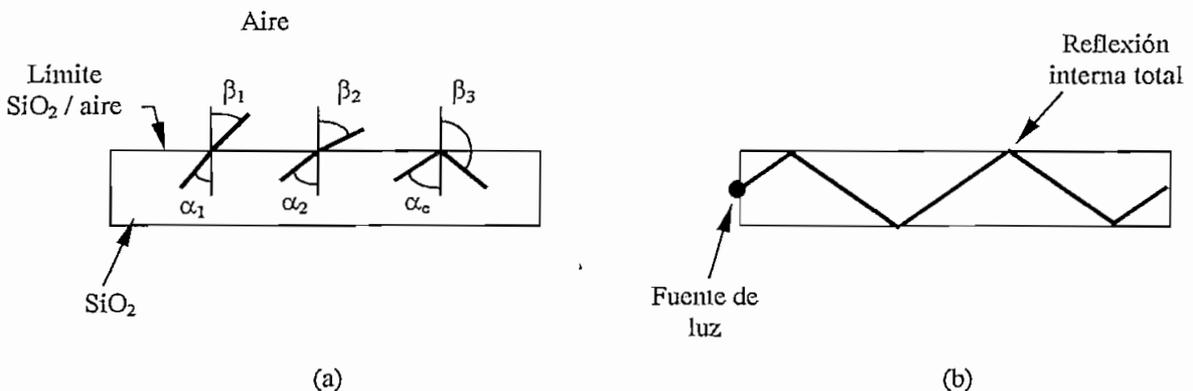


Fig. 2.4. (a) Ejemplos de varios ángulos de incidencia de rayo de luz.  
(b) Luz totalmente reflejada en el interior del óxido de silicio.

El rayo luminoso será reflejado completamente en el interior de la fibra de vidrio ( $\text{SiO}_2$ ) siempre que el ángulo de incidencia sea mayor que el ángulo crítico. Se dice que cada rayo tiene diferentes **modos** de manera que la fibra que tiene la propiedad de propagar varios modos se denomina **fibra multimodo**.

Existen dos tipos de fibra multimodo:

- La **fibra multimodo de índice escalonado** (*stepped*) es aquella en la que tanto el índice de refracción del núcleo ( $N_1$ ) como el índice del manto ( $N_2$ ) son constantes pero diferentes entre sí. Esto provoca que las componentes de frecuencia del pulso de luz de entrada viajen a diferentes velocidades en el interior del núcleo y lleguen a diferentes tiempos. De esta manera, el pulso de salida llega disperso. Debido al fenómeno de dispersión se deben restringir las velocidades de transmisión para que el detector pueda identificar el pulso de salida.

En este tipo de fibra se puede modular señales analógicas con técnicas de modulación digital (ASK, FSK). Pero es más utilizada y menos complicada la transmisión de señales digitales. La fuente emisora de luz que se emplea en este tipo de fibra es el diodo LED.

- La **fibra multimodo de índice gradual** (*Graded*) es en la que el índice de refracción del núcleo varía gradualmente por lo que se reduce la dispersión. Por lo tanto, el pulso de salida llega mejor conformado y puede alcanzar velocidades de transmisión más altas que con la fibra de índice escalonado. El emisor de luz que se emplea para este tipo de fibra puede ser LED o Láser.

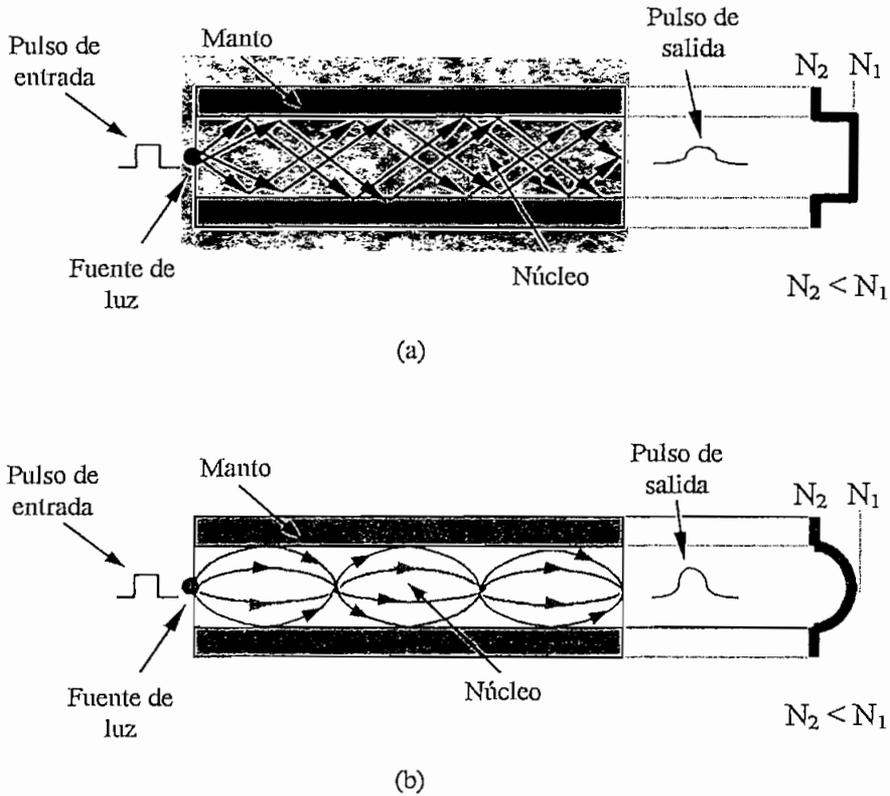


Fig. 2.5. (a) Fibra multimodo de índice escalonado.  
(b) Fibra multimodo de índice gradual.

Sin embargo, si se reduce el diámetro de la fibra a unas pocas longitudes de onda de la luz, la fibra actúa como una guía de onda y la luz se propagará únicamente en línea recta, sin reflexión. Este tipo de fibra se denomina **fibra monomodo**. Las fibras monomodo son normalmente más costosas pero pueden ser usadas para distancias más largas. Las fibras monomodo que se encuentran en el mercado pueden transmitir datos a unidades de Gbps en 30 km.

La atenuación de la luz a través del vidrio depende de la longitud de onda de la luz. La atenuación (en decibelios por kilómetro de fibra) se muestra en la figura 2.6.(a) para las diferentes ventanas de transmisión empleadas en fibras. La atenuación en decibelios está dada por la fórmula:

$$\text{Atenuación en decibelios} = 10 \log_{10} \frac{\text{Potencia transmitida}}{\text{Potencia recibida}}$$

Las fibras utilizadas en los conductores ópticos tienen índices de refracción de  $N \approx 1,5$  donde  $N_1 > N_2$ . La velocidad de la luz en ellos es de:

$$C_N = \frac{C}{N} \approx \frac{300.000[\text{km / s}]}{1,5} \approx 200.000 [\text{km/s}]$$

El rango de comunicaciones por fibra óptica es de  $2 \times 10^{14}$  a  $4 \times 10^{14}$  Hz. Sin embargo es más común hablar en términos de longitud de onda. De manera que la luz que se transmite por fibra óptica se encuentra dentro del espectro de luz infrarroja en el rango de:  $750 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.600 \text{ nm}$ . En la figura 2.6.(a) se puede observar las bandas de frecuencia que se utilizan en la práctica con la respectiva atenuación.

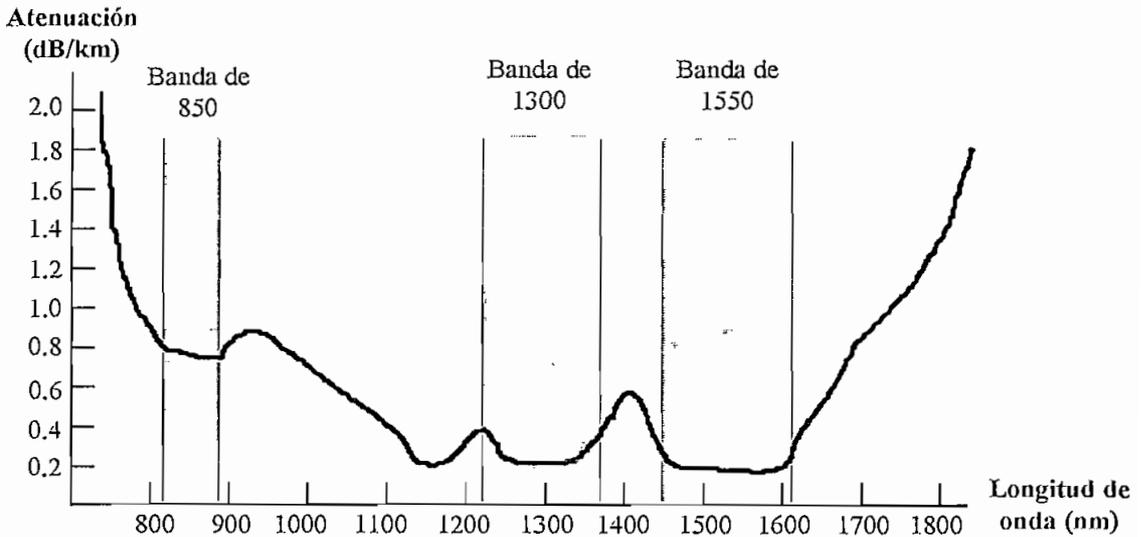


Fig. 2.6. (a) Atenuación de la luz infrarroja que atraviesa por fibra óptica.

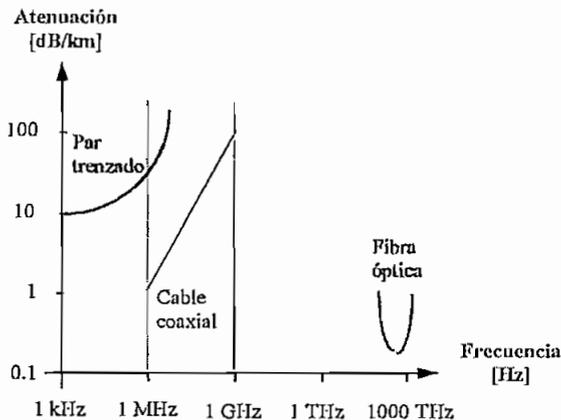


Fig. 2.6. (b) Atenuación de la señal en los medios guiados.

En la actualidad puede tenerse atenuaciones desde  $10^{-3}$  dB/km a 1 dB/km. Debe tomarse en cuenta que el límite físico para el SiO<sub>2</sub> está alrededor de  $10^{-3}$  dB/km.

Para comunicaciones existen tres bandas de longitud de onda que se centran en 850, 1.300 y 1.550 nm respectivamente. Las bandas de menor atenuación son las dos últimas (pérdidas menores al 5% por kilómetro). La de mayor atenuación es la 850 nm, pero tiene la ventaja de que los *láser*s y los elementos electrónicos pueden ser fabricados del mismo material (Arseniuro de Galio). Las tres bandas tienen capacidad entre 25.000 a 30.000 GHz.

Las causas de atenuación en las fibras ópticas son:

1. Absorción del material debido a:

- Impurezas: iones hidroxilos (OH), Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup>
- Pérdidas intrínsecas puesto que el material absorbe la luz en la zona infrarroja.

2. Esparcimiento del material debido al efecto Rayleigh, que consiste en que las moléculas absorben la energía y la vuelvan a radiar como luz con corrimiento de fase. La atenuación que se produce es propia del SiO<sub>2</sub>.

3. Distorsión de la guía óptica, que se produce cuando la sección transversal del núcleo no es perfectamente redonda a lo largo de toda la fibra o cuando existen pequeñas burbujas y variaciones en el núcleo.

4. Radiación por curvatura, que ocurre cuando se flexiona la fibra.

La absorción de la luz por la fibra depende en gran parte de la longitud de onda que se use y de las impurezas de la fibra misma. y generalmente la cantidad de luz absorbida decrece cuando se incrementa la longitud de onda.

Cuando se envían datos a lo largo de una fibra de comunicaciones, la información está contenida en pulsos de luz. Estos pulsos pueden ser distorsionados a medida que viajan a través de la fibra, puesto que las componentes de frecuencia del pulso viajan a diferentes velocidades y llegan, por lo tanto, a diferentes tiempos. Esta dispersión limita el ancho de banda a transmitirse y se mide en función del retardo por kilómetro.

Existen tres mecanismos que causan la distorsión de la señal: **Dispersión modal** que ocurre cuando las fibras son multimodo y que se debe a la diferente trayectoria que atraviesa cada modo. Como cada camino es de diferente longitud, algunos componentes de la luz alcanzan el final de la fibra antes que los otros; el resultado es que el pulso de luz que contiene la información se estreche o se alargue. Si el pulso se ensancha demasiado puede existir interferencia intersímbolo; **Dispersión del material** que es un efecto basado en la longitud de onda el cual es causado por el tipo de vidrio del que está hecha la fibra, puesto que el índice de refracción es función de  $\lambda$  y; **Dispersión por guía óptica** que ocurre solamente en fibras monomodo y que se debe a la geometría del núcleo. Al conjunto formado por la dispersión del material y a la de por guía óptica se le denomina **dispersión cromática**.

La dispersión modal es un efecto no deseado y puede ser reducida considerablemente cuando el índice de refracción en el núcleo varía en forma parabólica desde un valor máximo  $N_1$  en el eje del núcleo hasta  $N_2$  en el límite con el manto. El tipo de fibra que tiene todas las clases de dispersión es la multimodo de índice escalonado. La fibra multimodo de índice gradual tiene dispersión cromática, pero la dispersión modal es mucho menor que la de índice escalonado y tiene mayor ancho de banda. La fibra monomodo es la que tiene mayor ancho de banda que las anteriores y solamente tiene dispersión cromática.

Existe una banda de frecuencias para fibra óptica donde la dispersión cromática tiende a cero y es la de 1.300 nm.

Los cables de fibra óptica son similares al coaxial pero sin malla de blindaje. En el centro se encuentra el núcleo de vidrio a través del cual se propaga la luz. En fibras multimodo el núcleo puede tener un diámetro de 50  $\mu\text{m}$ , que es aproximadamente el grosor de un cabello humano. El diámetro del núcleo de las fibras monomodo es de 8 a 10  $\mu\text{m}$ .

El núcleo está rodeado por un manto de vidrio de un índice de refracción menor, de este modo toda la luz permanece en el interior del núcleo. Alrededor del manto existe una chaqueta plástica que protege al manto. Es común que las fibras se encuentren en grupos que se encuentran protegidos por una envoltura. En la figura 2.7. se observa un cable de 3 fibras.

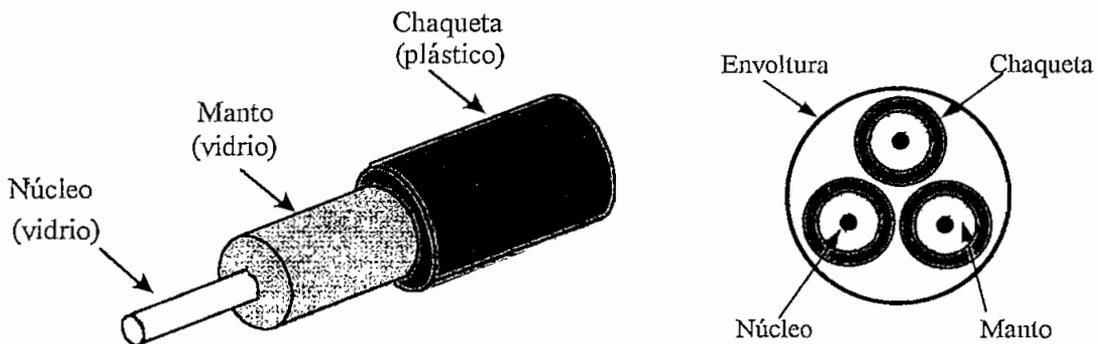


Fig. 2.7. Estructura de un cable de fibra óptica.

De acuerdo al tipo de fibra y de revestimiento se tiene:

| Tipo  | Diámetro núcleo           | Diámetro manto          | Atenuación [dB/km] | Aplicación  |
|---|---------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| Monomodo  | 5 -10 $\mu\text{m} \pm 1$ | 125 $\mu\text{m}$       | 0,2 - 0,8          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enlaces submarinos (140 Mbps)</li> <li>• Enlaces interurbanos (565 Mbps)</li> </ul>  |
| Multimodo índice gradual                            | 50 $\mu\text{m} \pm 3$    | 125 $\mu\text{m}$       | 0,8 - 4            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enlaces intercentrales telefónicas (34 Mbps, 140 Mbps)</li> <li>• Televisión digital</li> <li>• Redes multiservicio</li> <li>• Distribución de televisión por cable</li> </ul> |
| Multimodo índice escalonado revestimiento de vidrio | 133 - 200 $\mu\text{m}$   | 200 - 300 $\mu\text{m}$ | 0,8 - 4            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redes LAN</li> <li>• Transmisión de datos</li> <li>• Aplicaciones médicas</li> </ul>   |
| Multimodo índice escalonado revestimiento plástico  | 0,2 - 0,6 mm              | 0,4 - 0,75 mm           | 0,8 - 4            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones militares</li> <li>• Redes LAN</li> <li>• Enlaces punto a punto de corta distancia</li> <li>• Aplicaciones médicas</li> </ul>                                     |

Tabla 2.1. Tipos de fibras ópticas, dimensiones, atenuación y aplicaciones

Las fibras pueden estar conectadas de tres maneras:

- Pueden terminar en un conector para ser introducido en un zócalo para fibra. Los conectores tienen una pérdida entre el 10 y el 20% de la luz. Sin embargo, tienen la ventaja de facilitar la tarea de reconfigurar un sistema.
- Se pueden empalmar dos fibras ópticas mecánicamente. El empalme mecánico consiste en juntar cuidadosamente los extremos de las fibras dentro de una manga especial de modo que queden unidos. La alineación puede ser probada al pasar luz por la juntura y hacer pequeños ajustes para maximizar la señal. El efectuar un empalme mecánico requiere de aproximadamente 5 minutos a personal capacitado con una pérdida de luz de un 10%.
- Las dos fibras pueden ser fundidas en una sola para formar una conexión sólida. El empalme por fusión es casi tan bueno como tener una sola fibra pero, aún existe una pequeña atenuación que depende de la calidad del empalme.

Para los dos tipos de emisores de luz: LEDs (*Light Emitting Diodes*) y semiconductores láser existen diferencias, las que se observan en la tabla 2.2.

| Item                          | LED       | Semiconductor láser  |
|-------------------------------|-----------|----------------------|
| Velocidad de transmisión      | Baja      | Alta                 |
| Tipo de fibra                 | Multimodo | Multimodo ó monomodo |
| Distancia                     | Corta     | Larga                |
| Vida útil                     | Larga     | Corta                |
| Sensibilidad a la temperatura | Menor     | Significativa        |
| Costo                         | Bajo      | Alto                 |

Tabla 2.2. Comparación entre emisores LED y Láser

El receptor que se ubica al final de la fibra consiste en un fotodiodo que proporciona un pulso eléctrico cuando incide luz en él. Generalmente, la respuesta de un fotodiodo es alrededor de 1 ns, por lo cual se limita la velocidad de transmisión cerca de 1 Gbps.

### *Transmisión inalámbrica*

En la actualidad, cada vez existen más personas que requieren comunicarse sin necesidad de ir a un lugar fijo y que puedan hacerlo en cualquier momento. Los medios de transmisión guiados como el par trenzado, el cable coaxial o la fibra óptica no son útiles para los usuarios móviles. Para ellos lo ideal para transmitir sus datos es la comunicación inalámbrica.

Se piensa que en el futuro todas las aplicaciones multimedia fijas (teléfono, transmisión de datos, fax y vídeo) serán a través de fibra óptica y todas las móviles por medios inalámbricos.

Todas las comunicaciones inalámbricas se basan en el siguiente principio:

Cuando existe movimiento de electrones, se crean ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio libre (incluso en el vacío). Estas ondas fueron pronosticadas por el físico inglés James Maxwell en 1.865 y fueron producidas y observadas por primera vez por el físico alemán Heinrich Hertz en 1.887. El número de oscilaciones por segundo de una onda electromagnética se llama **frecuencia**,  $f$ , y es medida en **Hz** (en honor a Heinrich Hertz). La distancia entre dos máximos (o mínimos) consecutivos de una onda electromagnética es llamada **longitud de onda**, que se representa universalmente por la letra griega  $\lambda$  (lambda).

Cuando se conecta la antena del tamaño apropiado en un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas pueden ser difundidas eficientemente y recibidas por cualquier receptor que esté dentro de su alcance.

En el vacío, las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad sin importar la frecuencia que tengan. A esta velocidad se le llama **Velocidad de la luz**,  $c$ , que es de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s. La velocidad de transmisión alcanzada vía cobre o fibra se reduce aproximadamente a  $2/3$  de la velocidad de la luz y depende ligeramente de la frecuencia.

La relación matemática fundamental entre  $f$ ,  $\lambda$  y  $c$  (en el vacío) es:

$$\lambda \cdot f = c$$

Para transmitir información empleando técnicas de modulación en amplitud, frecuencia o fase se pueden usar las porciones del espectro que corresponde a radio, microondas, transmisión por ondas infrarrojas y luz visible.

La porción de luz ultra violeta, rayos X y rayos gamma incluso serían mejores para transmisión que las anteriores debido a que corresponden a mayores frecuencias, pero no se utilizan porque son muy difíciles de producir y modular, y no se propagan a través de edificios; además son peligrosas para la materia viva. Las bandas que se mencionan en la figura 2.8 son los nombres oficiales de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y se basan en sus respectivas longitudes de onda, de manera que la banda de LF (*low frequency*  $\equiv$  baja frecuencia) tiene longitudes de onda entre 1 km y 10 km (aproximadamente entre 30 kHz y 300 kHz).

Nomenclatura de las bandas de frecuencia:

| Banda de frecuencia | Denominación   |
|---------------------|--|
| 30 KHz - 300 KHz    | LF : low frequency $\equiv$ baja frecuencia                              |
| 300 KHz - 3.000 KHz | MF : medium frequency $\equiv$ media frecuencia                          |
| 3 MHz - 30 MHz      | HF : high frequency $\equiv$ alta frecuencia                             |
| 30 MHz - 300 MHz    | VHF : very high frequency $\equiv$ muy alta frecuencia                   |
| 300 MHz - 3.000 MHz | UHF : ultra high frequency $\equiv$ ultra alta frecuencia                |
| 3 GHz - 30 GHz      | SHF : super high frequency $\equiv$ super alta frecuencia                |
| 30 GHz - 300 GHz    | EHF : extremely high frequency $\equiv$ extremadamente alta frecuencia   |
| 300 GHz - 3.000 GHz | THF : tremendously high frequency $\equiv$ tremendamente alta frecuencia |

Tabla 2.3. Bandas de frecuencia

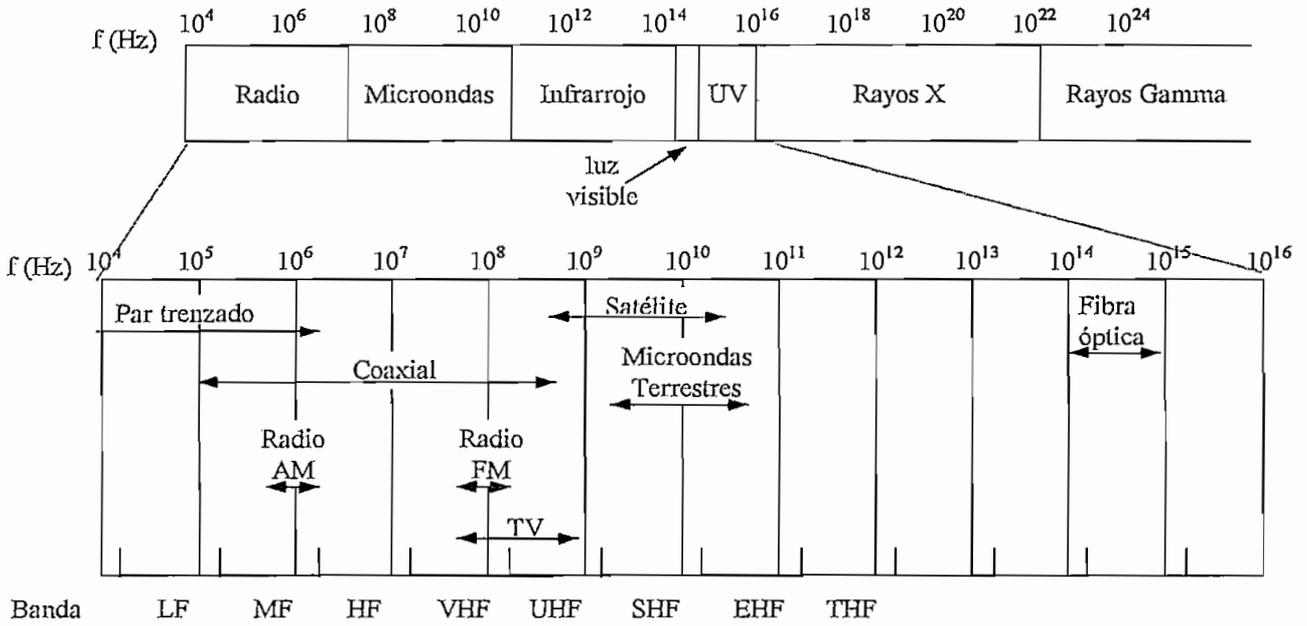


Fig. 2.8. El espectro electromagnético y su uso para comunicaciones

La cantidad de información que puede llevar una onda electromagnética se relaciona con su ancho de banda.

La UIT-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector de Radiocomunicaciones) es el organismo internacional que regula el uso del espectro electromagnético.

### *Transmisión vía radio*

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar largas distancias y penetrar edificios fácilmente, por lo tanto son usadas ampliamente para comunicaciones de voz y datos. Las ondas de radio son omnidireccionales, es decir, viajan en todas las direcciones a partir de la fuente. Es así que no se requiere una cuidadosa alineación física entre transmisor y receptor.

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio pasan bien a través de obstáculos, pero la potencia cae rápidamente con el incremento de la distancia desde la fuente ( $r$ ) con una relación de  $1/r^3$  en el aire. Las

ondas de radio tienden a viajar en línea recta a altas frecuencias y no traspasan obstáculos; incluso pueden ser absorbidas por la lluvia. A cualquier frecuencia las ondas de radio pueden ser interferidas por equipos eléctricos como los motores.

Debido a la propiedad de las ondas de radio para viajar largas distancias, es un problema el evitar la interferencia entre usuarios. Es por esto que todos los países asignan a los usuarios frecuencias determinadas a los usuarios.

En las bandas VLF, LF, y MF las ondas de radio siguen la superficie de la tierra. Estas ondas pueden ser detectadas aproximadamente hasta 1.000 km a la más baja frecuencia y disminuye la distancia conforme aumenta la frecuencia. La difusión de radio AM utiliza la banda de MF; en esta banda las ondas de radio pasan fácilmente a través de las edificaciones. El problema de usar estas bandas para transmisión de datos es el bajo ancho de banda que ofrecen.

En HF y VHF las ondas terrestres tienden a ser absorbidas por la tierra. Sin embargo, las ondas que alcanzan la ionósfera, capa atmosférica que está cargada de partículas iónicas que rodean a la Tierra a una distancia de 100 a 500 km, son refractadas por ella y enviadas nuevamente a la Tierra. Bajo condiciones especiales de la atmósfera, las señales pueden tener múltiples reflexiones. Los radio aficionados y la milicia utilizan estas bandas para sus comunicaciones.

En general, las ondas omnidireccionales para aplicaciones *broadcasting* se usan en el rango de 30 MHz - 1 GHz. Esto implica que en estas bandas de frecuencia se emplean técnicas de modulación digital para la transmisión de datos, donde la modulante es la información digital y la portadora es analógica.

### ***Transmisión por microonda***

Las ondas sobre 100 MHz viajan en línea recta y son muy directivas. Pueden concentrar toda la energía dentro de una radiación muy estrecha cuando se emplean antenas

parabólicas que dan una mejor relación señal a ruido (S/N). Las antenas de transmisión y recepción deben estar perfectamente alineadas para que pueda producirse la comunicación. Esta direccionalidad permite que existan varias antenas transmisoras en fila y varios receptores también en fila sin que se produzca ninguna interferencia entre ellas. Antes de que apareciera la fibra óptica la transmisión por microonda era la única para el sistema de telefonía en largas distancias.

Como las microondas viajan en línea recta, y la curvatura de la tierra provoca que no exista línea de vista para separaciones de antenas muy largas, se requiere emplear repetidores cada cierta distancia.

A diferencia de las ondas de menor frecuencia, las microondas no atraviesan las edificaciones. Adicionalmente, si las antenas transmisoras y receptoras estuvieran bien alineadas aún existiría algo de divergencia en el espacio.

La atmósfera es un medio de transmisión no homogéneo para las ondas electromagnéticas. Las variaciones que se producen en el espacio de temperatura, presión, humedad, turbulencias y demás, causan variaciones en el índice de refracción atmosférico. Algunas ondas pueden ser refractadas en la capa baja de la atmósfera y recorrer un camino más largo que las ondas que viajan en línea directa debido a la diferencia de índices de refracción. Las ondas que lleguen a su destino con este retardo pueden estar en contrafase con las ondas que viajaron en línea recta y cancelarse mutuamente de manera que la señal resultante que llegue sea nula, pues la señal recibida es la suma vectorial de las dos señales que se interfieren. A este efecto se lo llama **desvanecimiento por trayectorias múltiples** que, por lo general, es un serio problema.

Los desvanecimientos debidos a la propagación por trayectos múltiples, causados por la formación de capas en la atmósfera, tienen una frecuencia de aparición y una duración que dependen de la estructura del índice de refracción en el tiempo. Dicho de otra manera, las peores condiciones de propagación se producen durante los periodos de

extrema estratificación de la atmósfera. En los climas templados, esas condiciones se producen normalmente en la noche y durante las primeras horas de la mañana.

Además de producirse reflexiones en las capas atmosféricas que se forman por los diferentes índices de refracción, se producen reflexiones cuando el enlace pasa por superficies reflectantes como el hielo, agua o arena.

Algunos operadores tienen un 10% de sus canales como reserva para cuando el desvanecimiento por multitrayecto no permita usar temporalmente cierta banda de frecuencias.

La demanda del uso del espectro ha provocado que la tecnología apunte a utilizar transmisores de mayores frecuencias cada vez. Actualmente se usan bandas por encima de 10 GHz, pero existe un nuevo problema con aquellas bandas mayores que 8 GHz: estas ondas de pocos centímetros de longitud de onda son absorbidas por la lluvia. Por lo que es un grave problema emplearlas para comunicaciones. Al igual que el desvanecimiento, la única solución es no usar los enlaces que vayan por la ruta donde esté lloviendo y usar otra ruta alternativa.

Las comunicaciones por microonda se usan en enlaces telefónicos de largas distancias, en teléfonos celulares, en la distribución de la televisión, en controles remotos para abrir las puertas de los garajes, en parlantes de alta fidelidad, en puertas de seguridad, hornos microonda, instalaciones de radar, etc.

Para los enlaces por microonda se emplean antenas parabólicas, con lo que se obtiene mayor directividad y ganancia.

En general, las ondas altamente direccionales para aplicaciones punto a punto se usan en el rango de 2 GHz - 40 GHz.

Las **microondas terrestres** son aquellas que cubren el rango de 2 GHz a 40 GHz, cuyo

ancho de banda está en el orden de centenas de KHz. Se emplean para comunicaciones telefónicas a larga distancia (en la banda de 4 GHz a 6 GHz), en telefonía celular, en la distribución de los canales de televisión (12 GHz como frecuencia de los enlaces entre los canales y los lugares de repetición), en la distribución de datos local para distancias menores que 10 km (enlaces a 10 GHz), y para enlaces cortos punto a punto, como en aquellos enlaces digitales inalámbricos de 30 ó 24 canales telefónicos a 23 GHz.

Para los enlaces por microonda terrestre, se pueden alcanzar distancias de hasta 80 km sin repetidora cuando existe línea de vista y siempre que la altura de la torre en la que se ubique la antena parabólica sea de, aproximadamente, 100 metros (a mayor separación entre la antena de transmisión y la de recepción se utilizarán torres de mayor altura). Si las distancias son mayores que ésta, es necesario utilizar repetidores. También se requieren repetidores si no se tiene línea de vista. Para cualquiera de estos dos casos, el orden de la velocidad de transmisión que se puede alcanzar es de las centenas de Mbps.

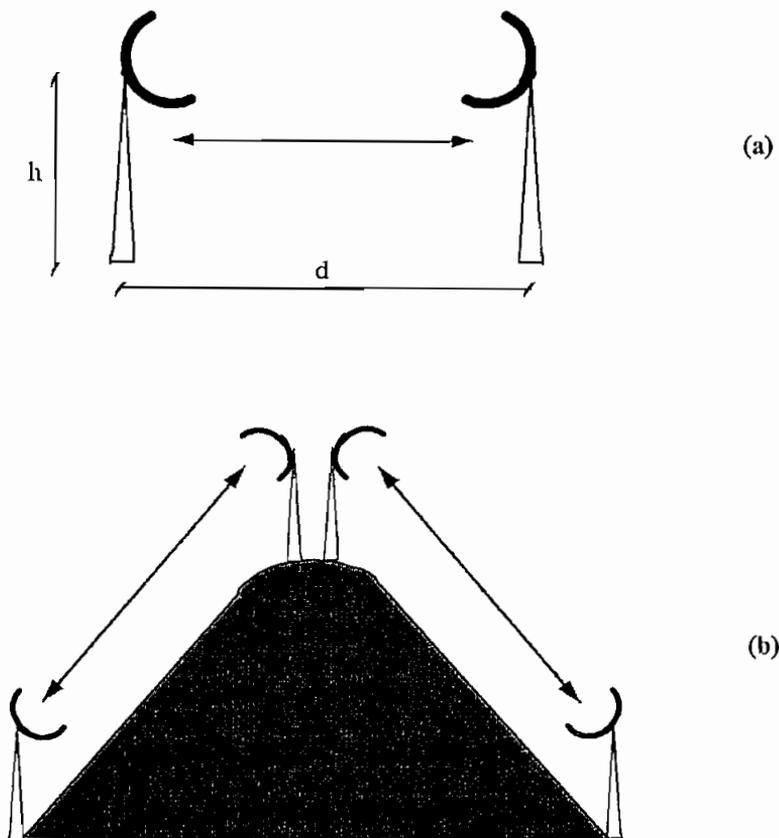


Fig. 2.9. (a) Ubicación de antenas cuando existe línea de vista.  
(b) Ubicación de antenas y repetidoras cuando no existe línea de vista.

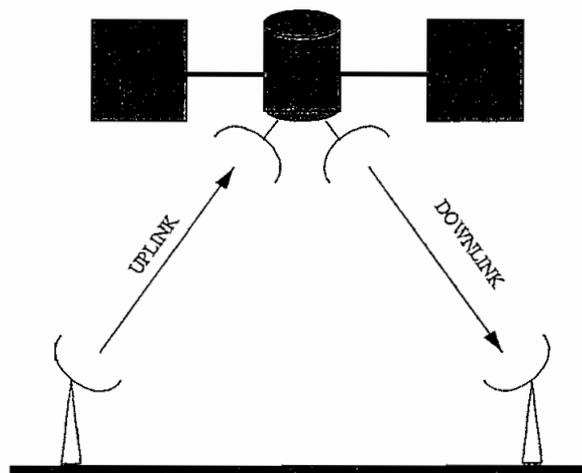
Se habla de **microondas satelitales** cuando se tiene un conjunto de antenas receptoras-transmisoras, que operan en diferentes bandas de frecuencias y distintas polarizaciones, denominadas *transponders* ubicadas en un satélite geostacionario, pues se encuentra dentro de la órbita geostacionaria a 36.000 km sobre la línea ecuatorial a nivel de la superficie de la Tierra. Como los satélites viajan a la misma velocidad de la Tierra, cabe mencionar que sobre el Ecuador existen aproximadamente 35 satélites.

En un sólo satélite se tienen de 12 a 20 *transponders*, cuyas potencias de transmisión deben aumentar conforme se eleva el valor de frecuencia que usen, donde dos de ellos puedan usar idénticas frecuencias pero con distintas polarizaciones. Cada uno de los *transponders* pueden manejar anchos de banda entre 36 y 50 MHz.

Para distribuir la ocupación de frecuencias de los transponders se utiliza FDM ó TDM.

Para evitar interferencias el enlace de subida (frecuencia *uplink*), que va desde la antena en la Tierra hasta el satélite, usa diferentes frecuencias (frecuencias más altas) que el de bajada (frecuencia *downlink*).

Dentro de lo que se refiere a telecomunicaciones se pueden tener enlaces satelitales punto a punto o multipunto.



(a)

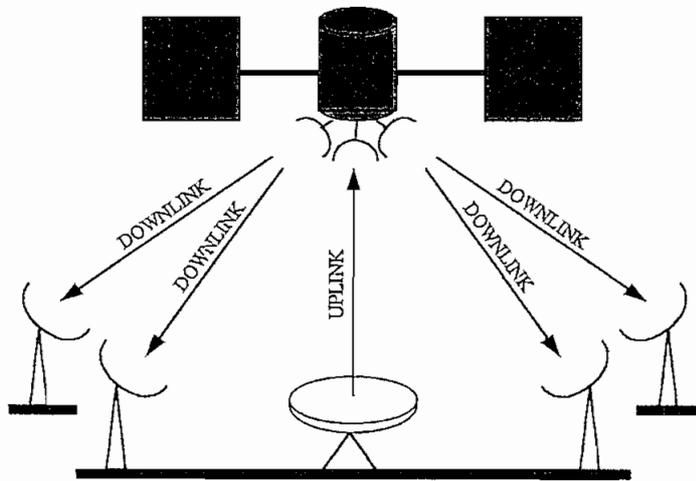


Fig. 2.10. (a) Enlace satelital punto a punto  
(b) Enlace satelital multipunto

Fundamentalmente existen tres bandas para comunicaciones satelitales: C (4 GHz - 6 GHz), Ku (12 GHz - 14 GHz) y Ka (20 GHz - 40 GHz).

Los satélites que usan la banda C requieren una separación entre sí de  $4^\circ$  (meridianos). Los que emplean la banda Ku necesitan  $3^\circ$  y los que hacen difusión (*broadcast*) de televisión,  $8^\circ$ .

El rango de frecuencia óptima para microondas es de 1 GHz - 10 GHz, por lo que la banda C que está dentro de este rango está casi saturada.

La banda Ku se usa para sistemas VSAT (*Very Small Aperture Terminal*), que como su nombre lo indica, utiliza antenas pequeñas de aproximadamente 1 metro de diámetro. Este sistema se basa en varias antenas de poca potencia; la información de cada una de ellas es llevada a un concentrador (HUB) que tiene una gran antena que transmite toda la información hacia el satélite.

Se entenderá por retardo al tiempo que transcurre desde que se transmite la información hasta que se recibe. Por ejemplo:

- Retardo de las microondas terrestres 3  $\mu\text{s}/\text{km}$
- Retardo de las microondas satelitales 250 - 300 ms
- Retardo del cable coaxial 5  $\mu\text{s}/\text{km}$

### *Transmisión por ondas infrarrojas*

Las comunicaciones por rayos infrarrojos son utilizadas ampliamente para distancias cortas. Se usa para los controles remotos de: televisores, vídeo grabadores, radios estéreo, etc.

Adicionalmente, pueden usarse para redes de computadores de área local (LANs). Por ejemplo, los computadores y oficinas de un edificio pueden estar enlazadas sin necesidad de estar conectados físicamente. Si se tiene una reunión con computadores portátiles con transmisores-receptores infrarrojos, se puede tener una LAN sin necesidad de conectarlos físicamente.

### *Láser*

Se puede conectar dos redes LAN de dos edificios cercanos, vía láser, ubicadas en sus respectivas terrazas. Como el láser es eminentemente unidireccional, cada edificio requeriría de un emisor y de un fotodetector. De esta manera se puede tener un gran ancho de banda a bajo costo. Cabe mencionar que el haz de láser no puede atravesar la lluvia ni la niebla. Adicionalmente, las ondas de calor que se producen en la superficie de los edificios pueden producir interferencias que frustren la comunicación; es decir, las turbulencias de aire desvían el haz de láser y no llega al detector.

#### **2.1.2. VENTAJAS**

##### *Par trenzado*

Bajo costo y fácil de instalar.

### *Cable coaxial*

Tiene mayor ancho de banda y trabaja a frecuencias más altas que el par trenzado. Por lo tanto, puede alcanzar mayores velocidades de transmisión. Es menos susceptible a ruido e interferencias que el par trenzado.

### *Fibra óptica*

- Puede manejar anchos de banda mucho mayores que el cobre y por tanto transportar un volumen de información mayor. Es por esto que es posible utilizar una sola fibra para transportar voz, datos y vídeo. Además la fibra es muy delgada y flexible, esto permite disponer de más espacio dentro de una tubería y debido a su flexibilidad, puede pasar por curvaturas y por pequeñas ranuras.
- Debido a su baja atenuación, solamente se necesitan repetidores cada 30 km, en lugar de cada 5 km como cuando se usa cobre.
- La señal que viaja por fibra óptica es inmune a interferencias electromagnéticas, a la influencia de otras fuentes de poder cercanas, a variaciones de voltaje y no es afectada por sustancias químicas corrosivas que pueden existir en el ambiente. Por estas razones, es ideal utilizar fibra óptica en ambientes industriales.
- En telefonía, una fibra óptica que tenga la misma capacidad de número de líneas telefónicas es mucho más liviana y delgada que si se empleara cable multipar. Por lo que, actualmente, se emplea en la mayoría de enlaces telefónicos intercentrales y en los enlaces submarinos. Adicionalmente, los ductos para los cables de cobre se van saturando y no dejan espacio para añadir nuevas líneas, si se emplearía la misma ductería para fibras ópticas se tendría una capacidad muy superior en líneas telefónicas. Por ejemplo, mil pares trenzados de un kilómetro de longitud pesan 8.000 kg, mientras que dos fibras ópticas (que tienen mayor capacidad que mil canales) solo

pesan 100 kg. Esto implica que ya no es necesario emplear sistemas de soporte mecánicos costosos y que requieren de mantenimiento.

- Las comunicaciones por fibra óptica son más seguras debido a la complejidad de hacer empalmes o derivaciones clandestinas para intervenir las comunicaciones.
- La superioridad de la fibra está inmersa en el principio físico que utiliza. Mientras en el cobre se mueven electrones cuyo movimiento afecta al resto de electrones que se están en el mismo medio y que a su vez son afectados por electrones que se encuentran fuera del alambre, los fotones que viajan en la fibra no se interfieren entre sí y tampoco son afectados por fotones externos.
- Los enlaces por fibra óptica tienen mayor vida útil que los de cable multipar, que duran entre 20 y 50 años o que los satelitales que permanecen entre 12 y 14 años.
- El material (óxido de silicio) es abundante en la naturaleza, por lo que, con el avance de la tecnología y la reducción de los costos de producción, la fibra óptica se puede encontrar a costos competitivos con los otros medios.
- Son flexibles y fáciles de manejar. En cuanto a la flexibilidad, se debe tener en cuenta que existe un ángulo mínimo de curvatura pues, si se excede dicho ángulo, por ser de vidrio, se puede romper.
- Como se trata de un material dieléctrico, al estar unidos el transmisor y el receptor por un material aislante, implica que pueden estar a diferentes potenciales y que incluso se pueda hacer mantenimiento con los equipos activados.

### *Medios inalámbricos*

- Tienen la ventaja de poder comunicar a usuarios separados por distancias en los que

se dificulta mucho el tendido de la ductería. Por ejemplo, en terrenos montañosos, pantanosos o selváticos.

- Son de rápida instalación comparados con el tiempo que tarda construir una ductería para cualquier medio guiado.
- Son más confiables que los medios guiados puesto que es más difícil que se caiga el enlace (es mucho más fácil y frecuente que se pueda romper los ductos debido a construcciones destinadas a prestar otros servicios).

### *Transmisión vía radio*

Se puede utilizar para transmisión de voz y datos de usuarios móviles. Es decir, no se requiere estar en un lugar fijo para establecer comunicaciones con otro usuario que también puede ser móvil. Además, no es necesario que las antenas de los equipos tengan grandes dimensiones, sino que por el contrario son pequeñas, cómodas y portátiles. Tampoco se requiere que dichas antenas tengan un alineamiento preciso, únicamente deben estar dentro del área de cobertura de la estación repetidora.

### *Transmisión por microonda*

- Por tener una longitud de onda más pequeña que la utilizada en transmisión por radio, se puede alcanzar distancias mucho mayores con velocidades de transmisión superiores.
- No requiere de mucho espacio para su instalación. Para un enlace de 50 km solamente se requiere un pequeño terreno para la torre de la antena de transmisión y otro para la de recepción. Por lo tanto, los enlaces vía microonda pueden resultar relativamente más baratos que uno de fibra, puesto que colocar dos simples torres con una antena cada una es más económico que usar 50 km de fibra subterránea que pase por un área urbana congestionada o sobre una montaña.

- Por tener un haz muy directivo se pueden obtener mejores relaciones S/N y se emplean menor número de repetidores que si se utilizaría cable coaxial para cubrir las mismas distancias.
- Pueden llevar gran cantidad de información. Por ejemplo: para *transponders* de 50 Mbps se pueden tener aproximadamente 800 canales telefónicos digitales de 64 kbps.
- En microondas satelitales, el costo no es función de la distancia, sino que depende exclusivamente de los equipos y del arrendamiento del canal.
- Los sistemas satelitales tienen un gran área de cobertura, pues con 3 satélites se cubre toda el Globo Terráqueo.

### *Transmisión por ondas infrarrojas*

- Son direccionales, de bajo costo y de fácil construcción.
- No producen interferencias en sistemas similares de habitaciones contiguas.
- Las comunicaciones por infrarrojos no pueden ser interceptadas por personas en el exterior de la habitación.
- Las comunicaciones no requieren de permisos gubernamentales.
- Por este medio no guiado se transmiten señales digitales.
- Gran ancho de banda.

### *Láser*

- Gran ancho de banda a bajo costo.
- Fácil de instalar.
- No requiere de permisos gubernamentales.

### 2.1.3. DESVENTAJAS

#### *Par trenzado*

- Gran atenuación.
- Muy susceptible a interferencias electromagnéticas.
- Pequeño ancho de banda. Medio de transmisión de baja frecuencia.
- Se debe garantizar en los cables UTP categoría 3 ó 5, de acuerdo con las normas de cableado estructurado, que las curvaturas que se hagan no lleguen a 90°.
- Según el estándar EIA/TIA 568A no se asegura una velocidad mayor que 100 Mbps para distancias mayores que 100 metros. Esto implica que no se puede utilizar redes de alta velocidad para grandes distancias.

#### *Cable coaxial*

- Gran atenuación
- Cuando se emplea multiplexación en frecuencia, el cable coaxial presenta ruido de intermodulación.
- Es más costoso que el par trenzado y es menos flexible.

#### *Fibra óptica*

- La transmisión óptica es inherentemente unidireccional, por lo que la comunicación en doble vía (full duplex) requiere dos fibras para que dos equipos puedan comunicarse entre sí, o en su defecto de dos bandas de frecuencia en una misma fibra.
- Los interfaces y elementos activos para un sistema de fibra óptica son, por el momento, mucho más costosos que los eléctricos. Sin embargo, en el futuro las comunicaciones de voz, datos y vídeo, que impliquen distancias de más de unos pocos metros, serán mediante fibra óptica.
- Adicionalmente, la complejidad en la instalación y el mantenimiento en los sistemas de fibra óptica es mayor que cualquiera de los otros medios de transmisión mencionados

debido a su poca resistencia mecánica y al costo de los equipos especiales de precisión que se requieren para hacer empalmes. Esto implica que la mano de obra que se requiere para la instalación y mantenimiento de los sistemas de fibra óptica debe tener una capacitación especializada para no correr el riesgo de perder el enlace.

- En caso de una pequeña falla mecánica en la fibra óptica se pierde gran cantidad de información. Por esta razón, se debe tener redundancia, que implica el encarecimiento del sistema.
- Por ser de vidrio, si se sobrepasa el radio mínimo de curvatura (1 cm) de la fibra óptica, se romperá.
- Si una persona trata de ver la luz que se transmite por la fibra óptica desconectando uno de sus extremos, puede dañar seria y permanentemente su ojo. Para verificar la salida del haz de luz se debe emplear un “medidor óptico de potencia”; en el caso de no disponer de uno, se puede sostener un papel en el extremo de la fibra (en un cuarto oscuro) y ver la luz que es transmitida al papel. Por esta razón, debe restringirse el acceso a los terminales de fibra a personal no capacitado.

### *Medios inalámbricos*

- Tienen mayor retardo en la transmisión y recepción de datos.
- Requieren de equipos costosos.
- No tienen capacidad para manejar anchos de banda tan grandes como la fibra óptica.
- No es recomendable que se empleen sobre superficies reflectantes como el agua.

### *Transmisión vía radio*

- Las reflexiones ocasionan interferencias multitrayectoria.

### *Transmisión por microonda*

- Se requiere que las antenas de los equipos tengan grandes dimensiones comparadas con las antenas de transmisión vía radio y, por lo tanto, son más costosas.

Adicionalmente, se requiere que dichas antenas tengan un alineamiento preciso y que se disponga de línea de vista.

- Por encima de 8 GHz se tienen problemas críticos por la presencia de lluvia y se producen complicaciones por atenuación. Se presentan pérdidas por atenuación.
- Se presentan desvanecimientos por trayecto múltiple, donde la intensidad de éstos depende de la longitud del enlace, la naturaleza del terreno atravesado y de la frecuencia. Por lo tanto, se pueden obtener fluctuaciones en la señal recibida que dependen del tipo de clima y de la frecuencia.
- Es favorable transmitir por microondas sobre superficies rugosas (como lugares cubiertos por vegetación) para que no exista trayectos múltiples debido al terreno sobre el que se establece el enlace.
- Debe utilizarse encriptación para seguridad de la información.
- El costo inicial es alto no solo por el precio de las antenas sino que también se debe considerar el costo por arrendamiento del canal.

### *Transmisión por ondas infrarrojas*

- La transmisión inalámbrica para este rango de frecuencias es posible solo para distancias cortas.
- No atraviesan objetos sólidos.
- No pueden usarse en ambientes abiertos (aire libre) porque la luz del sol brilla con la misma intensidad del rayo infrarrojo.
- Es crítica la atenuación por lluvia.

### *Láser*

- La transmisión inalámbrica para este rango de frecuencias es posible solo para distancias cortas.
- No es un medio de transmisión confiable porque el éxito de la comunicación depende de que no existan agentes ambientales comunes como la lluvia, la niebla o las turbulencias de aire.

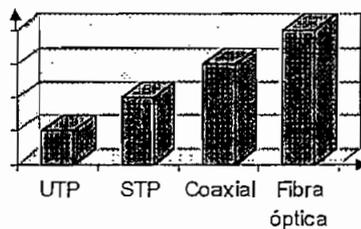
### 2.1.4. COMPARACIÓN ENTRE MEDIOS GUIADOS

Los principales factores que se considerarán son:

- Facilidad de adaptación para el crecimiento y desarrollo de la red con los avances tecnológicos que se sucedan
- Costo
- Flexibilidad
- Rendimiento funcional
- Seguridad
- Privacidad en las comunicaciones
- Inmunidad a la interferencia electromagnética

#### *Adaptabilidad*

Los avances tecnológicos en la industria de las redes de comunicaciones se producen constantemente y es difícil predecir los estándares que aparecerán y que nuevas mejoras o velocidades aplicarán. Si una red ha sido diseñada apropiadamente la adaptación a los avances tecnológicos no deberá implicar adquirir un nuevo tipo de cableado. De los medios guiados que se han mencionado, la fibra óptica es la que se adapta más fácilmente.



**Fig 2.11. Comparación de adaptabilidad de los medios guiados**

### Costo

Uno de los factores más importantes que deben ser tomados en cuenta en la planificación de una red, aunque no el único, es el precio. En muchos casos el costo del tendido del cable puede limitar la capacidad de la red. El menos costoso de todos los tipos de cable es el UTP (*Unshielded Twisted Pair*).

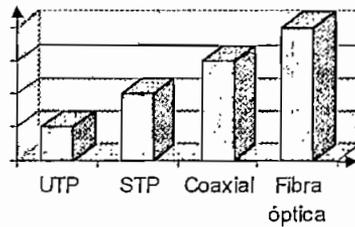


Fig 2.12. Comparación de precio de los medios guiados

### Flexibilidad

Se espera que no sea necesario cambiar de tipo de cable cuando se instala un protocolo nuevo. El medio guiado con mayor compatibilidad y flexibilidad es el par trenzado, ya que la mayoría de protocolos pueden usarlo. La fibra está al final de la lista debido a que es relativamente nueva en la implantación de redes y a que, en general, es empleada para aplicaciones específicas (como, por ejemplo, usarla únicamente para *backbone*).

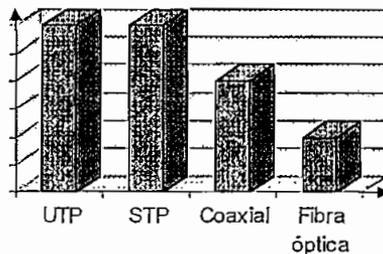


Fig 2.13. Comparación de flexibilidad de los medios guiados

### Rendimiento funcional

El rendimiento funcional de un cable es uno de los factores más difíciles de considerar debido a que aparecen nuevos estándares continuamente. Sin embargo, es innegable la

gran capacidad de la fibra óptica y luego el cable coaxial, ya que puede utilizarse en redes de banda ancha que empleen un número determinado de canales separados. El cable STP es mejor que el UTP debido a que presenta mayor inmunidad a la interferencia electromagnética externa.

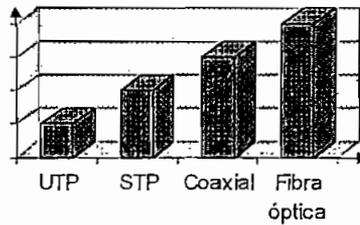


Fig 2.14. Comparación de rendimiento funcional de los medios guiados

### *Seguridad*

Si el cable de comunicaciones atraviesa áreas donde una pequeña chispa puede causar incendio o explosión, o que el ambiente sea corrosivo a los metales, la mejor alternativa es utilizar fibra óptica. Debido al blindaje del coaxial y del STP pueden perder sus características de inmunidad al ruido en ambientes corrosivos. El UTP, por su parte, es el más susceptible de todos. Aunque, en condiciones normales de ambiente, todos los cables son iguales .

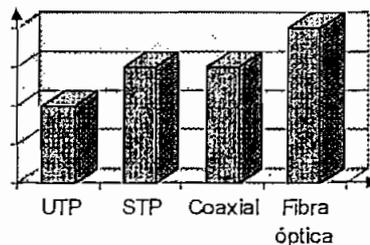


Fig 2.15. Comparación en cuanto a la seguridad de los medios guiados

### *Privacidad en las comunicaciones*

Existen redes de comunicaciones donde la privacidad en ellas y la seguridad de que ninguna persona no - autorizada pueda tener acceso a ellas, es una característica muy

importante. Si se trata de un tipo de cable con un blindaje metálico que no se encuentre a tierra perfectamente, el cable se convierte en una antena que podrá transmitir su señal con la posibilidad de que ésta sea sintonizada accidentalmente por cualquier persona fuera de la red.

Por otro lado, puede haber interés en extraer información de la red ilícitamente. Es posible conseguir este fin mediante un empalme o derivación tomada directamente del cable de red. Cabe mencionar que la fibra óptica es inmune a cualquiera de estos dos métodos y por lo tanto es el más seguro en cuanto a privacidad en las comunicaciones.

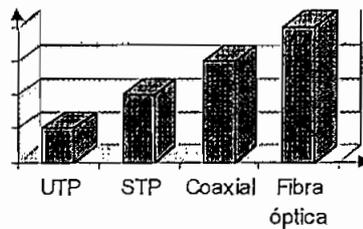


Fig 2.16. Comparación de privacidad en las comunicaciones

### *Inmunidad a la interferencia electromagnética*

Si la red se va a instalar en ambiente muy “ruidoso” (donde existan muchos dispositivos que puedan causar interferencia electromagnética como aire acondicionado, lámparas fluorescentes, motores, etc), o cerca de equipos con gran sensibilidad (analizadores de laboratorio, radios de alta frecuencia, etc) es muy importante que el cable sea inmune al ruido. El tipo de cable que presenta mayor inmunidad es la fibra óptica.

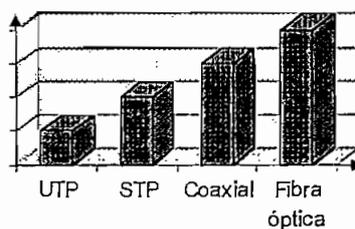


Fig 2.17. Comparación de los tipos de cable con respecto a la inmunidad a la interferencia electromagnética

## **2.2. ANÁLISIS DE SOLUCIONES INDIVIDUALES PARA CADA UNO DE LOS SERVICIOS**

### **2.2.1. SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA**

Para cubrir las necesidades de comunicación de voz a lo largo de todo el recorrido de los trolebuses (incluyendo sus ampliaciones), que comprende 24,3 km, y que responda a las necesidades descritas en el capítulo 1, se propone una solución mediante un sistema de telefonía y megafonía de última tecnología.

Se ha considerado que, dentro de este sistema, es posible incorporar el sistema de REVENGA actual, el cual puede ser utilizado exclusivamente para megafonía en el tramo central del recorrido.

El Sistema Telefónico que se propone debe ser de tecnología digital, con sistema de conmutación digital del tipo temporal o espacial - temporal y control por programa almacenado.

Se ha previsto cubrir el trayecto de 24,3 km mediante 2 centrales telefónicas similares (o dos módulos de una misma central), de última generación, nuevas de fábrica y que empleen técnicas de codificación digital de acuerdo a las recomendaciones de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Telecomunicaciones).

Las centrales que se sugieren manejarán teléfonos del tipo analógico y/o digital, pero garantizarán una calidad de transmisión adecuada a lo largo de todo el trayecto de los trolebuses.

Cabe mencionar que los teléfonos digitales y la central telefónica serán de la misma marca, debido a que los protocolos empleados para la comunicación de voz digitalizada no se han estandarizado y son diferentes en cada marca.

Las centrales telefónicas, se ubicarían en la estación de transferencia La Y y en la estación de El Recreo respectivamente, y se enlazarían mediante cable de cobre tipo PCM. Para compensar la atenuación a lo largo de los 11,3 km que habría entre ellas se emplearía repetidores regenerativos cada 1,8 km aproximadamente.

El servicio de megafonía para las extensiones del sistema de trolebuses al norte y al sur, en las paradas y subestaciones de tracción comprendidas entre las Estaciones de Transferencia de La Y y La Ofelia al norte, y las Estaciones de Transferencia de Quitumbe y El Recreo al sur, se brindaría a través de un sistema de intercomunicadores formado por:

- 20 extensiones o puertos para intercomunicadores
- 8 circuitos para enlaces con aplicaciones como:
  - línea analógica multifrecuencial tipo línea de Andinatel o equivalente
  - enlace con radio *paging*
  - conexión *Tie-Line*
  - música de fondo o mensajes hablados
  - enlaces a sistemas de alarmas
  - supervisión de líneas
  - conferencia múltiple de 4 a 8 extensiones simultáneamente

La megafonía de la parte del centro del trayecto, entre las estaciones de La Y y El Recreo, se manejará con el sistema REVENGA que se conectará a uno de los módulos de la central telefónica y será direccionado como si fuera otra extensión telefónica. De este modo se asegurará una alta calidad y eficiencia, se aprovechará los recursos con los que se cuenta y permitirá que los mensajes lleguen en forma totalmente inteligible.

La elección del sistema de intercomunicadores en lugar de usar *paging* se debe a que el trayecto del trolebús, en el que se ubicaría el sistema, consta de 24,3 km. Por lo que, para cubrir esta distancia, se requiere de una solución más complicada en cuanto a equipos de amplificación.

La ubicación de los altavoces sería físicamente separada del equipo de intercomunicación, esto es, que el intercomunicador no se encontraría incorporado en el mismo chasis con el altavoz. De esta manera podrán ser colocados estratégicamente dentro de las paradas de modo que se obtenga la mejor acústica.

El Sistema Telefónico permitirá, a lo largo de todo el trayecto (desde la Ofelia hasta Quitumbe), comunicaciones telefónicas en: paradas, subestaciones de tracción, taller, Centros de Recaudaciones y Oficinas Administrativas. Además, siempre será factible una comunicación telefónica directa, automática con y sin intervención de la operadora, entre cualquiera de las extensiones de todo el sistema e incluso con líneas del sistema público de telefonía.

### *Especificaciones técnicas de las centrales telefónicas*

- 1.- Nuevas de fábrica, de última generación, con certificación escrita de fábrica y la capacidad inicial detallada en la Tabla 1.2. del Capítulo 1.

Las extensiones podrán ser del tipo analógico y digital. La configuración, en lo que se refiere a extensiones, troncales y puestos de operadora que tendrá la central, considerando sus 20% de reserva, es la siguiente:

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Extensiones analógicas..... | 128 |
| Extensiones digitales.....  | 32  |
| Troncales.....              | 16  |
| Puestos de Operadora.....   | 1   |

- 2.- La capacidad final alambrada (número de *slots* disponibles en la central) será por lo menos un 50% más de la capacidad inicial indicada, de manera que, para crecimiento del sistema, solamente se necesitarán tarjetas adicionales de extensión y de troncales exclusivamente.

- 3.- Alimentación eléctrica: 110 VAC  $\pm$  10 %, 60 Hz. Las centrales telefónicas funcionarán con 48 VDC  $\pm$  5% provenientes del rectificador, el cual a su vez se alimentará con la energía proveniente de la red pública. Los teléfonos no recibirán voltaje de alimentación, mas que del sistema telefónico; es decir, será un sistema de batería central.
- 4.- Posibilidad de conexión de sistemas de transmisión digital PCM TDM de 30 + 2 canales (ley A) de acuerdo a las recomendaciones G.711 y G.732 de la UIT-T<sup>8</sup>.
- 5.- Las centrales serán de estructura modular con el objeto de facilitar su instalación, mantenimiento y ampliación.
- 6.- Las baterías de emergencia serán libres de mantenimiento y asegurarán un servicio al sistema de telefonía y megafonía en un 100% en por lo menos 6 horas de servicio con tráfico máximo.
- 7.- El equipo cargador de baterías será el adecuado para las baterías que suplan la energía necesaria al sistema de telefonía y megafonía.
- 8.- En caso de suspensión de la energía eléctrica y que las baterías ya hayan prestado su servicio por 6 horas, se contará con panel de transferencia automático de las líneas troncales a por lo menos 12 extensiones analógicas de señalada importancia y asegurar así el servicio telefónico externo.
- 9.- Las conexiones entre la PBX y las troncales y extensiones serán realizadas por medio de un módulo de distribución principal (MDF). El MDF será una unidad separada conectada a la central.
- 10.- La central telefónica será sin bloqueo, tanto para llamadas internas como para llamadas externas.
- 11.- El sistema manejará señalización tipo DTMF (Doble Tono Multifrecuencial) y decádica (o de pulsos). Igualmente estará en capacidad de manejar y procesar tanto informaciones analógicas como digitales.
- 12.- Protección de tarjetas de líneas telefónicas contra sobretensión.
- 13.- Facilidad para configurar mediante programa la central, las troncales y las extensiones asignadas a los aparatos.
- 14.- Total flexibilidad en la numeración de las extensiones.

---

<sup>8</sup> Véase el anexo 2

- 15.- El tiempo de respuesta del Sistema Telefónico será menor a 1 segundo.
- 16.- Troncales de acceso a través de operadora y nivel de prioridad.
- 17.- Transferencia de llamadas sin utilizar operadora.
- 18.- Troncales de acceso directo. Toda extensión podrá, previo código y programación, tener acceso a troncales sin intervención de operadora.
- 19.- Posibilidad de acceso directo al sistema desde una llamada entrante, no a través de troncales privadas.
- 20.- Privacidad en troncales y extensiones compartidas.
- 21.- Marcación abreviada para números telefónicos internos y externos.
- 22.- Posibilidad de acceder a extensiones de emergencia.
- 23.- Compatibilidad a cualquier tipo de aparato telefónico analógico.

### *Especificaciones técnicas del aparato telefónico analógico*

- 1.- Marcación por tonos (DTMF) y por pulsos
- 2.- Alimentación de 48 VDC  $\pm$  5%
- 3.- Corriente de conversación entre 20 y 60 mA
- 4.- Frecuencia de timbrado: 25 Hz  $\pm$  20 %
- 5.- Voltaje de timbrado: 75 Vrms (-66% a + 30%)
- 6.- No requerimiento de voltaje AC
- 7.- Regulación del nivel de timbre
- 8.- Conexión a la central telefónica utilizando un solo par de alambres.

Algunos aparatos telefónicos serán digitales, multifunción y con pantalla de cristal líquido.

### *Cálculo del Cableado*

#### **a) Consideraciones para el cálculo**

El medio de transmisión que se usará para los sistemas de telefonía y megafonía será cable de cobre multípar antiroedores con vaselina de petróleo.

Para el cálculo del número de pares de cobre que se requieren se ha considerado que la central telefónica y/o la central de megafonía se encuentra distribuida en dos módulos: uno ubicado en el Terminal de El Recreo y otro en el Terminal de La Y. De esta manera, se puede hacer una mejor distribución del cable sin necesidad de usar regeneradores de señal a lo largo de todo el trayecto de 24,3 Km; de lo contrario, se encarecería el sistema. Solamente se tomará en cuenta el uso de regeneradores en los 11,3 Km de cable de cobre tipo PCM que enlazarán las dos centrales telefónicas.

El cálculo del número de pares que deben salir de cada uno de los módulos se ha realizado de acuerdo a la cantidad de paradas, subestaciones de tracción (S/E) y terminales que se encuentren a lo largo del trayecto y al número de pares necesarios en cada uno de ellos.

Es importante indicar que las normas establecidas por ANDINATEL S.A. exigen que se debe agregar el 30% al cálculo del número de pares por concepto de reserva, para crecimiento y mantenimiento en el armario de distribución, en cada estación. Una vez considerado este porcentaje por armario de distribución, se debe agregar un 20% de reserva en la acometida total. Dicha reserva se consideró únicamente para el número de pares de la acometida inicial y no para todos y cada uno de los tramos. Es decir, en cada tramo se ajustará la reserva de acuerdo a los requerimientos y al número de pares estándar del que constan los cables multipares comerciales.

#### b) Cálculo de cableado para el sistema de telefonía y megafonía Extensión norte

|                   | Número | Pares | Reserva en armario distribución 30% | Total de pares |
|-------------------|--------|-------|-------------------------------------|----------------|
| Paradas           | 14     | 4     | 5                                   | 70             |
| Terminales        | 2      | 6     | 7                                   | 14             |
| S/E               | 4      | 4     | 5                                   | 20             |
| SUBTOTAL :        |        |       |                                     | 104            |
| + 20% DE RESERVA: |        |       |                                     | 21             |
| TOTAL:            |        |       |                                     | 125            |

Tabla 2.4. Requerimiento de pares telefónicos para la acometida (Extensión Norte)

| ITEM | TRAMO                           | CABLE<br>(N° DE PARES<br>ESTANDAR) | DISTANCIA<br>[metros] |
|------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1    | Parada 1- Terminal La Y         | 150                                | 663                   |
| 2    | Parada 2-Parada 1               | 150                                | 550                   |
| 3    | Parada 3-Parada 2               | 100                                | 375                   |
| 4    | Parada 3- S/E La Concepción     | 10                                 | 65                    |
| 5    | Parada 4-Parada 3               | 100                                | 625                   |
| 6    | Parada 5-Parada 4               | 100                                | 413                   |
| 7    | Parada 6-Parada 5               | 100                                | 438                   |
| 8    | Parada 7-Parada 6               | 100                                | 350                   |
| 9    | Parada 7- S/E Andalucía         | 10                                 | 33                    |
| 10   | Parada 8 - Parada 7             | 70                                 | 450                   |
| 11   | Parada 9 - Parada 8             | 70                                 | 300                   |
| 12   | Parada 10- Parada 9             | 70                                 | 313                   |
| 13   | Parada 11 - Parada 10           | 50                                 | 313                   |
| 14   | Parada 11- S/E El Rosario       | 10                                 | 174                   |
| 15   | Parada 12-Parada 11             | 50                                 | 500                   |
| 16   | Parada 13-Parada 12             | 50                                 | 325                   |
| 17   | Parada 14 - Parada 13           | 30                                 | 313                   |
| 18   | Terminal La Ofelia - Parada 14  | 30                                 | 625                   |
| 19   | Terminal La Ofelia - S/E Ofelia | 10                                 | 43                    |

Tabla 2.5. Requerimiento de pares telefónicos para el trayecto Terminal La Y - Terminal La Ofelia

| ITEM | Número de pares<br>del cable | Longitud del cable<br>(+ 30%)<br>[metros] |
|------|------------------------------|---|
| 1    | 150                          | 1576                                      |
| 2    | 100                          | 2860                                      |
| 3    | 70                           | 1381                                      |
| 4    | 50                           | 1479                                      |
| 5    | 30                           | 1219                                      |
| 6    | 10                           | 410                                       |

Tabla 2.6. Resumen de longitud de cable y número de pares (Extensión Norte)

c) Cálculo de cableado para el sistema de telefonía y megafonía Parte centro-norte (parada El Ejido-Terminal La Y)

|                   | Número | Pares | Reserva en<br>armario<br>distribución<br>30% | Total de pares |
|-------------------|--------|-------|--|----------------|
| Paradas           | 20     | 4     | 5  | 100            |
| S/E               | 4      | 4     | 5  | 20             |
| SUBTOTAL :        |        |       |  | 120            |
| + 20% DE RESERVA: |        |       |  | 24             |
| TOTAL:            |        |       |  | 144            |

Tabla 2.7. Requerimiento de pares telefónicos para la acometida (Parte centro-norte)

| ITEM | TRAMO                              | CABLE<br>(N° DE PARES<br>ESTANDAR) | DISTANCIA<br>[m] |
|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| 1    | Parada 29 - Parada 10              | 10                                 | 65               |
| 2    | Parada 10 - Parada 11              | 20                                 | 652              |
| 3    | Parada 10 - S/E El Ejido           | 10                                 | 65               |
| 4    | Parada 11 - Parada 28              | 30                                 | 65               |
| 5    | Parada 28 - Parada 27              | 30                                 | 109              |
| 6    | Parada 27 - Parada 12              | 50                                 | 65               |
| 7    | Parada 12 - Parada 26              | 50                                 | 261              |
| 8    | Parada 26 - Parada 13              | 50                                 | 130              |
| 9    | Parada 13 - Parada 25              | 50                                 | 609              |
| 10   | Parada 25 - Parada 14              | 70                                 | 109              |
| 11   | Parada 14 - Parada 24              | 70                                 | 261              |
| 12   | Parada 24 - Parada 15              | 70                                 | 261              |
| 13   | Parada 24 - S/E Mariana de Jesús   | 10                                 | 217              |
| 14   | Parada 15 - Parada 23              | 100                                | 130              |
| 15   | Parada 23 - Parada 16              | 100                                | 87               |
| 16   | Parada 16 - Parada 22              | 100                                | 348              |
| 17   | Parada 22 - Parada 17              | 100                                | 87               |
| 18   | Parada 17 - Parada 21              | 100                                | 391              |
| 19   | Parada 21 - Parada 18              | 150                                | 87               |
| 20   | Parada 21 - S/E Naciones Unidas    | 10                                 | 65               |
| 21   | Parada 18 - Parada 20              | 150                                | 543              |
| 22   | Parada 20 - Parada 19              | 150                                | 87               |
| 23   | Parada 19 - Terminal La Y          | 150                                | 652              |
| 24   | Terminal La Y - S/E Terminal Norte | 10                                 | 65               |

Tabla 2.8. Requerimiento de pares telefónicos para el trayecto comprendido entre la parada El Ejido (norte/sur) y el terminal La Y

| ITEM | Número de pares<br>del cable | Longitud del<br>cable (+ 30%)<br>[metros] |
|------|------------------------------|---|
| 1    | 150                          | 1780                                      |
| 2    | 100                          | 1357                                      |
| 3    | 70                           | 820                                       |
| 4    | 50                           | 1385                                      |
| 5    | 30                           | 226                                       |
| 6    | 20                           | 848                                       |
| 7    | 10                           | 622                                       |

Tabla 2.9. Resumen de longitud de cable y número de pares (Parte centro-norte)

d) Cálculo de cableado para el sistema de telefonía y megafonía Parte centro-sur (parada La Alameda-Terminal El Recreo)

|                   | Número | Pares | Reserva en<br>armario<br>distribución<br>30% | Total de pares |
|-------------------|--------|-------|--|----------------|
| Paradas           | 19     | 4     | 5  | 95             |
| S/E               | 4      | 4     | 5  | 20             |
| SUBTOTAL:         |        |       |  | 115            |
| + 20% DE RESERVA: |        |       |  | 23             |
| TOTAL:            |        |       |  | 138            |

Tabla 2.10. Requerimiento de pares telefónicos para la acometida (Parte centro-sur)

| ITEM | TRAMO                                 | CABLE<br>(N° DE PARES<br>ESTANDAR) | DISTANCIA<br>[m] |
|------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| 1    | Terminal el Recreo - Parada 39        | 150                                | 957              |
| 2    | Terminal el Recreo - S/E Terminal Sur | 10                                 | 65               |
| 3    | Parada 39 - Parada 1                  | 100                                | 109              |
| 4    | Parada 1 - Parada 2                   | 100                                | 543              |
| 5    | Parada 1 - S/E Villaflores            | 10                                 | 239              |
| 6    | Parada 2 - Parada 3                   | 100                                | 326              |
| 7    | Parada 3 - Parada 36                  | 100                                | 435              |
| 8    | Parada 39 - Parada 38                 | 20                                 | 326              |
| 9    | Parada 38 - Parada 37                 | 20                                 | 870              |
| 10   | Parada 37 - Parada 36                 | 10                                 | 326              |
| 11   | Parada 36 - Parada 4                  | 100                                | 109              |
| 12   | Parada 4-Parada 5                     | 70                                 | 326              |
| 13   | Parada 5 - Parada 35                  | 70                                 | 65               |
| 14   | Parada 5 - S/E Cumandá                | 10                                 | 130              |
| 15   | Parada 35 - Parada 34                 | 70                                 | 174              |
| 16   | Parada 34 - Parada 6                  | 50                                 | 87               |
| 17   | Parada 6 - Parada 7                   | 30                                 | 435              |
| 18   | Parada 7 - Parada 8                   | 30                                 | 543              |
| 19   | Parada 6 - Parada 33                  | 20                                 | 326              |
| 20   | Parada 33 - Parada 32                 | 20                                 | 391              |
| 21   | Parada 32 - Parada 8                  | 10                                 | 217              |
| 22   | Parada 8 - Parada 31                  | 30                                 | 109              |
| 23   | Parada 31 - Parada 9                  | 20                                 | 304              |
| 24   | Parada 31 - S/E San Blas              | 10                                 | 65               |
| 25   | Parada 9 - Parada 30                  | 10                                 | 65               |

Tabla 2.11. Requerimiento de pares telefónicos para el trayecto comprendido entre el Terminal el Recreo y la parada La Alameda (norte/sur)

| ITEM | Número de pares<br>del cable | Longitud del cable (+ 30%)<br>[metros] |
|------|------------------------------|--|
| 1    | 150                          | 1243                                   |
| 2    | 100                          | 2289                                   |
| 3    | 70                           | 735                                    |
| 4    | 50                           | 113                                    |
| 5    | 30                           | 1413                                   |
| 6    | 20                           | 2883                                   |
| 7    | 10                           | 1441                                   |

Tabla 2.12. Resumen de longitud de cable y número de pares (Parte centro-sur)

e) Cálculo de cableado para el sistema de telefonía y megafonía Extensión sur

|                   | Número | Pares | Reserva en<br>armario<br>distribución<br>30% | Total de pares |
|-------------------|--------|-------|--|----------------|
| Paradas           | 13     | 4     | 5  | 65             |
| Terminales        | 2      | 6     | 7  | 14             |
| S/E               | 4      | 4     | 5  | 20             |
| SUBTOTAL:         |        |       |  | 99             |
| + 20% DE RESERVA: |        |       |  | 20             |
| TOTAL:            |        |       |  | 119            |

Tabla 2.13. Requerimiento de pares telefónicos para la acometida (Extensión sur)

| ITEM | TRAMO                            | CABLE<br>(N° DE PARES<br>ESTANDAR) | DISTANCIA [m] |
|------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|
| 1    | Parada 1- Terminal El Recreo     | 150                                | 1025          |
| 2    | Parada 2-Parada 1                | 100                                | 500           |
| 3    | Parada 2- S/E San Bartolo        | 10                                 | 65            |
| 4    | Parada 3-Parada 2                | 100                                | 350           |
| 5    | Parada 4-Parada 3                | 100                                | 575           |
| 6    | Parada 5-Parada 4                | 100                                | 438           |
| 7    | Parada 6-Parada 5                | 100                                | 350           |
| 8    | Parada 7-Parada 6                | 70                                 | 425           |
| 9    | Parada 7- S/E Solanda            | 10                                 | 65            |
| 10   | Parada 8 - Parada 7              | 70                                 | 475           |
| 11   | Parada 9 - Parada 8              | 70                                 | 325           |
| 12   | Parada 10- Parada 9              | 50                                 | 625           |
| 13   | Parada 10- S/E Turubamba         | 10                                 | 239           |
| 14   | Parada 11 - Parada 10            | 50                                 | 525           |
| 15   | Parada 12-Parada 11              | 50                                 | 463           |
| 16   | Parada 13-Parada 12              | 30                                 | 563           |
| 17   | Terminal Quitumbe - Parada 13    | 30                                 | 838           |
| 18   | Terminal Quitumbe - S/E Quitumbe | 10                                 | 65            |

Tabla 2.14. Requerimiento de pares telefónicos para el trayecto Terminal El Recreo - Terminal Quitumbe

| ITEM | Número de pares<br>del cable | Longitud del cable<br>(+ 30%) en mts. |
|------|------------------------------|---------------------------------------|
| 1    | 150                          | 1333                                  |
| 2    | 100                          | 2876                                  |
| 3    | 70                           | 1593                                  |
| 4    | 50                           | 2096                                  |
| 5    | 30                           | 1820                                  |
| 6    | 10                           | 565                                   |

Tabla 2.15. Resumen de longitud de cable y número de pares (Extensión sur)

**f) Resumen del requerimiento básico de la longitud de cable y número de pares telefónicos para el Sistema de trolebuses de Quito**

| Número de pares del cable | Tipo de cable <sup>9</sup> | Extensión Norte [mts] | Zona Centro - Norte [mts] | Zona Centro - Sur [mts] | Extensión Sur [mts] | TOTAL [mts] |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|
| 150                       | ELALD JF ó ELAL JF         | 1,413                 | 1,780                     | 1,243                   | 1,130               | 5,566       |
| 100                       | ELALD JF ó ELAL JF         | 3,193                 | 1,357                     | 2,289                   | 2,402               | 9,241       |
| 70                        | ELALD JF ó ELAL JF         | 1,809                 | 820                       | 735                     | 1,865               | 5,229       |
| 50                        | ELALD JF ó ELAL JF         | 1,526                 | 1,385                     | 113                     | 1,865               | 4,889       |
| 30                        | ELALD JF ó ELAL JF         | 565                   | 226                       | 1,413                   | 933                 | 3,137       |
| 20                        | ELALD JF ó ELAL JF         | -                     | 848                       | 2,883                   | -                   | 3,731       |
| 10                        | ELALD JF ó ELAL JF         | 410                   | 622                       | 1,441                   | 565                 | 3,038       |
| 10                        | ENTORCHADO (PCM)           | -                     | 7,300                     | 7,300                   | -                   | 14,600      |

**Tabla 2.16. Resumen del requerimiento básico de longitud de cable y número de pares**

Nota: El diámetro de los conductores sería de al menos 0.8 mm.

Una de las soluciones podrá ser que tanto la disposición del sistema telefónico como la topología del sistema de intercomunicadores sea la misma. Otras soluciones podrían contemplar un solo módulo de central o un número mayor que dos módulos.

En cada una de las estaciones de transferencia de El Recreo y La Y se debe implantar un módulo de central telefónica y uno del sistema de intercomunicadores. Desde el MDF, que se dispondrá en cada estación, saldrán los pares telefónicos necesarios que irán a las paradas. De esta manera, se tendrá una topología en estrella por cada módulo y el enlace entre las centrales de cada sistema será a través de cable PCM.

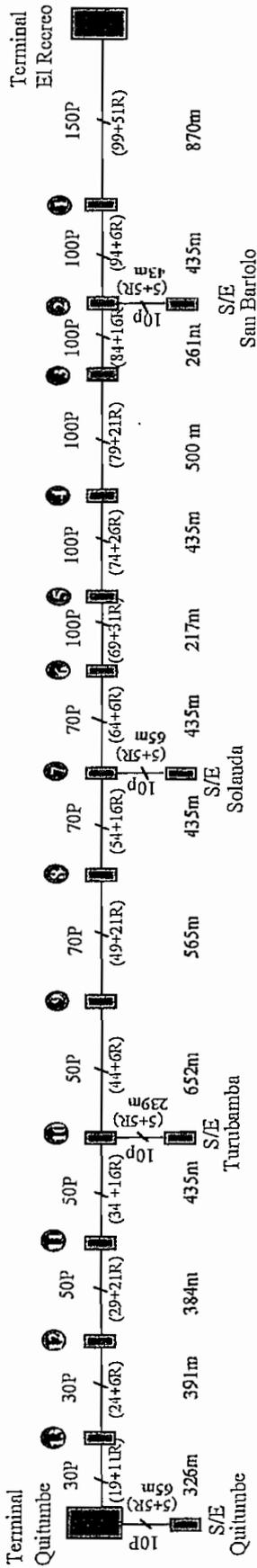
Se deberá disponer de 6 cajas regeneradoras de señal para el enlace entre centrales del sistema de telefonía, donde se estima una cada 1.8 km para dar seguridad en el tramo, y 2 equipos LTU para acoplar el cable PCM con la salida. Para el sistema de intercomunicadores será necesario instalar 10 regeneradores de señal para ser instalados cada 800 metros.

La disposición del cableado tanto del sistema de telefonía como del sistema de megafonía será la que se observa en los siguientes esquemas:

<sup>9</sup> ELALD JD ó ELALD JF son cables telefónicos rellenos de gelatina de petróleo y antiroedores, nombres tomados del catálogo de CABLEC S.A.

DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA

EXTENSIÓN SUR

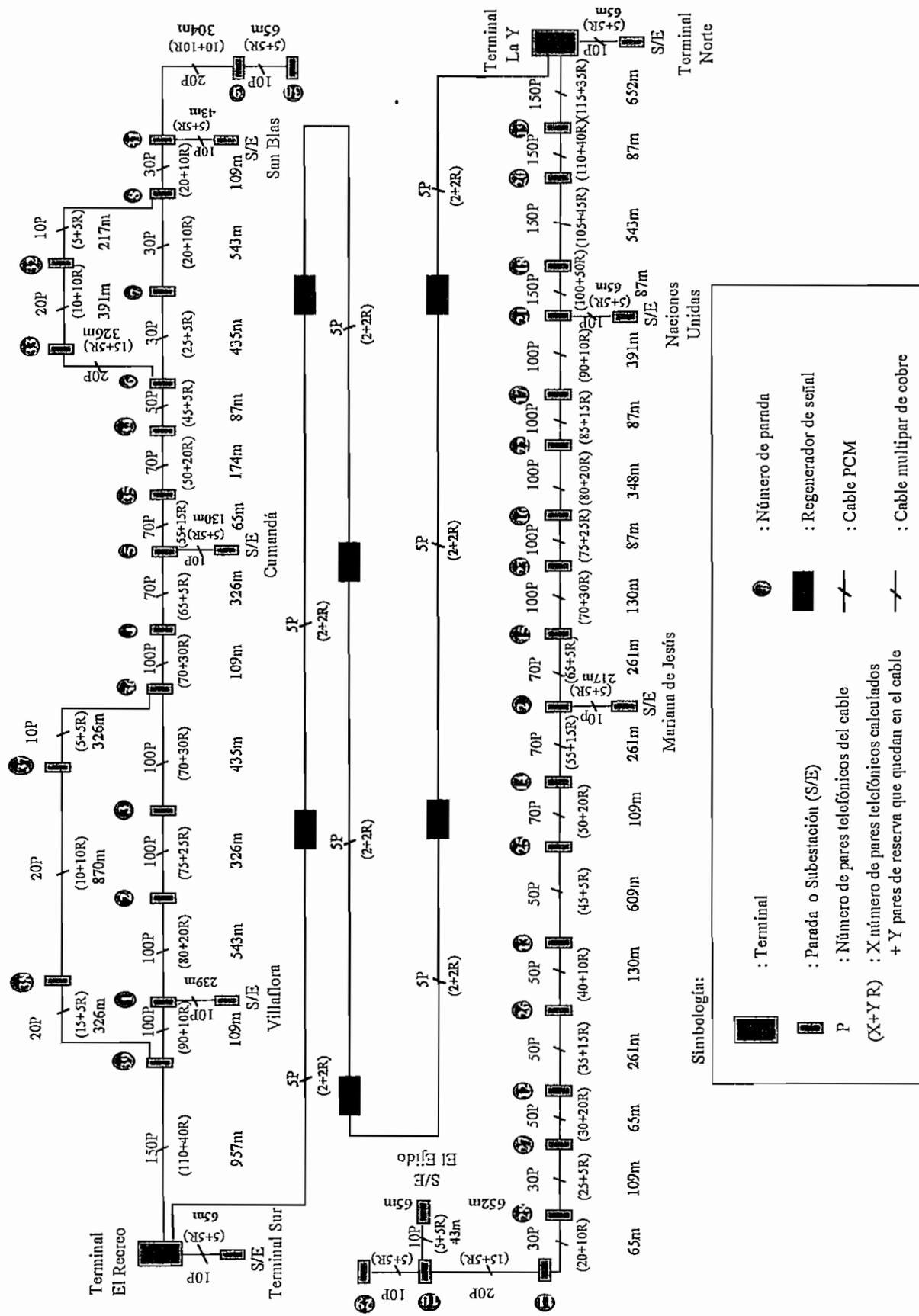


Simbología:

-  : Terminal
-  : Parada o Subestación (S/E)
- P : Número de pares telefónicos del cable
- (X+YR) : X número de pares telefónicos calculados + Y pares de reserva que quedan en el cable
-  : Número de parada
-  : Cable multipar de cobre

Fig. 2.18. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema de Telefonía y Megafonía (Extensión Sur)

DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA PARTE CENTRAL



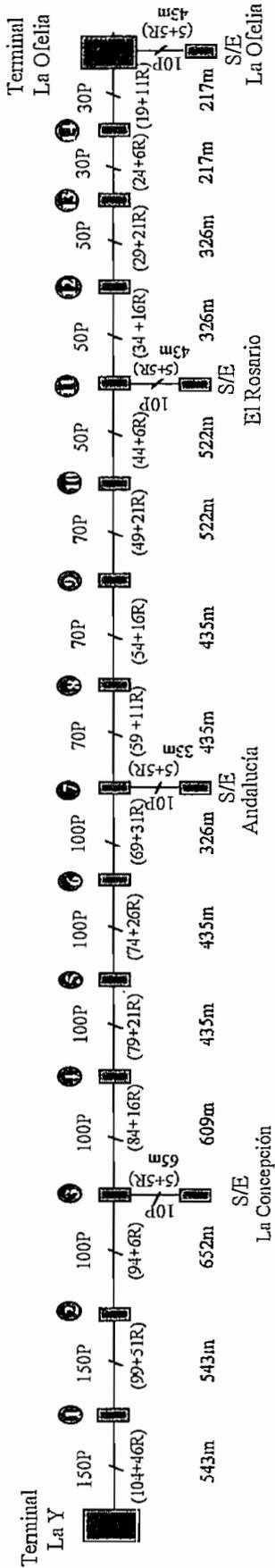
Simbología:

|  |  |  |                            |
|--|--|--|----------------------------|
|  | : Terminal   |  | : Número de parada         |
|  | : Parada o Subestación (S/E)   |  | : Regenerador de señal     |
|  | P : Número de pares telefónicos del cable  |  | : Cable PCM                |
|  | X+Y R : X número de pares telefónicos calculados + Y pares de reserva que quedan en el cable |  | : Cable multiplex de cobre |

Fig. 2.19. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema de Telefonía y Megafonía (Parte central)

DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA

EXTENSIÓN NORTE



Simbología:

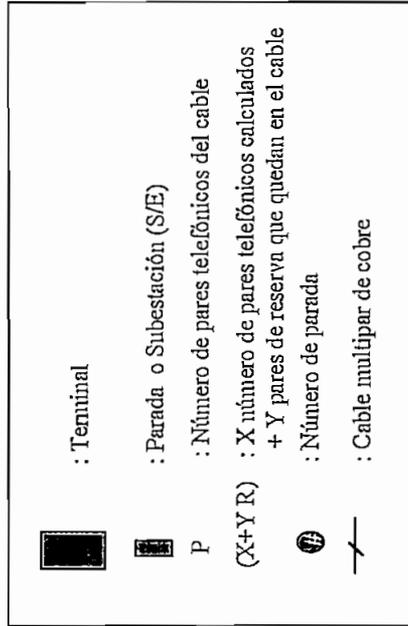


Fig. 2.20. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema de Telefonía y Megafonía (Extensión Norte)

### *Funciones de entrada - salida*

- 1.- Posibilidad de conectar como mínimo dos unidades de tipo estándar (impresora o pantalla) simultáneamente al sistema mediante interfaces tipo V.24, directamente o de manera remota mediante la conexión de un módem para línea telefónica conmutada, a velocidad mínima de 9600 bps.
- 2.- Una entrada / salida para:
  - Manejar los datos del sistema y de los usuarios
  - Localizar las fallas
  - Informar sobre las fallas
  - Grabar datos de tráfico
- 3.- Posibilidad de conexión de una impresora con el objeto de obtener reportes impresos.

### *Sistema de intercomunicadores*

- 1.-Las centrales para el sistema de intercomunicadores serán independientes de las del sistema de telefonía.
- 2.-Cada central dispondría de 20 extensiones o puertos para intercomunicadores (las extensiones restantes por cada extensión, norte y sur, se dejan para reserva)
- 3.-Cada una de las paradas de la ampliación (Extensión Norte y Extensión Sur), dispondrá de un intercomunicador.
- 4.-Intercomunicadores con amplificador de bucle incluido para conectar un parlante externo.

5.-Potencia de salida regulable del altavoz con 30 vatios máximo.

6.-Dos parlantes por parada y cuatro por estación de transferencia de la ampliación, es decir, los altavoces serán ubicados estratégicamente dentro de cada parada y en las estaciones de La Ofelia, La Y, El Recreo y Quitumbe, con el objetivo de obtener la mejor calidad acústica.

### *Facilidades del Sistema de Telefónico*

1. - Respaldo de fuente de poder
2. - Acceso directo a servicios internos (DISA)
3. - Distribución automática de llamadas
4. - Tie - Lines
5. - VIPD (Duplicación de partes muy importantes)

### *Facilidades del puesto de operadora*

1. - Indicación visual y acústica de llamadas en espera
2. - Lámparas de indicación de alarma
3. - Administración desde operadora
4. - Servicio Nocturno automático
5. - Campo de lámparas de ocupado y campo de presentación
6. - Anuncio de llamada
7. - Control de las restricciones de llamada individual
8. - Control y anulación de la facilidad “no molestar”
9. - Audífonos de cabeza para operadora
- 10.- Mensaje en espera
- 11.- Reservación de troncal

### *Facilidades de las extensiones*

1. - Marcación abreviada
2. - Reservación de extensión/troncal
3. - Interrupción de llamada
4. - Desvío de llamada
5. - Parqueo de llamadas
6. - Captura de llamadas
7. - Llamada en espera
8. - Retrollamada cuando la extensión está libre
9. - “Sígame” (Follow-me)
- 10.- Conferencia
- 11.- Diferentes clases de servicio
- 12.- No molestar
- 13.- Llamada de emergencia
- 14.- Hot Line
- 15.- Intercomunicador
- 16.- Bloqueo de las líneas por programación
- 17.- Manejo de teléfonos Jefe - Secretaria
- 18.- Privacidad
- 19.- Llamada rápida
- 20.- Control de volumen

### *Criterios relacionados con el software*

- 1.- Operación en base a SPC (Control por Programa Almacenado)
- 2.- Versión actualizada de *software*
- 3.- Disponibilidad de al menos un segundo acceso simultáneo de programación
- 4.- Administración local y remota del sistema.
- 5.- Reportes completos de tráfico.

### 2.2.2. SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

Se utilizará un sistema de radio troncalizado de modo que exista una probabilidad muy alta de que el usuario tenga éxito después del primer intento en establecer su comunicación.

La bandas de frecuencias más difundidas comercialmente para el sistema troncalizado son las de 800 y 900 MHz.

El sistema funcionará análogamente al de las cajeras de un banco y la gente que espera para acceder a ellas. El caso en el que se forma una fila de personas por cada una de las cajeras equivale al sistema de radio convencional; en cambio, el caso en el que se establece una sola fila, en la que se espera a que cualquiera de las cajeras esté libre y accede el primero en la fila, equivale al sistema troncalizado. Esto quiere decir que cuando una repetidora deja de funcionar adecuadamente, bajo el esquema del sistema convencional todo el grupo asignado a esta repetidora se quedaría sin servicio; pero, para el mismo caso, con el sistema troncalizado los usuarios serían atendidos por las otras repetidoras.

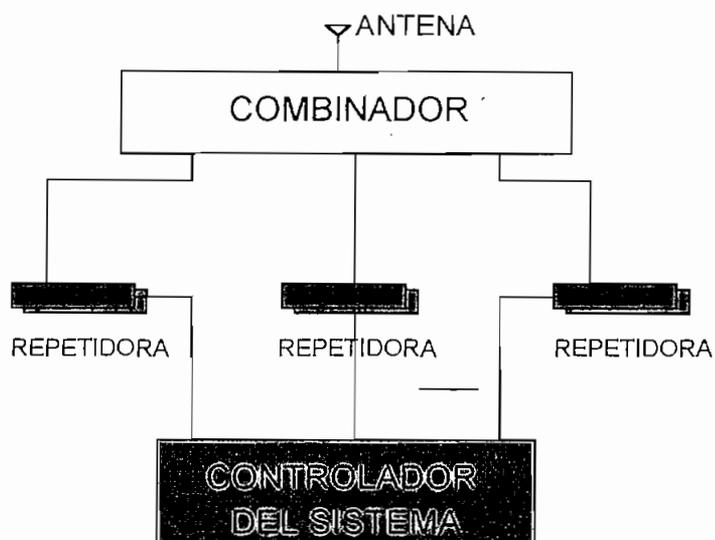


Fig. 2.21. Diagrama de Bloques de un Sistema Troncalizado

El sistema de radio troncalizado se caracterizará por la búsqueda automática de canales de comunicación libres dentro de un repetidor multicanal. El sistema presentará principalmente las siguientes ventajas:

- Mínimo tiempo de espera para acceder al sistema de repetición
- Flexibilidad para el incremento de la capacidad de usuarios que puedan coexistir en el sistema
- Aumento de la eficiencia del uso de las frecuencias
- Alta confiabilidad y disponibilidad de canales radioeléctricos, puesto que si por alguna razón falla una de las repetidoras, las otras automáticamente podrán cubrir su función.
- Búsqueda automática de canales disponibles dentro de un repetidor multicanal.
- Distribución equitativa de carga en todas las repetidoras.

### *Funcionalidad del Sistema de Radiocomunicaciones Troncalizado*

El sistema permitirá incrementar el número de usuarios con mucha flexibilidad y sin necesidad de repetidoras adicionales.

Existirá alta confiabilidad y disponibilidad de canales radioeléctricos, pues se tendrá respaldo automático de repetidoras, es decir, si por alguna razón una de las repetidoras deja de funcionar, las demás repetidoras cubrirán su función y el sistema continuará operando sin que al usuario le afecte y sin que se interrumpa el servicio.

La carga se distribuirá por igual entre todas las repetidoras que serán parte del sistema.

Los periodos de congestión serán mínimos y no deberán ocurrir salvo en casos de fuerza mayor.

Existirá una alta probabilidad de poder ocupar una repetidora en cualquier instante.

Se optimizará el uso del espectro radioeléctrico debido al pequeño tiempo de espera

para ingreso al sistema y a la posibilidad de compartir las repetidoras entre contacto y contacto.

Se hará una búsqueda automática de canales disponibles dentro del controlador de *trunking*.

El sistema proporcionará seguridad; es decir, si un radio transceptor es robado se lo podrá desactivar completamente de manera remota y en el caso de ser recuperado se lo activará fácilmente. Por lo tanto, los usuarios no autorizados no tendrán la posibilidad de transmitir ni recibir información a pesar de tener los mismos equipos de radio.

Será posible hacer llamadas privadas entre dos o más miembros dentro de un grupo sin que los demás integrantes del mismo puedan escuchar la conversación.

Se podrán realizar o recibir llamadas telefónicas sin ningún dispositivo adicional en el transceptor.

### ***Requerimientos generales de acuerdo con la demanda futura estimada***

La tabla 1.4 del Capítulo 1 contiene la demanda futura estimada en base a los datos proporcionados por usuarios representativos de cada grupo de acuerdo con las encuestas realizadas.

La configuración inicial de grupos de usuarios del sistema de radiocomunicaciones será la siguiente:

**Zona Sur.** Comprendida entre las Estaciones de transferencia de Quitumbe y El Recreo .

#### **Grupo 1:**

- CCT Sur - Personal de operaciones CCT Sur
- CCT Sur - Vehículos trolebuses Sur

**Zona Central.** Comprendida entre las Estaciones de transferencia de El Recreo y La Y.

**Grupo 2:**

- CCT Centro - Personal de operaciones CCT Centro
- CCT Centro - Vehículos trolebuses Centro

**Zona Norte.** Comprendida entre las Estaciones de transferencia de La Y y La Ofelia

**Grupo 3:**

- CCT Norte - Personal de operaciones CCT Norte
- CCT Norte - Vehículos trolebuses Norte

El resto de áreas conformarían los siguientes grupos:

**Grupo 4:** Mantenimiento

**Grupo 5:** Recaudación

**Grupo 6:** Seguridad

**Grupo 7:** Seguros

En la siguiente figura puede observarse como estaría inicialmente configurado el sistema, los grupos de usuarios y el número de estaciones por grupo de usuarios.

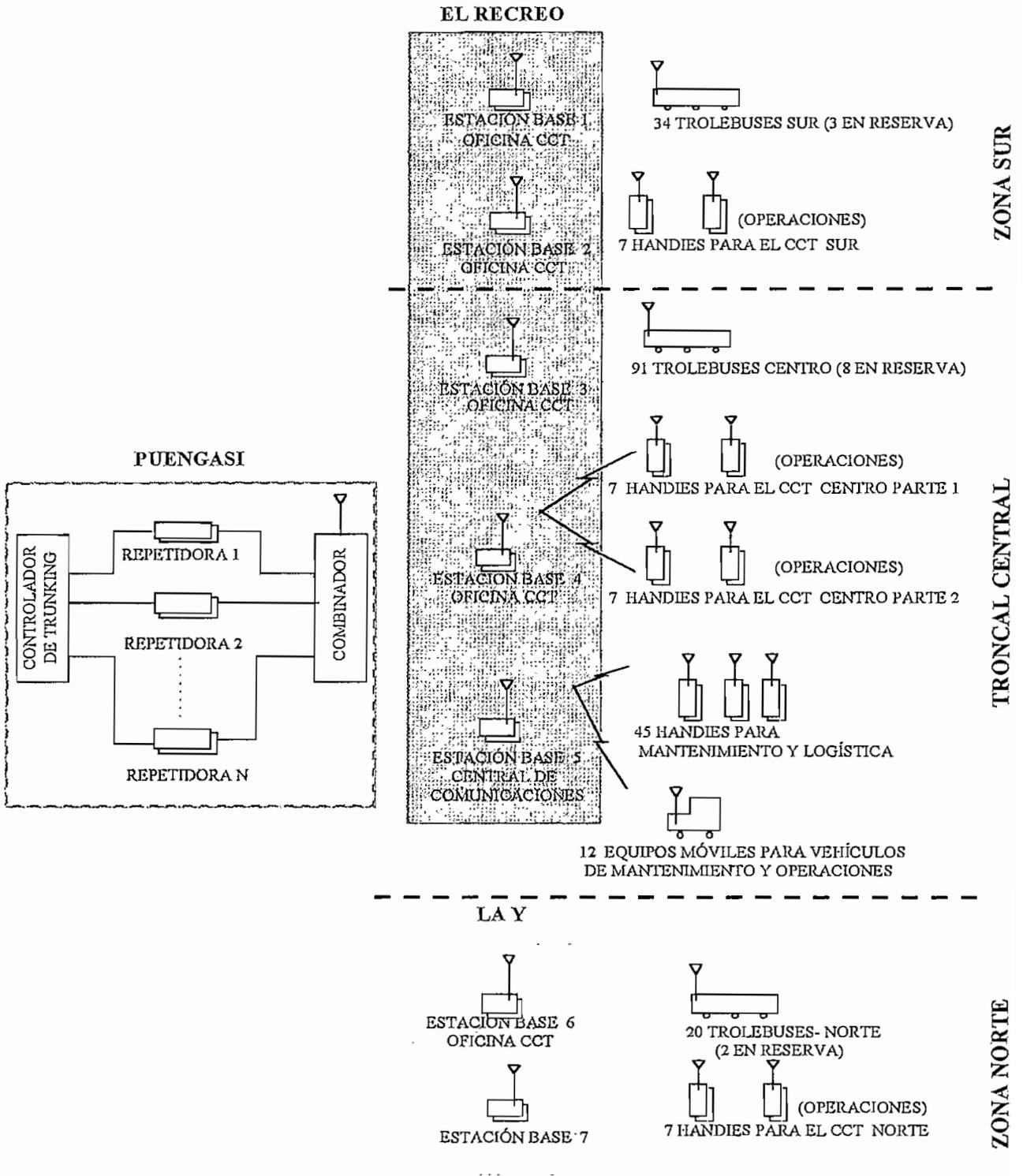


Fig. 2.22. Sistema de Radiocomunicaciones Troncalizado a implantarse

### *Especificaciones técnicas*

Básicamente, el sistema de Radiocomunicaciones ofrecerá comunicación confiable en el área que abarca toda la ruta de trolebuses y lugares en los que está instalada su infraestructura: desde la Estación de Transferencia de Quitumbe, en el sur de la ciudad, hasta la Estación de Transferencia de La Ofelia, en el Norte.

Para el área de cobertura mencionada el sitio de repetición se ubicará en la loma de Puengasí, ya que se tiene línea de vista desde allí a cualquier punto del trayecto del trolebús.

Si se toma en cuenta que en la ruta de trolebuses actual, comprendida entre la Estación de transferencia de El Recreo y la Estación de transferencia de La Y, se incrementará el número de vehículos trolebuses, esto incidirá directamente en el aumento del número de usuarios y, por lo tanto, del tráfico de voz en dicha área de cobertura.

En otras palabras, en el área descrita se concentrará el mayor número de usuarios que generarán un alto tráfico de voz, por lo que habrá que diseñar el sistema de tal manera que no se congestione ni se sature.

### *Cálculo de Tráfico*

Se entenderá por **intensidad de tráfico** a la medida que indique el promedio de la cantidad de enlaces de radio (con comunicaciones de voz o datos) que estén ocupados simultáneamente, durante un periodo de observación. Según el tráfico que tenga soportar el sistema se puede estimar el número de repetidoras que deban emplearse.

La intensidad de tráfico, por tanto, será igual al número de llamadas posibles que se pueda tener (en promedio) dentro del sistema en un lapso determinado de tiempo (1 hora), por el tiempo promedio de duración de las llamadas. De aquí que:

$$A = C_A \times t_m$$

Donde:

$A$  = Intensidad de tráfico, valor adimensional [Erlangs]

$C_A$  = tasa de aparición de llamadas [número de llamadas/hora]

$t_m$  = tiempo promedio de ocupación del enlace [horas]

La intensidad de tráfico ( $A$ ) es un valor sin dimensión cuya unidad es el Erlang; una repetidora con intensidad de tráfico de 1 Erlang implicará que la repetidora estará permanentemente ocupada durante el periodo de observación de una hora.

Para que el servicio sea satisfactorio, se considerará en el diseño del sistema el tráfico en la **hora pico**, es decir, el periodo de 60 minutos en que la intensidad de tráfico es la más alta. Se asumirá que durante la hora pico, el tráfico permanecerá constante y que el número de llamadas fluctuará estadísticamente alrededor de un valor promedio.

Intensidad de tráfico para las comunicaciones de voz :

Se considera que los 250 usuarios del sistema tienen la posibilidad de realizar comunicaciones de voz (La UOST estima generar una llamada de voz cada 200 segundos en la hora pico).

$$C_A = 18 \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}}$$

$$t_m = 1 \text{ minuto}$$

$$A_1 = 18 \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}} \cdot 1 \text{ minuto} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}$$

$$A_1 = 0,3 \text{ Erlangs}$$

Intensidad de tráfico para las comunicaciones de datos:

Las comunicaciones de datos se realizarán exclusivamente por los trolebuses, con el centro de control del S.A.E., los datos que se enviarán serán aquellos que requiera el sistema de localización automática de vehículos.

El promedio de tiempo que permanece estacionado cada trolebús en una parada, con el objeto de permitir la entrada y salida de pasajeros, es de aproximadamente 40 segundos. Por lo tanto, no conviene que el tiempo de actualización de la información de la posición de un trolebús, en la pantalla del C.C.S.A.E. sea inferior al lapso de tiempo en mención.

Además, de acuerdo con el sistema de AVL/GPS de Ericsson, el tiempo que tarda el proceso del establecimiento de la comunicación y la transmisión de la información del posicionamiento de un vehículo al centro de control es de 1,17 segundos con una velocidad de 9.600 bps.

Es decir, cada trolebús generará

$$\frac{1 \text{ llamada}}{40 \text{ segundos}} \Bigg| \frac{3.600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}} = 90 \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}}$$

$$C_A = 90 \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}}$$

$$t_m = 1,17 \text{ segundos} = 1,17 \div 3.600 \text{ horas} = 0,000325 \text{ horas}$$

$$A_{\text{Trolebús}} = 90 \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}} \cdot 0,000325 \text{ horas}$$

$$A_{\text{Trolebús}} = 0,02925 \text{ Erlangs}$$

Entonces, los 145 vehículos generarán un tráfico de:

$$A_2 = 145 \times A_{\text{Trolebús}}$$

$$A_2 = 145 \times 0,02925$$

$$A_2 = 4,24125 \text{ Erlangs}$$

Intensidad de tráfico del sistema:

$$A_{\text{TOTAL}} = A_1 + A_2$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 0,3 + 4,24125 \text{ Erlangs}$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 4,54125 \text{ Erlangs}$$

Cálculo del número de repetidoras:

Experimentalmente se ha determinado que la probabilidad de espera en este tipo de sistema es de aproximadamente el 10 %.

De acuerdo con el ábaco del anexo 4 se puede concluir que se requieren 9 repetidoras.

### *Especificaciones Generales*

1. El sistema troncalizado de radio funcionará en la banda de 800 MHz.
2. El sistema dispondrá de un canal de control compartido.
3. Proveerá una característica de balance óptimo entre las comunicaciones de los radios portátiles hacia las repetidoras y viceversa.
4. El controlador del sistema tendrá tecnología microprocesada.
5. El sistema transmitirá - recibirá voz y datos para manejar al menos 5.800 mensajes de AVL (*Automatic Vehicle Location*) en la hora pico. En lo que se refiere a datos el sistema tendrá detección y corrección de errores y manejará una velocidad de transmisión de 9.600 bps.
6. Garantizará la máxima eficiencia y reducirá al mínimo el tiempo de espera para

obtener un canal de voz durante periodos de alta congestión.

7. El tráfico se distribuirá automáticamente.
8. Atención de llamadas en espera en orden de llegada y posibilidad de establecer prioridad.
9. Transmisión y procesamiento de las señales de control sin afectar el tráfico de los canales de voz.
10. Se garantiza que usuarios no autorizados a pesar de tener los mismos equipos de radio no puedan transmitir ni recibir información.
11. Se asegura confiabilidad para cada uno de los canales de voz; esto es que si un canal de voz falla, éste será colocado fuera de servicio y los usuarios compartirán los canales de voz restantes.
12. El sistema estará en capacidad de transmitir datos a usuarios móviles o localidades fijas. El sistema de transmisión de datos será utilizado principalmente por un sistema de localización automática de vehículos. Los datos serán transmitidos por medio de radios móviles y fijos.
13. Dispondrá de tonos de restricción de acceso, esto es de señalización acústica que le indique al usuario que no existen canales disponibles o que el usuario se encuentra fuera del área de cobertura.
14. El sistema será modular y permitirá un crecimiento flexible basado en la infraestructura adquirida. Por lo tanto, las unidades suscriptoras podrán seguir siendo utilizadas en caso de ampliación del sistema.
15. El controlador del sistema tendrá la opción de autodiagnóstico, con el propósito de facilitar su operación y mantenimiento.
16. El sistema será tolerante a fallas, es decir, en caso de producirse daño en un repetidor, canal de control, controlador de *trunking*, enlace de comunicaciones con el sitio de repetición u otra falla en cualquier otro componente mayor del sistema (incluso si ocurriera la caída de un rayo), el sistema contará con las protecciones adecuadas y/o soluciones inmediatas para que el sistema nunca deje de estar operativo.
17. El sistema permitirá los siguientes tipos de llamadas:
  - Llamada de grupo: solamente los miembros de su grupo escuchan la

conversación.

- Llamada hacia varios grupos: permite hacer llamadas simultáneamente a todos los grupos que pertenecen a una misma entidad.
  - Posibilidad de hacer una llamada telefónica hacia y desde una central telefónica privada.
  - Llamadas y niveles de prioridad: para situaciones de emergencia es importante disponer de un acceso más rápido al sistema e incluso de tipo prioritario, para lo cual el sistema dispondrá de varios niveles de prioridad.
  - Llamada de emergencia: el sistema permitirá este tipo de llamadas donde se envía un mensaje de alarma con una operación sencilla; el mensaje será señalizado en el terminal de supervisión y admitirá la identificación del usuario que emitió esa llamada.
  - Llamada privada: cuando existan unidades que efectúen este tipo de llamada, las demás unidades no escucharán el tráfico de comunicaciones aunque pertenezcan al mismo grupo, mientras la conversación ocurra en este modo, ni podrán percatarse de la llamada en progreso.
18. Será posible enviar un mensaje de voz a los usuarios de todos los grupos del sistema en forma simultánea.
  19. El sistema tendrá la característica de realizar *scan* o barrido de grupos de usuarios y la de asignar temporalmente un radio a un grupo de conversación diferente, es decir, dispondrá de la facilidad de reagrupación dinámica mediante un terminal o computador personal compatible con IBM.
  20. El sistema dispondrá de la facilidad de inhibición total de uno o varios radios por el despachador del sistema. Es decir, el sistema estará en capacidad de desactivar selectivamente a cualquier unidad dentro del área de cobertura de la red; una vez desactivadas, tales unidades no podrán tener acceso al sistema. La inhabilitación de los radios podrá hacerse desde cualquiera de los terminales remotos de administración.
  21. Registro de todas las llamadas que se hacen en el sistema, identificando al suscriptor que inició la llamada y determinando el tiempo de duración de la misma.
  22. Opción de que algunas unidades envíen mensajes preprogramados o informes de

- estado al despachador del sistema, al oprimir el botón correspondiente de su radio.
23. Todos los radios del sistema transmitirán su identidad (radio ID) cada vez que se presiona y libera el botón PTT.
  24. Todos los radios que dispongan *display* mostrarán la identidad del llamador mediante un alias alfanumérico.
  25. Se garantiza que el sistema opere eficientemente bajo condiciones de trabajo continuo (al menos 19 horas diarias).
  26. El sistema será de diseño modular, esto es que permita un crecimiento sin mayor inversión de *hardware*.
  27. Tendrá un *software* flexible que permita la programación de parámetros y facilidades del sistema, así como el alineamiento de frecuencia a través de un terminal o computador compatible IBM.
  28. Para la comunicación de datos de control de *trunking*, se utilizará un protocolo de comunicación con corrección de errores.
  29. Dispondrá de un terminal de administración o computador compatible IBM (que disponga de su respectivo enlace entre el centro de control y el sitio de repetición) que permita, entre otras, las siguientes facilidades:
    - Modificación y acceso a la base de datos del controlador del sistema y cambio de sus parámetros.
    - Despliegue de la información del funcionamiento del sistema. En caso de falla proveerá diagnósticos completos.
    - Conexión directa al controlador del sistema a través del interfaz RS232 y conexión remota vía modem, a una velocidad de al menos 9.600 bps de acuerdo a recomendaciones de la UIT-T.
    - Obtención de:
      - Reportes de alarmas y estado de los equipos del sistema.
      - Reportes de la actividad y estado de todos los canales del sistema.
    - Habilitación e inhabilitación de canal de voz de forma individual.
    - Incorporación de nuevos usuarios o grupos al sistema.
    - Habilitación e inhabilitación de capacidad de interconexión telefónica a los usuarios del sistema.

- Respaldo de la información de la base de datos.
- Registro de todas las llamadas que se hacen en el sistema, identificación de la persona que inició la llamada y cómputo del tiempo de duración de la misma.
- Reagrupamiento dinámico.
- Habilitación e Inhabilitación total de uno o varios radios remotamente.

### *Controlador de trunking*

1. Voltaje de entrada primario:  $110 \pm 10\%$  VAC , 60Hz
2. Temperatura de operación  $\approx -10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$
3. Interconexión telefónica (PABX): 600 ohm, DTMF
4. Frecuencias de operación en la banda de 800 MHz (806 - 870 MHz)
5. Dispondrá de dos interfaces seriales RS232.
6. Permitirá la realización de reagrupamiento dinámico.
7. Permitirá la realización de la facilidad de inhibición total de uno o varios radios.

### *Transceptor fijo*

1. Los transceptores serán del tipo troncalizado.
2. Rango de frecuencia: 806 - 870 MHz UHF
3. Permitirá transmisión de voz y datos. La transmisión se realizará a una velocidad de transmisión de 9.600 bps.
4. Dispondrá de un *display* alfanumérico para despliegue de información.
5. Dispondrá de un teclado que permita la operación de funciones específicas.
6. Permitirá el acceso inmediato a la facilidad de emergencia.
7. Estabilidad de frecuencia  $\pm 2,5$  ppm.
8. Indicación acústica o visual de llamada.
9. Tendrá la posibilidad de operar en modo *scan*.
10. Permitirá control de volumen.
11. Distorsión de audio menor o igual al 3%.
12. Sensibilidad en la recepción de  $0,35 \mu\text{V}$

13. Rechazo a señales parásitas y armónicas igual a -56 dB.
14. Temperatura de operación: -10°C a 50°C
15. Fuente de alimentación: 12 a 13,8 VDC
16. Potencia de transmisión de 15 W.
17. Separación de frecuencias (transmisión/recepción): 45 MHz
18. Separación entre canales en el receptor: 25 KHz  $\pm$  5 KHz.
19. La antena tendrá 12 dB de ganancia.

Equipado con:

- Micrófono de pedestal
- Racket de montaje
- Cable de alimentación
- Sistema de transferencia de energía AC/DC
- Batería sellada libre de mantenimiento, 12 VDC, 65 A/h
- Gabinete de montaje de equipos
- Mástil tubular de 6 metros galvanizado y pintado con sus herrajes y accesorios de instalación.
- Fuente de alimentación:
  - Entrada: 110 VAC  $\pm$  10%, 60 Hz
  - Salida: 13,8 VDC @ 20 Amp.
  - (Potencia del equipo de radio: 15 W)
- Cable coaxial:
  - Impedancia: 50 ohms
  - Bajas pérdidas (RG-9913 Tipo militar)
  - Conectores, adaptadores y accesorios para la instalación del cable.
  - Abrazaderas y herrajes para montaje de la antena
  - El cable coaxial irá convenientemente enrutado y sujeto con grapas adecuadas en su trayectoria.
  - La conexión de la antena en el punto de los conectores estará recubierta mediante cintas adhesivas que protejan esta unión del agua, humedad y la oxidación.

*Transceptor móvil*

1. Los transceptores serán del tipo troncalizado.
2. Rango de frecuencia: 806 - 870 MHz UHF
3. Permitirá transmisión de voz y datos. La transmisión se realizará a una velocidad de transmisión de 9.600 bps.
4. Dispondrá de un *display* alfanumérico para despliegue de información.
5. Dispondrá de un teclado que permita la operación de funciones específicas.
6. Permitirá el acceso inmediato a la facilidad de emergencia.
7. Permitirá llamadas de despacho sin que sean degradadas por la presencia de la tarjeta de interconexión telefónica en la repetidora.
8. Dispondrá de la facilidad de reagrupamiento dinámico.
9. Estabilidad de frecuencia  $\pm 2,5$  ppm.
10. Indicación acústica o visual de llamada.
11. Tendrá la posibilidad de operar en modo *scan*.
12. Permitirá control de volumen.
13. Distorsión de audio menor o igual al 3%.
14. Sensibilidad en la recepción de  $0,35 \mu\text{V}$
15. Rechazo a señales parásitas y armónicas igual a -56 dB.
16. Temperatura de operación:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$
17. Fuente de alimentación: 12 a 13,8 VDC
18. Potencia de transmisión de 15 W.
19. Separación de frecuencias (transmisión/recepción): 45 MHz
20. Separación entre canales en el receptor:  $25 \text{ KHz} \pm 5 \text{ KHz}$ .
21. La antena tendrá una ganancia de 3 dB.

Equipado con:

- Micrófono y clip de sujeción
- *Racket* y accesorios de montaje
- Cable de alimentación
- Antena para móvil

Rango de frecuencia: 806 - 870 MHz

Ganancia: 3 dB

VSWR: 1:1,5

Montaje tipo enganche

Acoplada a las frecuencias de operación

- Cable coaxial

Impedancia: 50 ohms

Bajas pérdidas (RG58/U)

Conectores y adaptadores (para conexión según el modelo del equipo)

### *Transceptor portátil*

1. Los transceptores serán del tipo troncalizado.
2. Rango de frecuencia: 806 - 870 MHz UHF
3. Permitirá llamadas de despacho sin que sean degradadas por la presencia de la tarjeta de interconexión telefónica en la repetidora.
4. Realizar y recibir llamadas telefónicas desde y hacia una central telefónica privada.<sup>10</sup>
5. Dispondrá de un *display* alfanumérico para despliegue de información.
6. Dispondrá de un teclado que permita la operación de funciones específicas.
7. Dispondrá de un teclado DTMF que permita realizar llamadas telefónicas.<sup>11</sup>
8. Dispondrá de la facilidad de reagrupamiento dinámico.
9. Obtener acceso inmediato a la facilidad de emergencia.
10. Estabilidad de frecuencia  $\pm 2,5$  ppm.
11. Indicación acústica o visual de llamada.
12. Tendrá la posibilidad de operar en modo *scan*.
13. Permitirá control de volumen.
14. Distorsión de audio menor o igual al 3%.
15. Sensibilidad en la recepción de  $0,35 \mu\text{V}$
16. Rechazo a señales parásitas y armónicas igual a -56 dB.

<sup>10</sup> Excepto los 28 transceptores del personal de operaciones del CCT

<sup>11</sup> Excepto los 28 transceptores del personal de operaciones del CCT

17. Temperatura de operación:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$
18. Separación entre canales de  $25 \text{ KHz} \pm 5 \text{ KHz}$
19. Potencia de transmisión de 3 W.
20. Utilizará baterías de níquel cadmio de alta capacidad con cargadores rápidos de baterías.
21. Cada estación portátil vendrá con su respectivo cargador rápido de baterías.

Equipado con:

- Dos baterías recargables Ni - Cd con capacidad para una salida de 3W.
- Clip portacintura metálico
- Cargador rápido
- Manual de Operación
- Antena flexible

Rango de frecuencia: 806 - 870 MHz

### *Repetidoras*

1. Rango de frecuencia: 806- 870 MHz UHF
2. Voltaje de alimentación:  $110 \pm 10\% \text{VAC}$ , 60 Hz y 12 a 13,8 VDC
3. Estabilidad de frecuencias:  $\pm 2,5 \text{ ppm}$
4. Rechazo a señales parásitas y armónicas igual a -56 dB.
5. Potencia de Transmisión ajustable: 25 W
6. Sensibilidad de recepción: 0,35  $\mu\text{V}$ .
7. Operación de trabajo: ciclo continuo
8. Sistema de ventilación para permitir ciclo continuo
9. Operación en *full duplex* ó *halfduplex*.
10. Programación y alineación de frecuencia de repetidora mediante terminal o computador personal compatible IBM.
11. Tarjeta o equipo de interfaz de interconexión telefónica.
12. Validador de identificación.
13. *Rack* de montaje

14. Cables de alimentación
15. Sistema de transferencia de energía AC/DC
16. Baterías selladas libres de mantenimiento, 12 VDC, 130 A/h
17. Gabinete de montaje de equipos con mediciones estándar
18. Sistema auxiliar de energía eléctrica (UPS)

### *Sistema de antenas para las repetidoras*

#### 1. Antena:

Rango de frecuencia: 806 - 870 MHz

Ganancia: 12 dB

Polarización: vertical

VSWR: 1,5 : 1

#### 2. Cable coaxial:

Impedancia: 50 ohms

Bajas pérdidas (RG-9913 Tipo militar)

Conectores, adaptadores y accesorios para la instalación del cable.

Abrazaderas y herrajes para montaje de la antena

El cable coaxial irá convenientemente enrutado y sujeto con grapas adecuadas en su trayectoria.

La conexión de la antena en el punto de los conectores estará recubierta mediante cintas adhesivas que protejan esta unión del agua, la humedad y la oxidación.

#### 3. Combinador de transmisión del tipo cavidad resonante.

#### 4. Multiacoplador de recepción de 6 dB de ganancia en el rango de frecuencias de 806 - 870 MHz.

Tanto los equipos de radiofrecuencia como los de alimentación se instalarán en forma adecuada y que permitan un rápido acceso tanto en su parte frontal como posterior, para facilitar su mantenimiento preventivo.

### 2.2.3. SISTEMA DE TELEALARMA, TELEMEDIDA Y TELEMANDO

El sistema estará compuesto por un centro de control para el procesamiento de información y un conjunto de 16 estaciones remotas (una para cada subestación de tracción del sistema a lo largo de los 24,3 km) encargadas de la recopilación de datos.

El control de cada subestación se realizará mediante cinco PLC's de tipo compacto, que dispondrán de una CPU. Estos PLC's automatizarán la subestación correspondiente y estarán interconectados en red. El protocolo de comunicaciones dentro de la red de PLC's será MODBUS PLUS. Toda la información disponible en los PLC's se concentrará en un centro de monitoreo local, ubicado en cada una de las subestaciones de tracción.

Un sexto PLC en cada subestación recogerá la información disponible en la red y se comunicará, mediante protocolo MODBUS, con un módem que a su vez enviará la información según el requerimiento del operador hacia el centro de control que comandará a todas las subestaciones.

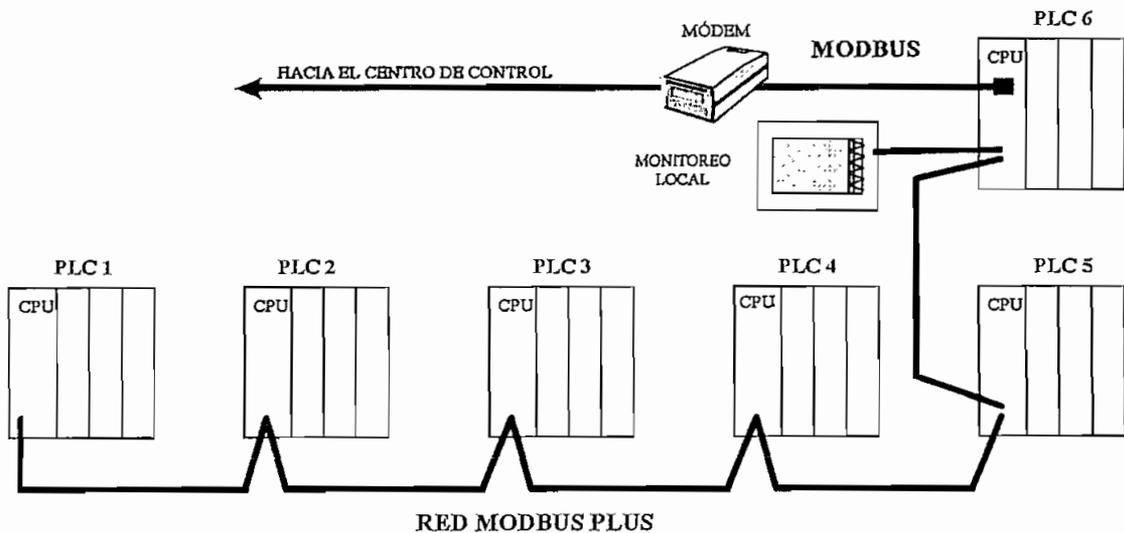


Fig. 2.23. Esquema de la estación remota a instalarse en cada subestación

Por lo tanto, cada S/E tendrá 6 PLC's cuya estructura, medidas, señales de control y alarmas serán aquellas que maneja el sistema actual y que están detalladas en el capítulo 1, numeral 1.2.3.

Modbus:

Modbus es un protocolo de comunicaciones del tipo maestro - esclavo. Por lo general el maestro será un computador personal, pero también puede ser un PLC con capacidad de comunicación ASCII; los esclavos son usualmente PLC's y entregarán información al maestro únicamente cuando éste la requiera.

Cada esclavo tendrá asignada una dirección, mediante la cual pueden ser identificados por el maestro. Por esta razón no puede existir dos esclavos con la misma dirección dentro de una misma red. El maestro será quien controle las comunicaciones, podrá decidir el esclavo al que le pedirá información y le dará la posibilidad de responder este requerimiento.

En Modbus existen dos tipos de establecimiento de la comunicación:

- **Pregunta/Respuesta:** en el cual el maestro interroga específicamente a un esclavo del que luego deberá recibir respuesta. La dirección que encabece el mensaje emitido será la del esclavo.
- **Difusión/Sin respuesta:** en el cual el maestro envía un mensaje general a todos los esclavos sin recibir respuesta. La dirección que encabece el mensaje emitido por el maestro será cero (0).

Dentro de las características de Modbus se tiene:

- |  |            |
|--|------------|
| • Máxima velocidad de transmisión                              | 19.200 bps |
| • Estándar eléctrico   | RS232      |
| • Número máximo de esclavos direccionables por un solo maestro | 247        |

Modbus es un protocolo de tipo serial en el que se establece qué palabras se transmitirán (dirección, operación, etc.) y en qué orden. Tanto las palabras recibidas como transmitidas se componen de 10 u 11 bits.

Modbus puede tener las siguientes topologías:

- **Conexión directa punto a punto**, en la que existe un vínculo físico directo entre el maestro y el PLC y que, debido a la norma RS232, no puede superar los 15 metros de distancia. Esta configuración es empleada generalmente para programar al PLC por medio de un computador personal.
- **Conexión multipunto**, utilizada para aplicaciones que requieran la conexión de un maestro y varios esclavos. Empleando modems que tengan la opción de soportar una configuración multipunto, pueden incluirse hasta 32 esclavos por red direccionados por un único maestro. En este tipo de configuración se pueden alcanzar hasta 5.000 metros y 19.200 bps si se tiene par trenzado como medio de transmisión.
- **Conexión a larga distancia**, empleada en los casos en que la distancia entre los PLC's y el maestro sea mayor a los límites mencionados en los dos tipos de conexiones anteriores. Este tipo de topología debe utilizar modems con interfaz RS232 sobre portadora común. El medio de transmisión que usen los modems puede ser tanto par trenzado (dos pares, un para transmisión y otro para recepción), es decir línea telefónica, o radiofrecuencia. En esta configuración, un solo maestro puede direccionar hasta 247 esclavos.

Modbus Plus:

El sistema Modbus Plus consiste en una red de área local diseñada para aplicaciones industriales de control. El esquema que maneja este tipo de red ya no es “maestro-esclavo” (*master-slave*), sino de “igual a igual” (*peer-to-peer*). Dentro de las características de Modbus Plus se tiene:

- Máxima velocidad de transmisión 1 Mbps
- Distancia máxima 1.800 metros
- Número máximo de nodos o dispositivos direccionables (PLC's) 64
- Medio de transmisión par trenzado blindado

La red *Modbus Plus standard* soporta hasta 32 nodos y distancias de hasta 450 metros.

Los nodos se identifican por una dirección de 1 a 64 asignada por el usuario. La dirección de cada nodo es independiente de su ubicación física y no se permiten dos nodos con la misma dirección. Las direcciones no son necesariamente sucesivas.

La longitud de Modbus Plus puede ser ampliada hasta 1.800 metros agregando 3 repetidores (amplificadores bidireccionales) que son absolutamente transparentes para la red y para las aplicaciones sobre la misma, es decir, no son considerados nodos de red y no influyen en ella.

La red Modbus Plus extendida (con repetidores) puede incluir 64 dispositivos a diferencia de la estándar. El número máximo de repetidores que se puede tener en la red es 3.

Dentro de la red existe un conjunto de bits llamado *token* que trabaja como posta y que recorre la red siguiendo secuencialmente el orden lógico de las diferentes direcciones (no el físico) comenzando de la más baja a la más alta.

Cada nodo tiene acceso a la red cuando recibe el *token*. El nodo que retiene el *token* realiza las diferentes transacciones de mensajes (recepciones y envíos) y cuando completa su labor se desprende de él.

Cuando un nodo envía un requerimiento a otro dispositivo recibe un acuse de recibo pero no la respuesta. La respuesta se recibirá cuando el dispositivo correspondiente haya adquirido el *token*. Una vez que el *token* recorrió todos los nodos de la red, vuelve a

empezar por el primero.

Existe la posibilidad de vincular hasta 5 redes Modbus Plus entre sí. Para esto, es necesario ubicar entre ellas dispositivos denominados *bridges*. Estos *bridges* son puentes entre redes y constituyen para cada una de ellas un nodo más. Por esta razón los *bridges* tienen dos direcciones, una para cada una de las redes. Estas dos direcciones pueden ser iguales o distintas, pero no pueden coincidir con los nodos restantes de la red correspondiente.

### *Centro de control*

El centro de control se encontrará ubicado en el taller de trolebuses (en estación de transferencia de El Recreo) en tanto que las 16 estaciones remotas estarán ubicadas en:

Extensión Norte:

- Concepción
- Andalucía
- Rosario
- Ofelia

Parte Central:

- Estación de Transferencia La Y
- Naciones Unidas
- Mariana de Jesús
- El Ejido
- San Blas
- Cumandá
- Villa Flora
- Estación de Transferencia El Recreo

Extensión Sur:

- Quitumbe
- Turubamba
- Solanda
- San Bartolo

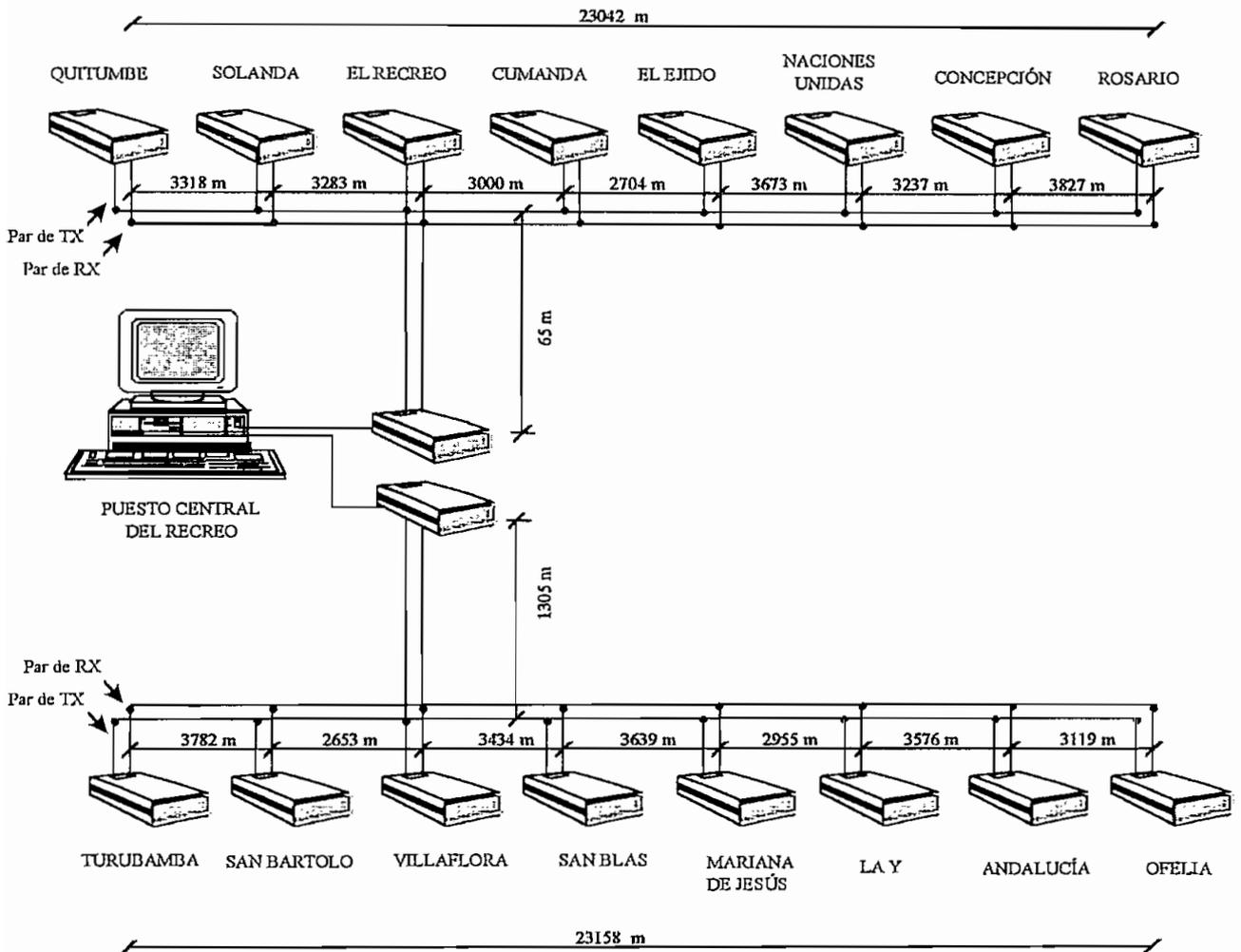


Fig. 2.24. Esquema de la red Modbus entre las subestaciones de tracción y el Centro de Control

Los sistemas de telealarma, teledatada y telemando compartirán los equipos en cada una de las subestaciones de tracción (S/E).

En el centro de control se almacenarán en memoria todos los datos obtenidos y permitirá la elaboración de reportes diarios, mensuales o anuales, de manera que se podrá conocer la evolución en el tiempo de los parámetros de las subestaciones y de todo el sistema.

El sistema transmitirá desde las S/E hasta el centro de control las siguientes variables:

- Corriente de entrada en media tensión
- Voltaje de entrada
- Energía activa
- Energía reactiva
- Voltaje de salida del rectificador
- Corriente de salida del rectificador
- Corriente de salida de *feeder* 1
- Corriente de salida de *feeder* 2
- Voltaje de servicios auxiliares en alterna
- Voltaje de servicios auxiliares, 110 VDC
- Voltaje de servicios auxiliares, 24 VDC

El sistema detectará todas las alarmas producidas en las subestaciones y realizará un registro, tanto en la base de datos como en forma impresa. El reconocimiento y eliminación de la alarma quedarán registrados tanto en la base de datos como en el reporte impreso.

Por medio de *software* se podrá visualizar en pantalla el tipo de alarma, su ubicación y la hora a la que se produjo.

El telemando consistirá en poder manipular de manera remota los disyuntores existentes en las subestaciones.

En general, el sistema responderá a los requerimientos mencionados en el capítulo 1 numeral 1.3.3.

El sistema a implantarse en las extensiones norte y sur, asegurará una compatibilidad total con el sistema actualmente instalado, para receptor las alarmas y medidas de las ocho subestaciones adicionales, así como para el envío de las diferentes órdenes para el telemando a todas y cada una de las subestaciones.

Los módems de las subestaciones se comunicarán con el centro de control, utilizando como medio de transmisión cable de cobre con conductor de 0,9 mm de diámetro. Como se puede observar en la figura 2.24, el número de pares que se utilizará será de 2 por cada uno de los dos segmentos de comunicaciones (uno para transmisión y otro para recepción) pero cada cable de comunicaciones deberá tener 2 pares de reserva.

El protocolo de transmisión de datos (Modbus) será *poleable*, es decir, que el procesador central solicitará o sondeará la información de cada una de las subestaciones.

El sistema de transmisión de datos debe asegurar confiabilidad para la máxima velocidad de transmisión de datos posible (19.200 bps) y dispondrá de un eficiente esquema de control de errores y la capacidad de regulación automática de velocidad de acuerdo a estándares actuales de la UIT-T.

Se dispondrá de un solo centro de control para todo el sistema, ubicado en la estación de El Recreo, equipado con:

- Un computador personal compatible IBM con las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz

64 MB de memoria RAM

Disco duro de 4 GB

Diskettera de 3 ½ HD

Diskettera CD-ROM lectura - escritura de 16X

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 17 pulgadas

Teclado castellano expandido

Mouse

*Software* del puesto central instalado

- Impresora a color similar o superior a la HP870Cxi
- Módem que permita las comunicaciones con cada una de las subestaciones de tracción
- Regletas de conexión para las líneas de comunicaciones

La unidad terminal remota comprenderá:

- Un PLC (Controlador Lógico Programable) para establecer, entre otras funciones de medida y control, las comunicaciones con el centro de control.
- Módem externo de comunicaciones con corrección de errores y una velocidad de transmisión de 19,2 kbps a 22,5 km y de 14,4 kbps a 24,5 km.
- El módem se alimentará con los 24 VDC disponibles en cada subestación.
- Regletas de conexión.

#### **2.2.4. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE RECAUDACIÓN**

El sistema centralizará y automatizará la información proveniente de todas y cada una de las máquinas de recaudación del sistema de transporte mediante trolebuses de la ciudad. Para el efecto se implantará una red de comunicaciones sobre la que se podrá transmitir datos a un puesto central, ubicado en la estación de transferencia de El Recreo, que se encargará del almacenamiento y procesamiento de ellos.

Esta red conectará a todas las paradas y estaciones de transferencia de pasajeros (Quitumbe, El Recreo, La Y y La Ofelia), de este modo se podrá conocer remotamente el estado de alcancías de las máquinas recaudadoras, máquina que requiere mantenimiento, dinero recaudado y demás requerimientos planteados en el capítulo 1 numeral 1.3.4.

Para la adquisición de la información proveniente de las máquinas de recaudación el servidor general del puesto central hará un sondeo secuencial (*polling*) a todas y cada una de ellas. El sondeo tendrá la posibilidad de ser:

- **Automático:** el servidor general estará programado para hacer la búsqueda secuencial de la información, en cada máquina de recaudación, cada cierto tiempo.
- **Manual:** el usuario seleccionará desde la pantalla del computador central el equipo del cual desea obtener la información.

Cada una de las máquinas en las paradas estará asociada a un número o código de identificación, el cual será transmitido junto con los datos registrados.

### ***Hardware del puesto central***

El servidor general del centro de control de recaudación deberá ser de tecnología actual a la fecha de implantación y estará equipado con:

- Disco duro de 4 GB de capacidad
- Memoria RAM de 64MB
- Unidad de disco de 3,5 pulgadas de alta densidad
- Unidad de CD-ROM lectura - escritura de 16 X
- 2 Puertos serie
- 1 Puerto paralelo (para impresora)
- Pantalla SVGA/color de 14 pulgadas
- Tarjeta de vídeo SVGA
- Mouse
- Teclado castellano expandido
- Interfaz para la transmisión de datos

*Software*

- Interfaz gráfica de usuario
- La información procesada y disponible en el puesto central contendrá todos los datos, registros, reportes históricos y estadísticos mencionados en el estudio de demanda
- Módulo de comunicaciones

El sistema se ha planteado con las siguientes consideraciones:

Se contará con un solo centro de control de recaudación que controlará el área de cobertura del Sistema Trolebús dividida en dos zonas de recaudación, las mismas que a continuación se describen:

**Zona Sur.-** Comprenderá la administración y control de las máquinas de recaudación que se instalarán en el terminal de trolebuses de Quitumbe y las paradas de la ampliación sur, así como las máquinas de recaudación actualmente existentes en la estación de transferencia de El Recreo y las paradas actuales desde la Villa Flora hasta la Alameda. En total en esta zona existirán 93 máquinas de recaudación:

|  |                   |
|--|-------------------|
| En paradas de la parte central del trayecto: | 38 (2 por parada) |
| En paradas ampliación sur:                   | 39 (3 por parada) |
| En estación de El Recreo:                    | 8                 |
| En terminal de Quitumbe:                     | <u>8</u>          |
| <b>Total</b>                                 | <b>93</b>         |

**Zona Norte.-** Comprenderá la administración y control de las máquinas de recaudación que se instalarán en el terminal de trolebuses de La Ofelia y paradas de la ampliación norte, así como las máquinas de recaudación actualmente existentes en la estación de transferencia de La Y y las paradas actuales desde La Y hasta El Ejido. En total en esta zona existirán 98 máquinas de recaudación:

|                              |           |                |
|------------------------------|-----------|----------------|
| En paradas actuales:         | 40        | (2 por parada) |
| En paradas ampliación norte: | 42        | (3 por parada) |
| En estación de La Y:         | 8         |                |
| En terminal de La Ofelia:    | <u>8</u>  |                |
| <b>Total</b>                 | <b>98</b> |                |

Por lo tanto, el número total de máquinas de recaudación será:

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| En paradas actuales:         | 78 (2 por parada)          |
| En paradas futuras:          | 81 (3 por parada)          |
| Estaciones de transferencia: | <u>32</u> (8 por estación) |
| <b>TOTAL:</b>                | <b>191</b>                 |

Tiempo máximo de actualización de la información

|  |                 |
|--|-----------------|
| Recaudación:                                     | Cada hora       |
| Del número de personas que utilizan las paradas: | Cada 10 minutos |

Ubicación del centro de control y monitoreo de la información:

Estación de transferencia El Recreo

Características técnicas de las máquinas de recaudación actualmente disponibles:

- Procesador Intel 386SX, 33 MHz
- Memoria RAM de 2Mbytes
- Disco duro de 1MB de estado sólido
- Puerto Serial RS232 de alta velocidad (hasta 115.200 bps)
- Caja de caudales con capacidad de 3,5 litros con llaves de seguridad
- Teclado interno para servicio
- Fuente de alimentación con rango de tensión de entrada de 9V - 30V

Rollo de papel de 200 m y 80 mm de ancho  
Impresora térmica con cortador automático  
Bolsillo de vuelto  
3 tubos para monedas de vuelto  
Validador de monedas con capacidad para 12 tipos diferentes  
Alimentador automático de monedas  
Lector de tarjetas magnéticas o de proximidad de alta seguridad  
Visor fluorescente de 4 líneas por 20 caracteres  
Llaves de seguridad  
Doble puerta de acceso  
Gabinete metálico  
Arquitectura ISA Bus de PC  
Diskettera de 1,44MB  
Barra colapsable para control de acceso  
Alarma de barra colapsada  
Alarma de barra retenida  
Dimensiones:  
765 mm de alto  
345 mm de ancho  
290 mm de profundidad  
Peso 30 Kg  
Consumo de energía: 120 W máximo

La solución puede soportar la aplicación de datos de las máquinas de recaudación que se multiplexarán, comprimirán y finalmente se enviarán a través de par trenzado. Se pueden diseñar varias rutas, que simulen estrellas y subestrellas de transmisión, de modo que sea posible concentrar en un punto central todo el sistema.

En cada una de las paradas de la parte central del trayecto del trolebús se dispondrá de una unidad terminal de datos (conocida como DTU y que dispone de puertos RS232 ó V.35) que soportará dos puertos de 64 kbps, uno por cada máquina de recaudación. La

DTU se enlazará a través de un par de cobre (enlace que puede alcanzar una velocidad de transmisión de 128 kbps a una distancia de 7 km) hasta un multiplexor que se ubicará en la parada más próxima y que se encuentre en las cercanías de una subestación de tracción.

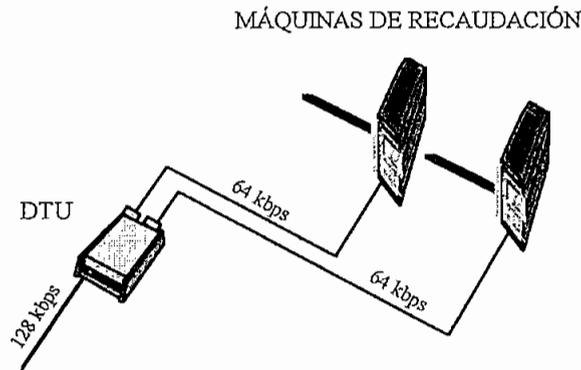


Fig. 2.25. Esquema de conexiones en cada parada para el Sistema de Recaudación

Es decir, dado que las subestaciones se encuentran repartidas uniformemente a lo largo del trayecto del trolebús, se tendrá un total de 12 multiplexores (separados entre sí por distancias similares en cada trayecto del trolebús), a los que estarán asociadas aproximadamente 5 paradas por cada uno.

En las paradas de las extensiones Norte y Sur se colocarán dos equipos DTU debido a que contarán con tres máquinas recaudadoras en lugar de dos; y en las estaciones de transferencia se dispondrá de cuatro DTU, pues existirán ocho máquinas en cada una.

Por lo tanto, se tendrá un total de 12 mux pequeños, un administrador y el siguiente número de equipos DTU:

| Trayecto        | Número de paradas | Número de equipos DTU |
|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Extensión Norte | 13                | 26 (2 por parada)     |
| Parte central   | 33                | 33 (1 por parada)     |
| Extensión Sur   | 11                | 22 (2 por parada)     |
| <b>TOTAL</b>    |                   | <b>81</b>             |

Tabla 2.17. Cantidad de unidades terminales de datos (DTU) del Sistema de Recaudación

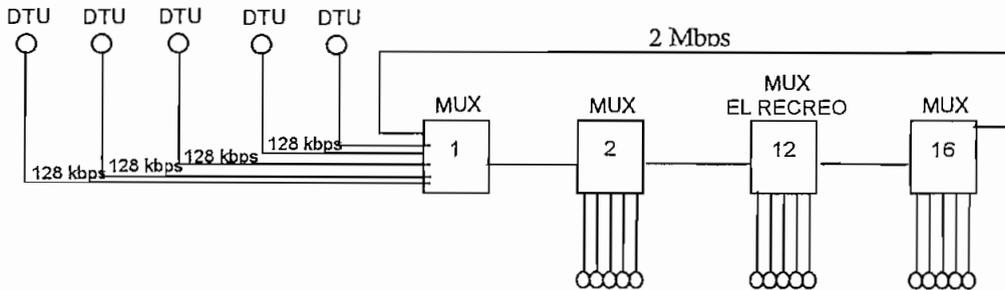
Datos: 128 kbps (La red LAN puede manejar hasta 10 Mbps pero la red WAN solo manejará hasta 128 kbps).

Adm: 4 kbps (ancho de banda dedicado para administración del sistema)

**Total: 132 kbps → Existirá un enlace de 2 Mbps entre los multiplexores**

Los multiplexores estarán enlazados formando un anillo a 2 Mbps por cable PCM, y para compensar la atenuación se emplearán regeneradores cada 2,4 km.

La solución escogida en TDM estará formada de la siguiente manera:



SIMBOLOGÍA:

|               |   |                  |  |
|---------------|---|------------------|--|
| ○             | : DTU ubicado en paradas que no se encuentran junto a una subestación | MUX              | : Multiplexor ubicado en paradas que se encuentran junto a una subestación |
| —<br>2 Mbps   | : Enlaces de 2 Mbps por cable PCM (2 pares)                           | MUX<br>EL RECREO | : Multiplexor de El Recreo   |
| —<br>128 kbps | : Enlaces de 128 kbps por par trenzado (1 par)                        |                  |  |

Fig. 2.26. Esquema del Sistema de Recaudación

El equipo administrador de red controla hasta nivel de interfaces, es decir, se podrá saber qué tarjeta específica es la que está fuera de servicio y cuál es el daño. Adicionalmente, podrá establecer una ruta alternativa en caso de que un enlace se interrumpa.

### *Cálculo del Cableado*

El medio de transmisión que se usará para el Sistema de Recaudación será cable de cobre antiroedores con vaselina de petróleo.

Se utilizará cable de cobre tipo PCM que enlazará los multiplexores. El número de pares del cable PCM será: un par para transmisión, otro para recepción y uno de reserva; por lo tanto, el cable comercial a emplearse será de 10 pares.

Para enlazar los multiplexores con cada una de las paradas se usará el cable multipar comercial de 10 pares; cabe mencionar que de dicho cable únicamente se requiere un par para comunicación y otro de reserva.

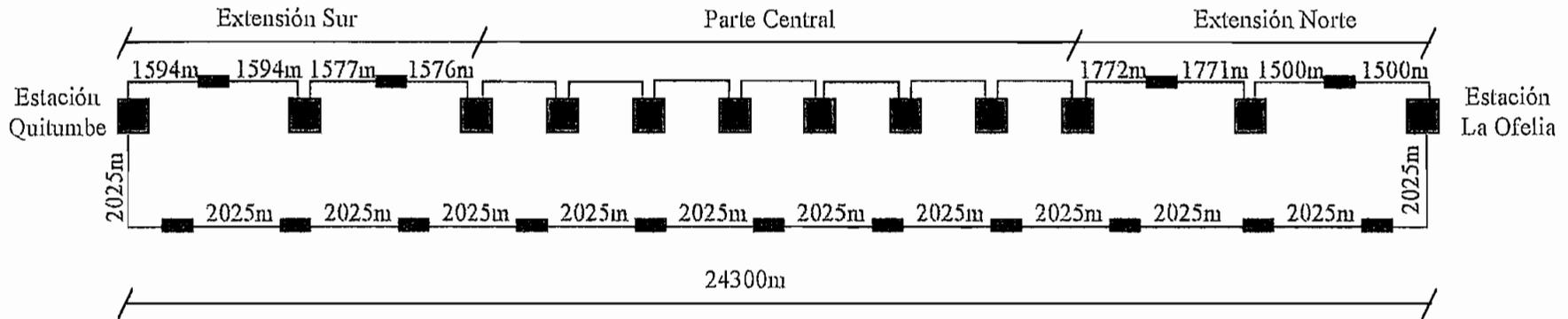
| ITEM                           | Trayecto        | Longitud de cable multipar de 10 pares tipo ELALD JF [metros] |
|--------------------------------|-----------------|---|
| 1                              | Extensión Sur   | 12,369  |
| 2                              | Parte Central   | 20,713  |
| 3                              | Extensión Norte | 11,136  |
| <b>TOTAL DE CABLE MULTIPAR</b> |                 | <b>44,218</b>   |

| ITEM                      | Trayecto        | Longitud de cable Entorchado PCM de 10 pares [metros] |
|---------------------------|-----------------|---|
| 1                         | Extensión Sur   | 14,282  |
| 2                         | Parte Central   | 22,810  |
| 3                         | Extensión Norte | 13,086  |
| <b>TOTAL DE CABLE PCM</b> |                 | <b>50,178</b>   |

**Tabla 2.18. Resumen del requerimiento de longitud de cable**

Nota: El diámetro de los conductores sería de al menos 0.8 mm.

Se puede observar la disposición del cableado del Sistema de Recaudación en los siguientes diagramas:



**Simbología:**

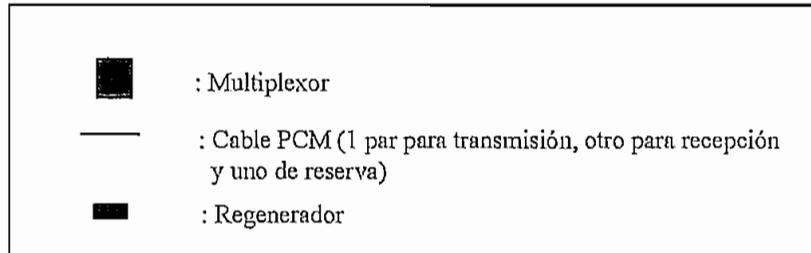
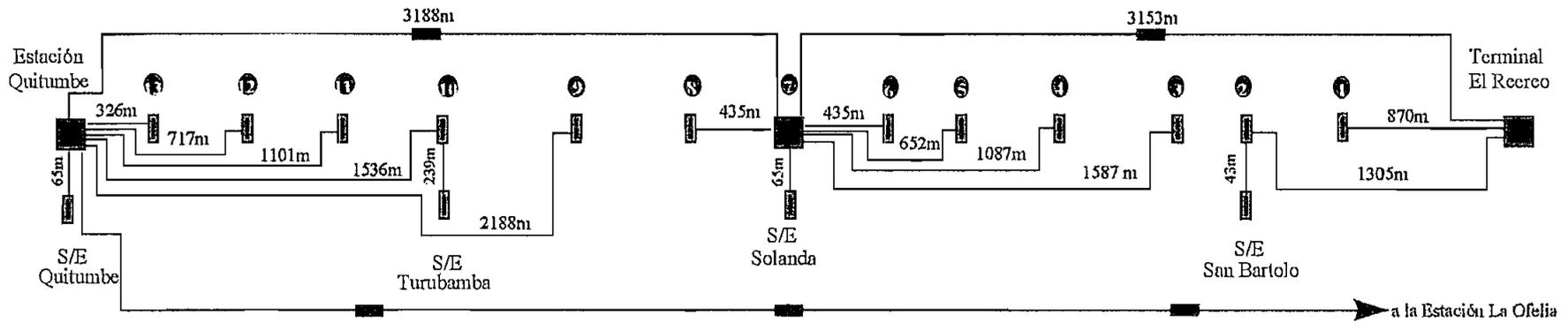


Fig. 2.27. Diagrama general del cableado para el Sistema de Recaudación

### DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE RECAUDACIÓN EXTENSIÓN SUR



Simbología:

|   |  |
|---|--|
|    | : Multiplexor  |
|    | : Parada o Subestación (S/E)   |
|   | : Número de parada   |
|  | : Cable multipar de cobre (1 par y otro par de reserva)                    |
|  | : Cable PCM (1 par para transmisión, otro para recepción y uno de reserva) |
|  | : Regenerador  |

Fig. 2.28. Diagrama del cableado para el Sistema de Recaudación (Extensión Sur)

## DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE RECAUDACIÓN PARTE CENTRAL

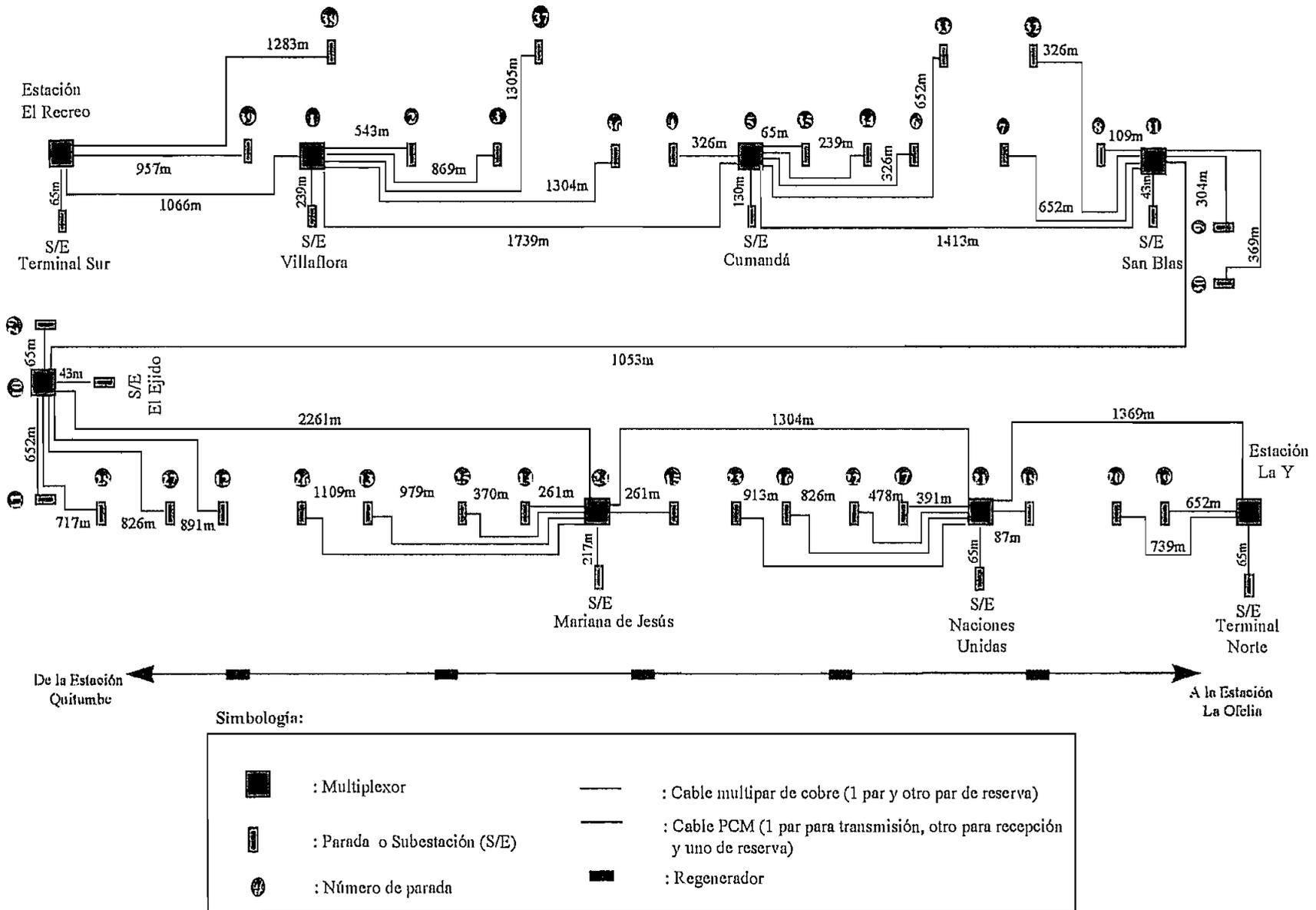
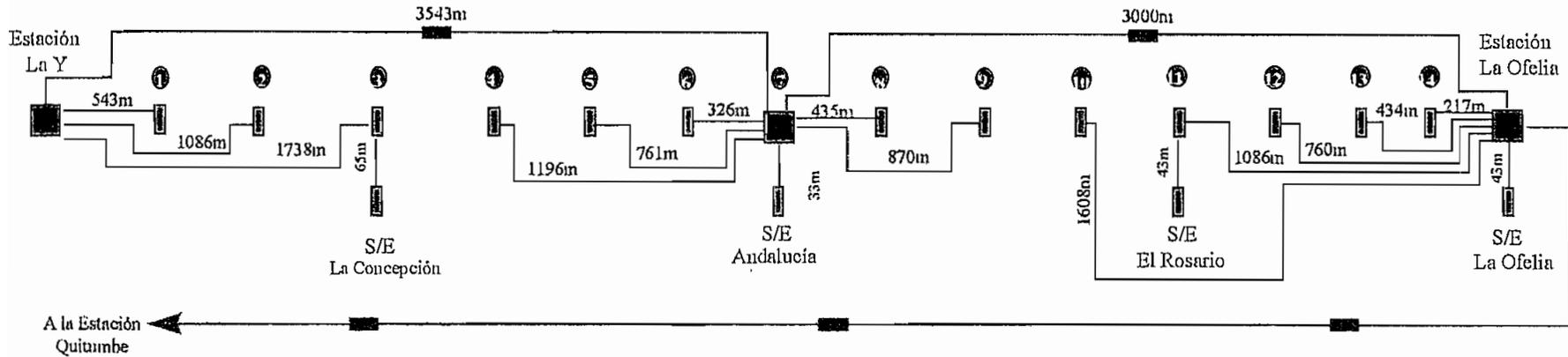


Fig. 2.29. Diagrama del cableado para el Sistema de Recaudación (Parte Central)

### DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE RECAUDACIÓN EXTENSIÓN NORTE



**Simbología:**

|   |  |
|---|--|
|    | : Multiplexor  |
|    | : Parada o Subestación (S/E)   |
|  | : Número de parada   |
|  | : Cable multipar de cobre (1 par y otro par de reserva)                    |
|  | : Cable PCM (1 par para transmisión, otro para recepción y uno de reserva) |
|  | : Regenerador  |

Fig. 2.30. Diagrama del cableado para el Sistema de Recaudación (Extensión Norte)

### 2.2.5. SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN (S.A.E.)

El Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) será implantado mediante un sistema de AVL (*Automatic Vehicle Location*) a través del sistema de radiocomunicaciones troncalizado.

El sistema AVL combinará la tecnología GPS (*Global Positioning System*) con las radiocomunicaciones; esto servirá para proveer soluciones en el manejo de la flota de vehículos trolebuses. De esta manera se conocerá la posición de cada trolebús y el tiempo en el cual ha llegado a dicha ubicación. Además, será posible la transmisión de voz y datos vía radio para el manejo de la flota.

El equipo que integra estas funciones estará basado en tecnología microprocesada e incluirá un receptor GPS, unidad de control, circuitería para el interfaz de radio, un radio módem, antena, entradas libres de relés para sensores (como odómetro, sensor de frenos ABS, etc) y el *software* de aplicación de AVL que se instalará en el computador personal con el que se contará en el centro de control de despacho, donde se monitoreará cualquier movimiento de un vehículo a través del receptor GPS.

En resumen, el equipo que se dispondrá en cada trolebús proveerá de todos los componentes que se requieren para la administración de flota con AVL y constará de:

- **Receptor GPS:** Dispondrá de receptor GPS de alta calidad, para posicionamiento GPS en tiempo real.
- **Circuitería para interfaz de radio:** Trabajará con el radio móvil del sistema troncalizado en la banda de 800 MHz UHF.
- **Radio módem:** Estará equipado con un radio módem incorporado que soportará comunicaciones de datos inalámbricas entre el vehículo y el centro de despacho. El módem utilizará un protocolo digital, propietario del sistema, que esté provisto para

aplicaciones móviles, como por ejemplo la transmisión de la localización de un vehículo en movimiento vía radio. La duración del mensaje requerido para transmitir los datos de localización será menor que un segundo, mensaje en el que se transmitirá la identificación del vehículo, el tiempo del GPS y las coordenadas geográficas.

- **Puerto RS232:** Para programar las funciones de la unidad de control, a través de un computador personal.
- **Antena de techo:** Que recibirá las señales del satélite que transmitirá continuamente mensajes de radio.
- **Terminal de datos móvil:** Que consistirá en una pantalla con un pequeño teclado para funciones especiales y que estará conectado a través de la unidad de control a instalarse en cada trolebús, de esta manera se proveerá de instrucciones escritas y/o visuales a los conductores. Se tendrá la posibilidad de confirmar la recepción de mensajes mediante un pulsante; tanto la recepción exitosa del mensaje como el acuse de recibo del conductor serán almacenadas en memoria para una fiscalización posterior.

En la pantalla de un computador personal ubicado en el CCSAE, podrá observarse el gráfico del mapa de todos los vehículos en el sistema, así como otros datos de administración de la flota. El *software* trabajará bajo el esquema de ventanas de manera que se pueda localizar cualquiera de los trolebuses en un mapa digitalizado y ver su ruta. El manejo de reportes podrá ser generado, impreso o guardado en el centro de control.

Se tendrá una exactitud de posicionamiento de 40 cm. Para conseguir dicha exactitud en la ubicación se utilizará DGPS (*Differential Global Positioning System*) con el Servicio de Posicionamiento Estándar (GPS/SPS) para uso civil.

Una vez que el receptor GPS determine la posición del vehículo, la unidad de control de datos procesará esta información que se enrutará a través del transceptor móvil para ser transmitida automáticamente hacia la estación central.

En la siguiente figura se puede observar un esquema general del sistema AVL/GPS.

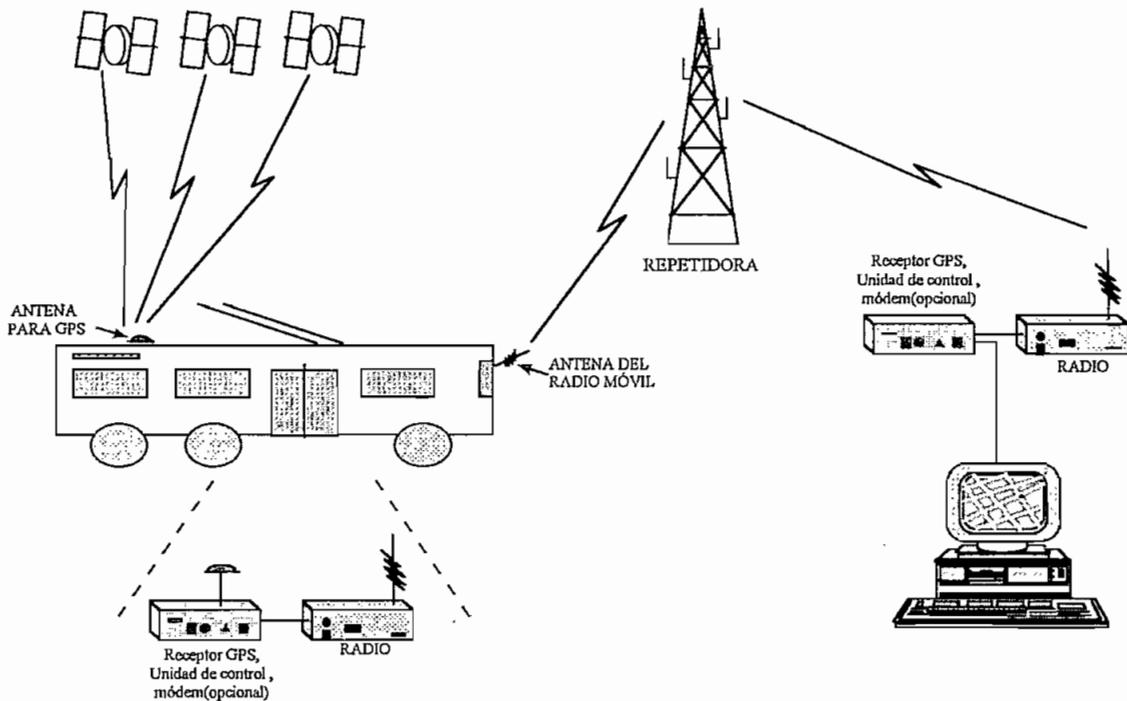


Fig. 2.31. Diagrama esquemático del sistema de AVL/GPS

A través del sistema AVL/GPS que se ha descrito será posible conocer el parámetro más importante que requiere el SAE, es decir, la ubicación de cada vehículo en relación al tiempo en el cual llega a esa posición. Adicionalmente, se facilitará el envío de breves instrucciones a los conductores de los trolebuses. Por lo tanto, con este sistema se cubren las necesidades de comunicaciones inalámbricas para el control de flota.

Para los reportes históricos y estadísticos, que servirán para la programación de las rutas y cronogramas de la flota en función de la demanda, se utilizarán equipos de adquisición de datos instalados en cada una de las paradas. De esta manera se administrará la flota de acuerdo a la matriz de origen y destino de los pasajeros.

El sistema de transmisión de datos estará integrado por una red MODBUS. En cada parada existirá un conjunto de sensores para el conteo de pasajeros que se conectarán a un controlador lógico programable (PLC). Los PLC's de las paradas formarán varias redes MODBUS PLUS; el número de PLC's en cada red estará determinado por la distancia, puesto que en este tipo de redes no es posible exceder una longitud de 1.800 metros.

Toda la información disponible en las paradas se concentrará en el centro de control del SAE. Para ello las redes MODBUS PLUS se comunicarán, a través del protocolo de comunicaciones MODBUS, con módems que enviarán la información al CCSAE según el requerimiento del procesador central (*polling*).

El CCSAE estará ubicado en la estación de transferencia de El Recreo y contará con un *software* que le permita procesar y almacenar toda la información proveniente tanto del sistema de AVL/GPS como del de transmisión de datos de las paradas.

El centro de control permitirá la elaboración de reportes diarios, mensuales o anuales, de manera que el *software* elabore los cronogramas en función de datos estadísticos. Además, realizará un registro, tanto en la base de datos como en forma impresa.

Por medio de *software* se podrá visualizar en pantalla las paradas que superen un número de pasajeros determinado y la hora a la que se produjo. De esta manera el operador podrá realizar cambios en línea en función de la demanda.

El computador del puesto central tendrá las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz multitarea  
64 MB de memoria RAM  
Disco duro de 4 GB  
Diskettera de 3 ½ HD  
Diskettera de CD-ROM lectura - escritura de 16X  
Tarjeta de vídeo SVGA  
Monitor color SVGA de 21 pulgadas  
Teclado castellano expandido  
Mouse  
*Software* del puesto central instalado

- Impresora a color similar o superior a la HP870Cxi
- Módem que permita las comunicaciones con cada una de las paradas
- Radio módem que admita las comunicaciones del sistema AVL/GPS
- Documentación completa de utilización del *software* del puesto central
- Documentación de la configuración y funcionamiento del puesto central
- Regletas de conexión para las líneas de comunicaciones en las paradas

Los módems externos que existan en determinadas paradas tendrán la posibilidad de conectarse en multipunto, incluirán corrección de errores y una velocidad de transmisión de 19,2 kbps a 22,5 km y de 14,4 kbps a 24,5 km. El módem se alimentará con los 110 VAC  $\pm$  10 %, 60 Hz disponibles en cada parada.

**DIAGRAMA DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN  
EXTENSIÓN NORTE**

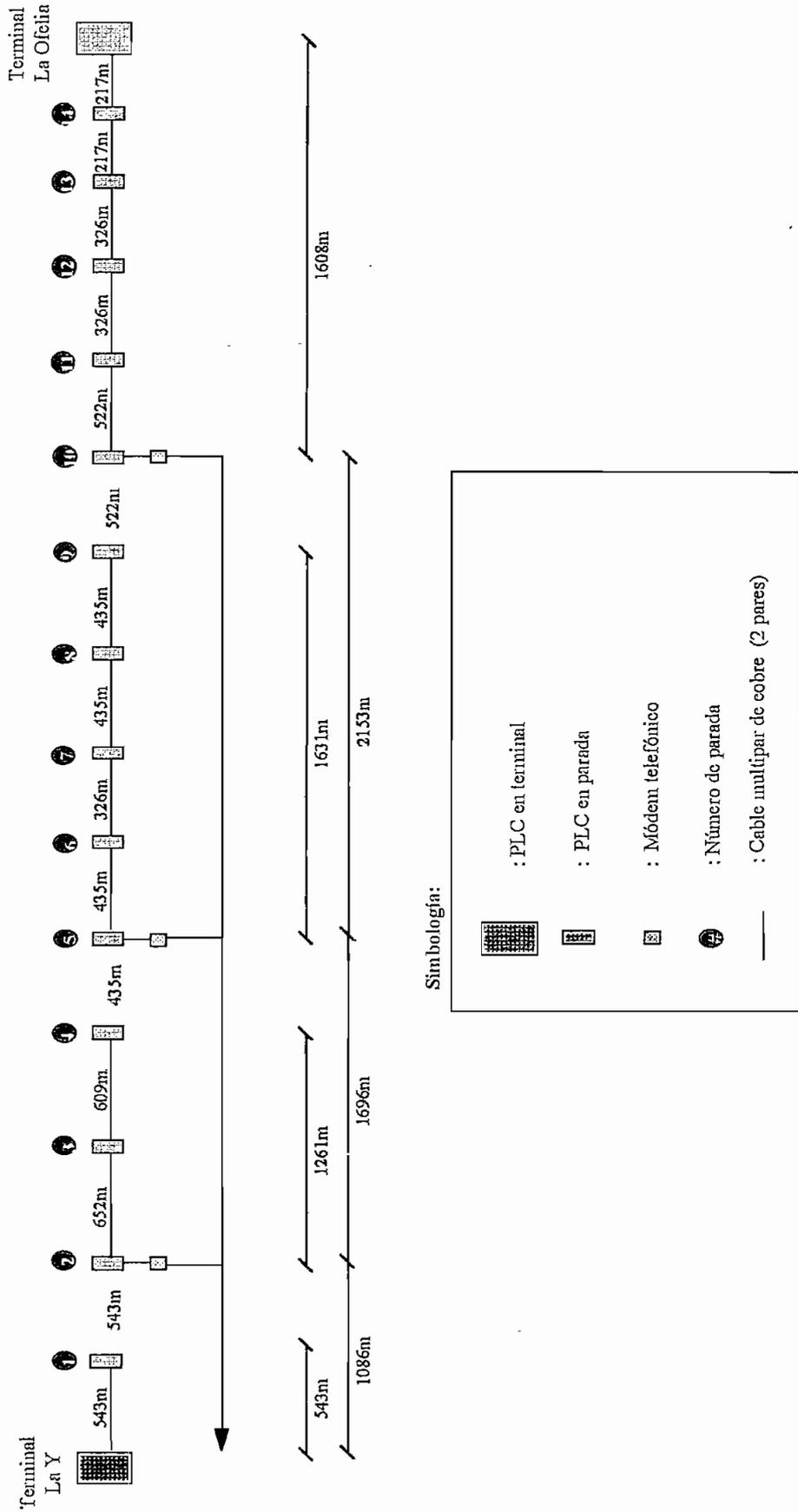


Fig. 2.32. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema de Ayuda a la Explotación (Extensión Norte)

DIAGRAMA DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN PARTE CENTRAL

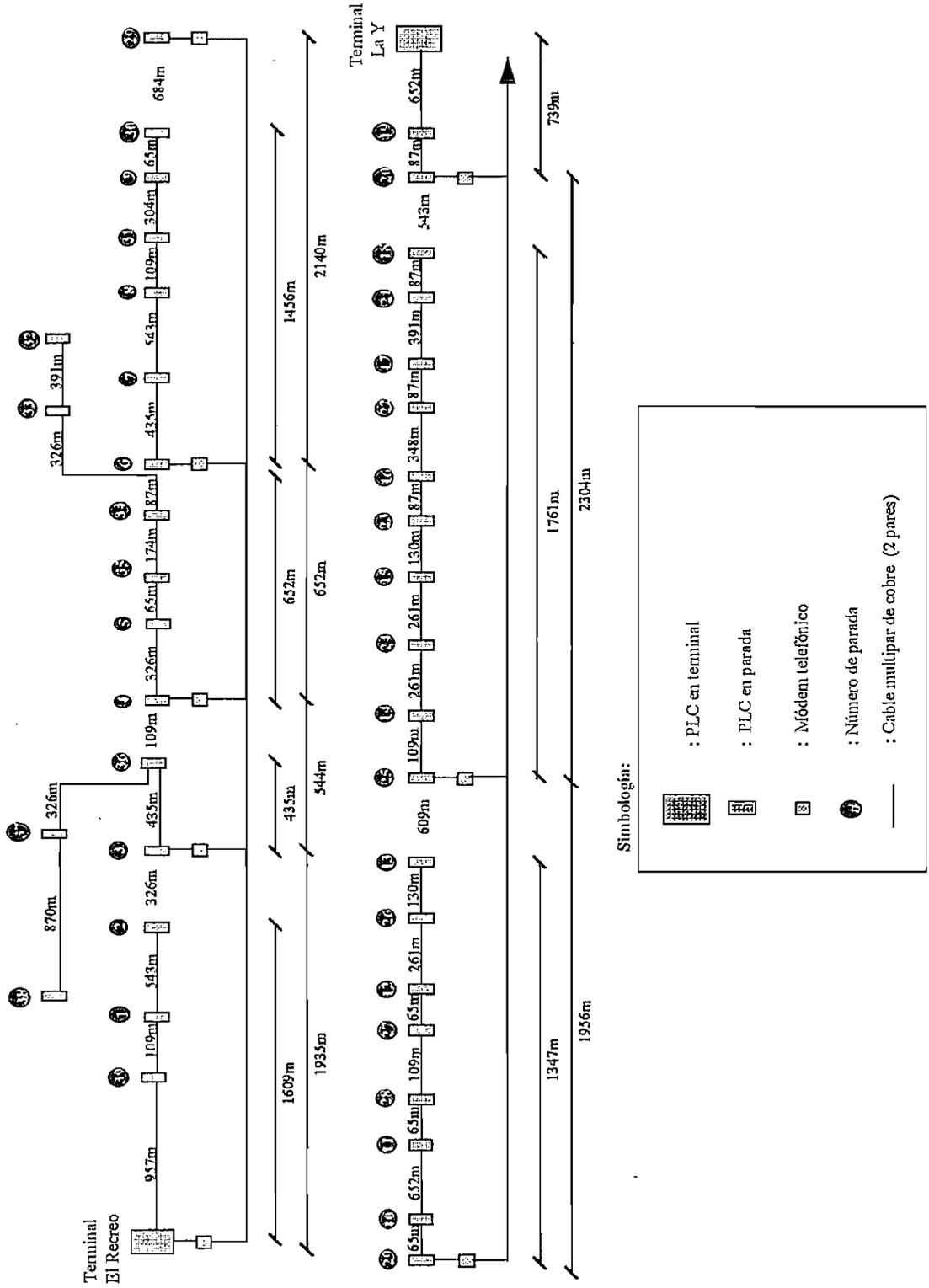


Fig. 2.33. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema de Ayuda a la Explotación (Parte Central)

DIAGRAMA DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN  
EXTENSIÓN SUR

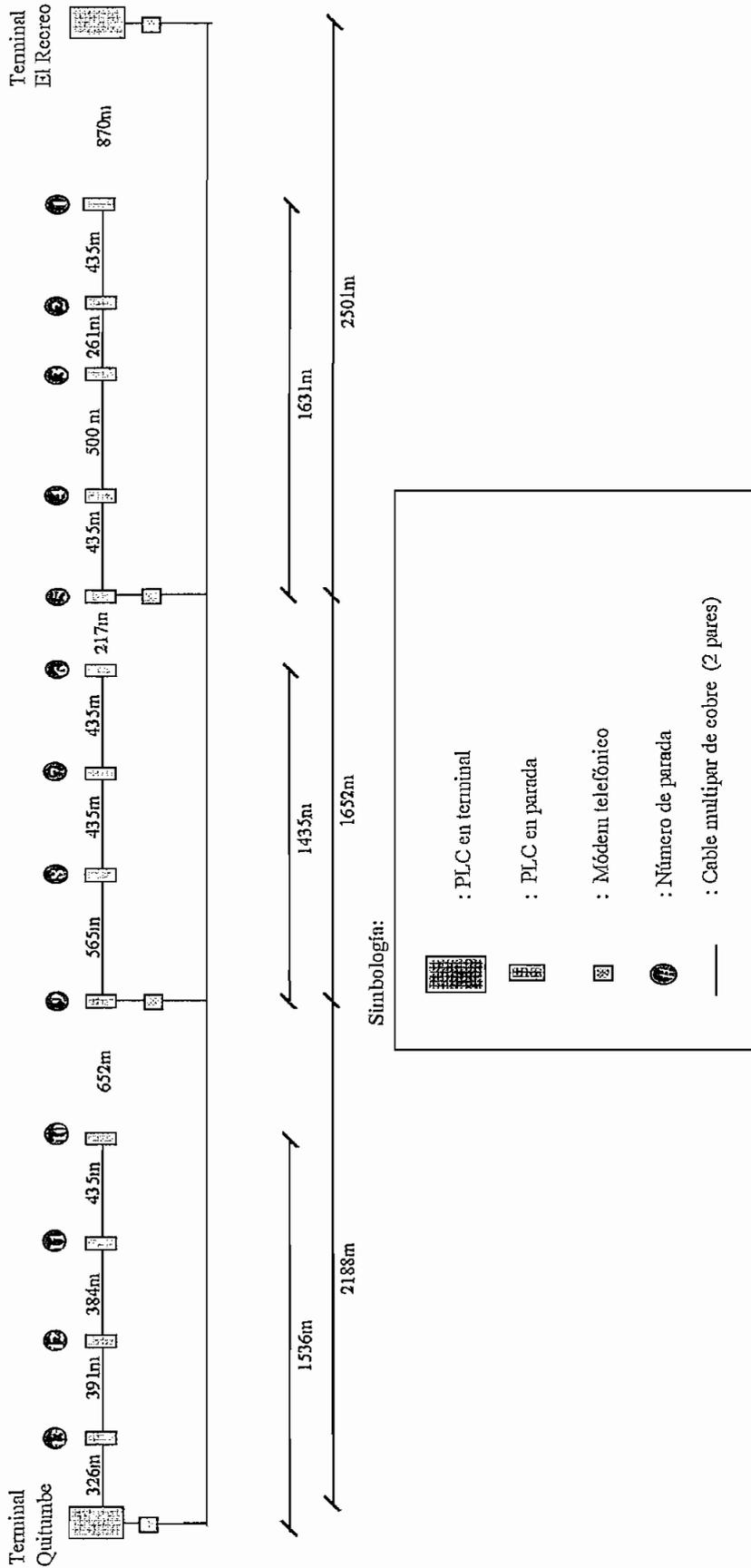


Fig. 2.34. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema de Ayuda a la Explotación (Extensión Sur)

Por otro lado, existen paradas de gran demanda de pasajeros donde las personas deben hacer fila en el exterior de la parada; esta situación no sería detectada por los sensores ubicados en las paradas. Tampoco se podría conocer el flujo de pasajeros que bajan de un trolebús y que permanecen en la parada para tomar otro vehículo.

Para solucionar este problema se implantará un sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV). Se podrá tener información visual de la cantidad de pasajeros que están en la parada y se enviará los trolebuses necesarios en la ruta adecuada.

El CCTV servirá también para control de seguridad en la parada y por factores psicológicos evitará en gran medida que los usuarios evadan el pago del pasaje. Además, mediante las grabaciones de vídeo, el asistente operacional que labora en las paradas tendrá una constancia de su proceder cuando existan diferencias considerables entre el conteo de los sensores y el dinero recaudado en un determinado intervalo de tiempo.

Se captará y transmitirá al centro de control que se ubicará en El Recreo las imágenes obtenidas con cámaras de televisión, las que estarán fijas en las paradas y móviles en las estaciones de transferencia.

El sistema permitirá el control telemandado del movimiento de las cámaras móviles y funciones especiales.

El subsistema de CCTV estará compuesto por los siguientes elementos:

#### *Cámaras*

- Cámara de televisión fija en blanco y negro para captación de la imagen en todas las paradas, provista de zoom digital y carcasa antivandálica.
- Cámara de televisión móvil en blanco y negro para captación de la imagen en las estaciones de transferencia, con elementos de movimiento y ejecución de funciones telemandadas y carcasa antivandálica. Dispondrán de soporte motorizado para movimientos PAN (horizontal), TILT (vertical) y ZOOM (definición del área a visualizarse).

*Centro de control*

Estará configurado por los siguientes equipos:

- Receptores - amplificadores de señal de vídeo
- Matriz de conmutación de vídeo de 122 entradas y 32 salidas que permite la asignación y selección de la imagen de vídeo a monitores y grabadores a través de 5 teclados (2 locales y 3 remotos)
- Módulo de control de telemando
- Teclado de control del sistema
- 3 Monitores a color de 21"
- Armario de 40 unidades y Rack de 19" para ubicación de equipos
- Vídeo grabador VHS

*Cálculo del Cableado*

Por cada una de las cámaras se tendrá una fibra óptica monomodo, medio de transmisión por el que se enviará la imagen hasta el centro de control de vídeo que también se encontrará en El Recreo, lugar donde se recibirán las fibras y se introducirán en una matriz de conmutación.

El medio de transmisión que se usará para el control telemandado del movimiento de las cámaras móviles y funciones especiales será un cable multipar de cobre antiroedores con vaselina de petróleo de 10 pares que se extenderá a lo largo de los 24,3 km de la ruta del trolebús.

| ITEM                         | Trayecto        | Fibra óptica monomodo<br>[metros] |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1                            | Extensión Sur   | 49,945                            |
| 2                            | Parte Central   | 188,998                           |
| 3                            | Extensión Norte | 57,188                            |
| <b>TOTAL DE FIBRA ÓPTICA</b> |                 | <b>296,131</b>                    |

**Tabla 2.18. Resumen del requerimiento de longitud de cable del CCTV**

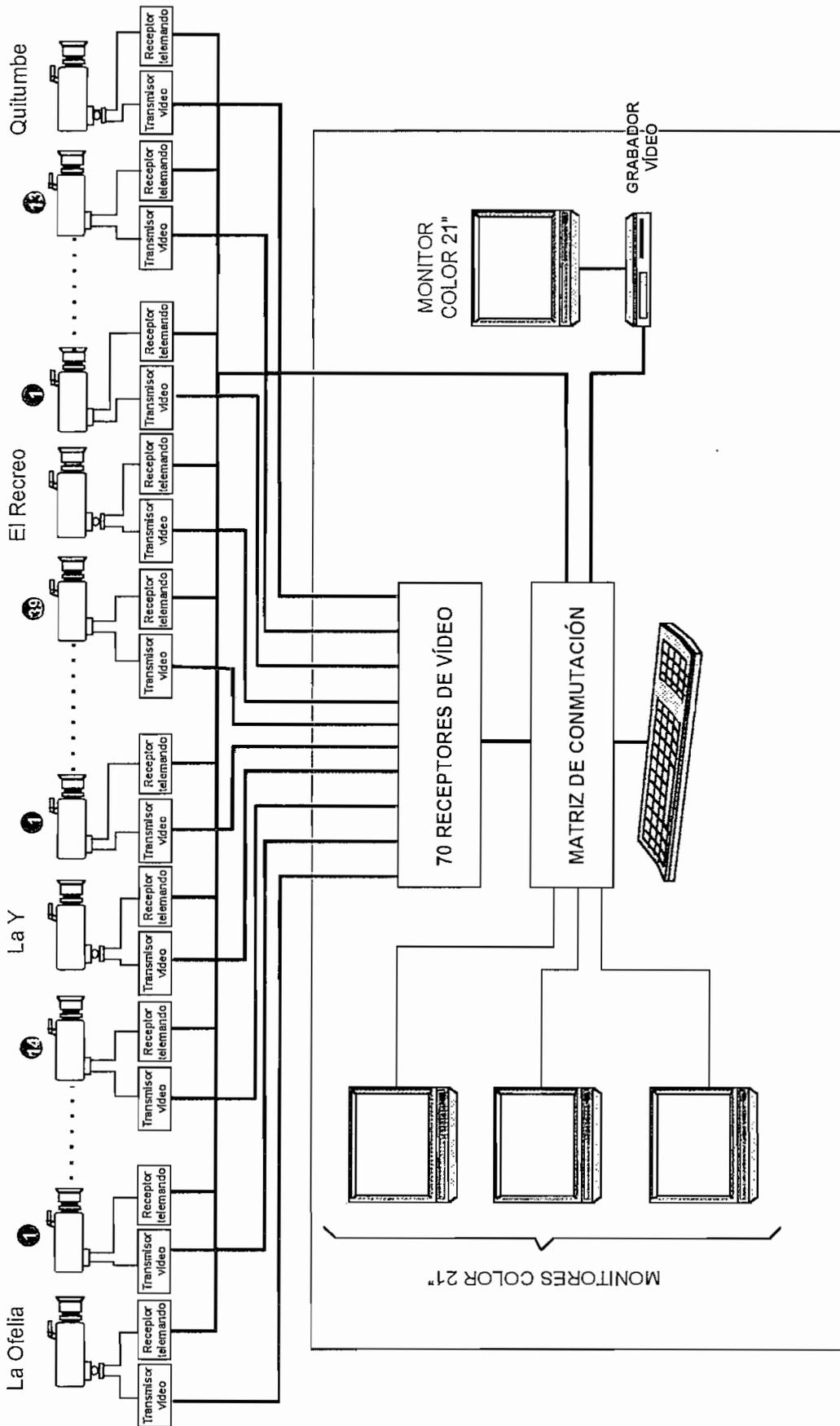


Fig. 2.35. Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

## 2.3. ANÁLISIS DE UNA SOLUCIÓN INTEGRADA DE COMUNICACIONES PARA CADA UNO DE LOS SERVICIOS

### 2.3.1. FUNDAMENTOS DE TDM (TIME DIVISION MULTIPLEXING)

Para que una señal analógica se transmita (como por ejemplo la voz o el vídeo) sea multiplexada por división de tiempo (TDM), debe pasar previamente por un proceso de muestreo, cuantificación, codificación.

En dicho proceso se tomarán muestras de la señal analógica (en forma estrictamente periódica) y solamente se transmitirán esas muestras con la ayuda de un dispositivo de muestreo. A las muestras o impulsos de la señal obtenida se les asignará un valor numérico de acuerdo a intervalos de cuantificación discretos. En el proceso de codificación se representará a cada uno de los intervalos con el código binario de 8 bits correspondiente. Este procedimiento se resume bajo el concepto de conversión analógico-digital de una señal y se lo denomina PCM (*Pulse Code Modulation* = modulación por impulsos codificados). En consecuencia, una señal analógica estará representada por varias palabras PCM de 8 bits (una por cada nivel de la señal).

La aplicación más importante de la transmisión PCM es utilizar rutas de transmisión de forma múltiple, mediante procedimientos de multiplexado temporal (TDM). Las palabras PCM de 8 bits correspondientes a una señal, pueden intercalarse cíclicamente con palabras PCM de otra señal. De esta manera se obtiene una señal múltiple PCM por distribución de tiempo o señal múltiple de tiempo.

Los procesos de *multiplexado* se efectúan electrónicamente. El principio de multiplexaje se representa en la figura 2.36. con cuatro señales de entrada que son muestreadas cíclicamente por un conmutador rotativo **A**. Dicho conmutador avanza desde cada entrada a la siguiente sincronizadamente con el tren de palabras PCM entrantes. De esta manera, a la salida del conmutador **A** queda disponible la señal múltiple de tiempo PCM.

que transmitirá varias señales de entrada por un único medio de transmisión. El tiempo que tarda en transmitirse una palabra PCM se denomina intervalo de tiempo (*time slot*).

El tren de bits que contiene una palabra PCM de cada señal de entrada se denomina *trama*. La trama en el ejemplo de la figura se compone de 4 palabras PCM consecutivas, correspondientes a las señales S1, S2, S3 y S4. En el sistema PCM30, la trama se compone de 32 palabras PCM.

En el lado de recepción, se recuperan las distintas señales PCM de la señal múltiplex, es decir, las palabras PCM de 8 bits se distribuyen a las salidas correspondientes. Igual que al formar la señal múltiplex de tiempo en el lado de transmisión; también aquí los procesos de *demultiplexado* son totalmente electrónicos. En la figura 2.36 se muestra un conmutador rotativo **B** que, sincronizado con el conmutador **A**, distribuye las palabras PCM entre las 4 salidas.

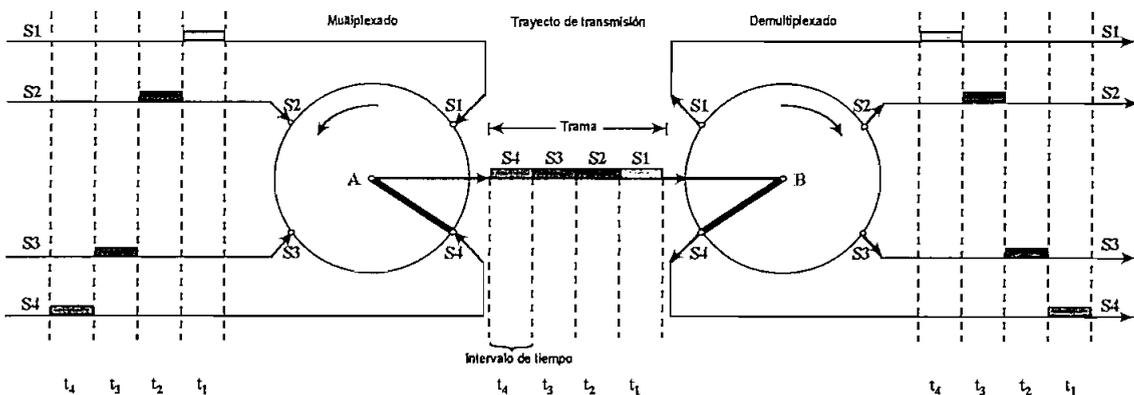


Fig. 2.36. Principio del multiplexado y demultiplexado

Los sistemas de transmisión PCM terminan en un equipo múltiplex digital en ambos extremos de la línea de transmisión. Cada equipo múltiplex contiene una sección transmisora y otra receptora; las secciones transmisoras forman las palabras PCM de 8 bits a transmitir y las secciones receptoras convierten las palabras PCM recibidas en

señales analógicas. Para que la sección receptora pueda recuperar la señal analógica debe funcionar con la misma temporización que la sección transmisora asociada, es decir, en sincronismo. Es por esto que la información recibida de la sección transmisora a la receptora contiene no sólo las señales PCM sino también la información de temporización (señal de reloj) utilizada para formar dichas señales.

La sección transmisora dispone de un generador de señal de reloj y la receptora de un receptor de temporización. De esta manera, la sección receptora marcha sincronizadamente con la sección transmisora asociada, es decir, exactamente a la misma velocidad.

Los sistemas recomendados por la UIT-T, PCM30 que funciona a 2,028 Mbps (Recomendación G.732) y PCM24 con 1,544 Mbps (Recomendación G.733<sup>12</sup>), agrupan en cada sentido de transmisión 30 ó 24 canales respectivamente, y forman un sistema múltiplex de tiempo. Los sistemas PCM30 se emplean en todos los países europeos y en muchos no europeos, mientras que los PCM24 se utilizan en los E.E.U.U., Canadá y Japón. Ambos sistemas son conocidos también bajo la denominación “Sistemas de transmisión primarios” o sistemas básicos.

Los sistemas PCM30 y PCM24 pueden utilizarse como etapas básicas para sistemas de transmisión digital de un mayor número de canales. Se denominan sistemas de orden superior aquellos que disponen de un número de canales varias veces mayor que los sistemas básicos.

Las señales digitales que se combinan para obtener una señal múltiplex de orden superior no suelen estar exactamente sincronizadas entre sí, aún cuando sean de la misma velocidad nominal (por ejemplo 2,048 Mbps). Sus velocidades binarias pueden variar del valor nominal dentro de ciertas tolerancias (por ejemplo  $\pm 5 \times 10^{-5}$ ), en tal caso se dice que dichas señales son **plesiócronicas**. Por tal razón, al combinar señales digitales en un equipo múltiplex hay que sincronizar sus señales de temporización nominales mediante

---

<sup>12</sup> Véase el anexo 2

procedimientos de justificación. A través de los dígitos de justificación el transmisor informa continuamente al receptor si ha tenido lugar la justificación. Los dígitos de servicio de justificación se necesitan para revertir en el receptor la justificación y recuperar las señales originales.

En la siguiente tabla se indican los sistemas de transmisión de orden superior recomendados por la UIT-T y que forman parte de la jerarquía digital plesiócrona (PDH  $\equiv$  *Plesiochronous Digital Hierarchy*).

|  | Número de canales | Velocidad de transmisión (Mbps) |
|--|-------------------|---------------------------------|
| Basados en el sistema de transmisión PCM30 | 30                | 2,048                           |
|  | 120               | 8,448                           |
|  | 480               | 34,368                          |
|  | 1.920             | 139,264                         |
| Basados en el sistema de transmisión PCM24 | 24                | 1,544                           |
|  | 96                | 6,312                           |
|  | 480 (Japón)       | 32,064                          |
|  | 672 (E.E.U.U)     | 44,736                          |
|  | 1.440 (Japón)     | 97,728                          |
| 4.032 (E.E.U.U)                            | 274,176           |                                 |

Tabla 2.19. Sistemas de transmisión de orden superior de acuerdo a la UIT-T

Para la sincronización de las redes digitales se empleará un elemento de reloj que suministrará los impulsos de temporización requeridos. Estos impulsos sincronizan todos los procesos de conmutación en los equipos de conexión y en la red de conmutación. Para el funcionamiento sincrónico de la red es imprescindible un generador de impulsos de temporización de alta precisión.

Dos señales son sincronas si sus tiempos coinciden o tienen una relación de fase constante. En una red sincrona todos los relojes funcionan a la misma frecuencia con una variación de fase relativa limitada.

La jerarquía digital SDH (*Synchronous Digital Hierarchy* ≡ Jerarquía Digital Sincrónica) está documentada en las recomendaciones G.707, G.708 y G.709 de la UIT-T<sup>13</sup>; en ellas se define la señal multiplexada elemental: módulo de transporte sincrónico STM-1 (Synchronous Transport Module) con 155,520 Mbps. El multiplexado de otras señales (STM-N) puede configurarse con múltiplos enteros (N) por entrelazado byte a byte (1 byte = 8 bits) de varios elementos STM-1. Dentro de la trama STM-1 pueden transmitirse todas las señales plesiócronicas de los estándares estadounidenses y europeos.

### **2.3.2. DESCRIPCIÓN DE UNA SOLUCIÓN CON TDM PARA RED MAN**

Se dispondrá de una red de comunicaciones de área metropolitana (MAN), para el personal del sistema de trolebuses que labora en lugares fijos, que soporte e integre voz, datos y vídeo. Todos estos servicios serán suministrados en cada parada y estación de transferencia del trolebús, y se centralizarán en un solo punto de control y distribución ubicado en la estación de El Recreo.

El personal del trolebús que no labora en lugares fijos deberá utilizar el sistema de radiocomunicaciones descrito en el numeral 2.2.2. de este capítulo.

La red dispondrá en cada parada de los siguientes servicios:

|                  |       |   |
|------------------|-------|---|
| Puertos de datos | 5 ó 6 | (2 ó 3 máquinas recaudadoras, 2 contadores de personas y un letrero o pantalla informativa) |
| Puertos de voz   | 2     | (1 teléfono y 1 arreglo de megáfonos)   |
| Puerto de vídeo  | 1     | (1 cámara de televisión)  |

Cada una de estas aplicaciones serán multiplexadas y, al menos la voz y el vídeo, deberán ser comprimidas.

En esta solución, que soportará las aplicaciones requeridas, el medio de transmisión

---

<sup>13</sup> Véase el anexo 2

escogido es fibra óptica. El diseño de la red comprenderá varias rutas que simulen estrellas y subestrellas de transmisión. De esta manera será posible concentrar en un punto central todo el sistema.

El sistema será centralizado, esto permitirá la supervisión e intervención en la totalidad del equipamiento previsto desde el centro de control que se ubicará en la estación de transferencia de El Recreo.

La red será modular y de arquitectura abierta, de esta manera permitirá que el sistema pueda crecer en un 100% con otro tipo de servicios. El crecimiento de la red podrá hacerse con solo incrementar el *hardware* necesario en el punto o parada específica donde sea requerido, sin afectar al resto de servicios ni a la estructura física de comunicaciones.

La red interconectará:

- Las paradas, estaciones de transferencia y subestaciones con el centro de control a nivel de datos, con diferentes interfaces y velocidades de canales.
- Las paradas y estaciones de transferencia con el centro de control a nivel de vídeo.
- Las paradas, estaciones de transferencia y consola de operadora a nivel de telefonía, con teléfonos analógicos y digitales.
- Las paradas, estaciones de transferencia y consola de operadora a nivel de megafonía, con megáfonos externos e independientes del aparato telefónico.

Se implantará una red separada en distintos niveles físicos y lógicos, donde los últimos niveles utilizarán par trenzado.

Los nodos de comunicaciones principales se ubicarán en las estaciones de transferencia (Quitumbe, El Recreo, La Y, La Ofelia) y en las paradas que tengan una subestación de tracción cercana, es decir, se tendrán 16 nodos principales. Se ha adoptado esta

configuración debido a que las subestaciones se hallan aproximadamente equidistantes a lo largo del trayecto total de los trolebuses.

Las comunicaciones entre dichos nodos serán a través de fibra óptica monomodo que trabajará en la ventana de 1.300 nm, puesto que este tipo de fibra es la de menor atenuación y dispersión, y constituirán el primer nivel físico de comunicaciones. Las comunicaciones entre los nodos y el resto de paradas también serán por fibra óptica del mismo tipo y constituirán el segundo nivel de comunicaciones.

Cuando la distancia entre paradas sea menor que 110 metros se empleará par trenzado.

En el primer nivel se utilizará tecnología SDH que está normalizada en tres niveles de enlace:

STM-1 a 155 Mbps

STM-4 a 620 Mbps

STM-16 a 2.500 Mbps

Se ha elegido STM-1 para el primer nivel de comunicaciones debido a que permite todos los servicios requeridos. Cada nodo SDH derivará en un conjunto de canales de 2 Mbps, de acuerdo con la recomendación G.703<sup>14</sup> de la UIT-T. Dichos canales serán introducidos en el segundo nivel de comunicaciones que operará bajo PDH a 2 Mbps, donde llevarán la información todos los interfaces de voz, datos y vídeo. La red independiente de segundo nivel (PDH) comunicará las paradas con los nodos principales del primer nivel.

Los interfaces de sincronización proporcionarán señales a 2,048 Mbps, conforme a la recomendación G.703, con impedancia de 75 ó 120  $\Omega$ .

Por lo tanto, los niveles de comunicaciones estarían configurados de la siguiente manera:

---

<sup>14</sup> Véase el anexo 2

### *Primer nivel de comunicaciones*

Conecta las estaciones de transferencia y las “paradas tipo A” (son las que incorporan en sus cercanías una subestación eléctrica de tracción) mediante una arquitectura SDH de comunicaciones en STM-1 a 155 Mbps, cuyos equipos cumplirán con la recomendación G.957<sup>15</sup> de la UIT-T. De estos equipos saldrán enlaces a 2 Mbps que se conectarán a la red de segundo nivel. La red física de este nivel será de fibra óptica e independiente del segundo nivel.

### *Segundo nivel de comunicaciones*

Enlaza las paradas tipo A con las paradas tipo B (aquellas que no tienen asociadas una subestación eléctrica) mediante una red física independiente del primer nivel de comunicaciones. Adicionalmente, integra mediante una arquitectura PDH de comunicaciones a 2 Mbps todos los interfaces que prestarán los servicios de voz, datos y vídeo en cada parada y estación de transferencia. Todos los tributarios a 2 Mbps cumplirán con las recomendaciones de la UIT-T G.703, donde los equipos ofrecerán tanto conexión con cable coaxial de 75  $\Omega$  como con par simétrico de 120  $\Omega$ .

### *Tercer nivel de comunicaciones*

A las paradas que disten de las paradas tipo A o B una distancia menor de 110 metros, se las denominará tipo C. Este nivel de comunicaciones enlazará las paradas tipo C con las paradas tipo A mediante par trenzado para conectarse a la red PDH. Por otro lado en este nivel se conecta las subestaciones mediante interfaces V.24 ó V.28 a las paradas tipo A.

Las paradas, estaciones de transferencia y subestaciones eléctricas de tracción contarán con lo siguiente:

---

<sup>15</sup> Véase el anexo 2

*Paradas*

- Extensión telefónica
- Extensión de megafonía
- Canales de datos para las máquinas recaudadoras, mediante interfaces RS232, a la red de comunicaciones que llevará la información al centro de control de recaudación
- Canales de datos para el sistema SAE
- Canales de vídeo
- Canales de datos de reserva para la comunicación con otras paradas, subestaciones de tracción y puntos de concentración

*Subestaciones Eléctricas de Tracción*

Un canal de datos para el sistema de telealarma, teledida y telemando

*Estaciones de Transferencia*

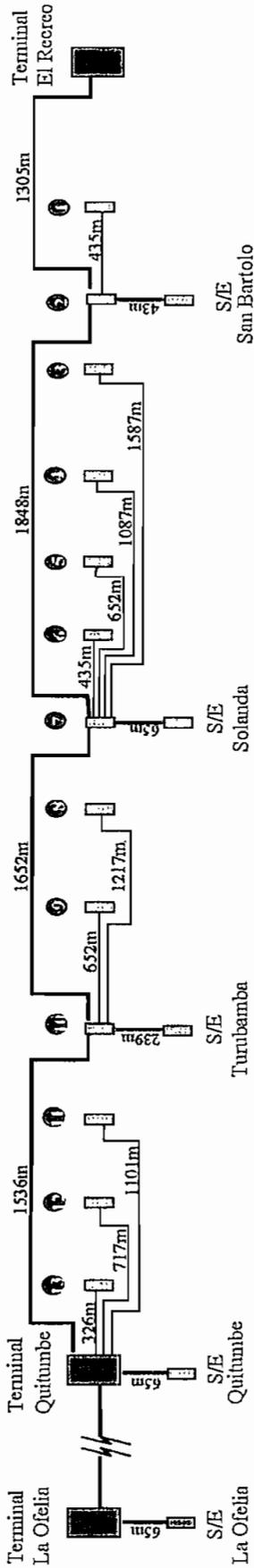
- Extensiones telefónicas
- Extensiones de megafonía
- Canal de datos para la comunicación con la subestación de tracción (a 19.200 bps)
- Canal de datos para el sistema SAE
- Canal de vídeo
- Canal de datos para telemando de vídeo
- Canal para red LAN en la estación de El Recreo

Los multiplexores presentarán un interfaz para supervisión a través del cual se podrán realizar operaciones de configuración, operación y mantenimiento. Para ello, este interfaz se conectará a un computador personal mediante RS232.

En general, el esquema del cableado del sistema integrado de comunicaciones se representará en las siguientes figuras:

DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE COMUNICACIONES (TDM)

EXTENSIÓN SUR

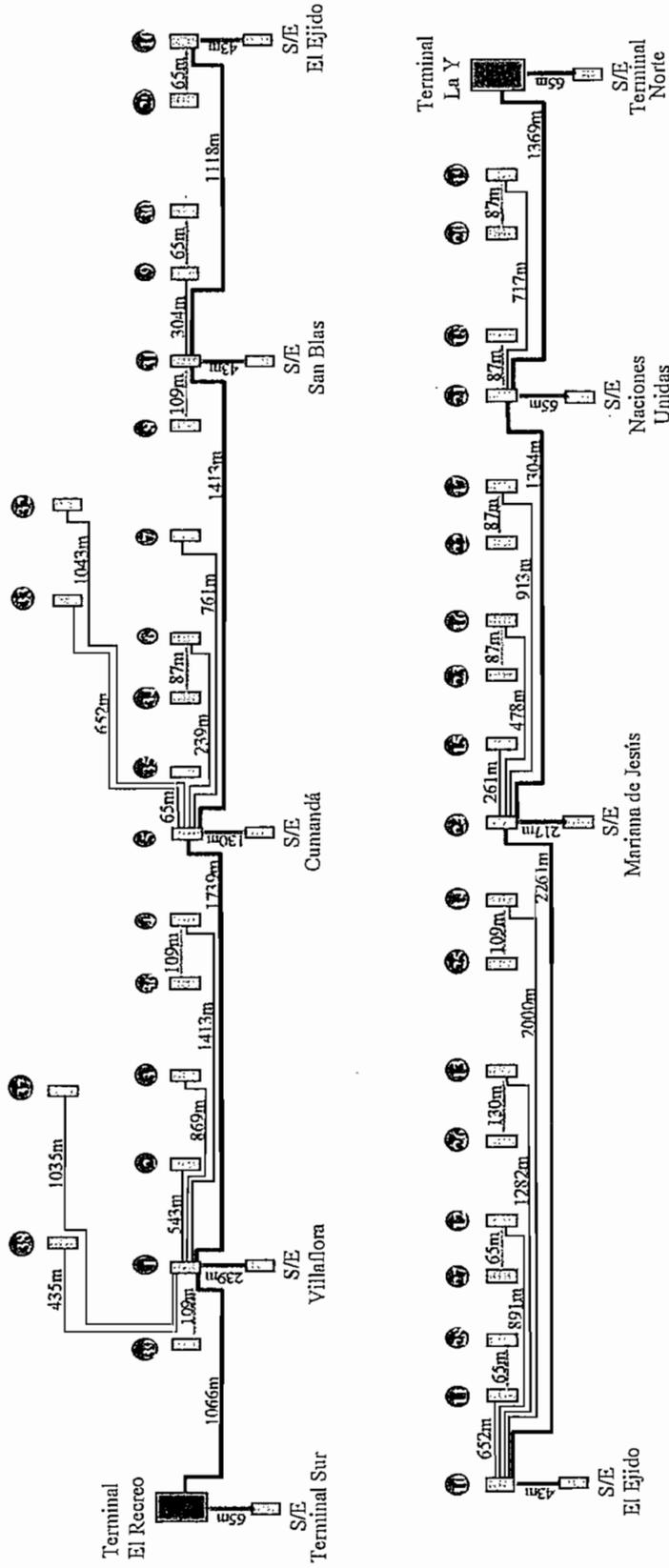


Simbología:

-  : Terminal
-  : Parada o Subestación (S/E)
-  : Enlace por fibra óptica a 2 Mbps (PDH)
-  : Enlace por fibra óptica a 155 Mbps (SDFE)
-  : Enlace por par trenzado a 19.2 kbps (4 pares)
-  : Número de paradas

Fig. 2.37. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema integrado de comunicaciones (Extensión Sur)

DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE COMUNICACIONES (TDM)  
PARTE CENTRAL



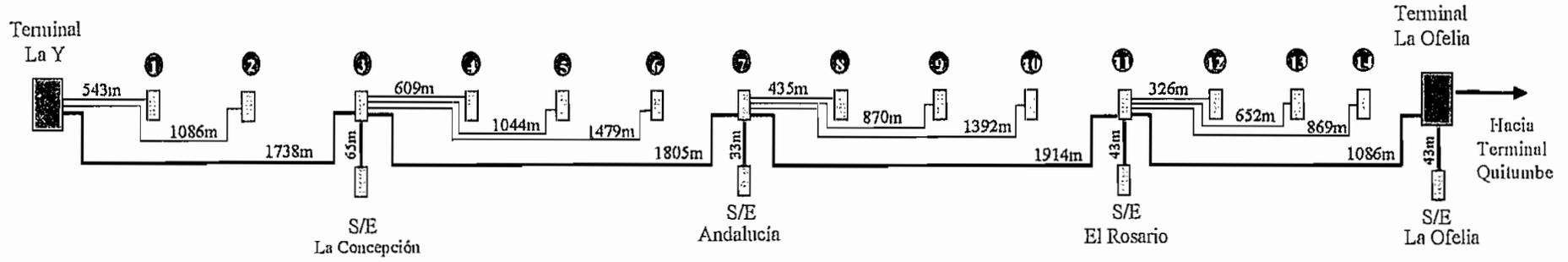
**Simbología:**

-  : Terminal
-  : Parada o Subestación (S/E)
-  : Enlace por fibra óptica a 2 Mbps (PDH)
-  : Enlace por fibra óptica a 1.55 Mbps (SDH)
-  : Enlace por par trenzado a 19.2 kbps (4 pares)
-  : Enlace por par trenzado a 2 Mbps (PDH)
-  : Número de parada

Fig. 2.38. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema integrado de comunicaciones (Parte central)

# DIAGRAMA UNIFILAR DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE COMUNICACIONES (TDM)

## EXTENSIÓN NORTE



### Simbología:

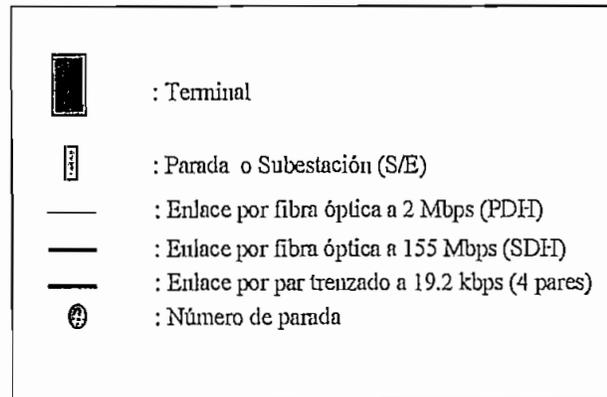
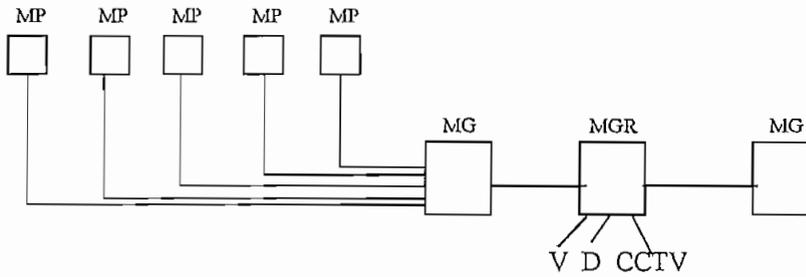


Fig. 2.39. Diagrama unifilar del cableado para el Sistema integrado de comunicaciones (Extensión Norte)

La solución estará formada de la siguiente manera:

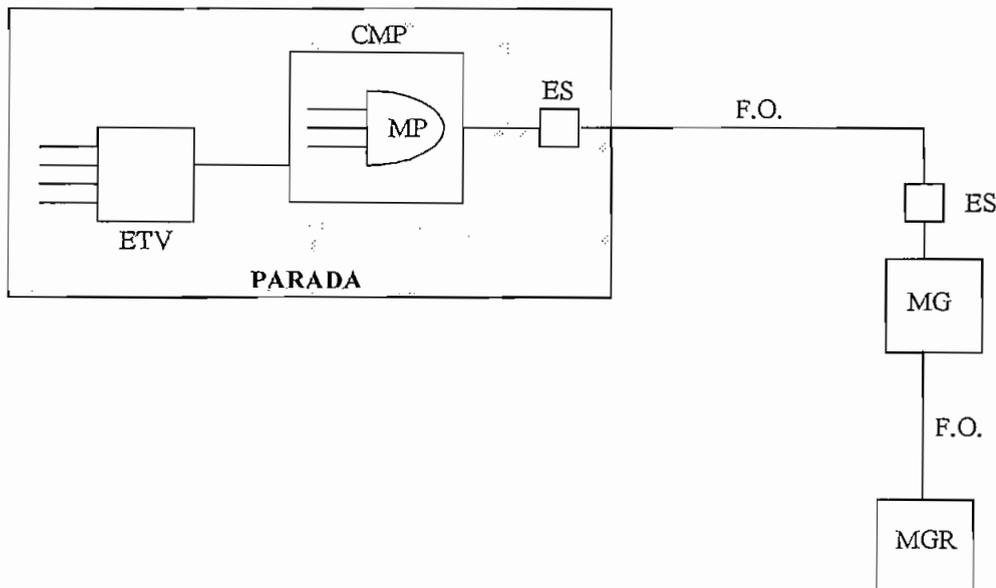


**Nomenclatura:**

|  |                              |
|--|------------------------------|
| MP: mux pequeño PDH con módem de fibra óptica incluido | V: Central telefónica        |
| MG: mux grande SDH                                     | D: Servidor de red (datos)   |
| MGR: Mux principal SDH de El Recreo                    | CCTV: Administrador de vídeo |

**Fig. 2.40. Esquema de la solución del Sistema integrado de comunicaciones**

El esquema de conexión del CCTV se muestra a continuación, donde se observa que la fibra monomodo dispondrá de acceso a la parada y elementos de sujeción.



**Nomenclatura:**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| ETV: Equipo de vídeo que soporta hasta 4 cámaras. | F.O.: Fibra óptica                  |
| CMP: Caja para el mux pequeño PDH                 | MG: Mux grande SDH                  |
| MP: Mux pequeño PDH                               | MGR: Mux principal SDH de El Recreo |
| ES: Elemento de sujeción                          |                                     |

**Fig. 2.41. Esquema de la conexión del sistema de CCTV a la red de comunicaciones**

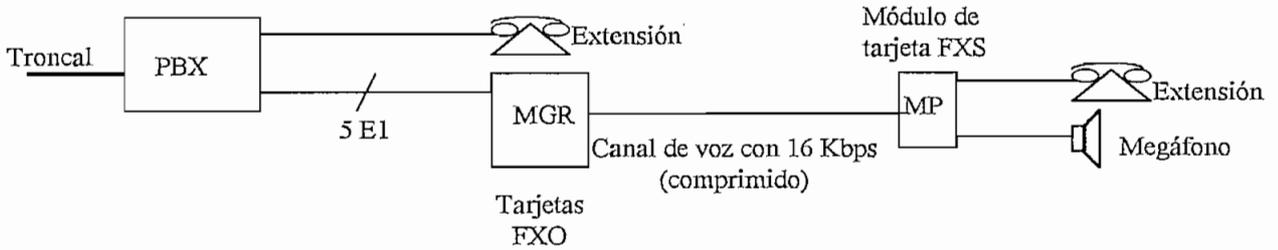


Fig. 2.42. Esquema de la conexión del sistema de telefonía y megafonía a la red de comunicaciones

El multiplexor grande mediante *software* comprime y enruta a cada extensión telefónica. La megafonía se tratará como una extensión telefónica, pero en lugar de poner un microteléfono se utilizará un parlante.

Los multiplexores no pueden manejar extensiones telefónicas digitales porque las interfaces de las PABX (*Private automatic branch exchange*  $\equiv$  central telefónica privada) no están normalizados. Es decir, el mux tiene interfaces V.35, RS232 y X.21, por lo que no se puede conectar el aparato telefónico que emplea solamente dos hilos de cobre.

Por esta razón se pondrán dos módulos de central telefónica, uno en la estación de La Y y el otro en El Recreo, que estarán enlazados entre sí y desde los cuales se podrán conectar extensiones telefónicas digitales.

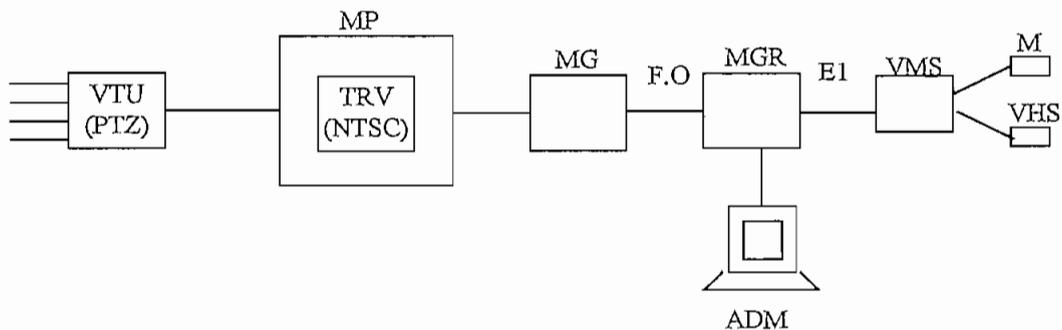
Dentro de lo que concierne al Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) se tiene varias opciones para especificar la velocidad de transmisión para el vídeo digital, el cual es expresado en frames<sup>16</sup> por segundo (fps).

<sup>16</sup> En terminología norteamericana un *frame* equivale a un cuadro, o imagen completa, dentro del lenguaje de televisión.

Las velocidades típicamente utilizadas dependen del tipo de aplicación y son:

|                       |       |     |
|-----------------------|-------|-----|
| Internet:             | 4 a 6 | fps |
| Cámaras de Seguridad: | 8     | fps |
| Vídeo conferencia:    | 15    | fps |
| Televisión:           | 30    | fps |

En el caso del CCTV para el Sistema de Transporte mediante Trolebuses de Quito, únicamente se requiere de cámaras de seguridad. Por lo tanto, la velocidad de transmisión a utilizarse en el sistema de vídeo será de 8 fps.



#### Nomenclatura:

|  |   |
|--|---|
| VTU: Unidad terminal de vídeo (Video Terminal Unit)  | MG: Multiplexor grande SDH que soporta todo el tráfico de las paradas que tenga asociadas |
| PTZ: Pan (Movimiento horizontal)   | F.O.: Enlace de fibra óptica  |
| Tilt (Movimiento vertical)   | MGR: Mux grande SDH de El Recreo  |
| Zoom (Acercamiento)  | ADM: Administrador de red   |
| MP: Multiplexor pequeño PDH de la parada   | E1: Enlace del tipo E1  |
| TRV: Tarjeta de red de vídeo que trabaja con los estándares de la NTSC                           | VMS: Administrador del sistema de vídeo (Video Manager System)                            |
| NTSC: Comité de estandarización de televisión nacional (National Television Standards Committee) | M: Monitor (pantalla).  |
|  | VHS: Vídeo - grabadora.   |

Fig. 2.43. Configuración para el CCTV (Circuito cerrado de Televisión)

Cada multiplexor pequeño PDH sirve para conectar lo siguiente:

- VTU (Unidad terminal de vídeo)

- RTU (Unidad terminal para *router*, es decir, que se puede conectar una red LAN directamente)
- DTU (Unidad terminal de datos, es decir que dispone puertos RS232 y V.35)

Para integrar los diferentes servicios de cada parada se ha considerado que:

- Los computadores personales de los centros del control de cada uno de los sistemas que se encontrarán en El Recreo formarán parte de una red LAN
- La telefonía tendrá 2 hilos (Comunicación *full duplex*)
- Las máquinas de recaudación disponen de un puerto RS232
- Los sensores de conteo deberán integrarse al sistema por puerto RS232
- Las cámaras de la parada serán fijas y el vídeo se transmitirá a una velocidad de 8 fps, mientras que las de las estaciones de transferencia tendrán PTZ
- El letrero luminoso se enlazará al sistema de telecomunicaciones por puerto RS232
- El megáfono contará con 2 hilos (Comunicación *Half duplex*)

El tráfico que se tendrá por parada tipo A será:

| SERVICIO   | CANTIDAD | Velocidad de tx Máx (Kbps) | TOTAL (Mbps)  |
|--|----------|----------------------------|---------------|
| Extensión telefónica   | 1        | 64                         | 0,0640        |
| Extensión de megafonía   | 1        | 64                         | 0,0640        |
| Canal de datos para las máquinas recaudadoras, mediante interfaces RS232     | 2        | 19,2                       | 0,0384        |
| Canal de datos para el sistema SAE (RS232)                                   | 3        | 19,2                       | 0,0576        |
| Canal de datos para el sistema de telealarma, telemedida y telemando (RS232) | 1        | 19,2                       | 0,0192        |
| Canal de vídeo   | 1        | 128                        | 0,1280        |
| <b>TOTAL DE TRÁFICO POR PARADA TIPO A</b>                                    |          |                            | <b>0,3712</b> |

Tabla 2.20. Tráfico de información que manejarán las paradas tipo A

El tráfico que se tendrá por parada tipo B ó C será:

| SERVICIO   | CANTIDAD | Velocidad de tx Máx (Kbps) | TOTAL (Mbps)  |
|--|----------|----------------------------|---------------|
| Extensión telefónica   | 1        | 64                         | 0,0640        |
| Extensión de megafonía   | 1        | 64                         | 0,0640        |
| Canal de datos para las máquinas recaudadoras, mediante interfaces RS232 | 2        | 19,2                       | 0,0384        |
| Canal de datos para el sistema de SAE (RS232)                            | 3        | 19,2                       | 0,0576        |
| Canal de vídeo   | 1        | 128                        | 0,1280        |
| <b>TOTAL DE TRÁFICO POR PARADA TIPO B ó C</b>                            |          |                            | <b>0,3520</b> |

Tabla 2.21. Tráfico de información que manejarán las paradas tipo B ó C

El tráfico que se tendrá por estación de transferencia será:

| SERVICIO   | CANTIDAD | Velocidad de tx Máx (Kbps) | TOTAL (Mbps)  |
|--|----------|----------------------------|---------------|
| Extensión telefónica   | 10       | 64                         | 0,6400        |
| Extensión de megafonía   | 2        | 64                         | 0,1280        |
| Canal de datos para el sistema de telealarma, telemedida y telemando (RS232) | 1        | 19,2                       | 0,0192        |
| Canal de datos para las máquinas recaudadoras, mediante interfaces RS232     | 8        | 19,2                       | 0,1536        |
| Canal de datos para el sistema de SAE (RS232)                                | 3        | 19,2                       | 0,0576        |
| Canal de vídeo   | 1        | 128                        | 0,1280        |
| Canal de datos para telemando de vídeo                                       | 1        | 19,2                       | 0,0192        |
| <b>TOTAL DE TRÁFICO POR ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA</b>                        |          |                            | <b>1,1456</b> |

Tabla 2.22. Tráfico de información que manejarán las estaciones de transferencia

En la estación de transferencia de El Recreo se tendrá adicionalmente:

| SERVICIO   | CANTIDAD | Velocidad de tx Máx (Kbps) | TOTAL (Mbps) |
|--|----------|----------------------------|--------------|
| Canal para red LAN en la estación de El Recreo                                 | 1        | 10.000                     | 10           |
| Enlace E1 para la integración de las centrales telefónicas de La Y y El Recreo | 1        | 2.000                      | 2            |
| <b>TOTAL ADICIONAL DE TRÁFICO EN LA ESTACIÓN DE EL RECREO</b>                  |          |                            | 12           |

Tabla 2.23. Tráfico de información adicional que manejará la estación de transferencia El Recreo

Por lo tanto, el tráfico total del sistema será:

| DESCRIPCIÓN                         | CANTIDAD | TRÁFICO (Mbps) | TOTAL (Mbps) |
|-------------------------------------|----------|----------------|--------------|
| Paradas tipo A                      | 16       | 0,3712         | 5,9392       |
| Paradas tipo B ó C                  | 50       | 0,3520         | 17,6000      |
| Estación de transferencia           | 4        | 1,1456         | 4,5824       |
| <b>TOTAL DE TRÁFICO DEL SISTEMA</b> |          |                | 28,1216      |

Tabla 2.24. Tráfico de información total del Sistema de comunicaciones

Como se puede observar, la arquitectura SDH en STM-1 puede soportar el tráfico de todos los servicios y prever futuras ampliaciones del sistema para las demás dependencias del M.D.M.Q. que no formen parte del Sistema Trolebús.

Se adoptará una solución tipo anillo con el objetivo de tener otro camino alternativo de fibra óptica para el caso en que se haya obstruido algún tramo del canal de comunicaciones.

Para la parte de transmisión de datos se emplearán *routers*, ya que los *switches* únicamente permitirían formar una red plana. Los *routers* podrían integrar fácilmente otras redes de otras dependencias del municipio.

Las paradas tipo A y las estaciones de transferencia contarán con los siguientes equipos:

- *Multiplexor para anillo SDH*
  - Unidad de Control
  - Troncales E1 ó E2
  - Modems de 2 Mbps
  - 2 módulos ópticos para STM - 1
  - Módulo para PCM
  - Estación y servidor para administración (Solamente para el centro de control)
  
- *Router*
  
- *Servidor (Solamente para el centro de control)*
  - Disco duro de 9 GB
  - Puerto *Fast Ethernet*
  - Programa recolector
  
- *Switch LAN (Solamente en el centro de control)*
  
- *Cableado estructurado en el centro de control y elementos de conexión*

En todas las paradas (tipo A, B y C) y estaciones de transferencia se contará con:

- *Multiplexor para PDH a 2 Mbps*
  - *Slots* para voz y datos
  - Modems para 2 Mbps
  - Módulo para PCM

En la siguiente figura se puede observar el esquema global de la solución para el sistema de comunicaciones de voz, datos y vídeo con tecnología TDM.

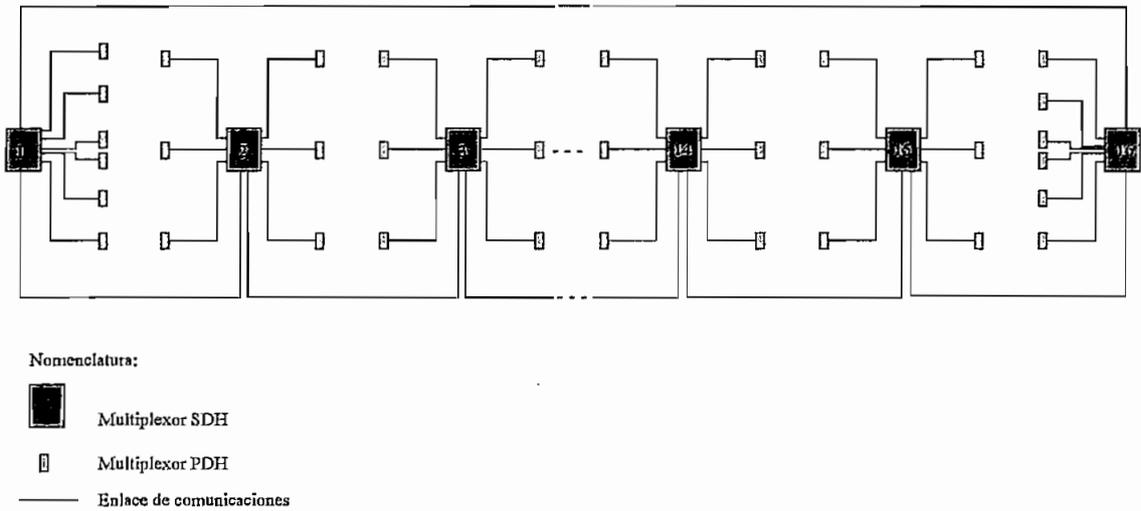


Fig. 2.44. Esquema global de la solución para el Sistema de Telecomunicaciones con tecnología TDM

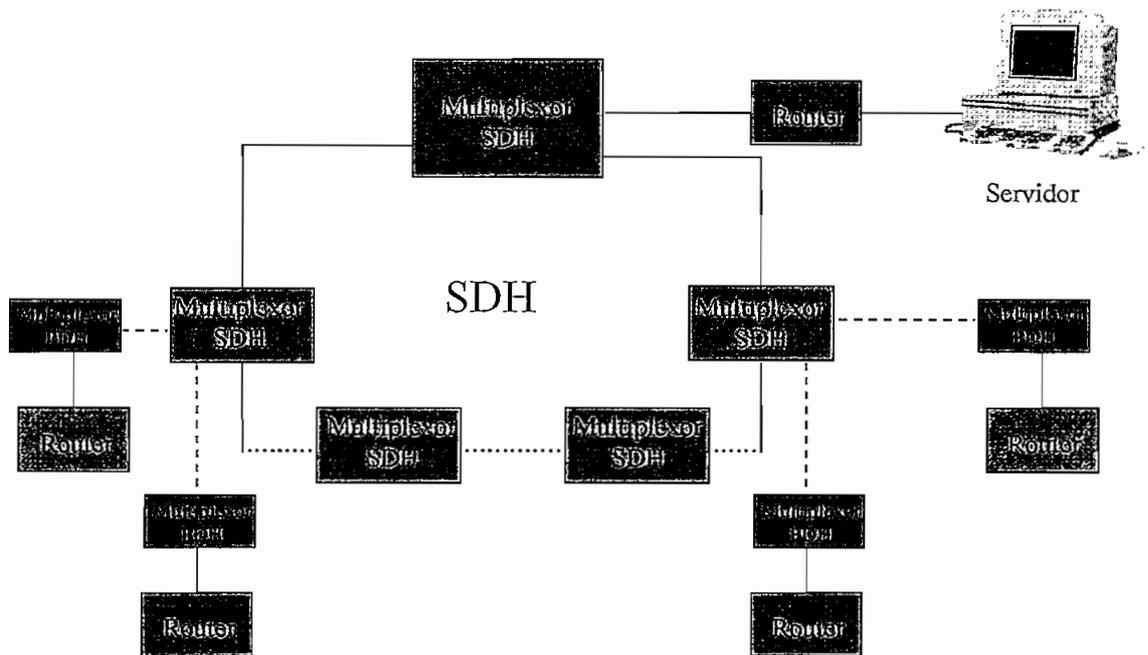


Fig. 2.45. Esquema de la red de interconexión de paradas tipo A y estaciones de transferencia

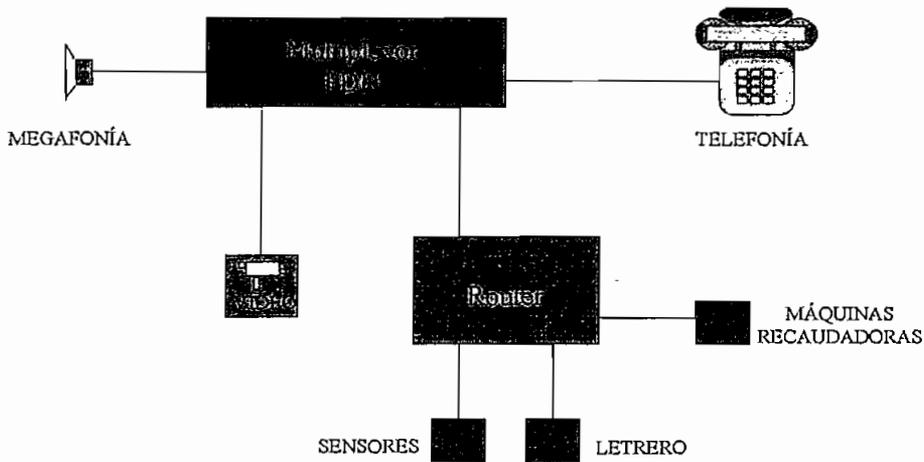
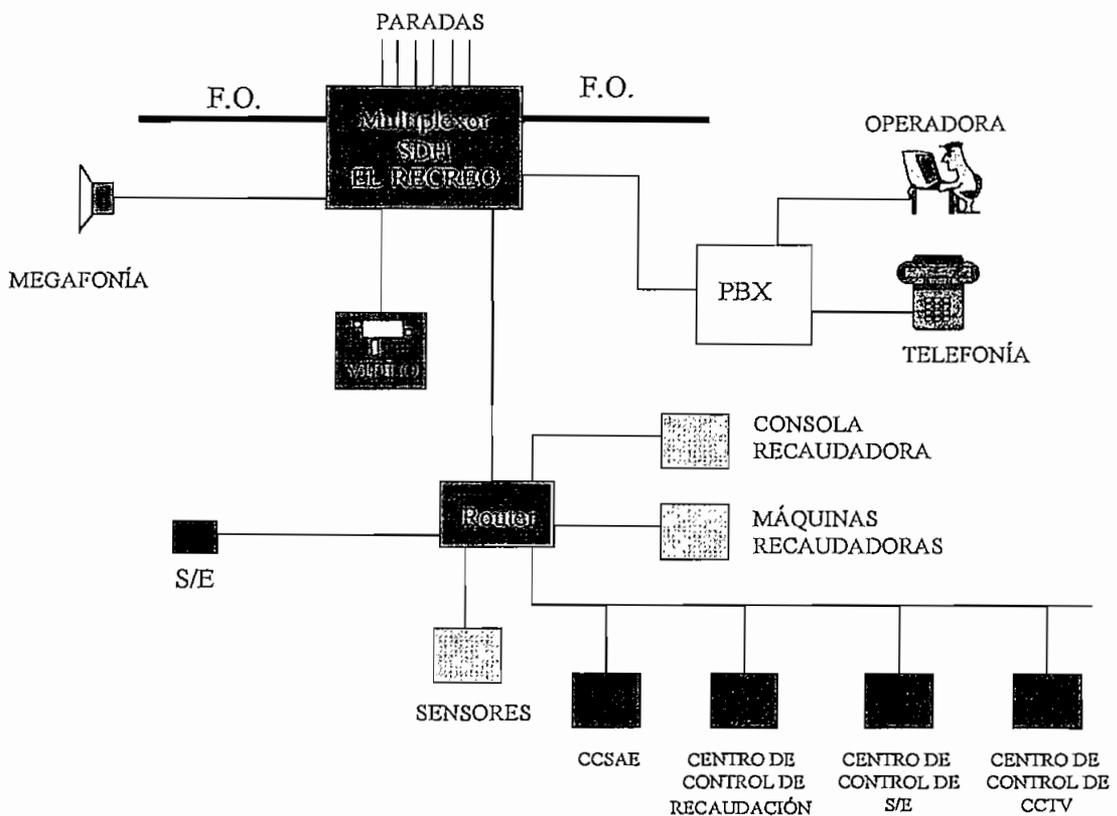


Fig. 2.46. Esquema de la red interna en paradas

Fig. 2.47. Esquema de la red interna en la estaciones de transferencia<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Sólo en la estación de El Recreo se encontrarán los centros de control y la PBX (o PABX) con la consola de operadora. En las demás estaciones de transferencia el teléfono analógico se conectará directamente al multiplexor.

### 2.3.3. FUNDAMENTOS DE FRAME RELAY

Originalmente, *Frame Relay* fue concebido como un protocolo para ser usado sobre interfaces ISDN (*Integrated Service Digital Network* ≡ Red digital de servicios integrados)<sup>18</sup>. El objetivo de una red ISDN es dar conectividad digital universal de extremo a extremo, y posibilitar a los usuarios transferir sobre la red voz, datos, imagen, vídeo, facsímiles, etc, tanto separada como simultáneamente. *Frame Relay* está rudimentariamente basado en el protocolo de capa enlace de ISDN para la señalización llamada LAPD (*Link Access Protocol D* ≡ protocolo de acceso a enlace).

*Frame Relay* es un protocolo de acceso a la red, diseñado para manejar aplicaciones de datos tipo ráfaga. Estas ráfagas son grandes volúmenes de datos de alta velocidad que viajan en patrones de tráfico impredecibles conocidos como “*bursts*”.

Este protocolo se caracteriza principalmente por:

1. Altas velocidades de transmisión
2. Bajo retardo en la red
3. Alta conectividad
4. Uso eficiente del ancho de banda

*Frame Relay* se encuentra dirigido a redes que usan tecnologías orientadas a paquetes para la transmisión de datos, y maneja el problema de los tamaños variables de las ráfagas de datos y los patrones de tráfico impredecibles.

Esta tecnología proporciona comunicación de datos con conmutación de paquetes de una manera simple, rápida y eficiente. Dicha comunicación entre DTE (Data terminal equipment ≡ equipo terminal de datos) y DCE (Data communication equipment ≡ equipo de comunicación de datos), puede ser realizada utilizando una red pública o una

---

<sup>18</sup> Red completamente digital que permite a los usuarios acceder a un amplio rango de servicios de comunicaciones individuales, mediante un solo conjunto de estándares de interfaces

red privada. Donde el DTE está representado por el *host* o terminal y el DCE por el *switch frame relay*. Es decir, es un protocolo adecuado para interconectar LANs (*Local Area Network* ≡ Red de área local) que se encuentren en diferentes sitios y requieran emplear servicios de redes de área extendida, donde los usuarios esperen mantener el mismo nivel de desempeño y respuesta que disfrutarían si estuvieran en un ambiente puramente de LAN.

Cabe mencionar que el ancho de banda de WAN (*Wide Area Network* ≡ Red de área extendida) es mucho más costoso que el ancho de banda de LAN. Los circuitos de WAN son típicamente más angostos y largos, es por esto pueden llevar menos tráfico que los canales de LAN, cuentan con mayor retardo y por consiguiente con un rendimiento limitado.

Como *Frame Relay* es un protocolo, no es más que un conjunto de normas, formatos y procedimientos que gobiernan la transferencia de información entre dispositivos; define adicionalmente las reglas del camino a seguir en una comunicación y asegura que los datos recibidos son idénticos a los enviados.

Actualmente, la mayoría de los nuevos protocolos de comunicación de datos abastecen una o más capas del modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection* ≡ Interconexión de sistemas abiertos), desarrollado por la ISO (*International Organization for Standardization* ≡ Organización Internacional de Normalización). Éstos definen una arquitectura en capas que abarcan todas las actividades de las comunicaciones de datos y las dividen en siete capas funcionales.

Como un protocolo, *Frame Relay* es capaz del establecimiento de conexiones (llamadas) y transferencia de datos a través de dichas conexiones. Dentro del modelo de referencia OSI, *Frame Relay* solamente utiliza una parte de la capa 2 o capa enlace (encargada de realizar el empaquetamiento, direccionamiento, detección de errores y manejo del interfaz), y todos los componentes de la capa 1 o capa física (donde se establece la

conexión física entre DTE y DCE), por lo que se procede a la transferencia de datos con mayor solvencia que otros protocolos más complejos.

El interfaz para una red *Frame Relay* es del mismo tipo que el del protocolo X.25 (usado como interfaz entre la red pública de conmutación de paquetes sobre líneas telefónicas y sus usuarios), sin embargo difiere significativamente en su funcionamiento y formato.

*Frame Relay* se basa en X.25, pero existe una diferencia substancial entre los dos. Mientras X.25 usa las 3 capas inferiores del modelo OSI (física, enlace y red) durante la transmisión de datos, *Frame Relay* utiliza solo las dos capas inferiores, más precisamente, la capa física y una parte de la capa enlace. Esto significa que, mientras X.25 tiene corrección de errores y funciones de retransmisión, *Frame Relay* sólo tiene detección de errores; de esta manera solamente puede desechar las tramas erróneas pero no las corrige. *Frame Relay* deja este trabajo a protocolos de más alto nivel, usados por dispositivos inteligentes en cada extremo de la red, lo que provee una integridad de datos de extremo a extremo.

Debido a que *Frame Relay* cuenta con protocolos de extremo a extremo para realizar la retransmisión y recuperar la trama errada, existe menos procesamiento requerido en los nodos de red y, consecuentemente, menor retardo en toda la red. Todas las tramas buenas son procesadas muy rápidamente a través del interfaz de red. Las tramas con error son simplemente desechadas, luego son retransmitidas por los sistemas de los extremos. Esta capacidad habilita a nodos *Frame Relay* para pasar el tráfico más rápidamente, y permite volúmenes de tráfico pesado a altas velocidades de transmisión sin que necesariamente se incremente el costo o tamaño del equipo.

*Frame Relay* únicamente concierne con lo que sucede en el interfaz de red; es un protocolo de **acceso** que especifica un conjunto de procedimientos que gobierna el movimiento de los datos que ingresan y salen de la WAN.

La multiplexación por división de tiempo (TDM) divide el ancho de banda en intervalos de tiempo fijos y asigna un intervalo de tiempo a cada uno de los canales que alimentan el multiplexor. De este modo, si un canal requiere 64 kbps de ancho de banda le es asignado siempre y cuando no esté utilizado. Ningún otro canal podrá usar el mismo ancho de banda. Esto implica que una porción de ancho de banda generalmente estará sin utilizarse, esto también significa que si el tráfico de datos que se tiene es variable no hay manera de utilizar más ancho de banda para canales individuales y mejorar la respuesta de tiempo.

Por otro lado, los protocolos orientados a paquetes proveen una manera de administrar inteligentemente el ancho de banda de acuerdo a la demanda, en lugar de asignar un canal de ancho de banda fijo o de establecer un ancho de banda aparte que sea permanente (como los protocolos que agrupan los datos en paquetes o tramas juntas para acondicionar la información al medio de transmisión). Esto permite tener tráfico desde varias fuentes para ser multiplexado a través de un único interfaz dentro de la red. Los paquetes pueden ser enviados a través del interfaz tan pronto como el ancho de banda esté disponible. Cuando no hay tráfico en un canal particular, no se enviarán paquetes y el ancho de banda estará libre para uso de otros canales.

En *Frame Relay* la conmutación de paquetes se realiza conforme al crecimiento estadístico. La conmutación de circuitos puede desperdiciar ancho de banda, pero la conmutación de paquetes conserva el ancho de banda por la intercalación de datos de múltiples fuentes y los empaqueta en circuitos que estén libres. La diferencia puede ser ilustrada contrastando un circuito de una red E1 ó T1 con una red de empaquetación rápida que es diseñada para tráfico que varía ampliamente en volumen y en frecuencia.

*Frame Relay* es un protocolo que facilita mejor desempeño y rendimiento debido a que proporciona un medio para multiplexar estadísticamente muchas conexiones lógicas (referidas como circuitos virtuales) sobre un solo enlace físico de transmisión. El multiplexaje estadístico proporciona más flexibilidad y uso eficiente del ancho de banda disponible.

Se pueden formar redes con alto *throughput*<sup>19</sup> y bajos retardos debido a que se tiene una rápida conmutación de paquetes, manejo de ancho de banda bajo demanda, transparencia de protocolo (no importa el protocolo que utilice el *backbone* de la red, para los usuarios la comunicación será tan sencilla como si se tuviera el mismo protocolo en todo el trayecto), minimización de *overhead* o cabecera de trama, y ausencia corrección de errores.

*Frame Relay* es una técnica para transportar *frames* o bloques de información a través de un interfaz de red digital que utiliza un número de conexión asignado a cada *frame* para distinguirlo de otras conexiones individuales. En el extremo de la red, este número identifica la fuente de tráfico y el último destino. El ruteo o encaminamiento de la información es fundamentalmente de extremo a extremo y está controlado por la red, pero sin corrección de errores ni retransmisiones entre nodos de conmutación intermedios. En lugar de esto, la integridad de los datos es garantizada por protocolos de alto nivel en cada extremo de la red. En efecto, *Frame Relay* permite al tráfico de datos moverse rápidamente a través de la red en una “autopista”, pasando a través de nodos de conmutación con una mínima cantidad de procesamiento.

Es importante señalar que *Frame Relay* tiene como característica importante el explotar los avances más recientes en tecnología de transmisión WAN, orientados a enlaces de transmisión digital sobre fibra óptica, con la finalidad de integrar muchos tipos de servicios dentro de una misma empresa; y, como los requerimientos de LAN son velocidades altas de transmisión y grandes anchos de banda, es idealmente adecuada para estas aplicaciones, ya que está diseñada particularmente para tráfico *burst* de LAN.

*Frame Relay* provee un alto desempeño de la red y un único interfaz de WAN, para *routers* y *bridges* LAN, con los siguientes beneficios:

- Las redes LAN ganan en un acceso de alta *performance* a la red WAN.

---

<sup>19</sup> Cantidad de información útil procesada o comunicada por el sistema considerado durante un periodo especificado, rendimiento.

- Los enlaces del *backbone* se benefician del rendimiento estadístico. Puesto que los caracteres que no son útiles son eliminados, únicamente se transmite la información del usuario y el ancho de banda puede compartirse entre diferentes fuentes.
- El interfaz de una sola línea reduce costos de *hardware* y de alquiler de líneas.
- *Frame Relay* habilita indirectamente a las redes LAN para aprovechar la elasticidad con que están diseñadas actualmente las redes WAN.
- Cuando se implanta *Frame Relay*, se pueden usar facilidades comunes del *backbone* de la red con diferentes *bridges* y *routers* de LAN.
- Las redes LAN pueden ser controladas y manejadas desde la perspectiva de WAN.

El trabajo técnico en la elaboración de los estándares de *Frame Relay* fue terminado en 1991 y se encuentra en las siguientes recomendaciones<sup>20</sup>:

- La **descripción del servicio** está en la recomendación I.233 del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía), que actualmente es la UIT-T, y esboza la totalidad del propósito y las características generales de *Frame Relay*.
- La **administración de la congestión** está en la recomendación del CCITT I.370 que define la velocidad y las ráfagas de datos, allí se describe la manera en que la red y los dispositivos de usuario final deben manejar el tráfico excesivo de datos.
- Los **aspectos fundamentales** se encuentran en la recomendación Q.922 del CCITT donde se definen las especificaciones de *Frame Relay*.
- La **señalización de acceso** está en la recomendación Q.933 que especifica un protocolo para establecer y liberar las comunicaciones virtuales conmutadas de *Frame Relay*. Además provee información a los usuarios de las interrupciones y restablecimientos de los circuitos virtuales permanentes.

---

<sup>20</sup> Véase el anexo 2

- El estándar de **control de enlace** (recomendación Q.922 del CCITT) provee de un mecanismo opcional de extremo a extremo para asegurar que la información sea entregada correctamente por la red.

El formato que utiliza *Frame Relay* es similar al de **HDLC** (*high-level data link control* ≡ control de enlace de alto nivel). Cada uno de los seis campos que conforman el *frame* es responsable de una función específica.

|         |                           |  |                      |                                     |         |
|---------|---------------------------|--|----------------------|-------------------------------------|---------|
| Bandera | Dirección                 |  | Campo de información | Secuencia de chequeo de Frame (CRC) | Bandera |
| (DLCI)  | Información de congestión |  |                      |                                     |         |

Las banderas que delimitan el inicio y fin del *frame* de datos tienen una longitud de 8 bits.

La parte más importante del formato *Frame Relay* es el **DLCI** (*Data Link Connection Identifier* ≡ Identificador de la conexión del enlace de datos). El DLCI se encarga de distinguir los circuitos virtuales separados a través de cada conexión de acceso. Esto permite que los datos que ingresan al nodo de red *Frame Relay* sean enviados a través del interfaz por un DLCI específico, en lugar de por una dirección destino. En el nodo de red se confirma la especificación de esta conexión. Si la especificación es incorrecta se descarta el *frame*, de lo contrario el *frame* es enviado a su destino.

En el campo de información de congestión es donde se encuentran almacenados los bits relacionados con el control de congestión. La red experimentará una congestión cuando algunas fuentes de datos quieran utilizar el mismo ancho de banda y generen tráfico de datos tipo ráfaga.

*Frame Relay* permite a los usuarios enviar más datos que los que ocuparían el ancho de

banda reservado por la red. Esto se debe a que se aprovechan los espacios en el tráfico de datos y se permite que la red explote la naturaleza estadística del tráfico. En todo caso, una red con diseño basado en comportamiento estadístico puede permitir sobrecargas ocasionales. Cada fuente tiene una velocidad de información acordada y un tamaño de ráfaga establecido, lo que permite transmitir a todas las fuentes de datos sin causar congestión. De cualquier manera, cada fuente de datos puede intentar exceder esta velocidad de transmisión y aprovechar el ancho de banda que no se esté utilizando.

Se puede establecer una analogía con un sistema de carreteras donde se garantiza, y se debe alcanzar, 60 kilómetros en una hora donde la máxima velocidad permitida es de 60 km/h. Si la única velocidad a la que puede viajar su vehículo es de 90 km/h, debería permanecer estacionado durante 20 minutos y conducir por 40. En el caso de que no existan más vehículos podría ser amonestado y continuar su camino, pero si existe un embotellamiento su carro sería expulsado de la carretera y enviado a la cuneta. *Frame Relay* trabaja de la misma manera, donde la velocidad de 60 km/h es la **CIR** (*Committed information rate*  $\equiv$  velocidad de información acordada) en cada circuito virtual establecido, expresada en bps y es el valor que la red acuerda la transferencia de datos. La velocidad de 90 km/h corresponde a la velocidad de acceso (velocidad de la conexión física entre el equipo del usuario y la red). Los 60 km corresponden al **Bc** (*Committed burst size*  $\equiv$  tamaño de ráfaga acordado), es decir, el máximo número de bits que se resuelve transferir durante cualquier intervalo de tiempo  $T$ , que en nuestro ejemplo es una hora.

En *Frame Relay* se cumple la siguiente fórmula:

$$T = Bc / CIR$$

Para nuestro ejemplo  $T = \frac{60 \text{ km}}{60 \text{ km / h}} = 1 \text{ hora}$ . En otras palabras, se requerirían 1,5 horas para alcanzar 90 km, aunque su vehículo sea capaz de ir a 90 km/h. Así, para una red cuyo Bc es 32 kilobytes (256 kilobits) y el CIR es 64 kbps se tiene:

$$T = 256 \text{ kilobits} / 64\text{kbps} = 4 \text{ segundos}$$

Esta red permitiría una velocidad promedio de usuario de 64 kbps en cualquier periodo de 4 segundos.

Las redes *Frame Relay* pueden implantar un forzamiento de velocidad en el interfaz de usuario. Esto implica que los *frames* que excedan el CIR serán transportadas solamente si existe ancho de banda disponible y descartadas en caso contrario. Se puede colocar el bit **DE** (*Discard eligibility* = elegibilidad para descartar) en baja prioridad para ciertas *frames* de manera que sean las primeras en descartarse en caso de que se tenga que perder *frames*. Este bit DE es colocado por la red *Frame Relay* en cualquier trama que se reciba que exceda el CIR, ya que la red asume que cualquiera que sobrepase el CIR tiene baja prioridad. El bit DE también puede ser colocado por un equipo de usuario final si éste sabe que algunos *frames* son más importantes que otros.

En el campo de información de congestión, el bit **FECN** (*Forward explicit congestion* = clara congestión hacia adelante) envía una señal al punto de recepción o destino final para sugerirle que disminuya la velocidad de recepción de la información. El equipo de destino mide la densidad de bits FECN y si se excede el umbral de densidad, reduce la “confianza” depositada en el equipo fuente que entonces es forzado reducir su velocidad de transmisión.

Se tiene la alternativa de usar el bit **BECN** (*Backward explicit congestion* = clara congestión hacia atrás) que va a la fuente de transmisión de datos para sugerirle que disminuya la velocidad de envío de información inmediatamente.

El uso de FECN Y BECN se denomina administración de congestión *explícita*. Algunos protocolos de extremo a extremo utilizan FECN, mientras que otros BECN. Ambos funcionan bien, pero por lo general son opciones mutuamente excluyentes en el equipo de usuario final.

Además, FECN y BECN únicamente sugieren, ayudan al equipo terminal a equiparar lo que está siendo enviado con lo que la red puede llevar, pero pueden ser ignorados. Por

esta razón, todas las redes *Frame Relay* también proveen detección de congestión *implícita*, que existe en los protocolos de los sistemas de los extremos para detectar y tratar con el problema. En pocas palabras, cuando la congestión resulta en *frames* descartados, el equipo de usuario es capaz de detectar la pérdida de *frames*, suponer que la pérdida se debe a una congestión y por tanto reduce su velocidad. La administración de congestión implícita es menos efectiva que la explícita porque generalmente ocurre demasiado tarde y requiere de una reacción más drástica de los dispositivos inteligentes finales. Con la administración de congestión explícita se puede identificar y corregir una condición de congestión antes de que sea crítica. (TCP/IP es un protocolo que solamente utiliza control de congestión implícito).

El forzamiento de la velocidad asegura que la red nunca estará tan congestionada que no pueda alcanzar su CIR, y la notificación implícita y explícita de congestión hace que los usuarios, quienes escojan transmitir con velocidades mayores al CIR, disminuyan la velocidad hasta encontrar ancho de banda disponible en la red.

El campo de información, del formato *frame relay*, contiene la información actual que se transmite. La longitud máxima de este campo puede variar de 262 a 8.000 bytes o más, esto depende de los requerimientos de la red.

El campo de secuencia de chequeo de frame (FCS) es donde se realiza el control de errores. *Frame Relay* emplea la técnica conocida como CRC (*Cyclic Redundancy Check* ≡ chequeo de redundancia cíclica) para detección de bits errados de acuerdo con la recomendación G.704<sup>21</sup> de la UIT-T. El CRC de *Frame Relay* genera dos bytes que van al final del *frame* para detectar datos erróneos por medio de un método algebraico que genera un patrón de bits único y que se vuelve a calcular en el destino final. Si la secuencia de chequeo en la fuente coincide con el FCS del destino, quiere decir que la integridad del *frame* se ha conservado. En general, los datos erróneos pueden ser descartados pero no se proporciona ningún mecanismo en el protocolo que pueda corregir datos equivocados.

---

<sup>21</sup> Véase el anexo 2

Cuando *Frame Relay* encuentra un error, simplemente desecha el *frame*. No se emplea el proceso de solicitar un reenvío de datos si se encuentran errores en la transmisión y se deja este trabajo para la estación de LAN, el *switch X.25* o cualquier otro dispositivo inteligente conectado a la red.

Finalmente, el último campo del formato corresponde a la bandera que indica el fin de la transmisión.

El protocolo *Frame Relay* es orientado a conexión, es decir, soporta transmisiones de datos sobre un camino preestablecido. Los *frames* son divididos en anchos variables y cada una contiene información sobre la dirección de origen y destino.

*Frame Relay* puede ser mejor visualizado como una línea virtual dedicada, en la que los usuarios pueden enviar *frames* (paquetes) entre dos puntos de la red. Cabe indicar que puede operar sobre PVCs (*Permanent Virtual Circuits* ≡ circuitos virtuales permanentes) a mayores velocidades que X.25 y usualmente llega a velocidades desde 56 Kbps hasta 45 Mbps.

Este protocolo permite a un usuario transmitir una trama a diferentes destinos (*multicasting*), es decir, se puede establecer varios grupos de equipos destino, grupos que pueden ser direccionados utilizando determinados valores de identificación.

Otra diferencia entre *Frame Relay* y X.25 es la ausencia de un control de flujo explícito por circuito virtual, el cual es realizado en capas superiores. Solo proporciona un mecanismo simple que permite informar que los recursos de la red están cercanos al estado de congestión. El control de flujo es el que se encarga de asegurar que la información enviada por un transmisor rápido no se pierda debido a un receptor lento u ocupado.

*Frame Relay* trabaja sobre dos tipos de circuitos: PVCs y SVCs (*Switching Virtual Circuits* ≡ circuitos virtuales conmutados), mientras que el protocolo de señalización

ISDN está propuesto como el medio por el cual DTE y DCE se comunicarán para establecer, terminar y administrar dinámicamente los SVCs.

Un SVC se crea cuando un computador envía un paquete a la red para pedir una comunicación con un computador remoto. Una vez establecida, los paquetes pueden ser enviados a través de esta conexión.

Los PVCs se usan de la misma manera que los SVCs, con la diferencia de que la conexión se establece por un arreglo entre el usuario y la empresa portadora o proveedora del servicio. Siempre está presente y no se requiere pedir una comunicación para usarlo, es similar a una línea dedicada.

Básicamente existen tres tipos de interfaces para *Frame Relay*:

- UNI-DTE (*User to network interface - DTE*): es el interfaz que le permite al usuario conectarse a la red del lado del DTE.
- UNI-DCE (*User to network interface - DCE*): es el interfaz que le permite al usuario conectarse a la red del lado del DCE.
- NNI (*Network Node interface*): es el interfaz que permite enlazar dos redes *Frame Relay* independientes.

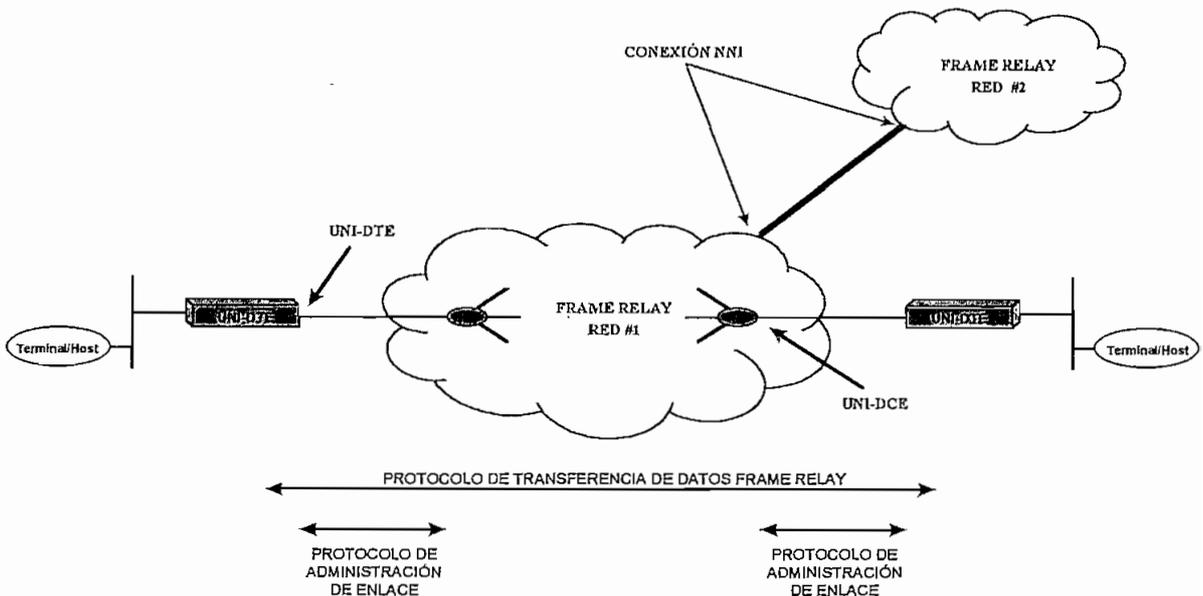


Fig. 2.48. Definiciones de interfaz en *Frame Relay*

#### **2.3.4. DESCRIPCIÓN DE UNA SOLUCIÓN CON FRAME RELAY PARA RED MAN**

En cuanto a la solución de la red de comunicaciones MAN para el Sistema de transporte Trolebús se puede decir lo siguiente:

Se dispondrá de una red de comunicaciones que transportará la información de voz, datos y vídeo utilizando *Frame Relay* como protocolo de comunicación. De esta manera se integrarán todos estos servicios en un solo medio físico.

El medio físico por donde se transmitirá la información será fibra óptica y cubrirá todo el trayecto recorrido por los trolebuses. Además, se prevén enlaces de respaldo de modo que si se segmentara la red en algún momento, no se deje de proveer los servicios a los otros puntos del otro lado de la red (esquema tipo anillo). El enlace que cierra el anillo (desde la estación de La Ofelia hasta Quitumbe) aportará con 2 Mbps adicionales al ancho de banda del sistema.

Los servicios serán suministrados en cada parada del trolebús, estaciones de transferencia y subestaciones de tracción, y se centralizarán en un solo punto de control y distribución ubicado en la estación de transferencia El Recreo.

La red dispondrá en cada parada de los siguientes servicios:

|                  |       |   |
|------------------|-------|---|
| Puertos de datos | 5 ó 6 | (2 ó 3 máquinas recaudadoras, 2 contadores de personas y un letrero o pantalla informativa) |
| Puertos de voz   | 2     | (1 teléfono y 1 arreglo de megáfonos)   |
| Puerto de vídeo  | 1     | (1 cámara de televisión)  |

De cada una de estas aplicaciones, la voz y el vídeo serán comprimidos antes de ser enrutados a sus destinos, por lo que esta solución puede soportar las aplicaciones requeridas y el medio de transmisión será fibra óptica.

La red será modular y de arquitectura abierta, de esta manera permitirá que el sistema pueda crecer en un 100% con otro tipo de servicios. El crecimiento de la red podrá hacerse con solo incrementar el *hardware* necesario en el punto o parada específica donde sea requerido, sin afectar al resto de servicios ni a la estructura física de comunicaciones.

Los equipos que permiten utilizar un mismo medio para combinar voz, vídeo y datos son los FRADs (*Frame Relay Access Device* ≡ Dispositivo de acceso a *Frame Relay*). Estos equipos poseen todas las interfaces necesarias para conexión con computadores, centrales telefónicas, cámaras de vídeo y dispositivos seriales. Por lo tanto, en cada parada se pueden tener las siguientes funciones:

- Comunicación a un punto central a través de extensiones telefónicas (ubicadas en las estaciones de transferencia y paradas) a las PBX localizadas en las estaciones de El Recreo y La Y.
- Cámaras de vídeo ubicadas en todas las estaciones de transferencia y paradas, permitirán monitorear las actividades en computadores en el centro de control.
- Obtener información en línea de lo recaudado en los monederos durante el transcurso del día.
- Controlar el despliegue de información en letreros luminosos para conocimiento de los pasajeros.

Será posible realizar la administración y mantenimiento de los equipos de comunicación desde un computador. De este modo, en caso de existir una falla de tipo técnico, se podrá determinar la causa y tomar la acción correspondiente.

Las comunicaciones entre las paradas y estaciones de transferencia serán a través de fibra óptica monomodo que trabajará en la ventana de 1.300 nm. La conexión entre una subestación de tracción y la parada más cercana se hará por par trenzado, al igual que los enlaces desde las aplicaciones al FRAD.

Los equipos de comunicaciones principales se ubicarán en las estaciones de transferencia de El Recreo y La Y, mientras que el resto de FRADs se conectarán sucesivamente en las demás paradas y estaciones de transferencia.

La voz será comprimida de 64 kbps a 8 Kbps de acuerdo al protocolo para compresión estándar para voz sobre *Frame Relay* G.729<sup>22</sup>. Para el caso del vídeo existen, actualmente, equipos que pueden comprimir hasta 2,4 kbps cuando no hay mucho movimiento y 128 kbps cuando la imagen cambia constantemente (se transmite solamente los cambios de imagen) para vídeo de monitoreo con cámaras de seguridad.

Desde la estación de transferencia El Recreo saldrá un tramo de fibra óptica, que será utilizado para enlazar el equipo central con el primer FRAD el cual posee dos puertos de alta velocidad a 2,048 Mbps, uno de entrada y otro de salida hacia la siguiente parada.

Este método permitirá llegar de manera continua con una línea de *backbone* de 2,048 Mbps de extremo a extremo. Esta línea principal será la que permita conectar todos los FRAD's entre sí hasta el centro de control, de modo que se pueda llevar todo el tráfico de voz, datos y vídeo a la estación de El Recreo o conmutarlo entre otras paradas o estaciones de transferencia.

Cada tramo entre paradas estará unido mediante un tramo de fibra óptica que tendrá en sus extremos dos equipos que permitirán adaptar la señal eléctrica a la fibra y transportarán los datos entre parada y parada.

Existirá un enlace adicional de fibra óptica a 2 Mbps entre las estaciones de El Recreo y La Y. Dicha conexión ayudará a manejar el tráfico del enlace El que se establecerá entre las centrales telefónicas.

Las paradas, estaciones de transferencia y subestaciones eléctricas de tracción contarán con las siguientes aplicaciones:

---

<sup>22</sup> Véase el anexo 2

*Paradas*

- Extensión telefónica
- Extensión de megafonía
- Canales de datos para las máquinas recaudadoras, mediante interfaces RS232, a la red de comunicaciones que llevará la información al centro de control de recaudación
- Canales de datos para el sistema de SAE
- Canales de vídeo
- Canales de datos de reserva para la comunicación con otras paradas, subestaciones de tracción y puntos de concentración

*Subestaciones Eléctricas de Tracción*

Un canal de datos para el sistema de telealarma, telemedida y telemando

*Estaciones de Transferencia*

- Extensiones telefónicas
- Extensiones de megafonía
- Canal de datos para la comunicación con la subestación de tracción (a 19.200 bps)
- Canal de datos para el sistema SAE
- Canal de vídeo y telemando de vídeo
- Canal para red LAN en la estación de El Recreo

En cada parada se colocará un FRAD que permitirá consolidar el tráfico de vídeo de monitoreo (con su salida de control para la cámara), el tráfico telefónico (en un puerto de voz de extensión) al igual que el tráfico de megafonía (en otro puerto similar al de telefonía). Adicionalmente, el tráfico de los monederos, del control de conteo de personas y los indicadores luminosos, serán concentrados al FRAD a través de sus puertos seriales.

Todo este tráfico saldrá empaquetado en *Frame Relay* hacia el siguiente FRAD (en la siguiente parada) en forma transparente, sin procesamiento, hasta que llegue al sitio central.

El tráfico de voz, ya sea telefónico o de megafonía, utilizará ancho de banda solo cuando la persona esté hablando; cuando la persona deje de hablar se dejarán de transmitir paquetes de voz y se enviarán en su lugar paquetes de datos. Inmediatamente que se detecte que se ha retomado la conversación se vuelven a enviar paquetes de voz. Luego que se cierren los teléfonos, ningún paquete de voz atravesará la red.

Finalmente, el tráfico de vídeo será inyectado a cada FRAD en un flujo permanente pero de bajo valor para llegar al sitio central en forma de tráfico de red TCP/IP, que pasará al computador central de monitoreo.

En el centro de control se tendrá un FRAD de mejores y mayores capacidades que el que se utilizará en las paradas. Este FRAD permitirá recibir el tráfico de los monederos, de los contadores de personas, indicadores luminosos, tráfico de voz y vídeo proveniente de todas las demás paradas y estaciones de transferencia.

El tráfico de voz y de megafonía llegará del FRAD ubicado en cada parada al FRAD del centro de control mediante una tarjeta E1, con tantos canales de voz como conversaciones simultáneas se requiera entre el centro de control y las paradas. La tarjeta E1 manejará el estándar CCITT (UIT-T) G.703.

El tráfico de vídeo llegará de todos los FRAD's y pasará, en el centro de control, a la red en formato TCP/IP, de modo que otro servidor podrá tener en su monitor el despliegue de todas las cámaras de monitoreo que requiera.

En cada parada se contará con un FRAD que concentrará toda la información, concerniente al conteo de pasajeros y los datos del sistema de telealarma, teledatada y telemando de las subestaciones de tracción, que se enviará al centro de control de El Recreo.

Desde el FRAD ubicado en cada parada se establecerá comunicación hacia los letreros luminosos mediante el protocolo RS232. Estos letreros llevarán información sobre la

ruta a la que pertenece el trolebús que esté por llegar, o cualquier mensaje que sea enviado desde el centro de control de El Recreo.

Mediante un puerto RS485 implantado en el FRAD de la parada, se establecerá la comunicación con el PLC 1 que poseerá los datos correspondientes al conteo de personas que ingresan y salen de la parada para el control del uso del servicio. El PLC mencionado brinda la posibilidad de instalar futuras conexiones para otros usos que pueden ser: conteo de trolebuses que arriban a la parada en un lapso de tiempo, tiempo medio que cada vehículo permanece en la parada, estado de las puertas laterales, control automático de puertas en el momento de entrada y salida de personas desde y hacia el trolebús, control de iluminación, etc.

En el caso de las paradas que se encuentren cerca de una subestación de tracción se realizará conexiones adicionales para un PLC 2 y un equipo medidor de magnitudes eléctricas mediante el interfaz RS485<sup>23</sup>.

El PLC 2 se encargará de manejar la información correspondiente a telealarma, telemedida y telemando y se conectará en red con el PLC 1 y, a través de él, al FRAD de la parada más cercana. Este enlace se hará mediante par trenzado, según el interfaz EIA-RS485 (EIA  $\equiv$  *Electronics Industries Association*  $\equiv$  Asociación de Industrias Electrónicas en E.E.U.U). El *software* instalado en el FRAD de la parada recogerá los datos y los pondrá en la red de manera que la información pueda ser transmitida al centro de control de El Recreo.

•

El puesto central de El Recreo requiere de un computador personal multitarea de las siguientes características:

Procesador pentium II de 300 MHz

64 MB RAM

Disco duro de 4 GB

---

<sup>23</sup> Véase el anexo 3

Diskettera de 3 ½ HD

Diskettera de CD-ROM lectura-escritura con 16X

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor a color SVGA de 14 pulgadas

Teclado castellano expandido

Mouse

*Software* del puesto central

Impresora

Desde el puesto central en El Recreo se realizará el control de cada una de las paradas y del sistema en general, así como:

- Las cámaras de televisión de las diferentes paradas
- El registro de la información de los contadores de personas en cada parada
- Las informaciones de los letreros luminosos correspondientes en cada parada
- Se permitirá tener acceso a los datos de recaudaciones
- Se tendrá acceso a los datos de alarmas y medidas de cada subestación de tracción
- Se visualizará en la pantalla los gráficos correspondientes a los datos almacenados
- Todos los datos se podrán almacenar, tanto en el disco duro como en el CD-ROM
- La impresión y el almacenamiento de la información se lo hará en el momento que lo requiera el operador o automáticamente cada día, semana o mes
- Se generarán reportes de valores máximos o mínimos de cada subestación o de todo el sistema
- En el caso de las alarmas, se podrá visualizar desde el puesto de control en qué subestación se presenta, la hora y el motivo por el cual se activó y de igual manera se podrá imprimir o guardar reportes. Además, el operador podrá resolver el problema a través del telemando

Por otro lado, debe mencionarse que una red *Frame Relay* se configura para los requerimientos de tráfico mínimos y se mantiene el ancho de banda necesario para grandes volúmenes de ráfagas de datos, con el fin de que la probabilidad de congestión

sea mínima. Es decir, se requiere que la red soporte la máxima ráfaga de datos que pueda sucederse. En este caso, la peor condición sería que se envíe al mismo tiempo la información de todas las aplicaciones de una estación de transferencia, considerando que se hará un *polling* a sus máquinas de recaudación.

El tráfico que se tendrá en una estación de transferencia, para la peor condición de ráfaga de datos (considerando compresión de voz y vídeo), será:

| SERVICIO   | CANTIDAD | Velocidad de tx Máx (Kbps) | TOTAL (Mbps)  |
|--|----------|----------------------------|---------------|
| Extensión telefónica   | 10       | 8                          | 0,0800        |
| Extensión de megafonía   | 2        | 8                          | 0,0160        |
| Canal de datos para el sistema de telealarma, telemedida y telemando (RS232) | 1        | 19,2                       | 0,0192        |
| Canal de datos para las máquinas recaudadoras, mediante interfaces RS232     | 1        | 19,2                       | 0,0192        |
| Canal de datos para el sistema de SAE (RS232)                                | 3        | 19,2                       | 0,0576        |
| Canal de vídeo   | 1        | 128                        | 0,1280        |
| Canal de datos para telemando de vídeo                                       | 1        | 19,2                       | 0,0192        |
| <b>TOTAL DE TRÁFICO POR ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA</b>                        |          |                            | <b>0,3392</b> |

Tabla 2.25. Tráfico que manejará el FRAD de una estación de transferencia para la mayor ráfaga de datos

Como puede observarse, para soportar aproximadamente 400 Kbps y asegurar una probabilidad de congestión mínima, es más que suficiente tener disponible un ancho de banda de 2 Mbps.

En la siguiente figura se puede observar el esquema general del sistema de comunicaciones con tecnología *Frame Relay*.

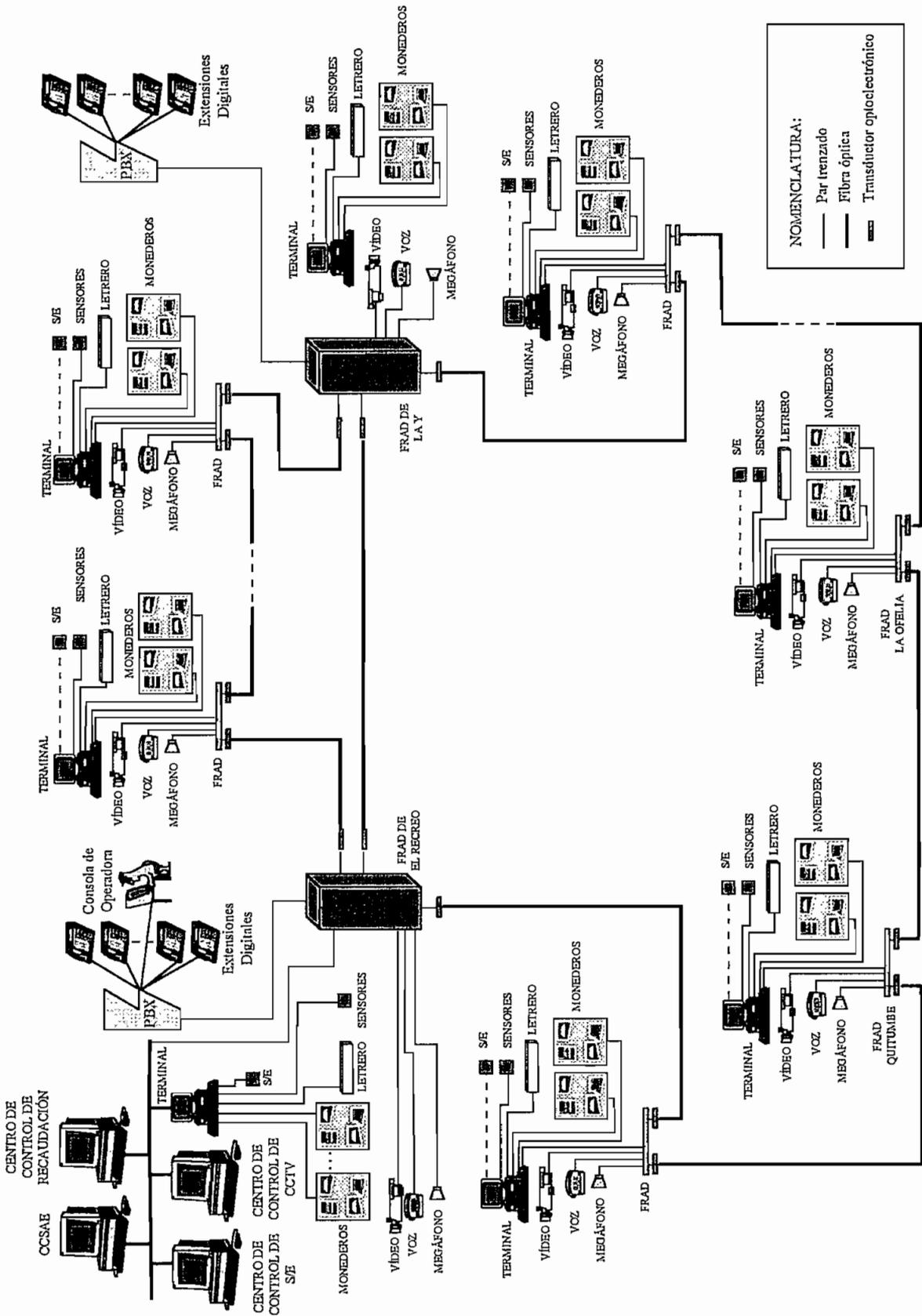
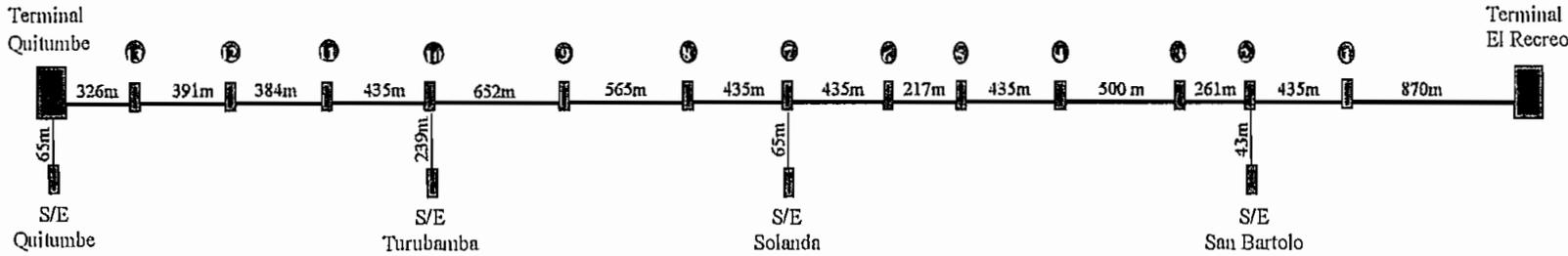


Fig. 2.48. Esquema general del sistema de comunicaciones (Frame Relay).

En general, el esquema del cableado del sistema integrado de comunicaciones se representa en las siguientes figuras:

DIAGRAMA DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE COMUNICACIONES (FRAME RELAY)  
EXTENSIÓN SUR



Simbología:

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
|  | : Estación de transferencia         |
|  | : Parada                            |
|  | : Subestación eléctrica de tracción |
|  | : Número de parada                  |
|  | : Fibra óptica                      |
|  | : Par trenzado                      |

Fig. 2.49. Diagrama unifilar del cableado para el sistema integrado de comunicaciones (Extensión Sur)

DIAGRAMA DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE COMUNICACIONES (FRAME RELAY)  
PARTE CENTRAL

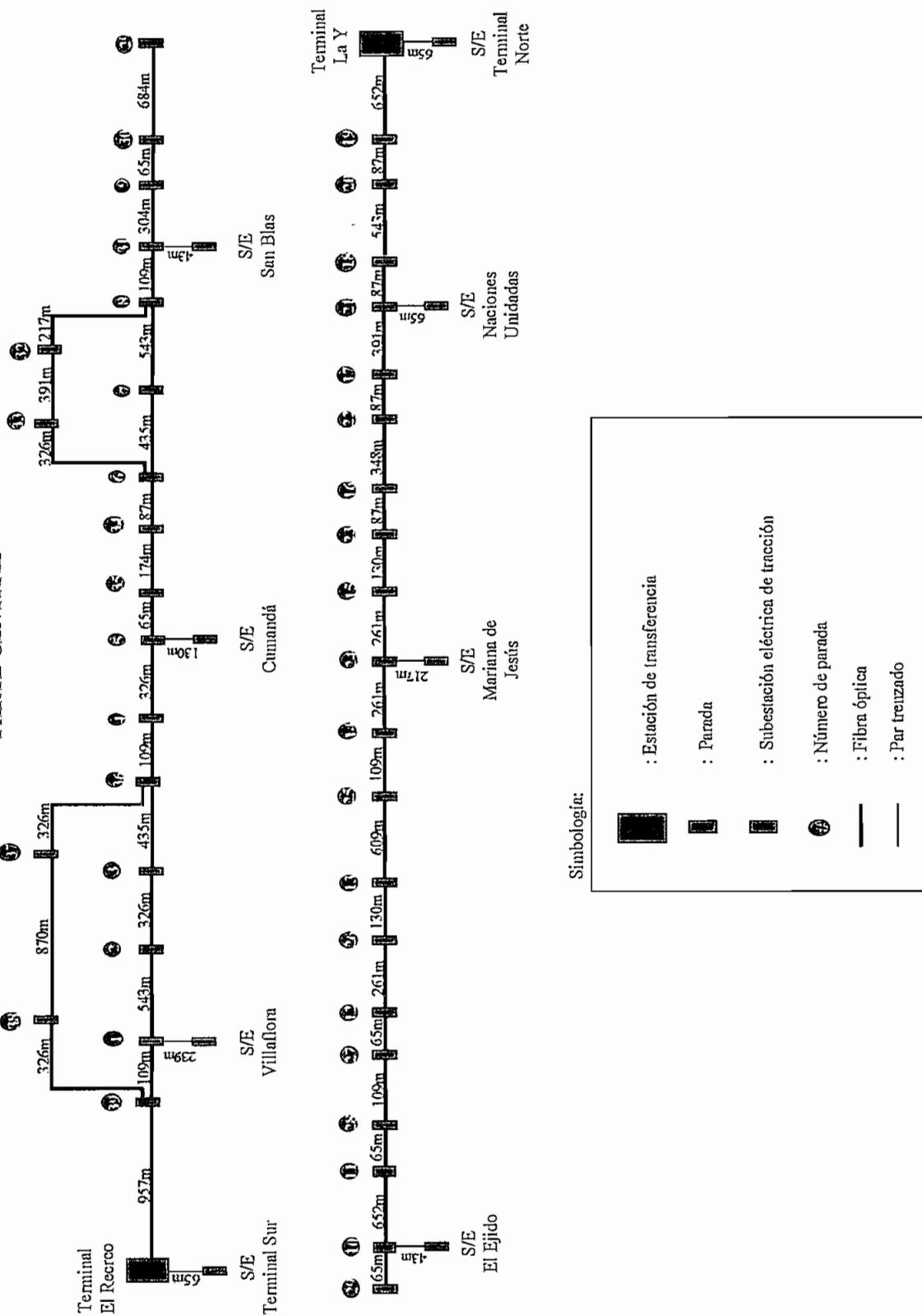


Fig. 2.50. Diagrama unifilar del cableado para el sistema integrado de comunicaciones (Parte Central)

DIAGRAMA DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE COMUNICACIONES (FRAME RELAY)

EXTENSIÓN NORTE

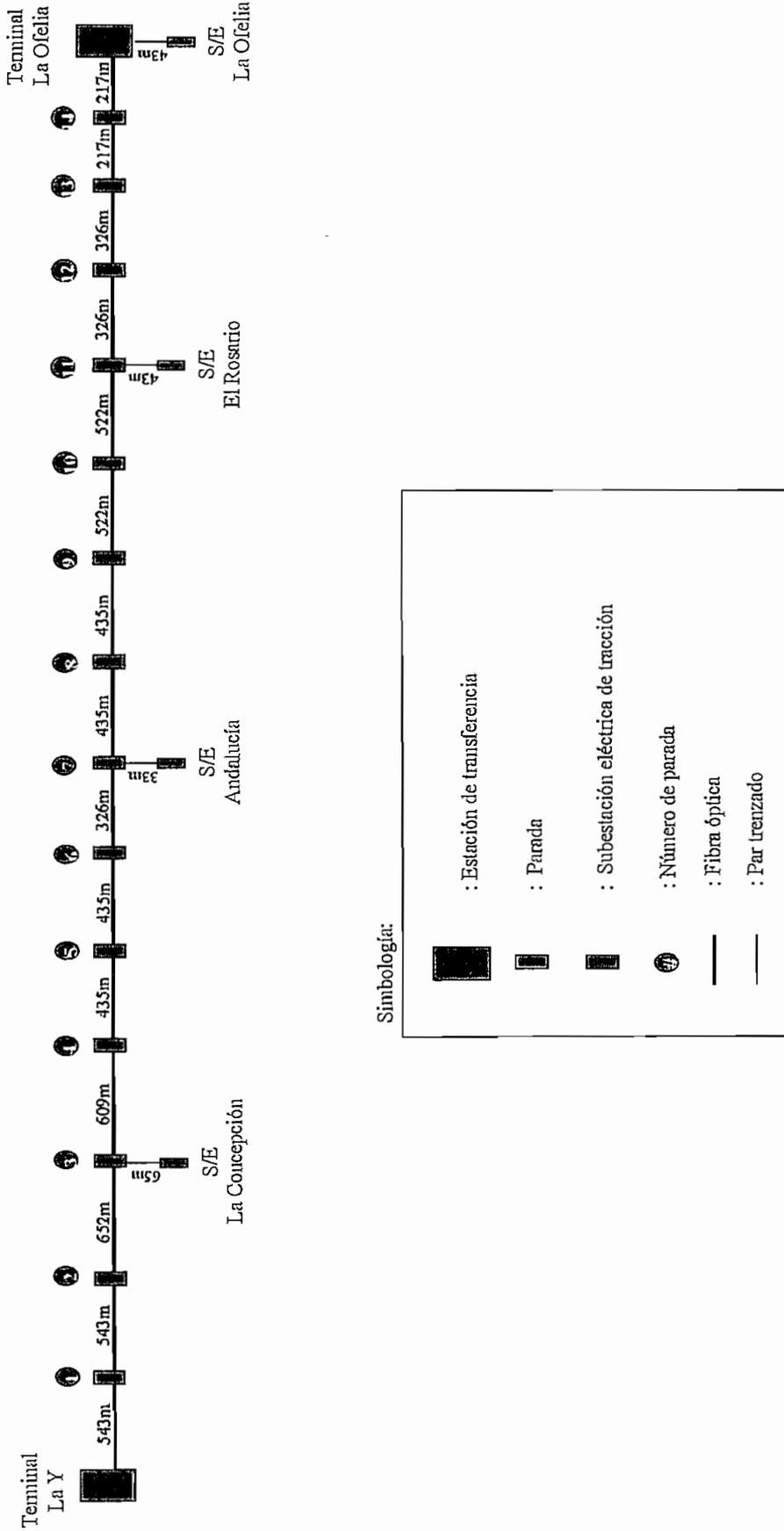


Fig. 2.51. Diagrama unifilar del cableado para el sistema integrado de comunicaciones (Extensión Norte)

# CAPITULO 3

**DISEÑO DE LA RED**

# 3

## DISEÑO DE LA RED

### 3.1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Para el sistema de telecomunicaciones del Proyecto Trolebús se demandan servicios multimedios, que deben ser suministrados en cada parada y estación de transferencia del trayecto que recorrerán los trolebuses. En base a este requerimiento, la red de comunicaciones a implantarse deberá permitir centralizar todas las aplicaciones que formarán parte de dicho sistema. Es decir, se desea disponer de un sistema de comunicación que soporte aplicaciones de voz, datos y vídeo para concentrarlas en un solo punto de control y distribución, a ubicarse en la estación de transferencia El Recreo. Por esto, es necesario multiplexar cada una de estas aplicaciones.

Ya que la definición del proyecto depende directamente del medio de transporte, es necesario realizar consideraciones de diseño en cuanto al tendido de comunicación entre paradas y centros de información.

Con el requerimiento planteado para cada parada, se deberá disponer de un sistema flexible que tenga equipos capaces de soportar cada uno de los servicios mencionados. El mayor inconveniente se encuentra en la centralización de la información, pues se la debe realizar a través de los medios de transporte de información disponibles en el mercado, como son radio, cables de cobre, cables de fibra óptica, etc.

Una vez estudiados y analizados los diferentes medios de transmisión en el capítulo 2; vista la factibilidad de solucionar los requerimientos del sistema en base a redes individuales para cada subsistema (Telefonía y Megafonía, Radiocomunicaciones, Telealarma, Telemida, Telemando, Recaudación y S.A.E.) y dado que es posible implantar una sola red que integre todos los servicios, se determina que es mejor optar por esta última alternativa.

Esta elección se debe a que una sola red, en lugar de varias, reduce la complejidad del sistema y simplifica su desarrollo, operación, gestión, control y mantenimiento. Consecuentemente, disminuyen los costos concernientes a estos aspectos, además de que se reduce la cantidad de *hardware* y cableado necesario en su implantación.

Existen varias tecnologías disponibles en el mercado de telecomunicaciones para dar solución a las necesidades planteadas, las alternativas son:

- FDDI (*Fiber Distributed Data Interface* ≡ Interfaz de datos distribuidos por fibra óptica)
- ATM (*Asynchronous Transfer Mode* ≡ Modo de Transferencia Asíncrono)
- Sistemas propietarios
- TDM (*Time Division Multiplexing* ≡ Multiplexación por División de Tiempo)
- FRAME RELAY

| TECNOLOGÍA  | TOPOLOGÍA       | INTERFACES  |
|-------------|-----------------|---|
| FDDI        | ANILLO          | Datos y “vídeo” (Sólo existe de PC a PC y no para vigilancia) |
| ATM         | ANILLO-ESTRELLA | Voz ,datos, vídeo   |
| PROPIETARIA | ANILLO          | Voz, datos, vídeo   |
| TDM         | ANILLO-ESTRELLA | Voz, datos ,vídeo   |
| FRAME RELAY | ANILLO-ESTRELLA | Voz, datos ,vídeo   |

Tabla 3.1. Tecnologías de redes.

De estas 5 alternativas se debe considerar que, para cada parada, los equipos tienen que ser capaces de transportar las aplicaciones requeridas.

### 3.1.1. SOLUCIÓN FDDI

La primera alternativa es FDDI. Su desarrollo está centrado en dar una solución para datos LAN, por lo que se debe anexar equipos que soporten voz y vídeo. La desventaja se encuentra en que no existen interfaces de datos en modalidad WAN para FDDI. Si bien es cierto que la estructura anillo es ideal para el transporte, no se pueden llevar las aplicaciones de voz y vídeo, a no ser que éstas operen en un protocolo tipo TCP/IP. Se sabe que la voz se está desarrollando para que se implante en una red LAN; en cuanto al vídeo, éste se encuentra operando en redes LAN, pero solamente de PC a PC donde las velocidades de operación para imágenes son del orden de los 384 Kbps como mínimo. Esta solución se descarta por no soportar todas las aplicaciones requeridas ni disponer de los interfaces adecuados.

### 3.1.2. SOLUCIÓN ATM

La segunda opción es ATM, la cual reúne las condiciones de transportar voz, datos y vídeo, donde la tendencia de los fabricantes de este tipo de equipo es proveer soluciones de comunicaciones para redes telefónicas públicas o para redes LAN. Esto implica que los equipos son sobredimensionados y elevan injustificadamente los costos de la solución requerida.

Por otro lado, ATM-LAN no soporta todas las aplicaciones e interfaces requeridas, puesto que no tiene interfaces para voz. Existen pocos interfaces para vídeo y solo de “uno a uno”, es decir, máximo pueden establecerse vídeo - conferencias para 3 usuarios pero no para abastecer a las 66 paradas.

ATM es una tecnología que se encuentra en desarrollo y es posible que, a corto plazo, se tenga soluciones que puedan ser implantadas sin elevar los costos. Es importante

considerar que cualquier solución de comunicaciones debe ser capaz de proyectarse. De este modo, se pretende que, en el momento que se disponga de ATM, los costos y facilidades sean accesibles y el sistema pueda ser actualizado sin sufrir cambios demasiado grandes. Por lo tanto, se puede decir que la solución ATM dispone de los interfaces requeridos, pero se deshecha por ser sobredimensionada y costosa.

Otra desventaja es que ATM no es muy difundido, no está estandarizado y es ineficiente para tráfico de datos sobre enlaces de baja velocidad. Adicionalmente, si los niveles de tráfico no son lo suficientemente grandes, tiene altos costos operacionales y de desarrollo. ATM es recomendable únicamente cuando el tráfico excede los 45 Mbps.

### **3.1.3. SOLUCIÓN PROPIETARIA**

La tercera tecnología es utilizar la plataforma de un fabricante que disponga de un sistema de comunicación propietario. Existen plataformas propietarias que podrían trabajar con multiplexores en configuración anillo a 100 Mbps, con *slots* suficientes e interfaces estandarizados para soportar voz, datos y vídeo en distintos formatos (LAN, WAN, MAN). Cabe anotar que, una vez ingresado a este medio de comunicación, se depende permanentemente del fabricante en muchos aspectos. Esta solución puede ser la más económica, pero la decisión debe ser tomada considerando aspectos tales como: respaldos de *software* y repuestos, soporte técnico, mantenimiento, continuidad de la fábrica, solvencia económica de la empresa, posibilidad de migración a futuras tecnologías, interconexión con otros sistemas estandarizados, etc. Por estos motivos se determina que no es viable implantar una solución con tecnología de transporte propietario.

### **3.1.4. SOLUCIÓN TDM**

La cuarta alternativa tecnológica es TDM. Esta alternativa puede incorporar todas las aplicaciones, pero si el medio de transmisión es fibra óptica los equipos también deberán operar sobre fibra. La solución TDM no solo soporta los sistemas requeridos sino que

además dispone de interfaces para fibra. Por esta razón, se pueden diseñar varias rutas que simulen estrellas y subestrellas de transmisión, de modo que sea posible concentrar en un punto central todo el tráfico de voz, datos y vídeo.

### 3.1.5. SOLUCIÓN FRAME RELAY

La última solución a discutir, *Frame Relay*, también maneja todos los servicios y dispone de interfaces tanto para cobre como para fibra. Así, es posible diseñar una red en anillo o en estrellas y subestrellas de transmisión que supla todas las necesidades del sistema y sea confiable.

*Frame Relay* es más eficiente para enlaces de baja velocidad porque es similar a X.25. Por eso, las tramas cuentan con cabeceras más pequeñas y, por lo tanto, se obtiene menores tiempos de retardo. Adicionalmente, cada vez más existe un mayor número de proveedores competitivos. En este ámbito, las aplicaciones multimedia han funcionado correctamente a lo largo de las experiencias de *Frame Relay* con bajos costos operacionales.

Una vez analizada la viabilidad de implantar varias alternativas, es fácil deducir que las opciones a considerarse para seleccionar la mejor solución a implantarse son TDM y *Frame Relay*. Por esta razón se realizó un estudio, en el capítulo 2, sobre la configuración de la red con estos dos tipos de tecnologías.

### 3.1.6. TDM VS FRAME RELAY

Resta por hacer una comparación entre estas soluciones para poder seleccionar la alternativa óptima.

Tanto TDM como *Frame Relay* pueden conformar una red multimedia para administración y control, con los beneficios que proporcionan los conceptos y tecnología de redes empleados en aplicaciones de voz y vídeo.

La tecnología ha evolucionado desde los dispositivos que prestaban un servicio especializado (destinados a utilizar un único protocolo para una aplicación determinada) a los dispositivos *Frame Relay* de acceso a múltiples servicios, protocolos, equipos y tecnologías (que soportan voz, vídeo, *switches*, *routers*, convertidores de protocolos seriales, equipos para transmisión, ATM, IP, conmutación Ethernet, etc).

Para mejorar la calidad de servicio en las comunicaciones, se utilizó TDM desde 1.950, sobretodo para aplicaciones de voz. La desventaja de esta antigua tecnología es que asigna un intervalo de tiempo fijo (canal) para cada aplicación. Las aplicaciones activas no pueden utilizar la capacidad desocupada. Esto implica que una porción de ancho de banda generalmente estará sin utilizarse, y si el tráfico de datos es variable, no hay manera de utilizar más ancho de banda para mejorar la respuesta de tiempo. Por esta razón se desperdicia ancho de banda y se reduce el rendimiento.

Por otro lado, un multiplexor TDM requiere un equipo adicional (router) para el manejo exclusivo del tráfico de datos.

Por su parte, *Frame Relay* terminó el trabajo técnico en la elaboración de sus estándares en 1.991, y desde 1.994 hace integración multimedia. Es así que es posible integrar servicios de voz, datos y vídeo sobre un solo equipo en cada parada y repetir la configuración para las demás paradas. De esta manera, todas ellas pueden ser controladas y administradas desde un único centro de control ubicado en El Recreo, con una tecnología estandarizada que preste flexibilidad para adaptarse a las cambiantes características de las nuevas aplicaciones.

*Frame Relay* puede programar la calidad del servicio (QoS  $\equiv$  *Quality of Service*) que tengan las diferentes aplicaciones. De este modo, se garantiza el servicio y se puede priorizar una aplicación determinada para obtener buen resultado en la transmisión. Para incrementar el QoS se utiliza la conmutación de paquetes y, mediante multiplexación estadística STDM (*Statistical Time Division Multiplexing*), se aprovecha el ancho de banda disponible por las aplicaciones activas. Por esta técnica se mejora el rendimiento y

los tiempos de respuesta, ya que el enlace estará desocupado solamente cuando no exista envío o recepción de información.

*Frame Relay* provee una manera de administrar inteligentemente el ancho de banda de acuerdo a la demanda, en lugar de asignar un canal de ancho de banda fijo. Esto permite tener tráfico desde varias fuentes para ser multiplexado a través de un único interfaz dentro de la red. Los paquetes pueden ser enviados a través del interfaz tan pronto como el ancho de banda esté disponible. Cuando no haya tráfico en un canal particular, no se enviarán paquetes y el ancho de banda estará libre para uso de otros canales.

En *Frame Relay* la conmutación de paquetes se realiza conforme al crecimiento estadístico. La conmutación de circuitos puede desperdiciar ancho de banda, pero la conmutación de paquetes conserva el ancho de banda por la intercalación de datos de múltiples fuentes y los empaqueta en los circuitos que estén libres. La diferencia puede ser ilustrada contrastando un circuito de un enlace E1 ó T1 con una red de empaquetación rápida, diseñada para tráfico que varía ampliamente en volumen y en frecuencia.

Si se desea implantar una red para transporte público de datos basada en TDM, se debe realizar un diseño que considere el requerimiento máximo de tráfico. Esto implicará también que deba emplearse enlaces del ancho de banda estandarizado inmediatamente superior al requerido por el sistema. Esto generalmente conlleva a que se desperdicie ancho de banda pero se tenga la certeza de que la red soportará la peor condición de tráfico.

Se puede implantar la misma red con *Frame Relay*, a un costo mucho más bajo. Esto se debe, principalmente, a que mientras una red TDM se debe diseñar para tráfico máximo, una red *Frame Relay* se configura para los requerimientos de tráfico mínimos y se mantiene el ancho de banda necesario para grandes volúmenes de ráfagas de datos.

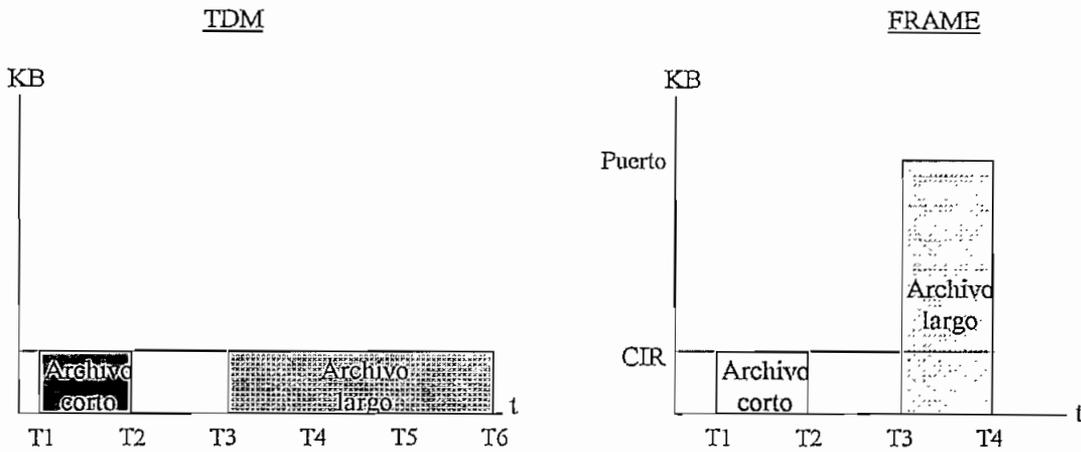


Fig. 3.1. Administración del ancho de banda de TDM y Frame relay

*Frame Relay* complementa otras tecnologías de conmutación de paquetes. Su adecuada aplicación depende de la velocidad de transmisión que vaya a emplearse, de acuerdo con la siguiente tabla:

| VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN | TECNOLOGÍA              |
|--------------------------|-------------------------|
| < 2 Mbps                 | <i>Frame Relay</i>      |
| 2 - 45 Mbps              | <i>Frame Relay, ATM</i> |
| > 45 Mbps                | ATM                     |

Tabla 3.2. Velocidades de transmisión de acuerdo a la tecnología de conmutación de paquetes

*Frame Relay* permite la integración e interoperabilidad con otras tecnologías disponibles en el mercado como IP, X.25, ATM, ISDN, etc.

Se puede tener ATM en el *backbone* (cuando el tráfico justifique el ancho de banda) y *Frame Relay* en la última milla, donde este último puede ser el protocolo de entrada o salida de la red. Además, se pueden tener convertidores de protocolo para pasar de una red *Frame Relay* a una ATM.

IP tiene mucha presencia en el mercado y se encuentra en casi todas las redes. Muchas de las nuevas aplicaciones están basadas sobre IP. Las aplicaciones IP pueden correr sobre *Frame Relay*, ATM y HDLC. IP tiene un gran *overhead* (cabecera), mucho retardo y no dispone de solución para QoS. IP no es tecnología para larga distancia y, para utilizarse en redes WAN, debe empaquetarse en *Frame Relay* o PPP (*Point to Point Protocol* ≡ Protocolo punto a punto). Este empaquetamiento es el que introduce *overheads* que afectan al QoS y ocasiona retardos.

Con *Frame Relay* ya no se requiere un gran ancho de banda para redes multimedia. Actualmente se puede comprimir la voz de 64 Kbps a 8 Kbps y el vídeo de 128 ó 256 Kbps a 2,4 Kbps con calidad aceptable. Esta compresión de vídeo es posible porque no se transmite la imagen todo el tiempo, sino solamente los cambios de imagen que se producen en el tiempo. En el peor de los casos, habrá instantes en que el vídeo alcance 128 Kbps.

Mediante las aplicaciones *Frame Relay* que se tienen en la actualidad para vídeo, se pueden almacenar las imágenes en un computador personal y no solamente en un VHS. Estas aplicaciones pueden correr en Windows/NT y permitir a los usuarios ver las imágenes captadas por la cámara que se controlará remotamente, todo esto en un ambiente multipunto y usando anchos de banda bajos. Otro aspecto importante es que estos equipos no requieren utilizar un tipo especial de cámara de vídeo, pues están diseñados para soportar cualquier cámara que maneje uno de los estándares de vídeo que se emplean en el mundo. Con estos sistemas se puede manejar, por ejemplo, hasta 64 cámaras por tarjeta, acceder a 512 sitios en el centro de control, observar mediante ventanas en la pantalla del PC hasta 20 sitios simultáneamente, desplegar menús para controlar múltiples cámaras (PTZ), capturar imágenes, manipular la resolución, grabar, etc.

Con *Frame Relay* se pueden tener múltiples aplicaciones que presten servicios como, por ejemplo, aplicaciones de voz (PBX), aplicaciones seriales (como cajeros automáticos),

redes Ethernet (que manejen TCP/IP, IPX, Appletalk, NetBios), redes Token - Ring, sistemas AS/400, aplicaciones de vídeo, *mainframes*, etc.

Tanto TDM como *Frame Relay* cuentan con equipos que soportan las PBX actuales que manejan FXS/FXO, E&M, planes de numeración, puertos de interfaz y métodos de señalización entre PBXs.

Solamente *Frame Relay* tiene la posibilidad de conmutar una llamada sin la intervención de la PBX. Esto se debe tomar en cuenta porque cada paso por la PBX introduce más retardos y disminuye la QoS. Sin embargo, todas las características de la central telefónica podrán estar disponibles en las extensiones remotas si la llamada pasa primero por la PBX. Los FRADs también pueden manejar enlaces troncales E1. Las troncales E1 pueden conectarse a través de estos equipos a teléfonos que manejen E&M, FXS/FXO, a facsímiles o a un puerto digital para manejar redes de computadores. De esta manera se puede ahorrar en cableado y enlaces.

Debe tomarse en cuenta que en ninguna de las dos tecnologías se puede manejar extensiones telefónicas digitales. La explicación de este inconveniente obedece a que las interfaces de las PBX no están normalizadas y, tanto a la entrada como a la salida del multiplexor o del FRAD, se tiene señal analógica en lugar de digital. Es decir, se dispone de interfaces digitales V.35, RS232 y X.21, pero no se puede conectar el aparato telefónico que espera recibir solamente dos hilos de cobre.

Realizado el análisis sobre las características y virtudes de las tecnologías, se elige *Frame Relay* como alternativa óptima por ofrecer muchas ventajas sobre todas las demás opciones. Por lo tanto, será con esta plataforma que se desarrollará la ingeniería de detalle y dimensionamiento de la red para el sistema de comunicaciones del Proyecto Trolebús.

### 3.2. INGENIERÍA DE DETALLE Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

El M.D.M.Q. requiere implantar una red de comunicaciones sobre la que se pueda transmitir voz, datos, vídeo y aplicaciones especiales a lo largo de todo el trayecto del Sistema Trolebús actual y futuro (24,3 km).

Con este propósito se plantea una solución basada, principalmente, en la utilización de dos tipos de medios de transmisión:

- a) El primero consiste en un medio de transmisión guiado cuyo *backbone* estará constituido por cable de fibra óptica.

El *backbone* integrará los siguientes servicios de comunicaciones:

**Voz :** Telefonía y Megafonía en las paradas de los trolebuses, oficinas administrativas, estaciones de transferencia y taller.

**Datos:**

- Para las subestaciones de tracción (Telealarma, Telemedida, Telemando)
- Para el sistema de Recaudación
- Para la información proveniente de los dispositivos fijos del Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)

**Vídeo:** Circuito cerrado de televisión en las paradas de los trolebuses y estaciones de transferencia.

A la parte del sistema que emplee este *backbone* se denominará *Red Integrada de Telecomunicaciones (R.I.T.)*.

Adicionalmente, las siguientes interconexiones deberán utilizar cable de cobre:

- Desde las paradas o estaciones de transferencia a la subestación de tracción más cercana.
- De la estación de El Recreo al taller, bodega y oficinas administrativas.
- Dentro de las paradas y estaciones de transferencia deberá instalarse cableado estructurado, de acuerdo a las normas internacionales EIA/TIA 568A, utilizando par trenzado UTP categoría 5.

b) El segundo medio de transmisión será no guiado, es decir, se utilizará radiofrecuencia para servicios de:

*Voz:* Para comunicaciones de voz de las unidades móviles y de personal que no labora en lugares fijos.

*Datos:* Para el sistema de localización automática de vehículos que formará parte del S.A.E.

Al sistema que utilizará este segundo medio de transmisión será llamado *Sistema de Radiocomunicaciones*.

Cabe indicar que todos los equipos de la R.I.T. y del Sistema de Radiocomunicaciones que requieran tomar energía eléctrica de la red pública, funcionarán con 110 VAC  $\pm$  10% a 60 Hz.

Se utilizará un enlace de microondas de 2 Mbps para redundancia, que cerrará la red en anillo y proporcionará un camino alternativo para las comunicaciones, en el caso que el *backbone* sufra una ruptura o que algún equipo de comunicación dejara de funcionar adecuadamente. Este enlace unirá la estación de transferencia Quitumbe con la de La Ofelia pero, como no existe línea de vista entre ellas, se deberá tener un sitio de repetición donde el Municipio pueda acceder a un terreno que tenga línea de vista con las dos estaciones de transferencia. Por lo tanto, el sistema de comunicaciones siempre estará operativo.

### 3.2.1. RED INTEGRADA DE TELECOMUNICACIONES (R.I.T.)

La red integrada de comunicaciones contará con equipos terminales para cada una de las aplicaciones anteriormente mencionadas, utilizando un solo medio de transmisión en el *backbone*, y con posibilidad de interconexión telefónica con la red pública.

A continuación se detallan los principales requerimientos a tomarse en cuenta.

#### 3.2.1.1. *Backbone*

La red de comunicaciones que se utilizará para integrar las paradas y estaciones de transferencia a la R.I.T. será *Frame Relay*. Desde el sitio central saldrá un tramo de cable de fibra óptica monomodo anti-roedores para exteriores con armadura metálica de 8 hilos (considerando hilos de reserva), que trabaje en la ventana de 1.300 nm, instalada y conectada a lo largo del trayecto, y que se utilizará para enlazar el equipo central con el primer FRAD (*Frame Relay Access Device* ≡ Dispositivo de acceso a *Frame Relay*), el cual tendrá puertos de alta velocidad con interfaz serial V.35, uno de entrada y otro de salida, hacia la siguiente parada.

Cada distancia entre las paradas estará unida mediante un tramo de fibra óptica, que tendrá en sus extremos dos equipos que permitirán pasar del interfaz serial V.35 a fibra óptica y que se los llamará *modems de fibra óptica*, a pesar de que no son moduladores - demoduladores, sino solamente adaptadores de señal. Estos *modems* serán los responsables de transportar los datos entre parada y parada. La ventaja de este método es que no se requiere de un sincronismo total de la red sino que cada tramo requiere que sólo el par de *modems* de fibra se sincronicen entre sí y, debido a que entran en un equipo con protocolo *Frame Relay*, cada equipo actúa como un *switch* que procesa los paquetes y los vuelve a enviar, a diferencia de los equipos TDM que necesitan pasar el sincronismo de tramo en tramo.

Por lo tanto, en cada parada y estación de transferencia existirá un FRAD, que permitirá

consolidar el tráfico de vídeo con su salida de control para la operación de la cámara, integrará el tráfico de telefonía y megafonía (utilizarán un puerto de extensión cada uno) y concentrará el tráfico de datos.

Este método permitirá llegar de manera continua con una línea de *backbone* de 2,048 Mbps de extremo a extremo, de acuerdo a lo calculado en el numeral 2.3.4. del Capítulo 2. Esta línea principal será la que permita conectar todos los FRAD's entre sí y hacia el sitio central, de modo que se pueda llevar todo el tráfico de voz, datos y vídeo para concentrarlo en la estación de El Recreo o, de ser necesario, conmutarlo entre otras paradas o estaciones de transferencia.

Si algún equipo de comunicación dejara de funcionar adecuadamente, en alguna parada o estación de transferencia, o se produjera una ruptura en algún enlace, no se interrumpirá la comunicación en el resto del sistema. Para esto, la topología a utilizarse será tipo anillo, de esta manera se prevé que si se segmenta la red se tiene otro camino, vía microondas, para que la información pueda transmitirse y no se deje de proveer servicios en los otros puntos del sistema. De esta manera se asegura una gran disponibilidad del servicio.

Existirá un enlace adicional de fibra óptica a 2,048 Mbps entre las estaciones de El Recreo y La Y. Dicha conexión ayudará a manejar el tráfico del enlace E1 que se establecerá entre las centrales telefónicas.

El uso del ancho de banda en el *backbone* será dinámico y no se necesitará asignar un ancho de banda específico para cada aplicación. Por esta razón, el tráfico de datos de los monederos (máquinas de recaudación) usará ancho de banda solo cuando haya transferencia de datos, al igual que el control del conteo de personas y los indicadores luminosos. El tráfico telefónico y de megafonía utilizará ancho de banda sólo en el momento en que las personas estén hablando. Únicamente el tráfico de vídeo ocupará un ancho de banda continuo, pero, considerando que se trata de vídeo de monitoreo, no representará mayor carga para el *backbone*.

Se integrará a la R.I.T. el sistema de megafonía actual de REVENGA. Además, dentro de las aplicaciones especiales de la R.I.T. se proveerá un sistema de telealarma, teledida y telemando para las extensiones Norte y Sur del Proyecto Trolebús, pero también se integrará al *backbone* de fibra óptica, la infraestructura del sistema actual de telealarma y teledida (a excepción del cable de cobre que enlaza las subestaciones entre sí hasta el centro de control) al que se le agregará un sistema de telemando.

Por otra parte, se centralizará y automatizará la información proveniente de cada una de las máquinas de recaudación en las paradas y estaciones de transferencia; para el efecto se enviará dicha información a un puesto central en El Recreo, que se encargará del almacenamiento y procesamiento de los datos transmitidos.

#### *Estación de transferencia o parada*

En cada estación de transferencia o parada se colocará un FRAD que permitirá consolidar el tráfico de vídeo de monitoreo con su salida de control para la cámara, mientras que el tráfico de telefonía y megafonía utilizará un puerto de voz de extensión, respectivamente.

Para la adquisición de la información proveniente de las máquinas de recaudación se empleará el procedimiento de comunicaciones conocido como *polling*, donde el servidor general realizará un sondeo secuencial (*polling*) a todas y cada una de las máquinas de recaudación.

Todo este tráfico saldrá empaquetado en *Frame Relay* hacia el siguiente FRAD (en la siguiente parada) en forma transparente hasta que llegue al sitio central.

El tráfico de voz, ya sea telefónico o de megafonía, utilizará ancho de banda solo cuando la persona esté hablando; cuando se deje de hablar no se transmitirán paquetes de voz y se podrá enviar en su lugar paquetes de datos. Inmediatamente después de que se detecte que se ha retomado la conversación, se volverán a enviar paquetes de voz. Una vez que

se cierran los teléfonos ningún paquete de voz atravesará la red.

Adicionalmente, se establecerá la comunicación con un PLC (a través del FRAD), que también estará ubicado en la parada. El PLC contendrá los datos correspondientes al conteo de personas que salen de la parada y que servirá para el S.A.E. Además, el PLC mencionado brindará la posibilidad de instalar futuras conexiones para otros usos que pueden ser: conteo de trolebuses que arriban a la parada en un lapso determinado, tiempo medio en que cada vehículo permanece en la parada, estado de las puertas laterales, control automático de puertas en el momento de entrada y salida de personas (desde y hacia el trolebús) control de iluminación, seguridad, etc.

Desde el FRAD ubicado en cada parada se establecerá la comunicación hacia los letreros luminosos que formarán parte del S.A.E., mediante el interfaz estandarizado RS-232. Estos letreros llevarán información sobre la ruta a la que pertenece el trolebús que esté por llegar o cualquier mensaje que sea enviado desde el centro de control de El Recreo.

Finalmente, el tráfico de vídeo será inyectado a cada FRAD en un flujo permanente, pero de bajo valor, para llegar al sitio central en forma de tráfico de red TCP/IP y que pasará al computador central de monitoreo.

Las 14 paradas de la extensión norte, las 13 de la extensión sur y las 35 de la parte central que no tienen intersecciones de dos rutas (pues el recorrido del trolebús en sentido norte - sur se encuentra en la misma calle o avenida que en el de sentido sur - norte), serán denominadas **paradas tipo A** y estarán equipadas con:

- Un FRAD que incluye:
  - 1 Puerto Ethernet
  - 2 Puertos de alta velocidad V.35
  - 1 tarjeta de 4 puertos seriales
  - 2 tarjetas de voz FXS/FXO
  - 1 tarjeta de vídeo
  - 3 *slots* de reserva

- 2 *modems* de fibra óptica
- 2 cables DB25 macho a M34 macho
- *Software* para las comunicaciones seriales, voz y vídeo
- 1 letrero luminoso
- Un controlador lógico programable (PLC) como contador de paso peatonal y como recolector de datos en aquellas paradas cercanas a una subestación
- 2 sensores infrarrojos para conteo de personas que salen de la parada
- 1 UPS (*Uninterruptible Power System*) *On-line* de 1.500 VA

En la parte central del recorrido de los trolebuses, entre El Recreo y La Y, existen 4 paradas con intersección de 2 rutas, que son las paradas 39 (Villaflora), 36 (Recoleta), 6 (Santo Domingo) y 8 (San Blas). A estas paradas se las llamará **tipo B** y estarán equipadas con:

- Un FRAD que incluye:
  - 1 Puerto Ethernet
  - 2 Puertos de alta velocidad V.35
  - 1 tarjeta de 4 puertos seriales
  - 2 tarjetas de voz FXS/FXO
  - 1 tarjeta de vídeo
  - 3 *slots* de reserva
- 3 *modems* de fibra óptica
- 3 cables DB25 macho a M34 macho
- *Software* para las comunicaciones seriales, voz y vídeo
- 1 controlador lógico programable (PLC) como contador de paso peatonal y como recolector de datos en aquellas paradas cercanas a una subestación
- 2 sensores infrarrojos para conteo de personas que salen de la parada
- 1 letrero luminoso
- 1 UPS *On-line* de 1.500 VA

Las estaciones de Quitumbe y La Ofelia incluirán todo el equipamiento de las paradas

tipo A, pero a cada uno de los FRADs que se ubicarán en ellas se agregará una tarjeta de 4 puertos seriales, que servirá para manejar el tráfico de datos de las máquinas de recaudación adicionales a las de la parada tipo A. Además, se agregarán 7 tarjetas de voz FXS/FXO en cada FRAD, pues existirán 8 teléfonos analógicos, tanto en Quitumbe como en La Ofelia.

La estación de transferencia de La Y tendrá que conectarse a una de las dos centrales telefónicas, por lo que requiere un FRAD con mayores capacidades.

El tráfico de telefonía y megafonía llegará del *router multimedia* (FRAD) ubicado en cada parada al *router* de la estación de La Y o de El Recreo, mediante una tarjeta E1 con tantos canales de voz como conversaciones simultáneas se requiera entre el sitio central y las paradas.

Estos canales de voz serán implantados a base de tarjetas de canal, que son las encargadas de comprimir el tráfico de voz antes de enviarlo por el *backbone Frame Relay*. Cada tarjeta de canal permitirá manejar (comprimir) cuatro conversaciones telefónicas simultáneas, de modo que el número de tarjetas de canal será el número de conversaciones telefónicas simultáneas que se quiera tener dividido para cuatro. La tarjeta E1 manejará el estándar CCITT (UIT-T) G.703.

Tanto en La Y como en El Recreo se tomarán las extensiones de telefonía y megafonía directamente de la central telefónica.

En general, la estación contará con:

- Un FRAD que incluye:
  - 1 Puerto Ethernet
  - 3 Puertos de alta velocidad V.35
  - 1 Puerto asincrónico
  - 1 tarjeta de voz E1
  - 4 tarjetas servidoras de 4 canales de voz

1 tarjeta de vídeo

- 3 *modems* de fibra óptica
- 3 cables DB25 macho a M34 macho
- *Software* para las comunicaciones seriales, voz y vídeo
- 1 controlador lógico programable (PLC) como contador de paso peatonal y como recolector de datos de la subestación “Terminal Norte”
- 2 sensores infrarrojos para conteo de personas que salen de la parada
- 1 letrero luminoso
- 1 UPS *On-line* de 1.500 VA

### *Centro de control (El Recreo)*

En el Centro de Control se deberá tener previamente implantada una red de cableado estructurado que permitirá llegar con servicio de voz, datos o vídeo a todos los puntos donde se encontrará ubicado el personal.

Se deberá disponer de un *router multimedia* de mejores y mayores capacidades que el que se utilizará en las paradas, y de similares características al de la estación de La Y. Este *router* permitirá recibir el tráfico de los monederos, de los contadores de personas, indicadores luminosos, tráfico de voz y el de vídeo proveniente de todas las demás paradas y estaciones de transferencia.

El tráfico de vídeo llega de todos los FRAD's y pasa al puesto central y a la red en formato TCP/IP. De esta manera será posible que otro servidor pueda tener en su monitor el despliegue de todas las cámaras de monitoreo que requiera.

En general, el centro de control de El Recreo contará con:

- Un FRAD que incluye:
  - 1 Puerto Ethernet
  - 3 Puertos de alta velocidad V.35
  - 1 tarjeta de vídeo

1 tarjeta de voz E1

4 tarjetas servidoras de 4 canales de voz

- 3 *modems* de fibra óptica
- 3 cables DB25 macho a M34 macho
- *Software* para las comunicaciones seriales, voz y vídeo
- Un computador personal compatible con IBM, para la administración de la R.I.T. con las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz

64 MB de memoria RAM

Disco duro de 4 GB

*Diskettera* de 3 ½ HD

*Diskettera* CD-ROM lectura - escritura de 4X

Tarjeta de red Ethernet

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 17 pulgadas

10 Puertos serie

1 Puerto paralelo (para impresora)

Teclado castellano expandido

*Mouse* (ratón)

*Software* de administración de red

*Software* de red Ethernet

- Impresora a color de inyección a tinta
- Documentación completa de utilización del *software* de administración
- Documentación de la configuración y funcionamiento de administración
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio de todo el equipamiento.
- 1 controlador lógico programable (PLC) como contador de paso peatonal y como recolector de datos en aquellas paradas cercanas a una subestación
- 2 sensores infrarrojos para conteo de personas que salen de la parada
- 1 letrero luminoso
- 1 UPS *On-line* de 12.000 VA

De acuerdo con la configuración propuesta, el esquema de equipamiento de cada parada y estación de transferencia incluirá lo siguiente:

- a) FRAD que integre los diferentes servicios disponibles en la parada como voz, datos y vídeo.
- b) Un PLC como contador de paso peatonal y como recolector de datos en aquellas paradas cercanas a una subestación.
- c) Teléfono analógico de teclado.
- d) Megáfono para mensajes audibles a los pasajeros por parte de la operadora de la(s) central(les) de telefonía y megafonía.
- e) Cámara de televisión para seguridad en blanco y negro.
- f) Letrero luminoso para información dinámica de mensajes sobre tiempo de llegada del próximo trolebús, ruta a la que pertenece y porcentaje de espacio disponible para pasajeros.
- g) Sensores infrarrojos para contadores de personas que salen de la parada.
- h) Dispositivo que permita pasar de señal eléctrica a luminosa para fibra óptica (*módem* de fibra óptica).
- i) Máquinas de recaudación.
- j) UPS *On-Line* de al menos 1.500 VA (o de 12 KVA en el caso de El Recreo)

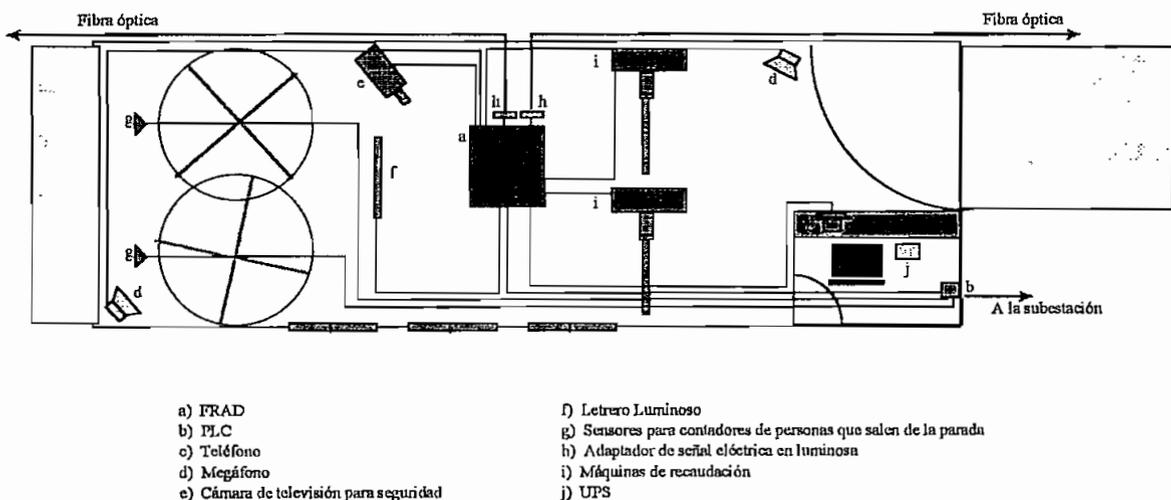


Fig. 3.2. Esquema general de una parada

Además, se incluirá:

- *Software* y programación de los equipos
- Documentación completa de utilización del *software*
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio de todo el equipamiento.

Los UPS tomarán la energía de la red pública y proporcionarán energía estable a todos los equipos que formen parte del sistema de comunicaciones y se encuentren en una parada o estación de transferencia.

### 3.2.1.2. Sistema de Telefonía y Megafonía

Se cubrirán las necesidades de comunicación de voz a lo largo de todo el recorrido de los trolebuses (incluyendo sus ampliaciones) con un sistema de telefonía y megafonía de última tecnología.

La red incorporará el sistema de REVENGA que será utilizado exclusivamente para megafonía del trayecto central. Esto será posible porque se manejará dicho sistema como una extensión más de la central telefónica a ubicarse en El Recreo.

Se utilizará una arquitectura distribuida que permitirá cubrir todo el trayecto, donde se emplearán dos centrales telefónicas similares (una en la estación de El Recreo y la otra en La Y) que serán de última generación, nuevas de fábrica, y que emplearán técnicas de codificación digital de acuerdo a las recomendaciones de la UIT-T.

Las centrales manejarán teléfonos, tanto del tipo analógico como digital, y garantizarán una calidad de transmisión adecuada para todo el trayecto, considerando las ampliaciones. Los teléfonos y la central telefónica serán de la misma marca.

La solución de megafonía como extensiones telefónicas (con un parlante en lugar del microteléfono) en los equipos *Frame Relay* de cada parada, se suministrará exclusivamente a la segunda etapa del proyecto trolebús, esto es, a las paradas

comprendidas entre las estaciones de transferencia de El Recreo y Quitumbe al sur de la ciudad, a las paradas comprendidas entre las estaciones de transferencia de La Y y La Ofelia al norte, y a las estaciones de transferencia de Quitumbe y La Ofelia. Por esta razón, a las paradas y estaciones del trayecto central debe excluirse una tarjeta de voz FXS/FXO de los FRADs correspondientes a las paradas tipo A.

El sistema telefónico permitirá, a lo largo de todo el trayecto (desde La Ofelia hasta Quitumbe), comunicaciones telefónicas en: paradas, estaciones de transferencia, taller, centros de Recaudaciones y Oficinas Administrativas. Además, siempre será factible permitir una comunicación telefónica directa, automática, con y sin intervención de la operadora, entre cualquiera de las extensiones de todo el sistema; se espera tener un máximo de 16 comunicaciones telefónicas simultáneas.

### *Centrales Telefónicas*

Las centrales a ubicarse tanto en El Recreo como en La Y serán nuevas de fábrica y de última generación, con certificación escrita de fábrica. Cada central tendrá la siguiente configuración:

- Procesador central
- *Slots* disponibles para al menos un 50% más de la capacidad inicial
- 2 tarjetas E1 PCM30 DIU CAS que manejarán el estándar G.703
- 8 troncales analógicas (8 x tarjeta)
- 4 troncales E&M a 2 y/o 4 hilos para megafonía
- 16 extensiones digitales
- 80 extensiones analógicas
- 3 puertos RS-232 V.24 para mantenimiento local o datos de tasación
- 1 Puerto para mantenimiento remoto con módem
- 1 Puerto para tarificación
- 1 Puerto para música en espera/ambiental
- 1 MDF para montaje exterior con módulos de protección gaseosa con 50% más de la capacidad inicial

- Rectificador cargador de baterías tipo *switching* automático
- Terminal de administración y mantenimiento
- Impresora
- *Módem* de administración remota para línea telefónica conmutada de 19.200 bps.
- Banco de baterías libres de mantenimiento de 100 A/h
- Panel de transferencia automático de las líneas troncales a 12 extensiones
- Consola de operadora con audífonos de cabeza

La alimentación eléctrica de las centrales será de 110 VAC  $\pm$  10 %, 60 Hz. Pero funcionará con 48 VDC  $\pm$  5% provenientes del rectificador, el cual a su vez se alimentará con la energía proveniente de la red pública. El sistema telefónico será de batería central. Las centrales serán de estructura modular para facilitar su instalación, mantenimiento y ampliación, y será compatible con cualquier tipo de aparato telefónico analógico.

Adicionalmente, las centrales telefónicas satisfarán todos los requerimientos y dispondrán de todas las demás características y facilidades descritas en el numeral 2.2.1. del Capítulo 2.

### *Aparatos telefónicos analógicos*

En las 66 paradas existirá un teléfono analógico sencillo y en cada una de las estaciones de Quitumbe y La Ofelia ocho. Dichos teléfonos analógicos, para uso del personal de recaudación y de administración, se conectarán a los puertos de voz FXS del FRAD o *router multimedia*.

Estos 82 teléfonos tendrán las siguientes características generales:

- Permitirán marcación por tonos (DTMF) y por pulsos
- Alimentación de 48 VDC  $\pm$  5%

- Frecuencia de timbrado: 25 Hz  $\pm$  20 %
- Voltaje de timbrado: 75 Vrms (-66% a + 30%)
- Posibilidad de regular el nivel de timbre
- Conexión al FRAD con un solo par de alambres

### *Aparatos telefónicos digitales*

En cada una de las estaciones de transferencia de El Recreo y La Y se tendrán 8 aparatos telefónicos digitales. Estos 16 teléfonos, que serán extensiones de la central telefónica ubicada en el lugar, serán destinados al personal administrativo de la estación y tendrán las siguientes características:

- Permitirán la marcación por tonos (DTMF)
- Los teléfonos no se conectarán a voltaje AC
- Posibilidad de regular el nivel de timbre
- Conexión a la central telefónica utilizándose un solo par de alambres (2 hilos)
- Serán multifunción de al menos ocho teclas programables
- Dispondrán de pantalla de cristal líquido (LCD)

Los teléfonos de las subestaciones de tracción serán remplazados por transceptores portátiles del sistema de radiocomunicaciones, que serán utilizados por las personas de mantenimiento.

### *Sistema de Megafonía*

La solución de megafonía utilizará la facilidad de *paging* de la central telefónica, a través del FRAD, y será exclusivamente para las estaciones de transferencia y paradas que no estén en el tramo central (desde La Y hasta El Recreo).

Cada una de las paradas de la ampliación (Extensión Norte y Extensión Sur) dispondrá de un intercomunicador, con amplificador incluido, para conectar parlantes externos. El altavoz se conectará, a través del intercomunicador, al puerto de voz de extensión del

FRAD de la parada o estación (se ha previsto 29 extensiones analógicas en la central telefónica para megafonía). La potencia de salida del altavoz será de 5 vatios regulable.

Se contará con 2 parlantes por parada y 4 por estación de transferencia de la ampliación (Extensión Norte, Extensión Sur, Estación de transferencia Quitumbe, Estación de transferencia La Ofelia); es decir, se tendrá un total de 62 parlantes. Los parlantes estarán estratégicamente ubicados y asegurarán una alta calidad y eficiencia para permitir que los mensajes lleguen en forma totalmente inteligible.

### **3.2.1.3. Sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando**

El sistema a instalarse será compatible con el actualmente instalado. Cada una de las 16 subestaciones de tracción dispondrá de un medidor de magnitudes y de un PLC para comunicaciones. Dicho PLC se encargará de manejar la información correspondiente a telealarma, telemedida y telemando, y se conectará en red Modbus con el PLC de la parada más cercana y, a través de éste, a un puerto serial del FRAD ubicado en ella. Este enlace se hará mediante par trenzado, según la norma EIA-RS485.

El sistema a implantarse en las extensiones norte y sur asegurará una compatibilidad total con el sistema actualmente instalado. Esto implica que para receptar las alarmas y medidas de las ocho subestaciones adicionales, así como el envío de las diferentes órdenes de telemando, los PLCs de las 8 subestaciones nuevas manejarán el mismo protocolo de comunicaciones Modbus.

El PLC de comunicaciones almacenará (en registros destinados para tal efecto) todas las magnitudes medidas por los distintos PLC's, que existirán en las subestaciones como parte de las instalaciones fijas, y enviará toda la información al puesto central, cuando éste así lo requiera.

Los PLCs utilizarán, como medio de transmisión hacia la parada, cable de cobre de 10 pares con conductor de 0,8 mm de diámetro.

Se dispondrá de un solo centro de control para todo el sistema, ubicado en la Estación de El Recreo, encargado de solicitar o sondear (*polling*) la información de cada una de las subestaciones. El centro de control estará equipado con:

- Un computador personal compatible con IBM con las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz

64 MB de memoria RAM

Disco duro de 4 GB

*Diskettera* de 3 ½ HD

*Diskettera* CD-ROM lectura - escritura de 4X

Tarjeta de red Ethernet

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 17 pulgadas

1 Puerto serie

1 Puerto paralelo (para impresora)

Teclado castellano expandido

*Mouse*

*Software* del puesto central instalado

*Software* de red Ethernet

- Impresora a color de inyección a tinta
- Documentación completa de utilización del *software* del puesto central
- Documentación de la configuración y funcionamiento del puesto central
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio de todo lo que incluye el puesto central de mando.

En este centro de control se generarán reportes de valores máximos o mínimos de cada subestación o de todo el sistema.

En el caso de las alarmas, se podrá visualizar desde el puesto de control en qué subestación se presenta, la hora y el motivo por el cual se activó y, de igual manera, se

podrá imprimir o guardar en disco (flexible, duro o en CD) los reportes. Además, el operador podrá resolver el problema a través del telemando de los disyuntores existentes en las subestaciones.

La unidad terminal remota, en cada una de las 8 subestaciones, comprenderá:

- Un PLC (Controlador Lógico Programable)
- Equipos de medida
- Regletas de conexión de 10 pares
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio

Finalmente, el sistema de telealarma, telemedida y telemando propuesto satisfará las demás características funcionales mencionadas en el capítulo 2, numeral 2.2.3. y todos los requerimientos que constan en el capítulo 1, numeral 1.3.3.; donde cada subestación tendrá 6 PLC's cuya estructura, medidas, señales de control y alarmas serán aquellas que maneja el sistema actual y que están detalladas en el capítulo 1, numeral 1.2.3.

#### **3.2.1.4. Sistema de Recaudación**

Para conocer la situación de las máquinas de recaudación (estado de alcancías, máquina que requiere mantenimiento, dinero recaudado y demás necesidades planteadas en el capítulo 1, numeral 1.3.4.), y centralizar y automatizar la información proveniente de cada una de ellas a un puesto central ubicado en El Recreo, todas las paradas, estaciones de transferencia y oficinas administrativas pertenecientes al área de recaudación serán integradas a la R.I.T

Los datos que generen las máquinas recaudadoras se transferirán al FRAD de cada parada o estación de transferencia, a través del interfaz RS-232, para ser almacenados y procesados en el centro de control de recaudación a ubicarse en El Recreo. Los monederos usarán ancho de banda sólo cuando se requiera descargar los datos desde el

centro de control y, como constituyen datos asincrónicos, su contribución al tráfico del *backbone* será muy pequeño.

El tiempo máximo para la actualización automática de la información en el puesto central del centro de control será:

- Recaudación del dinero en las máquinas: cada hora
- Número de personas que entran a las paradas: cada 10 minutos
- Número de personas que salen de las paradas: cada 10 minutos

Las alarmas serán transmitidas en tiempo real y permitirán conocer el lugar donde se produjo la falla y, adicionalmente, se tendrá disponible el autodiagnóstico de la máquina (mediante el envío del código que se emplea actualmente de manera local). De este modo se conocerá qué repuesto se requiere para corregir el daño y se podrá disminuir los tiempos en la reparación.

Las máquinas de recaudación almacenarán la información localmente, la cual será descargada, junto con su código de identificación, hacia el computador central cuando éste lo solicite. Es decir, para la adquisición de la información proveniente de las máquinas recaudadoras, el servidor general hará un sondeo secuencial (*polling*) a todas y cada una de las máquinas recaudadoras conectadas a la R.I.T. Sin embargo, el operador del puesto central del sistema de recaudación podrá escoger en cualquier instante el tipo de sondeo, ya sea automático o manual.

La información que se obtenga de las máquinas recaudadoras no será alterable por el usuario, pero será fácilmente obtenida en reportes impresos, en la pantalla del puesto central o en reportes que podrán ser almacenados en disco duro, disco flexible o cinta de respaldo en cualquier momento que sea requerida por el operador del centro de control.

El centro de control de recaudación que se ubicará en El Recreo estará equipado con:

- Un computador con las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz  
Disco duro de 4 GB  
64 MB de memoria RAM  
Unidad para cinta de respaldo  
*Diskettera* de 3 ½ HD  
2 Puertos serie  
1 Puerto paralelo (para impresora)  
Tarjeta de red Ethernet  
Tarjeta de vídeo SVGA  
Monitor color SVGA de 14 pulgadas  
Teclado castellano expandido  
*Mouse*  
*Software* de red Ethernet  
*Software* del puesto central

- Impresora a color de inyección a tinta
- Documentación completa de utilización del *software* del puesto central
- Documentación de la configuración y funcionamiento del puesto central
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio de todo lo que incluye el puesto central de mando

El computador antes mencionado se encargará de procesar y administrar la información de las 191 máquinas ubicadas a lo largo de los 24,3 km del trayecto. Sin embargo, por razones operativas, se contará con un segundo computador, de similares características, en la estación de La Y. De esta manera la administración y control del sistema de recaudación se dividirá, operativamente, en las zonas sur y norte descritas en el capítulo 2, numeral 2.2.4., donde el computador en La Y se encargará solamente de administrar y controlar la información de la zona norte, mientras que el de El Recreo podrá acceder a la información de ambas zonas pero principalmente se hará cargo de la zona sur.

### *Funcionalidad del sistema de recaudación*

El *software* del centro del control tendrá una interfaz gráfica de usuario y realizará las siguientes funciones:

- Registro del número de personas que ingresan a las paradas y estaciones de transferencia activando las barras de control de acceso de pasajeros, en las máquinas recaudadoras. La importancia de esta información radica en que existen personas autorizadas o no, que ingresan a las paradas y estaciones de transferencia pero que no pagan su pasaje.
- Registro del número de personas que pagan su pasaje. Este reporte puede obtenerse actualmente de la máquina recaudadora de manera local.
- Registro del número total de personas que ingresan a las paradas, sea que hayan cancelado su pasaje o no. Este conteo deberá realizarse mediante los sensores infrarrojos que disponen actualmente las máquinas recaudadoras.
- Registro de la cantidad de dinero ingresado en cada máquina recaudadora, en un periodo determinado, en el instante que el operador lo requiera.
- Transmisión de la información de todos los reportes de los registros mencionados hacia el centro de control de recaudación. Esta información será transmitida tanto de manera manual, en el momento que sea requerida, como de forma automática cada cierto intervalo preestablecido por el operador del centro de recaudación.
- Transmisión de alarmas registradas en cada una de las paradas, tales como:
  - Alarma de retención de la barra de control de acceso por un tiempo mayor a seis segundos.
  - Alarma de barra de acceso colapsada, es decir, cuando la barra ha sido forzada a permanecer en la posición contraria a su giro normal.
  - Alarma preventiva cuando la alcancía se ha llenado en un 75%.
  - Alarma crítica de llenado total de la alcancía.
  - Alarma indicadora de máquina defectuosa o fuera de servicio.
- Asociación de cada máquina recaudadora con un número o código de identificación a transmitirse junto con los datos registrados.

- La información transmitida al centro de control se procesará para obtener reportes históricos y estadísticos, tanto numéricos como gráficos.
- La información procesada contendrá los siguientes datos:
  - Cantidad de dinero recaudado por máquina y por parada, a una determinada fecha y en un lapso prefijado.
  - Número de personas que han ingresado en las paradas a una determinada fecha y en un lapso prefijado.
  - Estadísticas de mantenimiento de cada una de las máquinas recaudadoras.
  - Reportes totales de dinero recaudado en todas las paradas a una determinada fecha y en un lapso prefijado.
  - Reportes totales de personas que han ingresado en todas las paradas a una determinada fecha y en un lapso prefijado.
  - Obtención de matriz de origen y destino de pasajeros, es decir, el número de personas que entran y salen a lo largo de todas y cada una de las paradas.
- El sistema de recaudación, utilizando la misma infraestructura, permitirá el uso de fichas, tarjetas magnéticas, boletos y monedas.
- Visualización de los requerimientos de confiabilidad en cuanto a los estándares de servicio, los cuales están dados por las siguientes variables:
  - Tiempo de funcionamiento de cada máquina.
  - Tiempo en que la máquina permanece fuera de servicio.
  - Tiempo máximo de reparación.

#### 3.2.1.5. Requerimientos del Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

Se dispondrá en cada parada y estación de transferencia de una tarjeta de vídeo instalada en el FRAD correspondiente, que tendrá la capacidad de manejar hasta 4 cámaras de vídeo. Las cámaras que se instalen se enlazarán con el centro de conmutación y monitoreo del CCTV a través de la R.I.T.

El centro de control del CCTV, que se ubicará en El Recreo, realizará el monitoreo de todas las cámaras de vídeo y estará equipado con:

- Tres computadores compatibles IBM, encargados de la conmutación de monitoreo, con las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz

Disco duro de 4 GB

64 MB de memoria RAM

*Diskettera* de 3 ½ HD

*Diskettera* CD-ROM de 24X

2 Puertos serie

1 Puerto paralelo (para impresora)

Interfaz para la transmisión de datos

Tarjeta de red Ethernet

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 21 pulgadas

Teclado castellano expandido

*Mouse* (ratón)

*Software* del puesto central instalado

*Software* de red Ethernet

- Vídeo grabador de 24 horas
- Impresora a color de inyección a tinta
- Documentación completa de utilización del *software* del puesto central
- Documentación de la configuración y funcionamiento del puesto central
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio de todo lo que incluye el puesto central de mando

### *Cámaras Fijas*

Se dispondrá de 66 cámaras de televisión fija (blanco y negro) para la captación de la

imagen en todas las paradas. Dichas cámaras estarán provistas de:

- Carcaza antivandálica para cámara fija
- *Zoom* digital
- Receptor serie de programación de cámara
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio

### *Cámaras móviles*

Se instalarán, además, una cámara de televisión móvil (blanco y negro) por cada estación de transferencia equipada con:

- Carcaza con parasol para cámara móvil
- Teleobjetivo *zoom*
- Posicionador panorámico
- Receptor de telemando
- Instalación, montaje, conexión y puesta en servicio

#### **3.2.1.6. Cableado**

La Red Integrada de Telecomunicaciones del Proyecto Trolebús contará con un *backbone* de fibra óptica de 8 hilos para ducto subterráneo, que enlazará todas las paradas y estaciones de transferencia.

Cabe mencionar que no se requerirán empalmes ni regeneradores entre las paradas; esto se debe a que la distancia promedio entre las paradas será de 400 metros y los cables de fibra monomodo en la ventana de 1.300 nm, que se encuentran en el mercado, tienen una atenuación menor a 1 dB/km y una longitud máxima de 2 kilómetros.

Los cables de cobre de 10 pares que enlazarán las subestaciones de tracción a las paradas más cercanas cumplirán con la norma EIA-RS485 y serán antiroedores con vaselina de petróleo.

Para el cálculo de la longitud total del cableado de fibra óptica y par trenzado se ha agregado el 30% por concepto de canalización.

- **Cálculo del cableado de fibra óptica - Extensión Sur**

| ITEM                      | TRAMO                         | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|-------------------------------|---------------|
| 1                         | Parada 1- Estación El Recreo  | 870           |
| 2                         | Parada 2-Parada 1             | 435           |
| 3                         | Parada 3-Parada 2             | 261           |
| 4                         | Parada 4-Parada 3             | 500           |
| 5                         | Parada 5-Parada 4             | 435           |
| 6                         | Parada 6-Parada 5             | 217           |
| 7                         | Parada 7-Parada 6             | 435           |
| 8                         | Parada 8 - Parada 7           | 435           |
| 9                         | Parada 9 - Parada 8           | 565           |
| 10                        | Parada 10- Parada 9           | 652           |
| 11                        | Parada 11 - Parada 10         | 435           |
| 12                        | Parada 12-Parada 11           | 384           |
| 13                        | Parada 13-Parada 12           | 391           |
| 14                        | Estación Quitumbe - Parada 13 | 326           |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                               | 6341          |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                               | 1902          |
| <b>TOTAL:</b>             |                               | 8243          |

Tabla 3.3. Longitud de cable de fibra óptica para el trayecto Estación El Recreo - Estación Quitumbe

| ITEM                      | TRAMO                            | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1                         | Parada 2- S/E San Bartolo        | 43            |
| 2                         | Parada 7- S/E Solanda            | 65            |
| 3                         | Parada 10- S/E Turubamba         | 239           |
| 4                         | Estación Quitumbe - S/E Quitumbe | 65            |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                                  | 412           |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                                  | 124           |
| <b>TOTAL:</b>             |                                  | 536           |

Tabla 3.4. Longitud de cable de cobre de 10 pares para enlazar las subestaciones de la Extensión Sur

- Cálculo de cableado de fibra óptica parte Centro-Sur

| ITEM                      | TRAMO                          | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|--------------------------------|---------------|
| 1                         | Estación el Recreo - Parada 39 | 957           |
| 2                         | Parada 39 - Parada 1           | 109           |
| 3                         | Parada 1 - Parada 2            | 543           |
| 4                         | Parada 2 - Parada 3            | 326           |
| 5                         | Parada 3 - Parada 36           | 435           |
| 6                         | Parada 39 - Parada 38          | 326           |
| 7                         | Parada 38 - Parada 37          | 870           |
| 8                         | Parada 37 - Parada 36          | 326           |
| 9                         | Parada 36 - Parada 4           | 109           |
| 10                        | Parada 4-Parada 5              | 326           |
| 11                        | Parada 5 - Parada 35           | 65            |
| 12                        | Parada 35 - Parada 34          | 174           |
| 13                        | Parada 34 - Parada 6           | 87            |
| 14                        | Parada 6 - Parada 7            | 435           |
| 15                        | Parada 7 - Parada 8            | 543           |
| 16                        | Parada 6 - Parada 33           | 326           |
| 17                        | Parada 33 - Parada 32          | 391           |
| 18                        | Parada 32 - Parada 8           | 217           |
| 19                        | Parada 8 - Parada 31           | 109           |
| 20                        | Parada 31 - Parada 9           | 304           |
| 21                        | Parada 9 - Parada 30           | 65            |
| 22                        | Parada 30 - Parada 29          | 684           |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                                | <b>7727</b>   |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                                | <b>2318</b>   |
| <b>TOTAL:</b>             |                                | <b>10045</b>  |

Tabla 3.5. Longitud de cable de fibra óptica para el trayecto comprendido entre el Estación El Recreo y la parada El Ejido (Norte/Sur)

| ITEM                      | TRAMO                                 | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------|
| 1                         | Estación el Recreo - S/E Terminal Sur | 65            |
| 2                         | Parada 1 - S/E Villaflora             | 239           |
| 3                         | Parada 5 - S/E Cumandá                | 130           |
| 4                         | Parada 31 - S/E San Blas              | 43            |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                                       | <b>477</b>    |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                                       | <b>143</b>    |
| <b>TOTAL:</b>             |                                       | <b>620</b>    |

Tabla 3.6. Longitud de cable de cobre de 10 pares para enlazar las subestaciones del tramo Centro-Sur

- Cálculo de cableado de fibra óptica parte Centro-Norte

| ITEM                      | TRAMO                     | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|---------------------------|---------------|
| 1                         | Parada 29 - Parada 10     | 65            |
| 2                         | Parada 10 - Parada 11     | 652           |
| 3                         | Parada 11 - Parada 28     | 65            |
| 4                         | Parada 28 - Parada 27     | 109           |
| 5                         | Parada 27 - Parada 12     | 65            |
| 6                         | Parada 12 - Parada 26     | 261           |
| 7                         | Parada 26 - Parada 13     | 130           |
| 8                         | Parada 13 - Parada 25     | 609           |
| 9                         | Parada 25 - Parada 14     | 109           |
| 10                        | Parada 14 - Parada 24     | 261           |
| 11                        | Parada 24 - Parada 15     | 261           |
| 12                        | Parada 15 - Parada 23     | 130           |
| 13                        | Parada 23 - Parada 16     | 87            |
| 14                        | Parada 16 - Parada 22     | 348           |
| 15                        | Parada 22 - Parada 17     | 87            |
| 16                        | Parada 17 - Parada 21     | 391           |
| 17                        | Parada 21 - Parada 18     | 87            |
| 18                        | Parada 18 - Parada 20     | 543           |
| 19                        | Parada 20 - Parada 19     | 87            |
| 20                        | Parada 19 - Estación La Y | 652           |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                           | <b>5000</b>   |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                           | <b>1500</b>   |
| <b>TOTAL:</b>             |                           | <b>6500</b>   |

Tabla 3.7. Longitud de cable de fibra óptica para el trayecto comprendido entre la parada el Ejido (Norte/Sur) y la Estación La Y

| ITEM                      | TRAMO                              | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|------------------------------------|---------------|
| 1                         | Parada 10 - S/E El Ejido           | 43            |
| 2                         | Parada 24 - S/E Mariana de Jesús   | 217           |
| 3                         | Parada 21 - S/E Naciones Unidas    | 65            |
| 4                         | Estación La Y - S/E Terminal Norte | 65            |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                                    | <b>391</b>    |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                                    | <b>117</b>    |
| <b>TOTAL:</b>             |                                    | <b>508</b>    |

Tabla 3.8. Longitud de cable de cobre de 10 pares para enlazar las subestaciones del tramo Centro-Norte

- Cálculo de cableado de fibra óptica Extensión Norte

| ITEM                      | TRAMO                          | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|--------------------------------|---------------|
| 1                         | Parada 1- Estación La Y        | 543           |
| 2                         | Parada 2-Parada 1              | 543           |
| 3                         | Parada 3-Parada 2              | 652           |
| 4                         | Parada 4-Parada 3              | 609           |
| 5                         | Parada 5-Parada 4              | 435           |
| 6                         | Parada 6-Parada 5              | 435           |
| 7                         | Parada 7-Parada 6              | 326           |
| 8                         | Parada 8 - Parada 7            | 435           |
| 9                         | Parada 9 - Parada 8            | 435           |
| 10                        | Parada 10- Parada 9            | 522           |
| 11                        | Parada 11 - Parada 10          | 522           |
| 12                        | Parada 12-Parada 11            | 326           |
| 13                        | Parada 13-Parada 12            | 326           |
| 14                        | Parada 14 - Parada 13          | 217           |
| 15                        | Estación La Ofelia - Parada 14 | 217           |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                                | 6543          |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                                | 1963          |
| <b>TOTAL:</b>             |                                | 8506          |

Tabla 3.9. Longitud de cable de fibra óptica para el trayecto Estación La Y - Estación La Ofelia

| ITEM                      | TRAMO                           | DISTANCIA [m] |
|---------------------------|---------------------------------|---------------|
| 1                         | Parada 3- S/E La Concepción     | 65            |
| 2                         | Parada 7- S/E Andalucía         | 33            |
| 3                         | Parada 11- S/E El Rosario       | 43            |
| 4                         | Estación La Ofelia - S/E Ofelia | 43            |
| <b>SUBTOTAL:</b>          |                                 | 184           |
| <b>+ 30 % DE RESERVA:</b> |                                 | 55            |
| <b>TOTAL:</b>             |                                 | 239           |

Tabla 3.10. Longitud de cable de cobre de 10 pares para enlazar las subestaciones de la Extensión Norte

*Resumen de longitud de cable de fibra óptica y par trenzado*

| ITEM          | TRAMO                | LONGITUD FIBRA [km] | LONGITUD COBRE [km] |
|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1             | Extensión Norte      | 8,506               | 239                 |
| 2             | Parte Centro - Norte | 6,500               | 508                 |
| 3             | Parte Centro - Sur   | 10,045              | 620                 |
| 4             | Extensión Sur        | 8,243               | 536                 |
| <b>TOTAL:</b> |                      | <b>33,294</b>       | <b>1,903</b>        |

**Tabla 3.11. Resumen de longitud de cable de fibra óptica y par trenzado**

Las holguras de cable consideradas permitirán futuras reparaciones en caso de rotura de la fibra y garantiza al menos 3 metros en cada caja de revisión de la canalización, 5 metros en cada centro de control y los 500 metros del enlace entre el taller de trolebuses y la estación de El Recreo.

*Cableado estructurado en paradas y estaciones de transferencia*

Dentro de cada parada se dispondrá de cableado estructurado categoría 5 que incluirá:

- Un *rack* cerrado (con ventilación adecuada) de 19" x 84" para el montaje de unidades de terminación de fibra, *patch panel* de datos y equipos
- El *rack* tendrá 16 puntos que estarán cableados hasta el sitio donde se ubicarán los diferentes equipos
- Se incluirán *patchcords* para la administración de las comunicaciones
- Los equipos a ubicarse en el *rack* se conectarán a *patchpanels*, y desde allí a los diferentes dispositivos y equipos de la parada

En las estaciones de transferencia de Quitumbe, La Y y La Ofelia, el cableado estructurado categoría 5 estará conformado por:

- Un *rack* cerrado (con ventilación adecuada) de 19" x 84" para el montaje de unidades de terminación de fibra, *patch panel* de datos y equipos

- El *rack* tendrá 32 puntos que estarán cableados hasta el sitio donde se ubicarán los diferentes equipos
- Se incluirán *patchcords* para la administración de las comunicaciones
- Los equipos a ubicarse en el *rack* se conectarán a *patchpanels*, y desde allí a los diferentes dispositivos y equipos de la estación de transferencia

En la estación de transferencia de El Recreo (donde se encontrarán todos los centros de control de cada sistema) se dispondrá de un cableado estructurado categoría 5 con:

- Un *rack* cerrado (con ventilación adecuada) de 19" x 84" para el montaje de unidades de terminación de fibra, *patch panel* de datos y equipos
- El *rack* tendrá 52 puntos que estarán cableados hasta el sitio donde se ubicarán los diferentes equipos
- Se incluirán *patchcords* para la administración de las comunicaciones
- Los equipos a ubicarse en el *rack* se conectarán a *patchpanels*, y desde allí a los diferentes dispositivos y equipos de la estación de transferencia

### 3.2.2. SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

La tecnología de radio troncalizado que deberá utilizarse, permitirá usar eficientemente el espectro radioeléctrico y mejorar la capacidad del servicio. Esto se debe a que ofrecerá un conjunto de canales que compartirán los diferentes usuarios.

Cuando un móvil señale la petición de un canal para transmisión de voz o datos, el sistema le asignará un canal libre, automáticamente, durante el tiempo que dure la llamada.

Una vez que el usuario termina la conversación, el canal volverá al grupo de canales disponibles para asignaciones sucesivas.

El sistema permitirá incrementar el número de usuarios con mucha flexibilidad y sin necesidad de repetidoras adicionales.

Se obtendrá alta confiabilidad y disponibilidad de canales radioeléctricos, pues se tendrá respaldo automático de repetidoras, es decir, si por alguna razón una de las repetidoras deja de funcionar, las demás repetidoras cubrirán su función y el sistema continuará operando sin que afecte al usuario y sin que se interrumpa el servicio.

La carga se distribuirá por igual entre las 9 repetidoras que serán parte del sistema y que estarán ubicadas en la loma de Puengasí. La ubicación de este sitio de repetición y el número de repetidoras fue determinado en el Capítulo 2, numeral 2.2.2.

La configuración de grupos de usuarios, número de radios y demás características funcionales y especificaciones técnicas de este sistema, corresponden a las descritas en el Capítulo 2, numeral 2.2.2.

### **3.2.3. SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN (S.A.E.)**

#### ***Funcionalidad general del Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)***

El Sistema de Ayuda a la Explotación de los trolebuses (SAE), junto a la planificación del tráfico de la ciudad de Quito, permitirá elevar el nivel del servicio de transporte y reducir los costos de administración del mismo.

Así, este sistema permitirá un monitoreo completo y rápido del estado de la flota y del servicio de transporte mediante trolebuses.

El SAE operará como un potente instrumento de control, en tiempo real, que tiene el fin de aumentar el rendimiento de la flota. Constituirá un soporte para la planificación en base a los datos históricos, que se archivarán automáticamente, y a las estadísticas que elaborará. Con esta herramienta se puede mejorar la calidad del sistema de transporte a largo plazo.

El SAE es un sistema que asegura la asistencia a la explotación del transporte público mediante la gestión centralizada de los vehículos en servicio. Desempeñará, de forma automática, funciones de regularización del servicio, monitoreo del estado de la flota y la transmisión/recepción de datos y voz vía radio, entre el centro de control y los vehículos en circulación.

En relación con los usuarios, el sistema persigue como principal objetivo el control de las anomalías y de las perturbaciones, con el fin de garantizar el respeto de los horarios, un nivel adecuado de regularidad del servicio y comodidad (procurando que los trolebuses no viajen demasiado llenos).

Por otra parte, el trabajo del personal de operaciones se simplificará significativamente pues el sistema permitirá a los conductores trabajar de manera coordinada y eficiente. Adicionalmente, el S.A.E. ofrecerá al personal encargado de la coordinación operativa los conocimientos e instrumentos apropiados para el desarrollo de sus tareas. En general, el sistema promoverá un proceso de desarrollo en el que se integrarán las fases de una gestión más eficiente, una programación más precisa y un control puntual.

El sistema que se propone satisfará todos los requerimientos mencionados en el estudio de demanda del capítulo 1, numeral 1.3.5. y estará diseñado considerando que los trolebuses tardan en trasladarse, de una parada a otra, hasta un minuto y medio, como máximo, y permanecen de 15 a 40 segundos en cada parada.

Además, el CCSAE (Centro del control del SAE) realizará el control de cada una de las paradas y del sistema en general, para lo que se encargará de lo siguiente:

- Contabilización de las personas que salen de cada parada.
- Envío de las informaciones respectivas hacia los letreros luminosos correspondientes a cada parada.
- Acceso al sistema de recaudación para conocer los datos de la cantidad de pasajeros que ingresen a cada parada.
- Visualización en la pantalla de los gráficos correspondientes a los datos almacenados.

- Cuando se realicen manifestaciones o huelgas que interrumpan la ruta normal del trolebús, cuyas probables ubicaciones ya están detectadas en la actualidad, el S.A.E. conocerá los lazos predefinidos que se formarán para rutas alternativas, calculará el número de vehículos que circularán en cada lazo y notificará a los trolebuses respectivos por dónde deberán transitar y cuáles deberán salir de circulación.
- Administración simultánea de los circuitos de flota que incorpore el CCT.
- Programación automática de los cronogramas de trolebuses, conductores y mantenimiento.
- Elaboración de algoritmos de programación flexibles para que el operador pueda introducir cambios en línea en los horarios de los trolebuses y conductores así como la posibilidad de incorporar nuevos circuitos. Además, dichos algoritmos administrarán la flota en función de la demanda, de acuerdo a la matriz de origen y destino de los pasajeros.

Todos los datos se podrán registrar, tanto en el disco duro como en CD-ROM, pero la impresión y almacenamiento de la información se harán en el momento que sea requerido por el operador o, automáticamente, cada día, semana o mes.

El SAE se estructurará de forma modular, es decir, tanto el centro de control como el equipamiento de a bordo se podrá conformar de los módulos de *hardware* y *software* estrictamente necesarios. Por lo tanto, se podrá tener una ampliación en etapas sucesivas de los módulos referentes a las funcionalidades no incluidas inicialmente.

### **Principio de funcionamiento del sistema SAE**

Existirá una fase de inicialización del sistema en la que el centro de control, a través de una estación de trabajo, guardará en memoria los turnos (tanto de conductores como de trolebuses) referentes a cada línea. Entre los datos se encontrará el número del circuito (ruta o línea a la que pertenece el vehículo) y la secuencia de las paradas a seguir.

Por su parte, cuando el conductor se haga cargo del trolebús, indicará la salida del centro de despacho de los trolebuses (por medio del teclado de la consola del conductor o terminal móvil, descrito en el capítulo 2, numeral 2.2.5.), que se transmitirá a través del radio móvil del vehículo, y señalará la línea a la que pertenece o el número de circuito.

Una vez que el conductor haya reportado el inicio de su labor, el computador de a bordo con que contará el trolebús asociará la identificación del móvil (dato memorizado en él de manera fija) con el número del circuito y la identidad del chofer. El número del circuito será visualizado en la pantalla exterior que se encontrará en cada trolebús.

Un transceptor fijo (radio base), situado en el centro de control, recibirá la señal de que el trolebús ha salido del centro de despacho. La comunicación entre el transceptor fijo y el transceptor móvil (radio móvil) de a bordo permitirá que la identificación del vehículo, el número de línea y los datos asociados al hecho “salida” sean enviados al puesto de control.

El SAE será implantado mediante un sistema de AVL (*Automatic Vehicle Location*) que utilizará el sistema de radiocomunicaciones troncalizado.

Como se mencionó en el capítulo 2, numeral 2.2.5., el sistema AVL combinará la tecnología GPS (*Global Positioning System*) con las radiocomunicaciones; de esta manera se conocerá la posición de cada trolebús y el tiempo en el que ha llegado a dicha ubicación.

Con el equipo necesario para AVL/GPS, será posible la transmisión de voz y datos vía radio para el manejo de la flota.

El producto que integra estas funciones estará basado en tecnología microprocesada que incluirá un receptor GPS, circuitería para el interfaz de radio, un radio *modem* interno, entradas libres de relés para sensores y el *software* de aplicación de AVL, que se instalará en el computador del centro de control.

El centro de control del SAE (CCSAE) podrá monitorear cualquier movimiento de un vehículo por medio del receptor de GPS. Cuando se requiera un rastreo más exacto dentro de la ruta de los trolebuses, se tendrá la opción de incluir sensores mecánicos (odómetro y giroscopio), para determinar la posición de un vehículo por su distancia y dirección respecto a una referencia dada.

Mediante el sistema de localización automática de vehículos, se podrá reportar al CCSAE (a ubicarse en la estación de transferencia de El Recreo), cada 40 segundos, la posición de todos y cada uno de los vehículos trolebuses. El intervalo de actualización de los datos de la flota de trolebuses se determinó en el estudio realizado en el capítulo 2, numeral 2.2.2. La información de posición se transmitirá hasta la estación base donde se almacenarán, procesarán y desplegarán gráficamente, los resultados en un computador personal.

El sistema de AVL tendrá cobertura total a lo largo de los 24,3 km del trayecto por el que circularán los vehículos trolebuses.

Como se expresó en el capítulo 2, numeral 2.2.5., cada trolebús estará equipado con un sistema de navegación interno, que tendrá capacidad de recibir y entregar información de posición con un error de exactitud tolerable de hasta 40 cm. Para conseguir dicha exactitud en la ubicación, se utilizará DGPS/SPS (*Differential Global Positioning System/Standar Positioning Service*)

Una vez que el receptor GPS determine la posición del vehículo, la unidad de control de datos (que formará parte del computador de a bordo) procesará esta información, que se enrutará a través del transceptor móvil para ser transmitida, automáticamente, hacia el CCSAE.

La información transmitida por el vehículo será organizada, de acuerdo al protocolo de comunicaciones del equipo, mediante paquetes que contendrán el código de identificación del vehículo y su posición. En el CCSAE se demodularán los paquetes

recibidos y se almacenarán en una base de datos, contenida en el computador del centro de control; estos datos serán los que se despliegan en la pantalla de dicho computador.

La base de datos se utilizará con el fin de obtener un reporte sobre los cambios de posición de la unidad móvil, y relacionará las coordenadas de posición del vehículo con la ubicación de su respectivo icono en el plano digitalizado, que se desplegará en la pantalla del computador.

La estructura del sistema de localización automática de vehículos estará formado por tres bloques: un terminal móvil, estación central y una repetidora.

El terminal móvil estará formado por: receptor de GPS, unidad de control, *modem*, transceptor móvil y antena.

La estación central estará conformada por un transceptor fijo, un *modem* y un computador.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques del sistema de localización automática de vehículos.

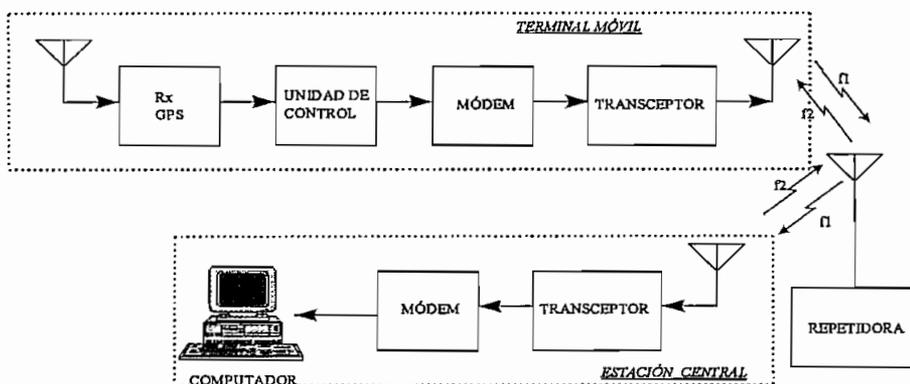


Fig. 3.3. Diagrama de bloques del sistema AVL

El diagrama esquemático del sistema de AVL/GPS puede observarse en la figura 2.31 del capítulo 2, numeral 2.2.5.

Durante el recorrido del trolebús, el móvil será constantemente controlado, a través del sistema de radiocomunicaciones, con un mecanismo de *polling* (pregunta/respuesta) gestionado por el centro de control del S.A.E.

El equipo central microprocesado de a bordo memorizará la información de localización calculada por el GPS y la comunicará, cada vez que se interroga, al centro de control. De este modo, se obtendrá la localización del vehículo en el centro de control en tiempo real cada vez que se interroge. Un odómetro y una brújula digital podrán actuar como elementos integrados en el terminal GPS para la ubicación del trolebús.

Al utilizar el sistema AVL/GPS, el centro de control estará en condiciones de ofrecer al conductor elementos de regularización del servicio, puesto que el chofer tendrá la posibilidad de visualizar gráficamente, en la pantalla del terminal de a bordo, los tiempos de adelanto o de atraso. Además, el operador del puesto central podrá actuar manualmente enviando mensajes precodificados especiales, que también serán visualizados en la pantalla de a bordo, y se podrá establecer comunicaciones de voz entre el operador del puesto central y el conductor, a través del sistema de radiocomunicaciones.

En lo que se refiere a la gestión de la información para el usuario en tierra, existirán pantallas en las paradas, que se actualizarán constantemente con los tiempos de espera del próximo trolebús en llegar. Dichos tiempos serán procesados por el centro de control en base a un modelo que tendrá en cuenta tanto los datos estadísticos como la situación actualizada de los tiempos de kilometraje recorrido.

Cuando un trolebús termine su recorrido y llegue al centro de despacho, se reconocerá esta situación de manera similar al hecho “salida” y se transmitirá el correspondiente aviso de llegada al centro de control. Inmediatamente se iniciará la transmisión de los

datos acumulados a bordo hacia el computador personal del centro de despacho. Los datos de a bordo serán, principalmente, los relativos a los tiempos de kilometraje recorrido.

Los datos obtenidos podrán ser enviados inmediatamente al centro de control a través de la red LAN, a instalarse en la estación de El Recreo, que integrará a la R.I.T. todos los centros de control del sistema de comunicaciones.

La arquitectura del SAE prevé esencialmente 4 bloques funcionales:

**a) EL CENTRO DE CONTROL DEL S.A.E. (CCSAE)**

Servirá como un sistema de procesamiento mediante el cual se gestionará el intercambio de datos con los vehículos, la planificación de los cronogramas, la interacción con los encargados del control y del centro de despacho de los trolebuses, etc. Para cumplir con estos objetivos, el CCSAE dispondrá de una infraestructura de computadores y equipamiento auxiliar, así como del *software* de aplicación para desarrollar las funciones generales del sistema.

Gracias a los datos provenientes de la flota, se determinará el plano de situación del servicio del sistema de transporte y se llevará a cabo funciones de monitoreo, regulación, comunicación con los vehículos, comunicación con los conductores y la interconexión con los sistemas informativos en las paradas.

Toda la información previa y contabilizada sobre el servicio de transporte, como la descripción topológica de éste, estará organizada dentro de una potente base de datos. Por lo tanto, se podrán implantar algoritmos que permitirán elaborar automáticamente los cronogramas de los vehículos, en sus respectivas líneas, de acuerdo a la matriz de origen y destino de pasajeros. Dicha matriz se elaborará con los datos recogidos por los sensores de conteo de pasajeros, ubicados a la entrada de la parada (en las máquinas de recaudación) y en los tornos de salida.

Una vez hecho esto, el centro de control procederá a la identificación de anomalías en el servicio de transporte, realizará su señalización y gestión y valorará el rendimiento global de la flota.

El desarrollo de un *polling* cíclico en toda la flota de vehículos recuperará la información de estado de vehículo (posición, diagnóstico, etc.) y, además, permitirá el envío de determinadas órdenes dirigidas a la unidad de a bordo o al conductor.

Los datos obtenidos serán procesados por algoritmos de localización, control, regulación y supervisión operativos en el sistema central, obteniendo la actualización dinámica y rápida del plano de estado de todo el sistema. Es decir, se tendrán todas las características a través de las cuales el centro de control identificará la posición de los vehículos, su retraso, el estado de diagnóstico de los aparatos de a bordo, las estrategias de regulación de una línea de trolebuses en presencia de averías mecánicas, etc.

El plano de estado, elaborado de esta manera, constituirá la base informativa que recogerán los módulos de representación gráfica del estado de la flota y de monitoreo de la posición de los vehículos.

Cuando el operador central ingrese a la sesión de trabajo, procederá a tomar a su cargo el conjunto de vehículos que gestionará. Los módulos de interfaz de operador y de supervisión pondrán a su disposición varias representaciones de los datos en forma gráfica o tabular, órdenes o procedimientos semiautomáticos que se activarán con un simple *click* de ratón (cuando el operador desee ingresar cambios en línea).

Todo operador podrá desarrollar su tarea de supervisión a través de un puesto dotado de un terminal y una radio base.

En general, el puesto central del centro de control se encargará de lo siguiente:

- Gestión de las comunicaciones con los equipos de a bordo (*polling*) con ciclos dinámicos en función de las necesidades
- Recepción de transmisiones espontáneas procedentes de los trolebuses y relativas a comunicaciones de voz y de emergencia
- Localización a través de una técnica GPS diferencial, unida a navegación por estima utilizando un generador de impulsos odométricos y un giroscopio piezoeléctrico (brújula digital)
- Regulación de los retrasos en la flota
- Gestión *on - line* de desvíos
- Gestión de modificaciones de itinerarios
- Producción de listados y gráficos
- Comunicación con el centro de despacho de trolebuses
- Transmisión de informaciones a los letreros de las paradas
- Establecimiento de demanda de pasajeros por sectores y por tiempo (meses del año, días de la semana, horas pico) en base a los datos entregados por los contadores de entrada y salida, ubicados en las paradas
- Elaboración automática de cronogramas de acuerdo a la demanda de pasajeros

Las funcionalidades y la gestión del SAE serán agrupadas de este modo:

#### **Gestión de la flota de trolebuses circulante**

Gestión de los cronogramas programados desde el puesto central y recepción de los mensajes precodificados en los trolebuses. Visualización por el operador del sistema con coloración distinta, en función del grado de cumplimiento de los cronogramas.

Gestión del inicio y fin de servicio. Al comienzo del servicio, el móvil enviará al centro de control una precodificación del inicio del servicio que conlleva la asociación móvil/línea/turno y el inicio del monitoreo de este móvil.

Recolección de los datos de posición y estado de los móviles desde el puesto central. Cada respuesta a las preguntas al móvil por parte del centro de control será analizada y todas las variables referentes al mismo serán actualizadas.

Funciones de envío de mensajes y órdenes a los trolebuses a través del puesto central, por ejemplo, órdenes de adelanto o retraso según la regulación operativa, las cadenas de caracteres que se van a visualizar en la pantalla del terminal de a bordo (consola de conductor), los mensajes a las pantallas de las paradas, etc.

Funciones para enviar mensajes de voz desde el centro de control a los trolebuses.

Visualización detallada de la situación de los móviles en servicio con todos los datos relativos a su situación, en relación con las alarmas existentes a bordo, nivel de adelanto/retraso, posición, identificación del vehículo, identificación de la línea (circuito), identificación del conductor, etc.

La regulación del servicio tendrá lugar en base a la determinación del retraso del móvil.

Las estrategias operativas serán en *horario absoluto* (que no exista ningún retraso), *horario relativo o entre tiempos*, o una combinación de las dos anteriores, denominada *generalizada*.

La regulación en *horario relativo* permitirá aceptar un retraso general en la línea o en la flota, retraso no recuperable en ciertos períodos de hora pico, pero se garantiza al usuario los intertiempos de tránsito y/o la coincidencia entre líneas diferentes. Por esta razón, la recuperación de dichos retrasos se realizará en períodos de menor actividad, durante los que haya mayor flexibilidad. Dicha regulación se efectuará también en relación a los intertiempos programados conforme al horario.

La *regulación generalizada*, que es la que se activa por defecto, permitirá combinar las dos exigencias sin correr el riesgo de apartarse excesivamente del horario teórico. La

determinación del retraso se efectuará examinando la previsión de llegada de un móvil a uno de sus destinos.

Las modalidades de control operarán a diferentes niveles. Se puede resumir estas modalidades, en orden creciente de eficacia, así:

- Que el conductor pueda observar rápidamente, por medio de una barra o segmento de color en la pantalla de su consola, su estado de ANTELACIÓN o RETRASO con respecto a la barra de programación para corregir su estado.
- Regulación de la partida en el centro de despacho de vehículos mediante un comando específico.

### **Funcionalidades gráficas**

Representación de la posición de los móviles en relación con la línea recorrida (representación esquemática lineal). La ruta estará representada esquemáticamente en la pantalla del operador, y pondrá de manifiesto los puntos importantes de la misma, tanto en modo gráfico como alfanumérico (paradas, estaciones de transferencia). Los móviles estarán proyectados, según su posición actual, y utilizará coloraciones diferentes en función de su estado de adelanto o retraso, y de los atributos gráficos por la cantidad de viajeros a bordo estimados por el conductor (el conductor podrá presionar una tecla de función en su consola cuando el vehículo esté saturándose de pasajeros) .

Representación de la posición de los trolebuses en relación con el plano de la ciudad (representación esquemática en base cartográfica). La ruta estará representada esquemáticamente sobre un fondo cartográfico, y pondrá de manifiesto los puntos importantes de aquella en modo gráfico. Los vehículos estarán proyectados según su posición actual en esta representación, y exhibirá coloraciones diferentes en función de la pertenencia a una determinada línea.

Funciones de gestión del operador. En ambas representaciones estarán a disposición del operador los mandos idóneos para hacer más fácil la comprensión de todo lo representado. Entre ellos se tendrán: *zoom* de zonas, selección de líneas de monitoreo, selección de vehículos, etc.

Las representaciones gráficas serán en entorno Windows y estarán divididas en 4 tipos (tres de control y una de uso):

- Representación Semitopológica de la línea

Se basará en la esquematización de la línea (ruta) en tramos rectilíneos y bifurcaciones.

Mantendrá las proporciones sobre la extensión del recorrido e identificará cruces y paradas en forma gráfica y por medio de las respectivas denominaciones.

Sobre esta representación se posicionarán los vehículos, representados mediante iconos de colores, en función del estado de antelación/retraso, del nivel de carga, u otros; además se visualizará, siempre con un segmento de color, el alejamiento del intertiempo respecto al programado.

El gráfico, símbolo o icono que represente cada vehículo estará claramente identificado con el número de trolebús respectivo. Además, mediante diferentes colores, será factible identificar el circuito (ruta a la que pertenece el vehículo).

El estado del cumplimiento del cronograma, programado automáticamente por el *software*, residirá en el computador del CCSAE. La correcta ejecución del cronograma será visualizada en la pantalla de manera gráfica (por ejemplo, por medio de un icono que tittle cuando se encuentre fuera de horario). Si el vehículo permanece fuera de horario por un lapso determinado, mayor al que sea estipulado manualmente

por el operador, será fácilmente visualizado en el monitor (por ejemplo, cambiando el color del icono a un color rápidamente identificable).

- Representación Topológica

Utilizará el mapa topológico urbano y el gráfico de la red de vehículos, lo que permitirá seleccionar las líneas de trolebuses (rutas o circuitos) a representar y el tipo de información a visualizar en icono del móvil, en función de una leyenda en colores.

Proyectará los móviles sobre el recorrido previsto y permitirá la identificación y visualización de todas las informaciones asociadas a éste mediante una simple selección efectuada con el *mouse*; igualmente, proporcionará información sobre cruce de vías y parada.

- Horario Gráfico

Una opción del sistema será la posibilidad de representar la historia de un móvil específico o de todos los móviles de una línea, en espacio-tiempo coordinado, con evidenciación gráfica de la velocidad, intertiempos, retrasos, interespacios, etc.

- Representación Condensada

Será una compresión de las anteriores, con una distribución diferente de la información y evidenciación de las anomalías del servicio, lo que proporcionará una visión inmediata del estado de funcionalidad de la línea. En especial, se visualizarán la repartición de retrasos, de intertiempos, de daños o indisponibilidad y de cargas.

Además, evidenciará los móviles presentes en el centro de despacho y el número de móviles en servicio en la línea.

### **Funcionalidades fuera de línea (*off-line*)**

Obtención y memorización de los datos del servicio, recogidos por los procesadores de a bordo de los vehículos en la base de datos del centro de control.

Generación de numerosas estadísticas sobre los datos obtenidos por el sistema de a bordo en cada jornada, información que podrá ser personalizada en función de las exigencias particulares. Adicionalmente, se elaborarán estadísticas de la demanda de pasajeros y de sus matrices de origen y destino, de acuerdo al sector del recorrido, época del año, día de la semana u hora del día.

### **Configuraciones y personalizaciones del sistema**

Configuración de magnitudes de datos para la elaboración de parámetros del sistema. Incluirá la generación de todas las tablas de base de datos y la inserción de los datos relativos a la descripción de las rutas.

Generación de datos de configuración que se van a transferir a la memoria de la unidad (cronogramas) en base a los turnos definidos, y generará, de forma automática, las tablas de memoria que contienen los datos necesarios para el funcionamiento del sistema de a bordo.

### **Gestión del sistema de radio (órdenes/respuestas)**

Sondeo de los vehículos presentes en la tabla de *polling*. En el centro de control se dispondrá de una tabla en la que se introducirán las identificaciones de los trolebuses sometidos a *polling* (automáticamente, en base a la indicación de inicio de servicio). Las identificaciones presentes en la tabla serán requeridas automáticamente para gestionar el envío de datos a los móviles.

### Algoritmos de localización

La localización del móvil se determinará automáticamente por la lógica del equipo de a bordo en base a la señal GPS, a la corrección por GPS diferencial, a la medición odométrica, a la medición angular del giroscopio piezoeléctrico y al conocimiento del trayecto previsto por el servicio. Una vez establecida la posición, se transmitirá al centro de control en el *polling*.

Este procedimiento permitirá identificar, rápidamente, las desviaciones eventuales respecto al servicio previsto.

Además, se calcularán los tiempos de recorrido de las distancias. Esta función permitirá archivar tiempos previstos de recorrido de las distancias por tipología de día, y obtener una previsión de llegada del trolebús a la parada.

### Interfaz de operador

Las principales funciones gestionadas por el módulo de interfaz de operador serán:

- Gestión/activación de procedimientos y comandos dirigidos a un móvil específico.
- Visualización de tablas recopilativas relativas al móvil, a la línea, etc.
- Gestión/activación de procedimientos y comandos dirigidos a un móvil seleccionado de la lista.

### Diagnosis

El sistema estará en disposición de registrar los siguientes tipos de anomalías:

- Anomalía de funcionalidad de los equipos de a bordo
- Anomalía mecánica del vehículo
- Anomalía de equipos de a bordo conectados con el computador de a bordo
- Anomalía de los instrumentos de medición de a bordo
- Anomalía de funcionalidad de los canales de radio

- Anomalía de funcionalidad de los procesos
- Anomalía de funcionalidad de los periféricos conectados con el sistema central

### **Procedimiento de supervisión y control**

Controlará y gestionará los procedimientos del sistema, la prioridad de actuación, y la funcionalidad de todos los procesos interoperantes.

Desarrollará funciones de identificación automática de ausencia de vehículos previstos que no han llegado a su destino, reconocerá estados anómalos y tratará, con autonomía, de activar un procedimiento de recuperación.

Efectuará señalizaciones a los operadores en caso de considerarse necesaria u oportuna la intervención humana en determinados acontecimientos.

### **Mantenimiento de los datos del servicio**

- Nivel Base

Las aplicaciones dedicadas al mantenimiento del servicio permitirán efectuar variaciones y actualizaciones en el gráfico esquemático de la red de transporte en cuanto se refiere a la ubicación de paradas, puntos notables, recorridos de la línea, horarios y turnos.

- Nivel Gráfico

El sistema dispondrá de interfaces gráficos para el mantenimiento de los datos descriptivos del servicio, que se basarán en una representación cartográfica del área urbana sobre la que se localizarán paradas, cruces de vías, trechos y puntos significativos.

Dicho módulo tendrá la posibilidad de describir el servicio de transporte mediante una identificación interactiva y cartográfica de los recorridos de cada línea o circuito.

Un uso alternativo de este módulo permitirá la visualización de horarios y recorridos descritos con el nivel de base junto a la opción de simulación del servicio (en tiempo real o acelerado) con representación gráfica de un período específico y de un grupo específico de líneas. Esta opción permitirá verificar visualmente la buena marcha del servicio ofrecido.

### **Medición automática de índices de rendimiento**

Un módulo específico se encargará de registrar, con una frecuencia de 40 segundos, los estados de cada móvil en servicio y del sistema. De esta manera se podrán calcular, de modo automático y metódico, los índices de eficiencia del sistema y se confrontará con el horario del servicio previsto. En concreto, los índices de rendimiento se subdividirán de la siguiente manera:

- Eficiencia del sistema central
- Índice de control del servicio previsto
- Índice de funcionalidad de los equipos de a bordo

El resultado de estos índices determinará la eficiencia global que se utiliza para la evaluación de las prestaciones del sistema.

Los datos memorizados en línea se procesarán al finalizar la jornada y, automáticamente, se generarán los informes sobre el servicio desarrollado, con detalles de la funcionalidad de cada móvil y de toda la flota de trolebuses.

### **Identificación automática de anomalías e interfaz con el servicio de mantenimiento**

Durante la fase nocturna (aproximadamente de 02h30 – 03h30) el sistema se encargará de elaborar un informe de todas las anomalías registradas durante el día, y proporcionará

la identificación automática de la lista de móviles que han de señalarse para mantenimiento. Este documento se realizará de modo automático a través del computador personal del centro de control, y será transmitido al taller de mantenimiento.

Igualmente, este sistema gestionará de modo automático los documentos producidos por mantenimiento, y conservará la lista de intervenciones pendientes y cerradas sobre cada uno de los móviles.

### **Gestión de la previsión de llegada a las paradas**

Este sistema gestionará de modo automático la determinación y el envío de las previsiones de llegada de los trolebuses a las paradas, provistas del sistema informativo de la pantalla.

La previsión de llegada permitirá gestionar, para cada parada, la lista de móviles próximos dentro de una franja predefinida (15 minutos máximo), y elaborará para cada uno de ellos la previsión de llegada a la parada en base a las posiciones actuales, a los tramos que quedan aún por recorrer y al tiempo estimado de recorrido en cada uno de los tramos.

Cada una de las previsiones respecto al número de minutos que faltan en la llegada se hará en números redondos.

### **Interfaz con el centro de despacho de los trolebuses**

- Mantenimiento

Mediante módulos de *software* se gestionará, automáticamente, las conexiones con el centro de despacho de los trolebuses por medio de la red de radiocomunicaciones, así como transferencias manuales de documentos relativos al mantenimiento mediante el computador del centro de despacho.

- Estadísticas sobre el mantenimiento

Se instalarán aplicaciones para el análisis de intervenciones de mantenimiento conforme al perfil estadístico, capaces de identificar el tiempo móvil entre averías y de seleccionar anomalías de cada uno de los componentes. De esta manera, se podrá activar mantenimientos preventivos, reconocer móviles de características anómalas, etc.

- Habilitación del vehículo con datos de servicio

Se podrá transferir, del centro de control al centro de despacho de los trolebuses, todos los datos relativos al servicio, a fin de que el computador pueda elaborar automáticamente la información relativa a cada servicio específico (cronograma de turno de línea) y la transmita a bordo del móvil.

- Descarga de datos de a bordo y su elaboración

El sistema de a bordo se comunicará con el computador del centro de despacho de vehículos. Para el efecto se dispondrá de un módulo de *software* en el PC, para la descarga de datos de a bordo registrados de modo automático por la lógica de los equipos del vehículo.

### **Integración con el servicio de planificación**

Los programas de Excel que operan actualmente en la planificación del servicio de trolebuses, se comunicarán con el SAE mediante la red Ethernet, utilizando estándares abiertos.

### **b) EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**

Asegurará la conexión para la comunicación entre trolebuses y centro de control, y

equipos portátiles de los inspectores del CCT con el centro de control.

A través de este sistema se podrá transmitir voz, datos de localización de los trolebuses y datos de regulación del servicio de transporte.

La gestión del tráfico de los radiomóviles se efectuará por medio del uso de canales de radio, tanto para el *polling* como para la conexión en sonido y a la recepción de mensajes de datos.

El S.A.E. gestionará el tráfico de los radiomóviles a través de sus radiobases. Para esto, se dispondrá de una estación de trabajo para la gestión de las comunicaciones de radio de los vehículos, que estará conectada a la red local (LAN) del centro de control general de El Recreo.

### c) EL SISTEMA A BORDO

Establecerá la localización de cada vehículo, permitirá que el conductor visualice los mensajes, medirá y transmitirá los datos referentes a la posición y distancia recorrida, a la estimación del porcentaje de carga de usuarios transportados (a través del teclado de la consola, el conductor podrá presionar una tecla de función que indique si el trolebús está lleno al 100%, al 50%, al 25%, etc), enviará los mensajes a la pantalla del vehículo que indica la línea a la que pertenece y gestionará los diferentes periféricos.

Para conseguir este fin se dispondrá de un equipo en cada trolebús que proveerá de todos los componentes necesarios para la administración de flota con AVL e incluirá:

- **Receptor de GPS:** Dispondrá de receptor de GPS de alta calidad, para posicionamiento GPS en tiempo real.
- **Circuitería para interfaz de radio:** Trabajará con el radio móvil del sistema troncalizado en la banda de 800 MHz UHF.

- **Modem:** Estará equipado con un *modem* incorporado al radio que soportará comunicaciones de datos inalámbricas entre el vehículo y el centro de despacho. El *modem* utilizará un protocolo de comunicación digital provisto para aplicaciones móviles, como por ejemplo la transmisión de la localización de un vehículo en movimiento vía radio. La longitud del mensaje requerido para transmitir los datos de localización incluirá la identificación del vehículo, el tiempo del GPS y las coordenadas geográficas.
- **Entradas para sensores:** Se dispondrá de interfaces para utilizar los siguientes sensores de ubicación:
  1. Odómetro (Aparato que indica la distancia recorrida por un vehículo)
  2. Brújula Digital o giroscopio piezoeléctrico (Instrumento digital que reemplaza a la brújula magnética)
- **Puerto RS-232 :** Para programar las funciones del equipo microprocesado a través de un computador personal, de manera que se tenga las siguientes características:
  - a) Formato de datos del GPS, que serán transmitidos para ser configurados de manera selectiva y eficiente.
  - b) Posibilidad de guardar información a ser transmitida cuando sea requerida.
  - c) Integrar una consola de conductor para crear una comunicación interactiva entre el conductor y el operador del centro de control (CCSAE).
  - d) Procesar datos de los sensores de ubicación (como la brújula o el odómetro), cuando la antena del GPS esté, temporalmente, en áreas urbanas sin cobertura (oscuras) y para corregir el error de localización dado por el GPS.
- **Antena de techo:** Recibirá las señales de los satélites que transmiten continuamente mensajes de radio. Por el registro del retardo entre la transmisión del satélite y la recepción de la antena de los mensajes dados, la unidad de AVL dentro del vehículo podrá determinar la posición en latitud y longitud. Esta información se transmitirá automáticamente al centro de despacho para su posterior procesamiento, cuando éste lo requiera. Cabe mencionar que los satélites operarán en las frecuencias estándares de 1.227,6 MHz y 1.575,42 MHz, y el diseño de la constelación de satélites para GPS asegurará que siempre estarán, al menos, 4 satélites con línea de vista (para el

posicionamiento de dos dimensiones se requieren tres satélites; el satélite adicional se usa para determinar la altitud).

- **Consola del conductor:** Consistirá en una pantalla con un pequeño teclado para funciones especiales y estará conectado a través del equipo microprocesado a instalarse en cada trolebús, de esta manera se proveerá de instrucciones escritas y visuales a los conductores, siempre que dichas instrucciones no sean dadas audiblemente; de esta manera no serán escuchadas por los pasajeros. En el *display* del terminal será posible visualizar rápidamente, mediante barras de colores, la ubicación del vehículo respecto del cronograma en la programación que se realizará en el CCSAE.

El equipo de a bordo se encargará de lo siguiente:

- Localización del vehículo con GPS, integrado por los datos odométricos y rumbo mediante un algoritmo especial y una base de datos local que describe el programa del recorrido del trolebús.
- Posibilidad de utilización de los sensores *on-off* asociados al vehículo.
- Gestión de todas las comunicaciones automáticas (ciclo de *polling* del puesto de control) y espontáneas (llamadas del conductor).
- Procedimiento de carga / descarga de datos al centro de despacho de los trolebuses.

El operador de a bordo tendrá un radio móvil para comunicaciones de voz y una consola. La consola dispondrá de una representación visual, por medio de una pantalla LCD, que permitirá al conductor regular su servicio y observar mensajes transmitidos desde el centro de control; adicionalmente, se incluirá un teclado para el envío de mensajes precodificados (a través de teclas de función dedicadas).

Las funcionalidades ligadas al sistema de a bordo son las siguientes:

- Funcionalidad de gestión

El sistema de a bordo realizará la gestión de:

- La inicialización del dispositivo e identificación del conductor y del vehículo, a través del teclado de la consola del conductor.
- La comunicación con el centro de control, a través de la interconexión con el dispositivo de radio de a bordo.
- La localización del trolebús, a través de la interconexión directa con receptor GPS, sensor de rumbo y odómetro.
- La carga/descarga de datos de a bordo hacia el centro de despacho de trolebuses.
- La base de datos relativa a la descripción de la ruta prevista, por medio de intersecciones y puntos importantes.
- La memorización de los datos de a bordo relativos al servicio (identificación del vehículo, datos relativos a la identificación del circuito o línea a la que pertenece, medición odométrica, acumulación kilométrica, fecha y hora de inicio y fin del recorrido, tiempos y horarios de permanencia en trayecto y en parada, número de personas a bordo entre dos paradas, alarmas, etc.).
- La microregulación local; en la consola del conductor se hará referencia a la posición programada en el centro de control y la indicación de la situación de adelanto/retraso por medio de dos barras con diferentes colores. Una de las barras representará la posición programada y la otra, la posición real del vehículo.
- La interconexión con el sistema de aviso a bordo, que estará constituido por un letrero o pantalla, que indicará a los pasajeros en la parada la línea o circuito a la que pertenece el vehículo.
- La lectura del programa horario, que será cargado en el centro de despacho de los trolebuses.
- La lectura/escritura de identificador del vehículo (EEPROM).
- El interfaz del conductor, basado en el teclado y en la que incluirá indicaciones de anomalías, mensajes, alarmas, puesta en marcha de procedimientos desde teclado de órdenes especiales enviadas desde el centro de control y mantenimiento de la base de datos.

- Funciones de conectividad de a bordo

El sistema permitirá conectar todos los periféricos previstos para los trolebuses, entre

los que están:

- Equipo de radio de a bordo.
- Sistema de visualización externa de la línea a la que pertenece el trolebús (a través del interfaz RS232 ó RS485).
- Computador personal portátil para la carga/descarga de datos (RS232).

#### **d) EL SISTEMA INFORMATIVO AL USUARIO EN TIERRA**

Estará formado por los letreros en las paradas y estaciones de transferencia, que ofrecerán información en tiempo real sobre el próximo trolebús en llegar.

Las pantallas o letreros informativos desplegarán varios mensajes, como son:

- El tiempo que tardará en llegar a la parada el próximo trolebús y la línea o circuito a la que pertenece.
- Mensajes informativos predefinidos (propaganda, temperatura, hora, etc).
- Mensajes informativos sobre los servicios enviados en tiempo real, por el operador del puesto central.
- Estado degradado: "Fuera de servicio".

La composición de los mensajes enviados, ciclo de presentación de la información en la pantalla, tiempo máximo de espera de un trolebús y demás, serán parametrizables desde el puesto central para cada pantalla.

El sistema de información o *display* de parada será un equipo periférico que permitirá, al pasajero en espera del trolebús, visualizar informaciones variables y actualizadas en tiempo real sobre la situación del vehículo en llegada, los tiempos de espera, los retrasos, etc.

Desde el centro de control del S.A.E., a través de la R.I.T., el sistema de información en la parada recibirá los mensajes y los comandos para realizar, correctamente, la representación sobre el *display*.

Los mensajes enviados desde el centro de control se podrán clasificar en las siguientes categorías:

- Mensaje informativo

A su vez es clasificable en:

- *Mensaje de previsión*

El centro, en base al conocimiento de la posición de los móviles y mediante sofisticados algoritmos, es capaz de proporcionar las previsiones de llegada en tiempo real del vehículo a la parada.

- *Avisos relativos al servicio*

Son aquellos mensajes que el operador del puesto central podrá enviar a las pantallas en función del estado del servicio de transporte. Pertenecen a esta categoría los siguientes mensajes:

LÍNEA DESVIADA

LÍNEA SUSPENDIDA

SERVICIO REDUCIDO POR HUELGA

- Mensaje de control

Son mensajes no visibles al pasajero que permitirán el control de las funcionalidades del equipo.

- Mensaje directo a *display*

Son los mensajes que se enviarán a los usuarios y que podrán ser directamente alojados en la memoria del equipo de la parada, o transmitidos directamente.

- Mensaje de envío de secuencias operativas

Son mensajes particulares para activar procesos de representación en el equipo.

### *Especificaciones técnicas del Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)*

La estructura general del S.A.E. se basará en los siguientes bloques principales:

- Red de comunicaciones (R.I.T. junto con el sistema de radiocomunicaciones)
- Centro de control
- Equipamiento a bordo de los vehículos
- Sistema en el centro de despacho de los trolebuses
- Pantallas informativas

#### **a) RED DE COMUNICACIONES**

Se utilizará la RIT para el envío de información a los letreros luminosos de las paradas, la obtención de los datos provenientes de los contadores de pasajeros y el monitoreo (tanto de las paradas como estaciones) a través del CCTV. Sin embargo, el funcionamiento del SAE dependerá esencialmente del sistema de radiocomunicaciones troncalizado que incluirá: el equipamiento en vehículos (radio móviles), equipos para inspectores del CCT (radios portátiles) y equipos para el personal fijo en tierra del CCT (radio bases). Inicialmente, y según se justificó en el capítulo 2, se utilizará 9 repetidoras gestionadas troncalizadamente.

La unidad inteligente para la gestión centralizada del sistema de radio de los vehículos, será controlada por un servidor en el puesto central y se encargará de efectuar el *polling* hacia los trolebuses, lo que garantizará la asignación dinámica de los canales de la sesión en curso y optimizará el tamaño de los paquetes de datos.

Las llamadas procedentes de los trolebuses no serán atendidas dentro del ciclo normal de *polling* para evitar retraso en las respuestas, es decir, el sistema manejará la transmisión espontánea de estos mensajes al centro control.

El transceptor móvil del sistema de radiocomunicaciones troncalizado que se propone podrá transmitir voz y datos, a una velocidad de 9.600 bps.

La red de comunicaciones tendrá las siguientes características generales:

- Compatibilidad con mejoras y añadidos futuros
- Sistema de radio troncalizado con AVL/GPS adaptado a sistemas tipo SAE
- Protocolo dinámico que optimice los canales disponibles

#### b) CENTRO DE CONTROL DEL S.A.E.

El suministro, montaje y puesta en marcha del puesto central será dimensionado de forma modular, para que se pueda llegar a controlar toda la flota de vehículos con que se cuente a futuro. Esto significa que el sistema central permitirá el crecimiento en el número de móviles a controlar, sin cambios en su estructura básica de *hardware* y *software*.

En el puesto central se suministrará e instalará un puesto de supervisión, dos puestos de operación (ampliable en el futuro) y un puesto de consulta estadística.

El intercambio de información entre los trolebuses y el puesto central será mediante *polling*, lo que servirá para la regulación de los cronogramas de los trolebuses.

El sistema de localización automática de vehículos (AVL) permitirá conocer, en el centro de control, la situación de los vehículos durante su recorrido habitual por la línea en todo momento, así como en los desvíos causados por manifestaciones o huelgas.

En la pantalla de un computador ubicado en el CCSAE podrá observarse la ubicación de todos los vehículos en el sistema, así como otros datos de administración de la flota. El *software* trabajará bajo el esquema de ventanas, de manera que se pueda localizar

cualquiera de los trolebuses en un mapa y ver su ruta. El manejo de reportes podrá ser generado, impreso o grabado en el centro de control.

Se dispondrá del *software* necesario en el puesto central para supervisión y control de la flota de trolebuses, así como de otros elementos definidos en la R.I.T. (por ejemplo, los letreros de información en las paradas, contadores de pasajeros, etc).

El puesto central tendrá una estructura Cliente - Servidor funcionando en ambiente Windows-NT con el siguiente equipamiento:

- 2 servidores de aplicación distribuidos en:
  - 1 encargado de tareas de gestión de la base de datos del sistema
  - 1 de aplicación
- 1 estación de trabajo para la gestión de las comunicaciones de radio.
- 1 estación de trabajo para la gestión de las comunicaciones de radio como reserva en caso de falla. Cada unidad, en caso de que la otra falle, podrá intervenir como sistema de respaldo con funciones de reserva para que el sistema no se quede sin control.
- 1 estructura de comunicaciones bajo red local Ethernet con protocolo TCP/IP.
- 2 estaciones de trabajo (terminales cliente) del sistema dedicados a los puestos de operador.
- 1 estación de trabajo (terminal cliente) para gestión, supervisión, consulta y configuración del sistema. Este terminal podrá desempeñar las funciones de puesto de operador en caso de necesidad.
- 1 estación de trabajo (terminal cliente) de consulta estadística.
- 1 sistema de carga y descarga de información en el centro de despacho de los trolebuses.

Todas las estaciones de trabajo cliente y servidores estarán conectadas en red. Dicha red local será del tipo Ethernet, con conexiones a 10 Mbps para las estaciones cliente, y a 100 Mbps para los dos servidores previstos. El protocolo de comunicaciones será TCP/IP.

La gestión de recuperación de la información en caso de falla, se realizará a partir de herramientas de *software*, que se incorporarán como un componente más del propio sistema operativo, mientras que la gestión de recuperación de datos será transparente al operador del sistema.

El puesto central tendrá las siguientes características generales:

- *Software* modular, estructurado y ampliable
- Estructura Cliente - Servidor de tipo modular, en base a red local Ethernet
- Criterios avanzados para la gestión de las comunicaciones (*polling* y transmisión espontánea de mensajes predefinidos desde los trolebuses)
- Completamente abierto a expansiones futuras y adaptable a nuevas o diferentes especificaciones
- Alto nivel de tolerancia a fallas (por la estructura del sistema y su redundancia)

Los requisitos mínimos del *hardware* en el centro de control SAE serán los que se detallan a continuación:

- *Hardware* ampliable: Para prever la ampliación de más operadores en el centro de control
- *Hardware* manejable: La interfaz de usuario responde a los sistemas clásicos de ventanas propuestos en los entornos Microsoft, fáciles de utilizar, y potenciará al máximo el uso del *mouse* por encima del teclado
- *Hardware* fiable: Se duplicarán los computadores que cumplan funciones críticas, para asegurar que el sistema nunca trabaje en modo degradado
- Posibilidad de conexión con el resto de redes existentes: El protocolo de red será TCP/IP, lo que facilitará la conexión a otras redes, y utilizará un *switch* de conexión

Las arquitectura del sistema se basará en una estructura cliente/servidor, que utiliza una red local (LAN) para la interconexión interna.

Se individualizarán tres áreas distintas: área de gestión de la base de datos del sistema, área de gestión de los programas de aplicación y de los algoritmos de elaboración, y área de gestión del interfaz de usuario.

A las dos primeras áreas se asignará un servidor por cada una. El tercer área tendrá un número de máquina/cliente correspondiente al número de operadores previstos por el sistema.

El servidor de red destinado a la gestión de la base de datos contendrá todos los datos de configuración y gestión del sistema. El segundo servidor se empleará para la ejecución de los programas de aplicación y algoritmos necesarios para la ejecución de los programas de aplicación y para la explotación de las funcionalidades solicitadas (sistema operativo Windows NT SERVER).

En general, en el centro de control se instalará un sistema informático con sistema operativo Windows NT, sobre arquitectura Intel, basado en una red local (LAN) con cableado estructurado UTP y con protocolo TCP/IP.

La conexión de todos estos computadores se realizará mediante un 1 *switch* de conmutación de dos salidas de 100 Mbps, y 20 salidas de 10 Mbps. Los servidores se conectarán a las salidas de alta velocidad y el resto de sistemas, a las salidas de menor velocidad.

Como periféricos al sistema informático se instalarán una impresora láser y una impresora a inyección de tinta en color.

Para cumplir con los requerimientos de confiabilidad del sistema informático se han reforzado los equipos que realizan las funciones más críticas:

- Los dos servidores (el de la base de datos y el de aplicación) podrán realizar las funciones del otro en el caso que uno de los dos sufra alguna falla.

- El propio sistema operativo estará provisto de *software* de almacenamiento de alta disponibilidad.

### 1.- SERVIDOR DE LA BASE DE DATOS

El servidor designado para la gestión de la base de datos utilizará un paquete de *software* que se basará en el sistema operativo WINDOWS-NT.

Para el conjunto del sistema informático del centro de control se utilizará una red de alta velocidad sobre WINDOWS-NT.

Las características técnicas del servidor de la base de datos y del servidor de aplicaciones y algoritmos serán las siguientes:

Servidores de aplicaciones con procesador Pentium II de 300 MHz

256 MB de RAM

4 discos duros de 4,5 GB

*Diskettera* para disco flexible de 3 ½ HD

*Diskettera* de CD-ROM lectura-escritura con 4X

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor a color SVGA de 15 pulgadas

Tarjeta de red Ethernet para conexión 100 Mbps base T

Teclado castellano expandido

*Mouse*

Ambos computadores estarán equipados con Windows NT SERVER V4.0, servicios de red TCP/IP, transmisión de ficheros NFS, Microsoft Office'97, gestor de la base de datos y licencias *Run-Time* con sus correspondientes clientes.

### 2.- SERVIDOR DE APLICACIONES Y ALGORITMOS

Las exigencias en relación al *software* base del servidor de aplicaciones y algoritmos se

diferenciarán substancialmente del servidor de la base de datos, por cuanto en esta máquina se maximizará las capacidades de cálculo y gestión de las interacciones entre las diferentes tareas previstas.

Con tal fin, se dotará al servidor de aplicaciones y algoritmos del sistema operativo Windows NT SERVER, que proporcionará las siguientes características básicas:

- Funcionamiento a 32 Bits
- Multitareas preferente
- Ejecutable en plataforma múltiple CPU
- Interfaz de operador con ventanas
- Servicios de red completa TCP/IP

Los servidores de la aplicación serán equipos encargados de soportar la aplicación y la gestión de la base de datos.

### 3.- ESTACIONES DE TRABAJO DE OPERADOR

Las estaciones de trabajo de operador se orientarán a gestionar la gráfica relativa al interfaz de usuario.

Por compatibilidad con los servidores previstos, las estaciones de trabajo de operador estarán equipadas con el sistema operativo WINDOWS NT WORKSTATION, que garantiza una capacidad de conexión propia con el sistema operativo del Servidor de las Aplicaciones y Algoritmos y garantiza una comunicación basada en el protocolo TCP/IP con la base de datos del servidor.

Dicho sistema operativo proporcionará además un apoyo para la gestión de ventanas propia de WINDOWS y la utilización de instrumentos para un desarrollo gráfico que facilite la organización, así como un interfaz de usuario muy intuitivo y fácil de usar.

La estación de trabajo tendrá las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz

64 MB de memoria RAM

Disco duro de 4 GB

*Diskettera* de 3 ½ HD

*Diskettera* CD-ROM lectura - escritura de 4X

Tarjeta de red Ethernet 10BaseT

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 21 pulgadas

1 Puerto serie

1 Puerto paralelo (para impresora)

Teclado castellano expandido

*Mouse*

*Software* Windows – NT Workstation con licencia para acceder a los servicios ofrecidos por el servidor NT de TCP/IP y NFS

Microsoft Office '97

#### 4.- ESTACIONES DE TRABAJO DE GESTIÓN, SUPERVISIÓN Y CONSULTA

Se encargarán principalmente de la administración de la flota de trolebuses (número de vehículos en reserva y en mantenimiento preventivo), de los sistemas de información de servicio (letreros o pantallas en las paradas) y del control de las operaciones en el centro (cumplimiento de cronogramas para los trolebuses).

Cada estación de trabajo tendrá las siguientes características:

Procesador Pentium II de 300 MHz

64 MB de memoria RAM

Disco duro de 4 GB

*Diskettera* de 3 ½ HD

*Diskettera* CD-ROM lectura - escritura de 4X

Tarjeta de red Ethernet 10BaseT

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 21 pulgadas

1 Puerto serie

1 Puerto paralelo (para impresora)

Teclado castellano expandido

*Mouse*

*Software* Windows – NT Workstation con licencia para acceder a los servicios ofrecidos por el servidor NT de TCP/IP y NFS

Microsoft Office '97

### 5.- ESTACIÓN DE TRABAJO DE ESTADÍSTICAS

Se encargará de las actividades de proceso estadístico y llevará a cabo la funcionalidad fuera de línea. Adicionalmente, podrá funcionar como un puesto de operador para casos puntuales.

La configuración para esta estación será:

Procesador Pentium II de 300 MHz

64 MB de memoria RAM

Disco duro de 4 GB

*Diskettera* de 3 ½ HD

*Diskettera* CD-ROM lectura - escritura de 4X

Tarjeta de red Ethernet 10BaseT

Tarjeta de vídeo SVGA

Monitor color SVGA de 21 pulgadas

1 Puerto serie

1 Puerto paralelo (para impresora)

Teclado castellano expandido

*Mouse*

*Software* Windows – NT Workstation

Microsoft Office '97

## 6.- UNIDAD DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES VÍA RADIO

Esta unidad estará dedicada a la gestión de comunicaciones de datos vía radio con los trolebuses. Se tratará de un sistema dual, provisto de dos computadores redundantes: un computador se encargará de gestionar la comunicación y el otro estará en reposo (*HOT-STANDBY*).

Si el computador activo falla, se pondrá en marcha el mecanismo de conmutación, y el computador en reposo pasará a encargarse de la gestión de comunicación con el sistema de radio.

La configuración de estos dos computadores será:

- Procesador Pentium II de 300 MHz
- 64 MB de memoria RAM
- Disco duro de 4 GB
- Diskettera* de 3 ½ HD
- Tarjeta de red Ethernet 10BaseT
- Tarjeta de vídeo SVGA
- Monitor color SVGA de 14 pulgadas
- 16 puertos seriales RS-232
- 1 puerto paralelo (para impresora)
- Teclado castellano expandido
- Mouse*
- Software* Windows – NT Workstation

El protocolo de comunicación entre la unidad de gestión de las radiocomunicaciones y el interfaz en los canales de radio realizará la comunicación de datos a través de una secuencia de mensajes específica.

La unidad de gestión de las radiocomunicaciones gestionará la repetición sistemática de las interrogaciones en caso de faltar la respuesta, por un número prefijado de intentos.

Gestionará y comunicará al servidor el diagnóstico del estado de los canales de radio y del interfaz.

Transmitirá la información relativa a la modalidad de elevación de datos (por ejemplo, si está en modo GPS con corrección de error, en medición GPS simple o en cálculo de GPS coordinado con sensores en ausencia de señal satelital).

Gestionará de modo autónomo de ciclo de *polling* y la prioridad de las interrogaciones.

Aceptará comandos del servidor relativos al procedimiento de activación y mensajes selectivos e inmediatos para un móvil específico.

#### 7.- SWITCH de RED

La interconexión de todos los equipos que forman la red LAN Ethernet se resolverá mediante la instalación de un *switch* Fast Ethernet que permitirá 2 conexiones a 100 Mbps para los dos servidores y 20 conexiones a 10/100 Mbps para el resto de estaciones. Este tipo de conexión permitirá tener una gran disponibilidad de acceso a los servidores, que podrán gestionar hasta diez clientes simultáneamente.

#### 8.- IMPRESORAS

Se dispondrá de las siguientes impresoras:

##### a) Impresora Láser

HP Laserjet 4MV

4 Mbytes de RAM

Velocidad de impresión de 16 páginas por minuto

Resolución de 600 ppp

b) Impresora gráfica a color

EPSON Stylus COLOR 1520 de chorro de tinta en color

Resolución de 1.440 ppp

Velocidad de impresión de 7 ppm

## 9.- ESTACIÓN GPS DIFERENCIAL

El objeto principal de la estación diferencial consistirá en suministrar datos al sistema, relativos a las correcciones diferenciales, que han de usarse a bordo de los vehículos para mejorar la precisión de la localización.

La antena de la unidad se ubicará de tal forma que no sufra ensombrecimientos por parte de la infraestructura y, de esta manera, garantice la máxima visibilidad de los satélites en órbita.

La estación diferencial estará dotada de 12 canales de recepción que permitan rastrear otros tantos satélites y, por tanto, garantizar la recepción de los datos de corrección de todos los satélites visibles y utilizables por los receptores móviles.

Se utilizará el protocolo específico de comunicación de la estación GPS diferencial, que adquirirá datos relativos al error instantáneo del GPS. Este protocolo compondrá y transmitirá un mensaje hacia el servidor y hacia la flota interna, diagnosticará la funcionalidad de la estación GPS diferencial y la de la línea de comunicación, mientras que la unidad de gestión de las radiocomunicaciones se ocupará de la constante difusión por radio de las correcciones del GPS a la flota.

### **Equipamiento a bordo de los vehículos**

Se instalará, en cada uno de los 158 trolebuses, un equipo radiotransmisor ajustado a las características de los radios del sistema de radiocomunicaciones, un equipo

microprocesado (que también se le llamará computador de a bordo), consola para el conductor, sensores, interfaz de radio, etc.

El equipo microprocesado de a bordo realizará la función de control de los dispositivos terminales de a bordo y enviará al centro de control los respectivos datos procesados.

El *software* de control y comunicaciones estará incluido en el computador de a bordo para que pueda transferir y guardar en memoria el cronograma que debe cumplirse en cada jornada de trabajo.

Se instalará el *software* y *hardware* necesario para el intercambio de información con otros sistemas instalados en los trolebuses, como los letreros electrónicos de destino.

El equipo de a bordo incorporará un sistema de almacenamiento de la información recogida por el S.A.E. en una base de datos (por ejemplo el grado de ocupación de pasajeros del trolebús, información que proporcionará el conductor en la consola según su apreciación), en determinada hora y sector. De esta base de datos única se obtendrán, al final de la jornada de trabajo, datos útiles en la preparación del servicio a prestar en el día o días siguientes.

El equipo a bordo incorporará un sistema que permita el vaciado diario de la información, almacenada en la base de datos de los vehículos, sobre el sistema informático del centro de despacho, mediante procedimientos que garanticen fiabilidad de la información transmitida.

Los aparatos de a bordo tendrán las siguientes características generales:

- *Hardware* basado en tecnología INTEL-PC compatible
- Mecánica del chasis diseñada específicamente para equipos móviles
- Comunicaciones en *polling* y en selección espontánea, que optimiza la transmisión de datos importantes (llamadas de urgencia)

Por cada uno de los vehículos de la flota a equipar debe preverse un sistema de a bordo con los siguientes componentes:

- Equipo de tecnología microprocesada compuesto por:

CPU

2 Mbytes de memoria

Tarjeta con 5 puertos seriales para interfaz con aparatos inteligentes

8 entradas digitales para la adquisición de señales de sensores de a bordo (*on-off*) y de los pedales del conductor (radio y emergencia)

8 salidas digitales

Interfaz a la antena GPS

Entrada para la señal del generador odométrico y sensor de rumbo

Tarjeta Fuente de Alimentación

Tarjeta conexión con conectores fijos

Módulo identificador de vehículo

Módulo desconexión automática

Este equipo podrá controlar todos los canales de transmisión, e integrará simultáneamente la gestión de las operaciones en la consola (llamadas ordinarias y de emergencia) y de los datos procesados automáticamente (localización, señales de los sensores *on-off*, etc).

- Interfaz inteligente entre el equipo microprocesado y el radio, que permita la conmutación y gestión del sistema radio. Incluirá *modem* de comunicaciones, placa de control y gestión de canales y parámetros de la radio.
- Consola para el conductor en calidad de unidad inteligente, que conectará el interfaz con el conductor. Esta unidad, gobernada por el equipo microprocesado de a bordo, gestionará las teclas, la representación visual y los diodos LEDs de señalización.

La consola vendrá equipada con:

Teclado funcional con teclas en serigrafía personalizable

*Display* para el conductor

Indicaciones luminosas para señalar determinadas condiciones

Conexión serial con el computador de a bordo

- Antena y sistema GPS para la localización.

- Equipo para comunicaciones de datos en el centro de despacho de trolebuses.

- Accesorios de localización

Se utilizará un generador de impulsos para unificar los impulsos odométricos. Estos impulsos serán leídos por el equipo de a bordo para la lectura odométrica.

- Cofre del equipo

El sistema del equipo microprocesado de a bordo se instalará sobre un cofre altamente protegido con conexiones exteriores, mediante conectores de alto grado de protección.

- Paneles de información

El panel estará formado por un conjunto de 10 x 96 diodos emisores de luz (LED) de 5 mm de diámetro, que pueden emitir hasta tres colores (rojo, verde y amarillo como combinación del rojo y verde). El panel recibirá la información por un puerto serie RS-232 y comenzará a presentarla según el tipo de comando definido.

La información que se presente será en modo semigráfico o alfanumérico, con un área de 96 x 10 pixels (total 960 LEDs). La información será dinámica, es decir que podrá cambiar al ritmo deseado. También se podrá definir otros tamaños, ya que el diseño es totalmente modular y ampliable en función de las necesidades.

La velocidad de respuesta de los diodos LED estará comprendida entre 100 y 500 ns, y como la velocidad de respuesta de los circuitos electrónicos es del orden del

microsegundo, la velocidad de cambio de imágenes estará limitada por la velocidad de trabajo del microprocesador de a bordo.

Se incluirá el contenedor de acero y visor de policarbonato antivandálico con tratamiento antireflexivo y antiultravioleta.

- Sensores de posicionamiento (sin GPS)
  - Brújula digital (sensor de rumbo)
  - Generador de impulsos odométricos.
  
- Sistema de AVL/GPS

Todo el equipo que se instale en el trolebús será resistente a vibraciones asociadas al tránsito urbano normal, y se alimentará eléctricamente por la fuente de poder interna del vehículo (12 a 13,8 VDC). La unidad móvil del AVL/GPS estará compuesta por lo siguiente:

- a) Receptor GPS
- b) Unidad de control
- c) Transceptor móvil
- d) Antena

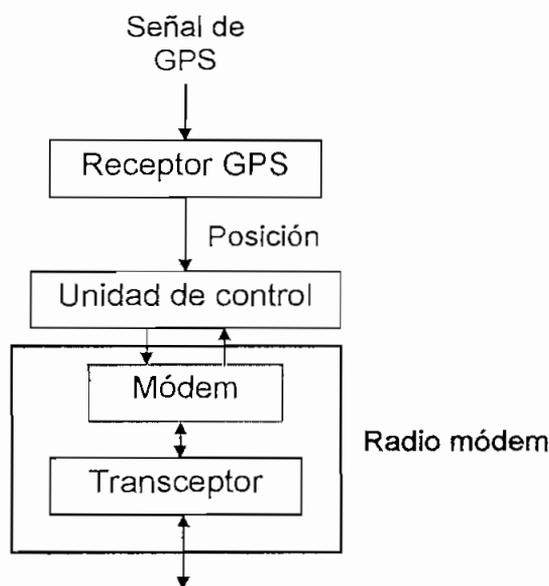


Fig. 3.5. Unidad Móvil

## a) Receptor GPS

Estará conformado por un dispositivo que sea capaz de recibir la señal GPS, interpretarla, realizar los cálculos matemáticos respectivos y desplegar los resultados en coordenadas apropiadas. El receptor GPS permitirá determinar la posición, y el tiempo del trolebús en base a la correcta interpretación del mensaje de navegación transmitido por los satélites. Además, será de fácil operación, portátil y de poco peso.

El receptor GPS para la localización automática tendrá las siguientes características:

- Tipo de Antena: Parche de base magnética
- Número de canales seguidores de señal: 6 ó más canales en paralelo.
- El receptor aislará las señales de cada satélite para medir las pseudo distancias y la fase de la portadora. Este aislamiento se lo realiza a través del uso de los canales mencionados en el receptor.
- Tipo de receptor: Correlación, es decir, que dispone del proceso mediante el cual se determina el grado de similitud de dos señales.
- Señales a seguir: L1(señal portadora para la señal modulada del GPS en BPSK) solamente con código C/A (*Clear/Adquisition code*).
- Alimentación: 12 VDC a 13,8 VDC
- Exactitud: al menos 20 metros (la longitud de un trolebús es de aproximadamente 17 metros)
- Operación: Diferencial

El sistema GPS deberá operar en modo diferencial, es decir, se ubicará una estación con un receptor GPS en una posición fija conocida, se recibirán las señales de los satélites y se determinará el error. Estos datos serán transmitidos a los usuarios permanentemente, los cuales estarán equipados con receptores capaces de interpretar estos errores y compensarlos en las mediciones que sus propios equipos realizarán.

#### b) Especificaciones técnicas de la Unidad de Control

La unidad de control es el cerebro de la unidad móvil, que formará parte del equipo microprocesado de a bordo, se encargará de supervisar y controlar la transmisión de la información.

Cada móvil tendrá un código de identificación único programable, el cual permitirá a la estación central monitorear la información entrante y saliente.

Cuando la estación central envíe el código de identificación a un vehículo determinado, la unidad la comparará con el código del móvil. En caso de ser iguales, se autorizará al transceptor a transmitir la información de posición.

Este sistema permitirá contar con:

- Tasa de reporte de posición: Hasta cinco veces por segundo como máximo.
- Equipo de radio al que se conectará: Troncalizado.
- Alimentación: 12 a 13,8 VDC

#### c) Especificaciones técnicas del radio *modem* (transceptor móvil)

Las especificaciones del radio *modem* se encuentran detalladas en el capítulo 2, numeral 2.2.2. que corresponde al sistema de radiocomunicaciones.

#### d) Especificaciones técnicas de la antena

La antena deberá recibir las señales generadas por los satélites y manejará un ancho de banda de 20,46 MHz.

Será omnidireccional, tipo parche de base magnética y sensible a movimientos de rotación o inclinación, debido a que trabajarán sobre trolebuses en operación en

constante movimiento.

### **Sistema en el centro de despacho de trolebuses**

Los datos almacenados durante el servicio, en el equipo de tecnología microprocesada de a bordo, serán descargados en un sistema informático a instalar en el centro de despacho de trolebuses.

A través del sistema de comunicación controlado por el equipo de a bordo, se descargarán los datos en un computador personal por medio del puerto RS-232.

Dicho computador personal tendrá la siguiente configuración:

- Procesador Pentium II de 300 MHz
- 64 MB de memoria RAM
- Disco duro de 4 GB
- Diskettera* de 3 ½ HD
- Diskettera* CD-ROM lectura - escritura de 4X
- Tarjeta de red Ethernet 10BaseT
- Tarjeta de vídeo SVGA
- Monitor color SVGA de 14 pulgadas
- 1 Puerto serie
- 1 Puerto paralelo (para impresora)
- Teclado castellano expandido
- Mouse*
- Software* Windows – NT

### **El sistema informativo al usuario en tierra**

En las paradas de los trolebuses se instalarán pantallas informativas para la presentación de información a los usuarios del sistema de transporte.

Se utilizarán letreros de información para los pasajeros en las paradas, donde puedan conocer el tiempo estimado que tardará en llegar el próximo trolebús de cada línea o circuito y se pueda recibir mensajes desde el puesto central. Dichos letreros se conectarán al centro de control a través de la R.I.T.

Las características generales del sistema de pantallas son:

- El diseño de las pantallas se adaptará al mobiliario existente en la parada y no producirá impacto sobre el entorno.
- Además de los letreros informativos en las paradas, se emplearán otros letreros en cada trolebús donde se indicará la línea (circuito) a la que pertenece el vehículo.
- Serán pantallas de *leds* de bajo consumo y de características similares a las que se encontrarán a bordo de los trolebuses.
- Dispondrán de perfecta legibilidad y visibilidad en todo momento.
- La alimentación de las pantallas será por conexión a la acometida eléctrica más próxima.
- Se dispondrá del *software* de tratamiento para información en pantalla, que se encontrará en el computador de la parada que forma parte de la R.I.T. y que se comunica con el centro de control del S.A.E.
- El panel recibirá la información por un puerto serie RS232 y comenzará a presentarla según el tipo de comando definido.
- La información que se presente será en modo semigráfico o alfanumérico. Adicionalmente, será dinámica, puesto que podrá cambiar al ritmo que se desee.
- Se incluirá el contenedor de acero y visor de policarbonato antivandálico con tratamiento antireflexivo y antiultravioleta.

### 3.3. CRONOGRAMA DE IMPLANTACIÓN

Con el objetivo de elaborar el cronograma de implantación de la red integrada de telecomunicaciones y del sistema de radiocomunicaciones para el Proyecto Trolebús, se han realizado las siguientes consideraciones:

- Se ha considerado que el proyecto comenzará a implantarse desde el 1 de Junio de 1.999.
- Antes de la fecha mencionada deberán estar construidas todas las obras civiles y de canalización.
- Las obras civiles deberán contemplar los espacios físicos adecuados para ubicar los equipos de comunicaciones, tanto en las paradas como estaciones de transferencia con la correspondiente iluminación y ventilación.
- Deberán estar instaladas y asignadas las líneas telefónicas, que funcionarán como troncales de las PBX a ubicarse en las estaciones de transferencia de El Recreo y La Y.
- Se dispondrá de instalaciones eléctricas a 110 VAC  $\pm$  10% y 60 Hz, tanto en las cuatro estaciones de transferencia como en las paradas.
- Todo el sistema dispondrá de conexión a tierra con un voltaje entre neutro y tierra inferior a 1 Voltio en todos los tomacorrientes.
- Existirá un espacio destinado para ubicar las centrales telefónicas, y sus correspondientes MDFs, bancos de baterías y terminal de supervisión, de al menos 4 x 2 m<sup>2</sup>. Dicho lugar debe presentar seguridades y ser un sitio cerrado que se pueda mantener bajo llave. Además, debe presentar condiciones mínimas de ventilación e iluminación.

- Se deberá tener cableado estructurado categoría 5 para al menos 40 puntos en el edificio a construirse en la estación de transferencia de El Recreo.
- Las subestaciones de tracción estarán construidas y provistas con todos los equipos de control (PLCs), equipos de medida y disyuntores, que permitan implantar el sistema de telealarma, telemedida y telemando por medio de la R.I.T.
- Todas las máquinas de recaudación estarán instaladas, funcionando y dispondrán del *software* que les posibilite transferir, serialmente, los datos previamente descritos.
- Se instalará el sistema de repetición de radiocomunicaciones en la caseta de Puengasí del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, que ya dispone de torre.

El cronograma que sigue a continuación se ha elaborado estimando que se contará con los recursos humanos suficientes y con todos los equipos y elementos en la bodega del Municipio para la fecha de inicio. Por lo tanto, se puede pensar que el trabajo concluirá en siete meses (31 semanas divididas en S1, S2, S3, ..., S31), aproximadamente.

# CAPITULO 4

**ESTUDIO DE COSTOS**

# 4

## ESTUDIO DE COSTOS<sup>24</sup>

En el presente estudio se realizará una comparación del costo de cada una de las alternativas integradas de comunicaciones, es decir, entre un Sistema de Telecomunicaciones con red MAN *Frame Relay* y uno con red MAN TDM. Con este fin se estimará todo aquello relacionado con costos en equipos, materiales e implementos que serán utilizados en el Sistema de Telecomunicaciones del Trolebús y se confrontará el total de los costos de equipamiento, operación, mantenimiento, administrativos y de reposición con los beneficios del sistema en su tiempo de vida útil.

### 4.1. LISTADO DE COMPONENTES DEL SISTEMA CON FRAME RELAY

El Sistema de Telecomunicaciones del Proyecto Trolebús, descrito en el capítulo anterior, incluirá los equipos y componentes que se listan a continuación, con sus respectivos precios referenciales a agosto de 1998.

| DESCRIPCIÓN                                      | TOTALES<br>DE BIENES Y SERVICIOS |
|--|----------------------------------|
|  | [Dólares U.S.A]                  |
| Sistema de Telefonía y Megafonía                 | 354,701.16                       |
| Sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando    | 184,140.00                       |
| Sistema de Recaudación                           | 364,738.28                       |
| Sistema de CCTV                                  | 173,589.08                       |
| Sistema de Radiocomunicaciones                   | 1,408,077.00                     |
| Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)       | 3,009,927.20                     |
| Equipos de comunicación y cables para la red MAN | 3,264,523.67                     |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b>   | <b>8,759,696.37</b>              |

Tabla 4.1. Resumen de precios del Sistema de Telecomunicaciones con Frame Relay

<sup>24</sup> Los costos de equipamiento han sido obtenidos en la UEPT y están de acuerdo a los niveles de precios, porcentajes de costos indirectos de obra y de estructura de la única oferta presentada en la licitación anterior (1996). Además, como el financiamiento del Proyecto obliga a que el sistema se implante con Bienes y Servicios Españoles, los precios referenciales fueron consultados en proformas de empresas españolas.

| ITEM   | DENOMINACIÓN   | CANTIDAD | COSTO            | COSTO             |
|--|--|----------|------------------|-------------------|
|  |  |          | UNITARIO         | TOTAL             |
|  |  |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.]  |
| 1  | Central Telefónica con :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Puertos RS232 para mantenimiento y administración local - remota</li> <li>• Puerto para música en espera</li> <li>• MDF con protección para líneas troncales</li> <li>• Rectificador cargador de baterías</li> <li>• Troncales E&amp;M a 2 y/o 4 hilos</li> <li>• 80 extensiones analógicas</li> <li>• 16 extensiones digitales</li> <li>• 8 Troncales analógicas</li> <li>• Modem para mantenimiento remoto</li> <li>• Enlace E1 para 30 troncales digitales</li> <li>• Instalación del sistema: montaje, pruebas, programación y puesta en funcionamiento sin incluir red</li> <li>• LTU, equipo para acoplar el cable PCM con la salida E1 para enlazar las 2 centrales a una distancia de 12 Km entre ellas.</li> <li>• Operadora automática, correo de voz y servicio de mensajería, incluye 16 puertos analógicos de acceso y software para ser instalados en una computadora 486 o más, que deberá proveer el cliente.</li> <li>• Caja regeneradora de señal para trayectos de 1,8Km</li> <li>• Banco de baterías secas para respaldo por 6 horas</li> </ul> | 2        | 102,900.50       | 205,801.00        |
| 2  | Teléfono sencillo analógico con teclado multifrecuencial   | 120      | 33.00            | 3,960.00          |
| 3  | Teléfono digital con pantalla 8 teclas de función con lámpara asociada   | 24       | 242.00           | 5,808.00          |
| 4  | Sistema de Megafonía   | 1        | 19,630.00        | 19,630.00         |
| 5  | Consola de operadora   | 1        | 1,907.00         | 1,907.00          |
| 6  | Software para reportes de ocupación de líneas internas y externas, por fechas, por horas para generación de bases de datos y almacenamiento en discos o cintas.  | 1        | 1,750.00         | 1,750.00          |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |  |          |                  | 238,856.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |  |          |                  | 23,885.60         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |  |          |                  | 91,959.56         |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA</b>  |  |          |                  | <b>354,701.16</b> |

Tabla 4.2. Precios del Sistema de Telefonía y Megafonía

| ITEM  | DENOMINACIÓN                                     | CANTIDAD | COSTO            | COSTO             |
|---|--|----------|------------------|-------------------|
|   |  |          | UNITARIO         | TOTAL             |
|   |  |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.]  |
| 1   | Puesto central de mando                          | 1        | 40,000.00        | 40,000.00         |
| 2   | Unidad terminal remota                           | 8        | 9,300.00         | 74,400.00         |
| 3   | Cableado de cobre de 0,8 mm de diámetro (metros) | 3,200.00 | 3.00             | 9,600.00          |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |  |          |                  | 124,000.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |  |          |                  | 12,400.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |  |          |                  | 47,740.00         |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE TELEALARMA Y TELEMEDIDA</b>   |  |          |                  | <b>184,140.00</b> |

Tabla 4.3. Precios del Sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando

| ITEM   | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO  | COSTO TOTAL       |
|--|---|----------|-----------------|-------------------|
|  |   |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A]   |
| 1  | Tarjetas seriales + modificación y adaptación de equipos existentes | 191      | 415.00          | 79,265.00         |
| 2  | Hardware del puesto central   | 1        | 28,350.00       | 28,350.00         |
| 3  | Software para el puesto central                                     | 1        | 138,000.00      | 138,000.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |   |          |                 | 245,615.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |   |          |                 | 24,561.50         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                 | 94,561.78         |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE RECAUDACIÓN</b>  |   |          |                 | <b>364,738.28</b> |

Tabla 4.4. Precios del Sistema de Recaudación

| ITEM   | DENOMINACIÓN                            | CANTIDAD | COSTO UNITARIO  | COSTO TOTAL       |
|--|---|----------|-----------------|-------------------|
|  |   |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A]   |
| 1  | Software del centro de control del CCTV | 1        | 2,995.00        | 2,995.00          |
| 2  | Hardware del centro de control          | 1        | 27,300.00       | 27,300.00         |
| 3  | Cámara de televisión fija               | 16       | 3,700.00        | 59,200.00         |
| 4  | Cámara de televisión móvil              | 4        | 6,850.00        | 27,400.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |   |          |                 | 116,895.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |   |          |                 | 11,689.50         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                 | 45,004.58         |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN</b>   |   |          |                 | <b>173,589.08</b> |

Tabla 4.5. Precios del Sistema de CCTV

| ITEM   | DENOMINACIÓN                                  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO  | COSTO TOTAL         |
|--|---|----------|-----------------|---------------------|
|  |   |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A]     |
| 1  | Controlador central                           | 1        | 110,000.00      | 110,000.00          |
| 2  | Repetidora                                    | 9        | 16,500.00       | 148,500.00          |
| 3  | Sistema de antenas de transmisión y Recepción | 1        | 44,000.00       | 44,000.00           |
| 4  | Terminales de gerencia y supervisión básica   | 1        | 11,000.00       | 11,000.00           |
| 5  | Interfaz de conexión telefónica (3 líneas)    | 1        | 77,000.00       | 77,000.00           |
| 6  | Transceptor fijo completo con antena exterior | 7        | 3,300.00        | 23,100.00           |
| 7  | Transceptor móvil                             | 170      | 2,200.00        | 374,000.00          |
| 8  | Transceptor portátil                          | 73       | 2,200.00        | 160,600.00          |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |   |          |                 | 948,200.00          |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |   |          |                 | 94,820.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                 | 365,057.00          |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>  |   |          |                 | <b>1,408,077.00</b> |

Tabla 4.6. Precios del Sistema de Radiocomunicaciones

| ITEM  | DENOMINACIÓN   | CANTIDAD | COSTO           | COSTO               |
|---|--|----------|-----------------|---------------------|
|   |  |          | UNITARIO        | TOTAL               |
|   |  |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A]     |
| 1   | Software del centro de control del SAE   | 1        | 375,000.00      | 375,000.00          |
| 2   | Servidor de la base de datos   | 1        | 19,800.00       | 19,800.00           |
| 3   | Servidor de aplicaciones y algoritmos  | 1        | 19,800.00       | 19,800.00           |
| 4   | Estación de trabajo de operador  | 2        | 8,200.00        | 16,400.00           |
| 5   | Estación de trabajo de gestión, supervisión y consulta                             | 1        | 8,200.00        | 8,200.00            |
| 6   | Estación de trabajo de estadísticas  | 1        | 8,200.00        | 8,200.00            |
| 7   | Unidad de gestión de las comunicaciones vía radio                                  | 1        | 35,000.00       | 35,000.00           |
| 8   | Switch de red  | 1        | 4,800.00        | 4,800.00            |
| 9   | Impresora Láser  | 1        | 4,470.00        | 4,470.00            |
| 10  | Impresora a inyección de tinta   | 1        | 1,350.00        | 1,350.00            |
| 11  | Estación GPS diferencial   | 1        | 2,665.00        | 2,665.00            |
| 12  | Sistema de AVL/GPS que incluye receptor de GPS, incluye antena y unidad de control | 158      | 2,665.00        | 421,070.00          |
| 13  | Computador de a bordo  | 158      | 5,498.00        | 868,684.00          |
| 14  | Consola para el conductor  | 158      | 1,006.00        | 158,948.00          |
| 15  | Letreros luminosos a instalarse en las paradas                                     | 66       | 1,250.00        | 82,500.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |  |          |                 | 2,026,887.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |  |          |                 | 202,688.70          |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |  |          |                 | 780,351.50          |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN</b>  |  |          |                 | <b>3,009,927.20</b> |

Tabla 4.7. Precios del Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE)

| ITEM | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO           | COSTO           |
|------|---|----------|-----------------|-----------------|
|      |   |          | UNITARIO        | TOTAL           |
|      |   |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A] |
| 1    | Equipo de comunicaciones en paradas, estación La Ofelia y estación Quitumbe, que incluye:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>· Puerto ethernet</li> <li>· 2 puertos de alta velocidad</li> <li>· 1 puerto asincrónico</li> <li>· 2 tarjetas de voz</li> <li>· 1 tarjeta de vídeo</li> <li>· cables, conectores y adaptadores</li> <li>· Software TCP/IP</li> <li>· Instalación y programación</li> </ul> | 64       | 16,500.31       | 1,056,020.00    |

Tabla 4.8. Precios de equipos de comunicaciones y cables para la red MAN con Frame Relay

| ITEM  | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO           | COSTO               |
|---|---|----------|-----------------|---------------------|
|   |   |          | UNITARIO        | TOTAL               |
|   |   |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A]     |
| 2   | Equipo de comunicaciones en paradas con intersección de 2 rutas:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>· Puerto ethernet</li> <li>· 2 puertos de alta velocidad</li> <li>· 1 puerto asincrónico</li> <li>· 2 tarjetas de voz</li> <li>· 1 tarjeta de vídeo</li> <li>· 1 tarjeta de 4 puertos seriales que pueden ser V.36, V.35 ó V.24</li> <li>· cables, conectores y adaptadores</li> <li>· Software TCP/IP</li> <li>· Instalación y programación</li> </ul>  | 4        | 9,900.00        | 39,600.00           |
|   |   |          | 2,385.00        | 9,540.00            |
| 3   | Equipo de comunicaciones en la estación de El Recreo y la estación de La Y, que incluye:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>· Puerto ethernet</li> <li>· 3 puertos de alta velocidad</li> <li>· 1 puerto asincrónico</li> <li>· 1 tarjetas de voz E1 (30 canales de voz)</li> <li>· 1 tarjeta de vídeo</li> <li>· 1 tarjeta de 4 puertos seriales que pueden ser V.36, V.35 ó V.24</li> <li>· 4 tarjetas servidoras de 4 canales de voz</li> <li>· 1 tarjetas servidoras de megafonía</li> <li>· cables, conectores y adaptadores</li> <li>· Software</li> <li>· Instalación y programación</li> </ul> | 2        | 20,700.00       | 41,400.00           |
|   |   |          | 3,100.50        | 6,201.00            |
| 5   | Módems de fibra óptica con instalación incluida   | 144      | 1,710.00        | 246,240.00          |
| 5   | Fibra monomodo de 10 hilos (metro)  | 54965    | 4.75            | 261,083.75          |
| 6   | Tendido de fibra óptica (metro)   | 54965    | 0.85            | 46,720.25           |
| 7   | Sistema de terminales de fibra óptica, paneles para montaje de conectores fibra, enlaces, acopladores, conectores, montaje de panel, conectorización, instalación y pruebas   | 1        | 37,489.12       | 37,489.12           |
| 8   | Equipos repetidores para fibra óptica   | 11       | 560.00          | 6,160.00            |
| 9   | PLC a ubicarse en paradas y terminales  | 70       | 2,500.00        | 175,000.00          |
| 10  | Sensores para conteo de pasajeros en los molinetes de salida  | 140      | 117.00          | 16,380.00           |
| 11  | UPS de 1,500 VA   | 69       | 1,200.00        | 82,800.00           |
| 12  | UPS de 12 KVA   | 1        | 11,000.00       | 11,000.00           |
| 13  | Sistema de gestión con documentación pruebas y puesta en marcha   | 1        | 162,698.32      | 162,698.32          |
| SUBTOTAL DE COSTO DIRECTO   |   |          |                 | 2,198,332.44        |
| SUBTOTAL DE COSTO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO DIRECTO)   |   |          |                 | 219,833.24          |
| SUBTOTAL DE COSTO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                 | 846,357.99          |
| <b>TOTAL DE EQUIPOS DE COMUNICACIONES Y CABLES</b>  |   |          |                 | <b>3,264,523.67</b> |

Tabla 4.8. Precios de equipos de comunicaciones y cables para la red MAN con Frame Relay  
(Continuación)

## **4.2. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON RED MAN FRAME RELAY**

El Sistema de Trolebuses abarca varias áreas de operación y mantenimiento (Área Administrativa, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Electrónica y Control, Ingeniería en Telecomunicaciones, Mantenimiento de estaciones de transferencia y paradas, Operación de la flota, etc) dentro de un complejo organigrama funcional.

Es importante mencionar que, dentro de este estudio, no se analizará la posibilidad de plantear un nuevo organigrama que reemplace o mejore al ya existente; únicamente se pretende calcular los costos al año del personal requerido para el sistema de telecomunicaciones propuesto (directamente involucrado con él) y elaborar un presupuesto anual de equipos, herramientas y repuestos para mantenimiento.

### **4.2.1. COSTOS DE PERSONAL**

El cálculo de los costos referenciales de los salarios para el mínimo personal requerido en el sistema de telecomunicaciones propuesto se ha dividido en:

- Salarios del personal de operación
- Salarios del personal de mantenimiento preventivo y correctivo

Es importante señalar que el número de ingenieros y tecnólogos, previstos en el siguiente presupuesto, está basado en que deberán estar disponibles en cualquier momento de las 24 horas del día para realizar mantenimiento correctivo, y tendrán la obligación de realizar periódicamente el preventivo, de acuerdo a lo que sugiera el SAE y según los manuales de fábrica de los equipos del sistema.

En cuanto al número de personas necesarias para la operación en cada sistema, se ha considerado que en cada jornada de 19 horas existirán dos turnos.

| SISTEMA  | CANTIDAD | SALARIO/MES<br>[Dólares U.S.A.] | TOTAL/AÑO<br>[Dólares U.S.A.] |
|--|----------|---------------------------------|-------------------------------|
| Operadora del sistema de Telefonía y Megafonía               | 3        | 200.00                          | 7,200.00                      |
| Operador del sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando   | 3        | 200.00                          | 7,200.00                      |
| Operador del sistema de CCTV                                 | 9        | 200.00                          | 21,600.00                     |
| Operadores de los transceptores fijos de Radiocomunicaciones | 14       | 200.00                          | 33,600.00                     |
| Operador del Sistema de Recaudación                          | 6        | 200.00                          | 14,400.00                     |
| SAE  | 14       | 200.00                          | 33,600.00                     |
| <b>TOTAL ANUAL SALARIOS PERSONAL DE OPERACIÓN</b>            |          |                                 | <b>117,600.00</b>             |

Tabla 4.9. Salarios al año para el personal de operación

| SISTEMA   | INGENIERO | TECNOLOGO | SALARIO/MES<br>[Dólares U.S.A.] | TOTAL/AÑO<br>[Dólares U.S.A.] |
|---|-----------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|
| Telefonía, Megafonía, Telealarma, Telemedida, Telemando, CCTV | 1         | 1         | 1,000.00                        | 12,000.00                     |
| Radiocomunicaciones   | 1         | 2         | 1,350.00                        | 16,200.00                     |
| Recaudación   | 1         | 3         | 1,700.00                        | 20,400.00                     |
| SAE   | 1         | 1         | 1,000.00                        | 12,000.00                     |
| <b>TOTAL ANUAL SALARIOS PERSONAL DE MANTENIMIENTO</b>         |           |           |                                 | <b>60,600.00</b>              |

Nota : Para el cálculo se utilizó una cotización de 7.200 sucres por dólar al 31 de enero de 1.999.

Salario mensual ingeniero : \$ 650 (Dólares americanos)

Salario mensual tecnólogo: \$ 350 (Dólares americanos)

Tabla 4.10. Salarios al año para el personal de mantenimiento

#### 4.2.2. COSTOS DE REPUESTOS

A continuación se realizará el listado de repuestos anuales para cada uno de los subsistemas del Sistema de Telecomunicaciones con su respectivo presupuesto. Es importante señalar que se han tomado en cuenta únicamente los equipos y elementos más susceptibles de daño. Asimismo, se ha considerado, como criterio para establecer el número de repuestos, aproximadamente un 10% de la cantidad de equipamiento a instalarse, de acuerdo a lo que necesitará reposición con más frecuencia.

| ITEM  | DENOMINACIÓN  | TOTAL<br>[Dólares U.S.A.] |
|---|---|---------------------------|
| 1   | Repuestos sistema de Telefonía y Megafonía              | 1,814.67                  |
| 2   | Repuestos sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando | 2,227.50                  |
| 3   | Repuestos sistema de Recaudación                        | 3,564.00                  |
| 4   | Repuestos sistema de CCTV                               | 15,666.75                 |
| 5   | Repuestos sistema de Radiocomunicaciones                | 32,892.75                 |
| 6   | Repuestos sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)    | 93,651.53                 |
| 7   | Repuestos equipos de comunicación y cables              | 202,477.15                |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b> |   | <b>352,294.35</b>         |

Tabla 4.11. Resumen de precios de repuestos al año para el Sistema de Telecomunicaciones

| ITEM  | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|---|---|----------|------------------|------------------|
|   |   |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1   | Teléfono sencillo con teclado multifrecuencial              | 12       | 33.00            | 396.00           |
| 2   | Teléfono digital con pantalla 8 teclas con lámpara asociada | 3        | 242.00           | 726.00           |
| 3   | Parlantes   | 10       | 10.00            | 100.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |   |          |                  | 1,222.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |   |          |                  | 122.20           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                  | 470.47           |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DEL SISTEMA DE TELEFONÍA Y MEGAFONÍA</b>  |   |          |                  | <b>1,814.67</b>  |

Tabla 4.12. Repuestos anuales para el sistema de Telefonía y Megafonía

| ITEM  | DENOMINACIÓN                                  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|---|---|----------|------------------|------------------|
|   |   |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1   | Cable de cobre de al menos 0,8 mm de diámetro | 1,000.00 | 1.50             | 1,500.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |   |          |                  | 1,500.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |   |          |                  | 150.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                  | 577.50           |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DE TELEALARMA, TELEMEDIDA Y TELEMANDO</b>   |   |          |                  | <b>2,227.50</b>  |

Tabla 4.13. Repuestos anuales para el sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando

| ITEM  | DENOMINACIÓN     | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|---|------------------|----------|------------------|------------------|
|   |                  |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1   | Tarjetas señales | 20       | 120.00           | 2,400.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |                  |          |                  | 2,400.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |                  |          |                  | 240.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |                  |          |                  | 924.00           |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DEL SISTEMA DE RECAUDACION</b>  |                  |          |                  | <b>3,564.00</b>  |

Tabla 4.14. Repuestos anuales para el sistema de Recaudación

| ITEM  | DENOMINACIÓN               | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|---|----------------------------|----------|------------------|------------------|
|   |                            |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1   | Cámara de televisión fija  | 1        | 3,700.00         | 3,700.00         |
| 2   | Cámara de televisión móvil | 1        | 6,850.00         | 6,850.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |                            |          |                  | 10,550.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |                            |          |                  | 1,055.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |                            |          |                  | 4,061.75         |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DE CCTV</b>   |                            |          |                  | <b>15,666.75</b> |

Tabla 4.15. Repuestos anuales para el sistema de CCTV

| ITEM  | DENOMINACIÓN                                    | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|---|---|----------|------------------|------------------|
|   |   |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1   | Antenas de transmisión y Recepción para móviles | 20       | 40.00            | 800.00           |
| 2   | Transceptor móvil                               | 2        | 2,200.00         | 4,400.00         |
| 3   | Transceptor portátil                            | 5        | 2,200.00         | 11,000.00        |
| 4   | Cable coaxial RG-9913 tipo militar (metros)     | 100      | 10.00            | 1,000.00         |
| 5   | Juego de conectores                             | 15       | 330.00           | 4,950.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |   |          |                  | 22,150.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |   |          |                  | 2,215.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                  | 8,527.75         |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>  |   |          |                  | <b>32,892.75</b> |

Tabla 4.16. Repuestos anuales para el sistema de Radiocomunicaciones

| ITEM  | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|---|---|----------|------------------|------------------|
|   |   |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1   | Sistema de AVL/GPS que incluye receptor de GPS, incluye antena, y unidad de control | 15       | 2,665.00         | 39,975.00        |
| 2   | Consola para el conductor   | 15       | 956.00           | 14,340.00        |
| 3   | Letreros luminosos a instalarse en las paradas                                      | 7        | 1,250.00         | 8,750.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |   |          |                  | 63,065.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |   |          |                  | 6,306.50         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                  | 24,280.03        |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DEL S.A.E.</b>  |   |          |                  | <b>93,651.53</b> |

Tabla 4.17. Repuestos anuales para el Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)

| ITEM  | DENOMINACIÓN   | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL       |
|---|--|----------|------------------|-------------------|
|   |  |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.]  |
| 1   | Equipo de comunicaciones en paradas, estación La Ofelia y estación Quitumbe  | 4        | 17,362.06        | 69,448.25         |
| 2   | Interfaz de fibra óptica   | 14       | 1,610.00         | 22,540.00         |
| 3   | Fibra monomodo de 10 hilos (metro) que incluirá sistema de terminales de fibra óptica, paneles para montaje de conectores fibra, enlaces, acopladores, conectores, montaje de panel, conectorización, equipos repetidores, instalación y pruebas | 5,000.00 | 6.39             | 31,950.00         |
| 4   | PLC a ubicarse en paradas y terminales   | 3        | 2,500.00         | 7,500.00          |
| 5   | Tarjeta de red ethernet  | 7        | 200.00           | 1,400.00          |
| 6   | Sensores infrarrojos   | 30       | 117.00           | 3,510.00          |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO  |  |          |                  | 136,348.25        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)   |  |          |                  | 13,634.83         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA(GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |  |          |                  | 52,494.08         |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DE EQUIPOS DE COMUNICACIONES Y CABLES</b>   |  |          |                  | <b>202,477.15</b> |

Tabla 4.18. Repuestos anuales para los equipos de comunicaciones y cables para la red MAN

### 4.2.3. COSTOS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Debido a que no todos los sistemas requieren de equipamiento especial para su mantenimiento, el siguiente listado de precios únicamente incluye equipos de medición y herramientas para:

- Sistema de Telefonía y Megafonía
- Sistema de Radiocomunicaciones
- Equipos de comunicaciones y cables para la red MAN

La estimación del tipo y cantidad de equipos de medición y herramientas se ha realizado conjuntamente con la Unidad Operadora del Sistema Trolebús, en base a su experiencia con los sistemas actualmente existentes y tomando en cuenta los equipos de medición y herramientas que ya disponen.

Los equipos de medición y herramientas que constan a continuación no constituyen un costo anual, sino que están considerados para el total de vida útil del sistema a instalarse (12 años).

| ITEM   | DENOMINACIÓN                                     | TOTALES<br>[Dólares U.S.A.] |
|--|--|-----------------------------|
| 1  | Sistema de Telefonía y Megafonía                 | 31,036.50                   |
| 2  | Sistema de Radiocomunicaciones                   | 14,434.20                   |
| 3  | Equipos de comunicación y cables para la red MAN | 9,568.95                    |
| <b>TOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b> |  | <b>55,039.65</b>            |

Tabla 4.19. Resumen de precios de equipos de medición y herramientas para el sistema de comunicaciones

| ITEM   | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|--|---|----------|------------------|------------------|
|  |   |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1  | Medidor de aislamiento  | 1        | 3,200.00         | 3,200.00         |
| 2  | Equipos de herramientas personales  | 3        | 900.00           | 2,700.00         |
| 3  | Localizador de averías  | 2        | 5,000.00         | 10,000.00        |
| 4  | Generador de señales con medidor de potencia para frecuencia audible y para trabajo de campo (portátil) | 1        | 5,000.00         | 5,000.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |   |          |                  | 20,900.00        |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |   |          |                  | 2,090.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                  | 8,046.50         |
| <b>TOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DEL SISTEMA DE TELEFONIA Y MEGAFONIA</b>  |   |          |                  | <b>31,036.50</b> |

Tabla 4.20. Equipos de medición y herramientas para el sistema de Telefonía y Megafonía

| ITEM   | DENOMINACIÓN                    | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|--|---------------------------------|----------|------------------|------------------|
|  |                                 |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1  | Vatímetro digital de RF         | 1        | 2,600.00         | 2,600.00         |
| 2  | Frecuencímetro portátil         | 1        | 820.00           | 820.00           |
| 3  | Fuente variable de alimentación | 1        | 800.00           | 800.00           |
| 4  | Kit de programación             | 1        | 5,000.00         | 5,000.00         |
| 5  | Juego de conectores             | 1        | 500.00           | 500.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |                                 |          |                  | 9,720.00         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |                                 |          |                  | 972.00           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |                                 |          |                  | 3,742.20         |
| <b>TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>   |                                 |          |                  | <b>14,434.20</b> |

Tabla 4.21. Equipos de medición y herramientas para el sistema de Radiocomunicaciones

| ITEM   | DENOMINACIÓN  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO   | COSTO TOTAL      |
|--|---|----------|------------------|------------------|
|  |   |          | [Dólares U.S.A.] | [Dólares U.S.A.] |
| 1  | Computador portátil   | 1        | 4,800.00         | 4,800.00         |
| 2  | Juego de herramientas y equipo para trabajo de campo con fibra óptica | 2        | 472.50           | 945.00           |
| 3  | Empalmes en recto o derivación para fibra óptica                      | 2        | 349.37           | 698.74           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO DIRECTO   |   |          |                  | 6,443.74         |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO UNITARIO DIRECTO)  |   |          |                  | 644.37           |
| SUBTOTAL DE COSTO UNITARIO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |   |          |                  | 2,480.84         |
| <b>TOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES Y CABLES</b>   |   |          |                  | <b>9,568.95</b>  |

Tabla 4.22. Equipos de medición y herramientas para el mantenimiento de los equipos de comunicaciones y cables de la red MAN

#### 4.2.4. COSTOS ADMINISTRATIVOS Y DE REPOSICIÓN

Los costos administrativos son los que se originan en el área administrativa, como son: energía eléctrica, agua, teléfono, arriendo de local, mantenimiento de vehículos y sueldos.

Cabe mencionar que en el flujo de caja debe tenerse en cuenta el costo inicial del vehículo de mantenimiento, una camioneta *pick up*, estimado en 20.000,00 dólares americanos (USD).

En cuanto a los costos de reposición, son gastos que no siempre resultan de la avería total de algún componente del equipo. La necesidad de reemplazar activos debe ser examinada periódicamente, cuando los equipos se tornen insuficientes para cumplir con los requerimientos de funcionamiento, o pierdan en eficiencia comparada con unos nuevos. Dentro de estos costos se ha considerado que es recomendable que los equipos de computación sean sustituidos por otros de última generación cada 4 años, mientras que el *software* (por ser dedicado, bajo pedido y específico para cada aplicación) no será

actualizado durante el tiempo de vida útil del sistema. En lo que concierne al vehículo de mantenimiento, se estima que debe ser cambiado cada 5 años.

| 1. Energía Eléctrica:                                   |   |                  |                    |          |          |                |             | COSTO [USD]      |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
|---|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------------|-------------|------------------|-----------|------------|------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|--|
|   | Energía de equipos de comunicaciones [VA]   | Horas de trabajo | Factor de potencia | Cantidad | KWh      | Precio del kWh | Total anual |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| Parada tipo A, B y Estaciones La Ofelia, La Y, Quitumbe | 1,500   | 19               | 0.8                | 69       | 1,573.20 | 0.09           | 51,437.17   |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| Centro de Control de El Recreo                          | 12,000  | 19               | 0.8                | 1        | 182.40   | 0.09           | 5,963.73    |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| Consumo de energía del local del Centro de Control      | 1,500   | 19               | 0.8                | 1        | 22.80    | 0.09           | 745.47      |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| <b>SUBTOTAL ANUAL DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>   |   |                  |                    |          |          |                |             | <b>58,146.37</b> |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 2. Agua:  | <b>SUBTOTAL ANUAL DE CONSUMO DE AGUA</b>  |                  |                    |          |          |                |             | <b>162.16</b>    |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 3. Teléfono:  | <b>SUBTOTAL ANUAL CONSUMO DE TELÉFONO</b>   |                  |                    |          |          |                |             | <b>15,567.57</b> |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 4. Arriendo local:                                      | <b>SUBTOTAL ANUAL ARRIENDO LOCAL (incluye mobiliario y equipo de oficina)</b>   |                  |                    |          |          |                |             | <b>8,108.11</b>  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 5. Mantenimiento de Vehículo:                           | <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Gasolina</th> <th>Matrícula</th> <th>Aceite</th> <th>ABC</th> <th>Llantas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>740.63</td> <td>67.57</td> <td>67.57</td> <td>40.54</td> <td>67.57</td> </tr> </tbody> </table> |                  |                    |          |          |                |             | Gasolina         | Matrícula | Aceite     | ABC  | Llantas  | 740.63   | 67.57    | 67.57    | 40.54 | 67.57 |  |
| Gasolina  | Matrícula   | Aceite           | ABC                | Llantas  |          |                |             |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 740.63  | 67.57   | 67.57            | 40.54              | 67.57    |          |                |             |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| <b>SUBTOTAL DE MANTENIMIENTO ANUAL DE VEHÍCULO</b>      |   |                  |                    |          |          |                |             | <b>983.87</b>    |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 6. Personal Administrativo:                             | <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Chofer</th> <th>Conserje</th> <th>Secretaria</th> <th>Jefe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,297.30</td> <td>1,297.30</td> <td>1,945.95</td> <td>8,108.11</td> </tr> </tbody> </table>                    |                  |                    |          |          |                |             | Chofer           | Conserje  | Secretaria | Jefe | 1,297.30 | 1,297.30 | 1,945.95 | 8,108.11 |       |       |  |
| Chofer  | Conserje  | Secretaria       | Jefe               |          |          |                |             |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| 1,297.30  | 1,297.30  | 1,945.95         | 8,108.11           |          |          |                |             |                  |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| <b>SUBTOTAL SUELDO ANUAL PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>    |   |                  |                    |          |          |                |             | <b>12,648.65</b> |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |
| <b>TOTAL DE COSTOS ADMINISTRATIVOS ANUALES [USD]</b>    |   |                  |                    |          |          |                |             | <b>95,616.73</b> |           |            |      |          |          |          |          |       |       |  |

Tabla 4.23. Resumen de costos administrativos anuales, en dólares americanos

| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO ANUAL | TOTAL ANUAL      |
|--|----------|----------------------|------------------|
| Computador puesto central de Telealarma                            | 1        | 7,087.50             | 7,087.50         |
| Computador puesto central de Recaudación                           | 1        | 7,087.50             | 7,087.50         |
| Computadores del sistema de CCTV                                   | 3        | 2,275.00             | 6,825.00         |
| Terminal de Gerencia y supervisión básica para Radiocomunicaciones | 1        | 2,750.00             | 2,750.00         |
| Servidor base de datos SAE   | 1        | 4,950.00             | 4,950.00         |
| Servidor de aplicaciones SAE                                       | 1        | 4,950.00             | 4,950.00         |
| Estación de trabajo SAE  | 4        | 2,050.00             | 8,200.00         |
| <b>SUBTOTAL DE ACTUALIZACIÓN Y REPOSICIÓN DE COMPUTADORES</b>      |          |                      | <b>41,850.00</b> |
| <b>SUBTOTAL DE REPOSICIÓN ANUAL DE VEHICULO</b>                    |          |                      | <b>4,000.00</b>  |
| <b>TOTAL DE COSTOS DE REPOSICIÓN [USD]</b>                         |          |                      | <b>45,850.00</b> |

Tabla 4.24. Resumen de costos de reposición anuales, en dólares americanos

### 4.3. COSTOS DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON TDM

#### 4.3.1. LISTADO DE COMPONENTES DEL SISTEMA CON TDM

El equipamiento en cada subsistema de la red es el mismo para cualquiera de las dos alternativas, TDM (combinando SDH y PDH) o *Frame Relay*. Sin embargo, en la solución con tecnología TDM cambian totalmente los equipos de comunicación y la cantidad de cables. Por lo tanto, de los cuadros de precios expuestos anteriormente, el cuadro correspondiente a equipos de comunicaciones y cables para la red MAN cambia de la siguiente manera para la alternativa TDM:

| ITEM  | DENOMINACIÓN   | CANTIDAD | COSTO UNITARIO  | COSTO TOTAL         |
|---|--|----------|-----------------|---------------------|
|   |  |          | [Dólares U.S.A] | [Dólares U.S.A]     |
| 1   | Sistema SDH. Multiplexor sincrónico STM-1<br>• Subastidor básico<br>• Agregado de enlace óptico en STM-1<br>• Tributario eléctrico de 16x2 Mbps<br>• Cables, conectores y adaptadores<br>• Instalación y programación  | 16       | 14,789.57       | 236,633.14          |
| 2   | Sistema PDH. Multiplexor universal<br>• Subastidor<br>• Unidad de 2 Mbps eléctrico con 2 puertos<br>• Unidad de enlace óptico de 8 Mbps de doble puerto<br>• Tarjeta de interfaz de datos a 64 kbps G.703 con 8 puertos<br>• Tarjeta de audio 2/4 hilos E&M con 8 puertos<br>• Tarjeta de telefonía lado central con 12 puertos<br>• Tarjeta de telefonía lado de abonado con 12 puertos<br>• Tarjeta generadora de timbre<br>• Tarjeta de vídeo<br>• Tarjeta de interfaz de datos V.24, V.28 hasta 38.4 kbps con 4 puertos<br>• Interfaz de datos a 64 kbps para gestión de 4 puertos<br>• cables, conectores y adaptadores<br>• Instalación y programación | 66       | 28,258.94       | 1,865,090.26        |
| 3   | Sistema de gestión con documentación y pruebas   | 1        | 162,698.32      | 162,698.32          |
| 4   | Router   | 70       | 3,627.00        | 253,890.00          |
| 5   | Cable de fibra óptica monomodo de 16 fibras  | 7065     | 7.00            | 49,455.00           |
| 6   | Cable de fibra óptica monomodo de 12 fibras  | 6543     | 6.00            | 39,258.00           |
| 7   | Unidad de empalme intermedio hasta 16 fibras   | 6        | 1,288.00        | 7,728.00            |
| 8   | Unidad de empalme terminal de 16 fibras pigtaills y patchcord  | 16       | 2,169.00        | 34,704.00           |
| 9   | Cable de fibra óptica monomodo de 8 fibras   | 28093    | 5.00            | 140,465.00          |
| 10  | Cable de fibra óptica monomodo de 2 fibras   | 1902     | 4.00            | 7,608.00            |
| 11  | Unidad de empalme terminal de 8 fibras pigtaills y patchcord   | 103      | 1,472.00        | 151,616.00          |
| 12  | Unidad de empalme de 2 fibras  | 10       | 657.00          | 6,570.00            |
| 13  | Cable de 7 pares con 0,9 mm  | 2789     | 4.00            | 11,156.00           |
| 14  | Regleta de conexión, corte y prueba para 7 pares   | 112      | 460.00          | 51,520.00           |
| 15  | PLC a ubicarse en paradas y terminales   | 70       | 2500.00         | 175000.00           |
| 16  | Sensores para conteo de pasajeros en los molinetes de salida   | 140      | 117.00          | 16380.00            |
| 17  | Fuente de alimentación para SDH y PDH  | 82       | 1,643.00        | 134,726.00          |
| 18  | UPS de 3 KVA   | 82       | 4,469.00        | 366,458.00          |
| 19  | Rack de 19" para ubicación de equipos  | 82       | 2,445.00        | 200,490.00          |
| SUBTOTAL DE COSTO DIRECTO   |  |          |                 | 3,911,445.71        |
| SUBTOTAL DE COSTO INDIRECTO DE OBRA (10% DEL COSTO DIRECTO)   |  |          |                 | 391,144.57          |
| SUBTOTAL DE COSTO INDIRECTO DE ESTRUCTURA (GASTOS GENERALES, FINANCIEROS, TASAS, IMPUESTOS, SEGUROS Y UTILIDADES) (35% DE LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS Y LOS COSTOS INDIRECTOS DE OBRA) |  |          |                 | 1,505,906.60        |
| <b>TOTAL DE EQUIPOS DE COMUNICACIONES Y CABLES</b>  |  |          |                 | <b>5,808,496.89</b> |

Tabla 4.25. Precios de equipos de comunicaciones y cables para la red MAN con TDM

| DESCRIPCIÓN                                      | TOTALES                                  |
|--|--|
|  | DE BIENES Y SERVICIOS<br>[Dólares U.S.A] |
| Sistema de Telefonía y Megafonía                 | 354,701.16                               |
| Sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando    | 184,140.00                               |
| Sistema de Recaudación                           | 364,738.28                               |
| Sistema de CCTV                                  | 173,589.08                               |
| Sistema de Radiocomunicaciones                   | 1,408,077.00                             |
| Sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)       | 3,009,927.20                             |
| Equipos de comunicación y cables para la red MAN | 5,808,496.89                             |
| <b>TOTAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b>   | <b>11,303,669.60</b>                     |

Tabla 4.26. Resumen de precios del Sistema de Telecomunicaciones con TDM

#### 4.3.2. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CON RED MAN TDM

Se puede considerar que los costos de operación y mantenimiento del Sistema de Telecomunicaciones con red MAN TDM serán los mismos que para el caso de *Frame Relay*, a excepción de los costos de repuestos.

Para estimar los costos de repuestos se ha considerado que los repuestos para los subsistemas (Telefonía y Megafonía, Telealarma, Telemedida y Telemando, Recaudación, CCTV, Radiocomunicaciones y S.A.E.) son los mismos que para la alternativa con *Frame Relay*. Los repuestos que cambiarían son los relacionados con los equipos de comunicaciones y cables.

Por lo tanto, para encontrar el costo de repuestos de equipos de comunicaciones y cables para la alternativa TDM, basta con encontrar la relación porcentual entre repuestos y equipos para el caso *Frame Relay* ( $[202.477,15/3'264.523,67] \times 100 = 6,2\%$ ) y aplicarla al caso con TDM.

En consecuencia, los costos de operación y mantenimiento del Sistema de Telecomunicaciones con red MAN TDM sería la siguiente:

Salarios al año para el personal de operación:

\$117.600,00 [USD]

|  |                    |
|--|--------------------|
| Salarios al año para el personal de mantenimiento: | \$ 60.600,00 [USD] |
| Costos de equipos de medición y herramientas:      | \$ 55.039,65 [USD] |
| Costos administrativos al año:                     | \$ 95.616,73 [USD] |
| Costos de reposición al año:                       | \$ 45.850,00 [USD] |
| Costos de Repuestos al año:                        | \$510.080,44 [USD] |

| ITEM  | DENOMINACIÓN  | TOTAL<br>[Dólares U.S.A.] |
|---|---|---------------------------|
| 1   | Repuestos sistema de Telefonía y Megafonía              | 1,814.67                  |
| 2   | Repuestos sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando | 2,227.50                  |
| 3   | Repuestos sistema de Recaudación                        | 3,564.00                  |
| 4   | Repuestos sistema de CCTV                               | 15,666.75                 |
| 5   | Repuestos sistema de Radiocomunicaciones                | 32,892.75                 |
| 6   | Repuestos sistema de Ayuda a la Explotación (S.A.E.)    | 93,651.53                 |
| 7   | Repuestos equipos de comunicación y cables              | 360,263.25                |
| <b>TOTAL DE REPUESTOS DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES</b> |   | <b>510,080.44</b>         |

Tabla 4.27. Resumen de precios de repuestos al año para el Sistema de Telecomunicaciones con TDM

En las siguientes figuras se muestra gráficamente la relación porcentual de los costos anuales de operación y mantenimiento para las dos alternativas. Los costos de equipos de medición y herramientas no se consideran por ser un gasto inicial y no anual.

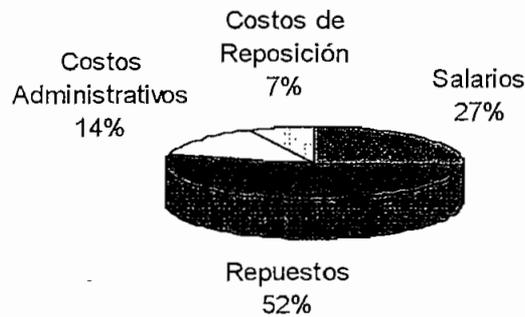


Fig. 4.1. Relación de los costos de operación y mantenimiento para la alternativa Frame Relay

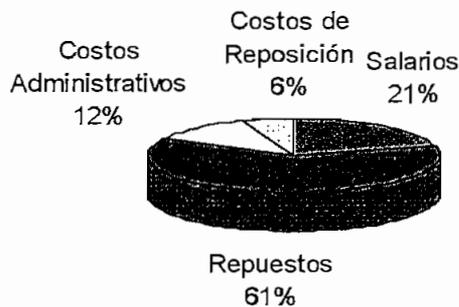


Fig. 4.2. Relación de los costos de operación y mantenimiento para la alternativa TDM

#### 4.4. COMPARACIÓN DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS INTEGRADAS DE COMUNICACIONES

Al observar los precios de ambas alternativas, se puede decir que el costo de la solución con TDM se encarece por la necesidad de emplear mayor número de equipos y cables.

Además, las longitudes de los cables de fibra óptica se incrementan debido a la topología necesaria para que la red TDM funcione de manera óptima y confiable.

La importancia que tienen los costos de los equipos de comunicaciones y cables para la red MAN en el Sistema de Telecomunicaciones se puede apreciar en las siguientes figuras.

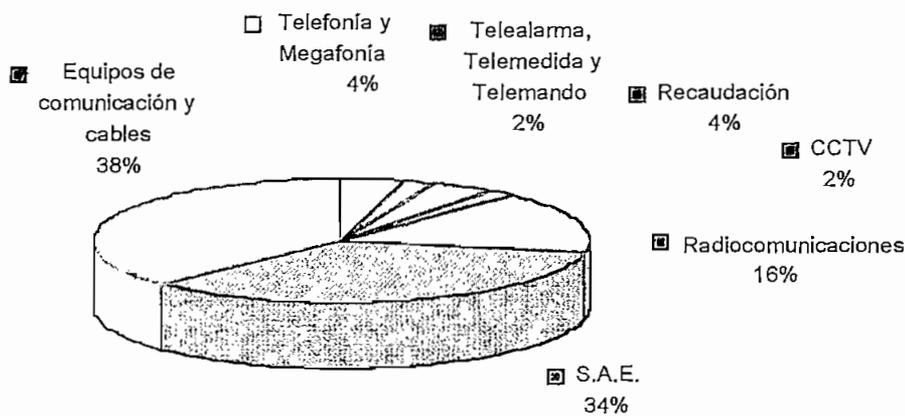


Fig. 4.3. Relación de costos de los componentes del Sistema de Telecomunicaciones con Frame Relay

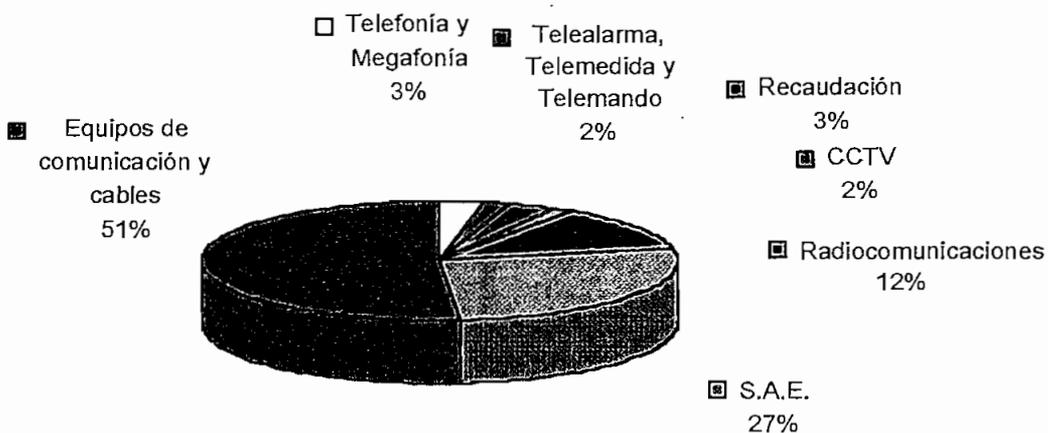


Fig. 4.4. Relación de costos de los componentes del Sistema de Telecomunicaciones con TDM

En el siguiente cuadro se puede observar la relación de costos de equipamiento entre las dos alternativas tecnológicas integradas para implantar la red MAN de este estudio (con sus subsistemas). Cabe señalar que se ha tomado como referencia la opción de menor precio (100%) para establecer la relación porcentual.

| Alternativa para implantar la red MAN | Precio total de equipamiento con subsistemas [Dólares U.S.A.] | Porcentaje |
|---------------------------------------|---|------------|
| Frame Relay                           | 8,759,696.37  | 100%       |
| TDM                                   | 11,303,669.60   | 130%       |

Tabla 4.28. Resumen de precios de las alternativas tecnológicas para la red MAN y relación porcentual

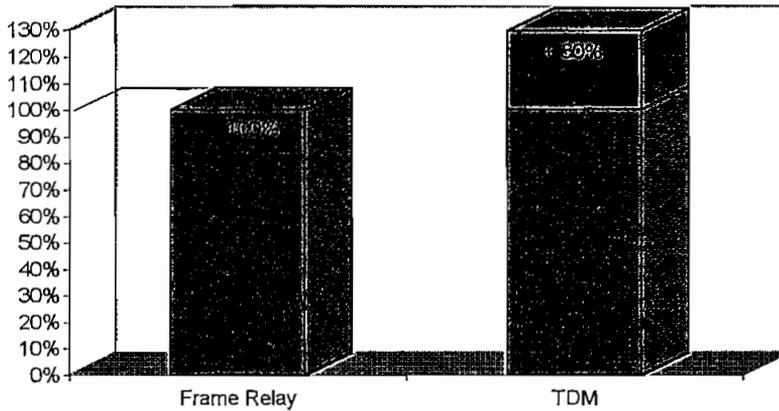


Fig. 4.5. Relación de costos de las alternativas tecnológicas para la red MAN

El incremento en costo para la alternativa TDM (30% más alto) se debe a que el diseño tiene que considerar el requerimiento **máximo** de tráfico. Esto implicará, también, el empleo de enlaces del ancho de banda estandarizado inmediatamente superior al solicitado por el sistema. Esto conlleva a que generalmente se desperdicie ancho de banda para que la red soporte la peor condición de tráfico.

Es decir, con TDM la probabilidad de que exista congestión es nula porque cada uno de los usuarios de una aplicación tendrá su canal asignado siempre libre y disponible. La

única limitación estará determinada por la capacidad y velocidad de respuesta de los equipos de destino de la información.

Se debe tomar en cuenta que:

- La congestión en la red causa pérdidas de información a tráfico de tiempo real, como son la voz y el vídeo.
- Muchos datos no son sensibles a los retardos, pero la transmisión de voz digitalizada puede escucharse entrecortada debido a estos.

Por otro lado, se puede implantar la misma red con *Frame Relay* a un costo mucho más bajo (2'543.973.24 de dólares americanos más barato), porque una red *Frame Relay* se configura para los requerimientos de tráfico mínimos y se mantiene el ancho de banda necesario para grandes volúmenes de ráfagas de datos, con el fin de que la probabilidad de congestión sea mínima. Esto se debe a que *Frame Relay* utiliza mejor el ancho de banda y, aunque originalmente fue concebido solo para transmisión de datos, en la actualidad transporta voz, datos y vídeo.

*Frame Relay* permite migrar fácilmente a mayores velocidades para nuevas aplicaciones que transmitan datos a alta velocidad (cientos de miles de bps) y comprendan ráfagas de información de ancho de banda intensivo, en patrones no predecibles que no toleren retardos excesivos en los enlaces MAN o WAN.

El incremento de aplicaciones de ancho de banda intensivos, patrones de tráfico no predecibles y el crecimiento de la demanda de usuarios se traduce en la necesidad de contar con redes que puedan proveer una gran capacidad de ancho de banda para satisfacer la demanda económicamente. *Frame Relay* es un interfaz de red diseñado para solventar este requerimiento en las aplicaciones tipo ráfaga (como la voz y el vídeo).

El ancho de banda puede ser otorgado a un usuario cuando los demás no envíen datos; así, las ráfagas pueden ir a mayor velocidad y obtenerse un mejor desempeño (*performance*) en la red que si se hubiera empleado intervalos de tiempos fijos.

*Frame Relay* es un protocolo para manejar aplicaciones de datos tipo ráfaga a bajo costo, mientras se mejora el tiempo de respuesta al usuario final y se incrementa el rendimiento, caracterizándose principalmente por:

1. Altas velocidades de transmisión
2. Bajo retardo en la red
3. Alta conectividad con otras tecnologías
4. Uso eficiente del ancho de banda

Además, *Frame Relay* no dispone de corrección de errores, por lo que las tramas con error son simplemente desechadas y luego retransmitidas por sistemas en los extremos. Esta capacidad habilita a sus nodos de conmutación para pasar el tráfico más rápidamente con una mínima cantidad de procesamiento, permite volúmenes de tráfico pesados y altas velocidades sin que necesariamente se incremente el costo o tamaño del equipo.

En general, las ventajas de *Frame Relay* son:

- Incrementa el desempeño de la red al minimizar los retardos de procesamiento. Por lo tanto, tiene un mejor tiempo de respuesta y maneja un mayor rendimiento, debido a que se trata de un protocolo orientado a paquetes.

El ancho de banda puede ser otorgado a un usuario cuando los demás usuarios no envíen datos; así, las ráfagas pueden ir a mayor velocidad y obtenerse un mejor desempeño de la red que si se hubieran empleado intervalos de tiempos fijos.

Usa multiplexación estadística con conmutación rápida de paquetes; de este modo el ancho de banda disponible es mejor y completamente utilizado por las aplicaciones activas, es decir, maneja el ancho de banda de acuerdo a la demanda.

- Como *Frame Relay* maneja todo tipo de tráfico de datos y permite transportar grandes volúmenes de datos tipo ráfaga a altas velocidades, la red tendrá un mejor rendimiento sin necesidad de incrementar la capacidad de enlaces. Esto implica que los usuarios de la red, que transportan información de un lugar a otro a través de una MAN o WAN, podrán hacerlo más ágilmente debido al rápido tiempo de respuesta.

- El corto tiempo de respuesta disminuye el costo por bit transmitido, puesto que el diseño de *Frame Relay* permite economizar en ancho de banda de la red. Adicionalmente, el interfaz de *Frame Relay* es de una sola línea y permite un ahorro tanto de ancho de banda como de *hardware*, pues reduce la complejidad de la red.

Al igual que X.25, *Frame Relay* soporta conexiones virtuales múltiples sobre un único interfaz de línea en el punto de acceso a la red, lo que elimina la necesidad de múltiples líneas de acceso y minimiza el número de interfaces de puertos requeridos.

Cuando se elimina las múltiples conexiones físicas entre los puntos extremos de la red, la topología de la red se simplifica mucho, lo que se traduce en dinero ahorrado por cada enlace que ya no es necesario.

*Frame Relay* reduce los costos de operación porque elimina la necesidad de múltiples líneas de acceso y minimiza el número de interfaces de puerto requeridos.

- Como *Frame Relay* está basado en estándares internacionales, se tiene la seguridad de encontrar fácilmente un camino de migración para la expansión de la red. De esta manera, el desarrollo y mantenimiento de la red no están atados a un solo proveedor.
- Si se considera los costos de *hardware* y del personal de mantenimiento cuando se emplean varias líneas de enlace para conectar a los dispositivos remotos, y si se estima el costo de arrendamiento por enlace, se puede apreciar la importancia de emplear *Frame Relay*.
- *Frame Relay* puede conectar redes que manejen distintos protocolos.

Una vez que se han realizado las observaciones mencionadas, que también deben ser consideradas a la hora de evaluar cuál es la mejor alternativa técnica y económica, se procederá a realizar una comparación de costos utilizando el concepto de valor presente.

#### 4.4.1. DEFINICIONES

##### *Estado de pérdidas y ganancias (P&G):*

Este estado financiero pretende medir las utilidades que la empresa obtiene en un período, usualmente un mes o un año. Considera los ingresos y los egresos causados en el período. En los ingresos usualmente se toma en cuenta las ventas realizadas durante un lapso determinado. Los egresos constituyen el costo de la mercancía vendida, el costo de mano de obra y una serie de expensas más generales, como arrendamientos, servicios, administración, etc. Se toman en cuenta las amortizaciones, que son gastos que se difieren en varios períodos, aún cuando su reconocimiento no signifique erogación alguna en efectivo.

##### *Flujo de caja:*

Es un estado financiero que mide solamente movimientos de efectivo. Considera todos los ingresos y egresos del período. Es usual subdividirlo en varias categorías, siendo la primera operacional. A diferencia del P&G, excluye depreciaciones y amortizaciones porque estas cifras no constituyen salidas de efectivo.

A renglón seguido se considera el plan de financiación. Como fuentes figuran todos los ingresos provenientes de aportes de socios y/o desembolsos de créditos contratados. Los egresos son los pagos de pasivos.

Esta serie de ingresos y egresos da lugar a saldos netos positivos o negativos que, interactuando con la caja del comienzo del período, resultan en la caja final.

##### *Ingreso:*

En contabilidad, un ingreso representa un flujo efectivo registrado en favor de una persona natural o jurídica.

Es la cantidad de dinero que se percibe con regularidad o que se carga en favor de una cuenta bancaria.

*Egreso:*

Es el flujo monetario que una persona, natural o jurídica, entrega a cambio de un flujo real de bienes y servicios. Contablemente, representa un valor monetario en contra de quien adquiere dichos productos.

*Amortización:*

Pago de cuotas de capital en efectivo o en especies durante un determinado período de registro; incluye vencimientos de ese período y/o de anteriores.

*Valor Presente:*

Una suma de dinero hoy es siempre equivalente a sumas mayores en el futuro. El mayor valor futuro es consecuencia natural del valor del dinero a través del tiempo (interés). Por lo tanto, es posible traer cantidades que serán desembolsadas en el futuro a un valor equivalente presente.

*Valor Presente Neto (VPN):*

Con la tasa de interés adecuada se calcula el valor presente de todos los ingresos en el flujo y luego se hace lo mismo para todos los egresos. Si el valor presente de los ingresos supera el de los egresos, el valor presente neto es positivo y la inversión es viable. El valor presente neto de una inversión se calcula a partir de flujos de caja, que no tienen que ser constantes, y equivale a una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos). El cálculo del valor presente neto VPN utiliza el modelo de la figura 4.4. y emplea la siguiente fórmula de cálculo:

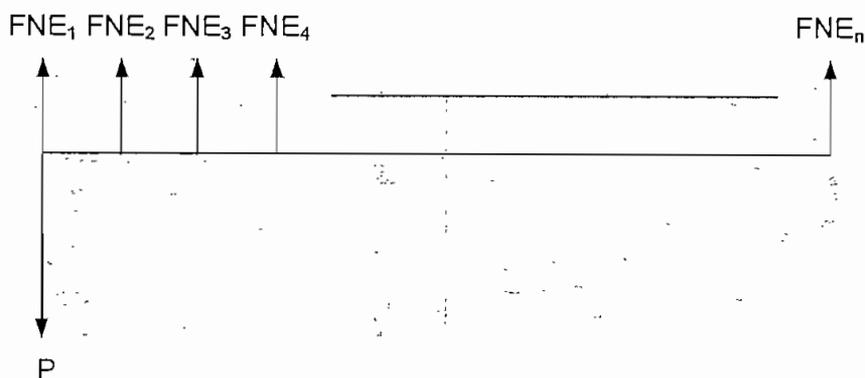


Fig. 4.6. Modelo del Valor Presente Neto

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

$FNE_n$  = Flujo neto de efectivo, que corresponde a la ganancia neta libre de impuestos del año.

$P$  = inversión inicial.

$i$  = Tasa de interés

#### 4.4.2. FINANCIAMIENTO

El Proyecto Trolebús para la ciudad de Quito tiene un financiamiento del Gobierno de España con las siguientes entidades financieras:

FAD - Fondo de Ayuda al Desarrollo de España 50%

Bancos Privados:

Deutsche Bank,

ABN AMRO Bank,

Banco Bilbao de Vizcaya S.A. (CESCE<sup>25</sup>) y Société Générale

} 50%

<sup>25</sup> CESCE - Compa a Española de Seguros de Crédito a la Exportación

*Monto del crédito, en dólares americanos [USD]:*

| FAD           | Bancos Privados | TOTAL         |
|---------------|-----------------|---------------|
| 27'499.353,53 | 27'499.353,53   | 54'998.707,06 |

*Pagos:*

| ITEM                    | FAD     | Bancos Privados |
|-------------------------|---------|-----------------|
| Plazo                   | 30 años | 12 años         |
| Periodo de Gracia       | 10 años | 2 años          |
| Periodo de amortización | 20 años | 10 años         |
| Interés anual           | 1%      | 7%              |

Para el Sistema de Telecomunicaciones se empleará la parte del crédito correspondiente en la misma proporción, 50% FAD y 50% Bancos Privados, y con el mismo sistema de pagos.

#### **4.4.3. INGRESOS Y BENEFICIOS DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES**

El proyecto del sistema de Telecomunicaciones para el Trolebús no está diseñado para transformar al Municipio en un proveedor de servicios de comunicaciones que generen utilidades.

Si bien es cierto que una red MAN sería muy atractiva para proveer comunicaciones a bancos y empresas, el Municipio de Quito no está facultado jurídicamente para lucrar a costa de su red.

No obstante, el Sistema de Telecomunicaciones sí puede generar ingresos desde el punto de vista del control de la evasión en el pago del pasaje del trolebús, ya que uno de sus fines es incrementar la recaudación de dinero en un 5%.<sup>26</sup>

Esto significa que si el Sistema Trolebús transporta 420.000 pasajeros diarios en

<sup>26</sup> De acuerdo con los datos obtenidos en la UOST, la evasión actualmente es del 6%.

promedio, como lo ha previsto, y si mantiene el valor del pasaje en 0,208 dólares americanos, el Municipio percibiría un ingreso aproximado de 1'572.480 dólares al año gracias al Sistema de Telecomunicaciones.<sup>27</sup>

Además de los ingresos por control de la evasión, el Sistema de Telecomunicaciones permitirá ahorrar gastos al Municipio en energía eléctrica, mantenimiento de los trolebuses, llantas y repavimentación, pues, con la ayuda del S.A.E., se obtendrán los datos necesarios para optimizar el servicio del trolebús. Con esta información se podrán organizar los circuitos (líneas o rutas) y frecuencias de vehículos para repartir, equitativamente, la carga de pasajeros entre la flota, y conseguir que el número óptimo de pasajeros sea transportado la mayor parte del tiempo.

El dinero que ahorrará el Municipio gracias a la información que proporcionará el SAE también se debe contar entre los ingresos que ofrecerá el sistema de comunicaciones. No obstante, el establecimiento de su monto anual, que es cuantificable, requiere de un estudio más profundo fuera del alcance de esta tesis.

Por otro lado, además de los ingresos en efectivo, deben tenerse en cuenta los beneficios intangibles y no cuantificables anualmente, no solamente del Sistema de Telecomunicaciones sino también del Sistema Trolebús, puesto que las comunicaciones están para su utilidad y, por su intermedio, al pueblo de Quito. Es importante señalar que la filosofía del transporte por trolebuses no tiene afán de lucro y, si se añade que su tarifa es subsidiada, mal podría esperarse que el Sistema de Telecomunicaciones tuviera una filosofía diferente a la de simplemente brindar un mejor servicio de transporte.

*“El análisis de costos desempeña un papel central en la economía administrativa, porque toda decisión administrativa requiere una comparación entre el costo de una acción y sus beneficios (...) Una decisión para pavimentar el lote de estacionamiento de los empleados o para remodelar el comedor de una compañía requiere una comparación entre el costo de los proyectos y los beneficios estimados que se espera*

---

<sup>27</sup> Para el cálculo en dólares se utilizó una cotización de 7.200 sucres por dólar al 31 de enero de 1.999.

*como resultado de un mejoramiento moral de los empleados”.*<sup>28</sup>

De acuerdo con estos criterios, y reparando en que los beneficios a los usuarios del trolebús no pueden ser recargados a la tarifa, a continuación se mencionarán, de manera general, todos las bondades del Sistema Trolebús y de su Sistema de Telecomunicaciones.

#### *Beneficios del Sistema Trolebús para la ciudad de Quito*

De manera general, se puede afirmar que la primera etapa del proyecto trolebús constituyó un éxito sin precedentes en el área del transporte urbano público local, porque demostró ser una solución eficaz y económica acorde con la demanda de transporte de la ciudad de Quito, con respecto a otras alternativas (metro, ferrocarril liviano, etc), de acuerdo con los estudios realizados en Quito en la Unidad de Planificación y Gestión del Transporte (UPGT).

El transporte por trolebús, que actualmente es la forma más rápida y económica de ir de extremo a extremo de la ciudad capital, es un sistema de alta rentabilidad social que brinda servicio a un promedio de 170.000 pasajeros diarios, transportados en los trolebuses y autobuses “alimentadores”. Adicionalmente, se pretende ampliar este sistema para atender 150.000 pasajeros diarios más con la Extensión Sur y 100.000 más con la Extensión Norte.

Diariamente, los trolebuses recorren 10 mil kilómetros y transportan un promedio de 4,5 millones de pasajeros por mes, con tarifas de S/. 1.500 (tarifa regular) y S/. 700 (tarifa económica para menores de edad, ancianos y discapacitados).

La Segunda Etapa del Sistema Trolebús, al igual que la Primera Etapa, brindará transporte público a la comunidad en general, incluyendo facilidades para personas discapacitadas (lo que no existe en ningún otro medio de transporte urbano), niños y

---

<sup>28</sup> J.L. PAPPAS - E.F. BRINGHAM, Fundamentos de la Economía y Administración, Capítulo 8 - Teoría de los costos, pag. 279, Ed. McGraw-Hill, México, 1984

ancianos. De esta manera, se beneficiarán directamente un número aproximado de 105.000 familias quiteñas e, indirectamente, 300.000 familias, lo que corresponde a 1'200.000 personas.

Con la implantación de la Segunda Etapa del Proyecto Trolebús, el pueblo de Quito es el principal beneficiario, ya que contará con un sistema de transporte urbano moderno, rápido y ecológico (sin contaminación de gases tóxicos, ruidos ni vibraciones).

De un estudio realizado por la UPGT, se desprende que, con la implantación del trolebús y el retiro de las unidades de transporte obsoletas, anualmente se eliminan 400 toneladas de elementos contaminantes lanzados a la atmósfera por los vehículos de combustión, se reducen los niveles de ruido, se garantiza la integridad de las edificaciones del centro histórico (los trolebuses son silenciosos y no causan vibraciones) y se beneficia a la salud de los ciudadanos.

Además, el trolebús es un medio de transporte veloz, más rápido que los autobuses convencionales porque dispone de un carril exclusivo y solamente deja o toma pasajeros en paradas fijas y determinadas; esto proporciona al usuario mayor seguridad vial y un ahorro considerable de tiempo en viajes.

Un autobús de línea convencional tardaría, aproximadamente, una hora y media en ir de la estación de El Recreo a la de La Y; actualmente, el trolebús sólo tarda 45 minutos. Esto se debe a que el conductor ya no pierde tiempo cobrando pasajes (tarea que se realiza dentro de los andenes de las paradas).

El pago del pasaje se realiza rápidamente en las paradas o estaciones de transferencia a través de las máquinas recaudadoras, que permiten el ingreso de los pasajeros a la parada en un tiempo promedio de 3 segundos. De esta manera, el chofer goza de la ventaja de no manejar dinero, lo que reduce el peligro de asaltos, y su trabajo se limita a conducir el vehículo.

El trolebús no tiene un alto riesgo de accidentes de tránsito y colisiones, debido a que no se puede rebasar al trolebús siguiente pues la ruta por la que circulan es rígida.

El trolebús tiene mayor capacidad que los autobuses convencionales (80 pasajeros máximo), ya que puede alojar 180 pasajeros cómodamente. Esto reduce el número de vehículos en la calzada y disminuye los tiempos de recorrido.

Otros beneficios para los usuarios de este moderno medio de transporte son los horarios, frecuencias definidas y su puntualidad.

Por todo lo expuesto, el sistema trolebús ha mejorado incuestionablemente el transporte urbano de los quiteños.

Una vez justificada la conveniencia de la presencia del trolebús en las calles de Quito, cabe destacar los beneficios que proporciona el Sistema de Telecomunicaciones, propuesto en este documento, como respuesta a los requerimientos y objetivos del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

### *Beneficios del Sistema de Telecomunicaciones*

#### **Beneficios del Sistema de Telefonía**

A través de las encuestas realizadas, cuyos resultados se encuentran en el Capítulo 1, se ha puesto de manifiesto la importancia de contar con un sistema de telefonía privada que permita varias comunicaciones de voz simultáneas entre el personal que labora en las paradas, estaciones de transferencia, oficinas, centros de control, bodega y taller.

Cabe recalcar que el beneficio a recibir por todo el personal que trabaja en el Sistema Trolebús es tan evidente como el hecho de poder comunicar situaciones de trabajo cotidianas y urgentes de manera instantánea, sin tener que perder tiempo ni dinero en recorrer largas distancias. Además, debe recordarse que, en determinadas situaciones de

emergencia, como huelgas y disturbios callejeros, es de vital importancia comunicarse de una manera rápida para evitar a tiempo pérdidas materiales e incluso humanas.

Por otra parte, el sistema de telefonía se ha sugerido de la forma más sencilla y económica para ajustarse estrictamente a las necesidades de los usuarios con solamente dos centrales telefónicas (o módulos de central) para cubrir los 24,8 km del trayecto de los trolebuses.

### **Beneficios del Sistema de Megafonía**

El sistema de megafonía es la única opción de comunicación de voz masiva e inmediata que existe para transmitir mensajes de información de interés general a las personas ubicadas en paradas y estaciones de transferencia.

Otra ventaja de la solución propuesta para todo el trayecto del trolebús es que emplea el sistema de megafonía actualmente instalado y conserva las facilidades de seleccionar paradas o grupos de paradas para enviar mensajes. De esta manera, se puede comunicar un mensaje a determinada parada o grupo de paradas sin que las demás sean perturbadas.

Adicionalmente, el sistema planteado es el más económico puesto que usa la facilidad de *paging*, de la que dispone cualquier central telefónica de última tecnología, en lugar de emplear otra central dedicada únicamente al sistema de megafonía.

### **Beneficios del Sistema de Telealarma, Telemedida y Telemando**

La necesidad de ampliar este sistema radica en la trascendencia que tiene el buen funcionamiento de las subestaciones de tracción. Esto se debe a que las subestaciones son las que proveen de energía eléctrica para el funcionamiento del trolebús (autobús eléctrico).

Por esta razón es de gran beneficio conocer de forma inmediata, automática y remota, en el centro de control de este sistema, las medidas y alarmas que se generen en cada subestación para poder tomar acciones correctivas lo antes posible, donde, en el mejor de los casos, pueda solucionarse el problema con telemando.

Asimismo, este sistema proporciona una herramienta fundamental al personal de mantenimiento a través de los reportes históricos que se generan, que pueden ser impresos y visualizados en la pantalla del centro de control.

El sistema que se propone puede emplear los mismos computadores actuales del centro de control e incorporar el sistema actual. De esta manera se optimizan los recursos ya disponibles.

### **Beneficios del Sistema de Recaudación**

La principal fuente de ingresos del trolebús son los pasajes pagados por los usuarios de este medio de transporte. Por lo tanto, el área de recaudación de pasajes es a la que se debe prestar atención y cuidado prioritario.

El sistema de recaudación no solo que permitirá un mejor control de la evasión del pago de pasajes sino que también proporcionará los datos del dinero recaudado en tiempo real, entre otros.

Además, es una herramienta de mucha utilidad en cuanto a mantenimiento, pues será de gran ayuda conocer rápidamente no solo la ubicación de la máquina descompuesta sino también el autodiagnóstico de aquella. Esto permitirá que los técnicos de mantenimiento ahorren tiempo en la determinación de la falla y traigan consigo los repuestos necesarios.

Finalmente, el Municipio puede ahorrar mucho tiempo y dinero si toma la política de impulsar agresivamente el uso de tarjeta magnética en lugar de dinero metálico. Así, se reduciría la probabilidad de daño de la máquina y, a través del sistema de recaudación, se evitaría que exista personal obligado a vaciar las alcancías de las máquinas cada cierto tiempo (a través de los 24,8 km con sus 66 paradas y 4 estaciones de transferencia, en un total de 191 máquinas), recontar las monedas y elaborar de forma manual los reportes diarios, mensuales y anuales necesarios, además de que corre el riesgo de ser asaltado. Mientras que, por otro lado, con la ayuda del sistema todo esto se realizaría automáticamente, en tiempo real y con mayor seguridad.

### **Beneficios del Circuito Cerrado de Televisión**

El CCTV proporcionará no solamente un mecanismo de control de la evasión del pago de pasaje sino que también contribuirá a la seguridad de los pasajeros y del personal que labora en la parada.

Además, permitirá visualizar las paradas de gran demanda, en las que se forman largas filas de personas en su exterior, para así regular mejor los horarios de los trolebuses en función de la matriz origen-destino de pasajeros.

### **Beneficios del Sistema de Radiocomunicaciones**

El Sistema de Radiocomunicaciones es el único que puede proporcionar comunicaciones a los usuarios móviles, tanto a los conductores de los trolebuses y vehículos de mantenimiento como a los empleados que no laboran en lugares fijos.

Además, constituye la base del sistema de localización automática de vehículos (AVL) que formará parte del S.A.E.

Por otra parte, el hecho de haber elegido un sistema de radiocomunicaciones troncalizado brinda varias ventajas, entre las que se encuentran:

- Posibilidad de distribuir la carga entre las repetidoras que serán parte del sistema.
- Optimización del uso del espectro radioeléctrico con pequeño tiempo de espera para ingreso al sistema por la compartición de las repetidoras.
- Desactivación remota de las unidades móviles en caso de que un radio transceptor sea robado, y fácil activación en caso de que sea recuperado.
- Control del uso del sistema por el personal, a través del registro de todas las llamadas que se hacen en el sistema.

### **Beneficios del Sistema de Ayuda a la Explotación**

El Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) ofrece diferentes servicios y responde a las necesidades, tanto de usuarios como del personal encargado de la operación de la flota de trolebuses. Por lo tanto, los beneficiarios de este sistema no serán solamente los usuarios del trolebús, el pueblo de Quito, sino también el Municipio como encargado de

este medio de transporte.

#### BENEFICIOS PARA EL MUNICIPIO

Mejorará el servicio de transporte, pues conseguirá una mejor planificación lo que, a su vez, permitirá una optimización de recursos.

Ofrecerá una buena imagen al usuario, debido a que la programación de los horarios de los trolebuses responderá a la demanda de pasajeros, por lo que se brindará un mejor servicio donde los usuarios puedan transportarse con comodidad.

El SAE se constituirá una herramienta importante para la planificación del uso del taller de mantenimiento, el despacho de los vehículos, etc, puesto que se podrán organizar mejor con ayuda de un computador. Es decir, será posible tener una programación de la flota de manera que el desgaste de llantas, y otras partes que se deterioran con el uso, sea por igual en todos los vehículos y posibilite disminuir costos operativos.

Por otra parte, el Municipio podrá ahorrar dinero al disminuir el desgaste del pavimento al equiparar la carga de pasajeros en los trolebuses, en función del número óptimo de pasajeros, y no permitir que circulen con demasiado peso para el asfalto.

Adicionalmente, se pondrá a disposición de los otros sectores del Municipio de Quito los datos más importantes sobre el sistema de transporte mediante trolebuses.

#### BENEFICIOS PARA LOS PASAJEROS

Los pasajeros podrán organizar mejor su tiempo pues contarán con un servicio puntual y que brindará información, por medio de pantallas en las paradas, de los tiempos de espera de los próximos trolebuses en llegar, desviaciones de los horarios y otras irregularidades.

En caso de irregularidades o retrasos, el SAE puede intervenir directamente en la reordenación del movimiento (despacho) de la flota y dirigir los trolebuses por circuitos y lazos alternativos más adecuados. Esta rápida reacción es posible gracias al contacto

directo con el vehículo, ya sea a través de la transmisión de datos por radio o bien por la comunicación hablada.

#### 4.4.4. FLUJO DE CAJA

Una vez conocidos los ingresos y egresos anuales para el Sistema de Telecomunicaciones, se procederá a elaborar el flujo de caja con su respectivo diagrama para cada alternativa.

El flujo de caja se dividirá en los siguientes componentes:

1. Un flujo operativo que contenga todos los ingresos y egresos operativos. Por el lado de los ingresos se registra lo recaudado por control de la evasión. Como egresos se reportan los pagos de salarios del personal de operación, salarios del personal de mantenimiento, repuestos, equipos de medición y herramientas, y costos administrativos. Sólo se incluyen los ingresos y egresos que se realicen dentro del período analizado (tiempo de vida útil del sistema).

Lo que se pretende con tener primeramente un flujo de caja operativo, es medir la capacidad del sistema para generar efectivo. Si de la operación no quedan sobrantes, ¿para qué continuar adelante? Un proyecto con flujo operativo negativo está fracasado. Con el efectivo sobrante se deberá pagar el principal de los créditos exigibles.

2. Un flujo prioritario que contenga los pagos de capital, correspondiente a los créditos tomados. Para el cálculo de la cantidad anual que debe pagarse se utilizará la siguiente fórmula:

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

La nomenclatura utilizada en la fórmula es como sigue:

$i$  = Tasa de interés (%)

$n$  = Número de períodos a considerar (años)

$P$  = Suma inicial de dinero

$A$  = Valor de los pagos uniformes que, hechos al final de cada período, durante  $n$  períodos, son equivalentes a  $P$  para una tasa de interés  $i$ %. Como para este caso el período considerado es el año,  $A$  recibe el nombre de anualidad.

- Cuotas de pagos uniformes del crédito FAD ( $i = 1\%$ ,  $n = 20$ ):

| <b>Alternativa Frame Relay</b> | <b>Alternativa TDM</b> |
|--------------------------------|------------------------|
| $P = 4'417.368,01$ USD         | $P = 5'689.354,63$ USD |
| $A = 244.789,84$ USD           | $A = 315.277,38$ USD   |

- Cuotas de pagos uniformes del crédito de los Bancos Privados ( $i = 7\%$ ,  $n = 10$ ):

| <b>Alternativa Frame Relay</b> | <b>Alternativa TDM</b> |
|--------------------------------|------------------------|
| $P = 4'417.368,01$ USD         | $P = 5'689.354,63$ USD |
| $A = 628.933,83$ USD           | $A = 810.036,10$ USD   |

3. Un flujo discrecional, que incluye los costos de reposición. Se denomina discrecional porque estas erogaciones sólo ocurren si quedan fondos para hacerlo.
4. Flujos financieros, constituido por lo que ingresa por concepto de créditos de corto y largo plazo.
5. Haciendo juego con la caja inicial, se deben sumar los ingresos netos operativos, restándoles los egresos prioritarios y los discrecionales y añadiéndoles los flujos financieros. El resultado es la caja final.

| AÑO                                    | 0            | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           | 11           | 12           |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| INGRESOS EFECTIVO                      |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Por control de la evasión              |              | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 |
| Total de ingresos operativos           |              | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 |
| EGRESOS OPERATIVOS                     |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Salarios del personal de operación     |              | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   |
| Salarios del personal de mantenimiento |              | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    |
| Repuestos                              |              | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   | 352,294.35   |
| Equipos de medición y herramientas     | 55,039.65    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Costos administrativos                 | 20,000.00    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    |
| Total de egresos operativos            | 75,039.65    | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   | 626,111.08   |
| FLUJO NETO OPERATIVO                   | -75,039.65   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   | 946,368.92   |
| PAGO DE EQUIPOS                        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Equipos del Sistema                    | 8,759,696.37 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| EGRESOS PRIORITARIOS                   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Pago crédito Bancos Privados           |              |              |              | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   | 628,933.83   |
| Pago crédito FAD                       |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 244,789.84   | 244,789.84   |
| EGRESOS DISCRECIONALES                 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Costos de Reposición                   |              | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   |
| FLUJOS FINANCIEROS                     |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Crédito Inicial                        | 8,834,736.02 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SALDO DE CAJA FINAL [USD]              | 0.00         | 660,518.92   | 660,518.92   | 31,585.09    | 31,585.09    | 31,585.09    | 31,585.09    | 31,585.09    | 31,585.09    | 31,585.09    | 31,585.09    | -213,204.75  | -213,204.75  |

Tabla 4.29. Flujo de Caja para el Sistema de Telecomunicaciones con red MAN Frame Relay

| AÑO                                    | 0             | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           | 11           | 12           |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| INGRESOS EFECTIVO                      |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Por control de la evasión              |               | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 |
| Total de ingresos operativos           |               | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 | 1,572,480.00 |
| EGRESOS OPERATIVOS                     |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Salarios del personal de operación     |               | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   | 117,600.00   |
| Salarios del personal de mantenimiento |               | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    | 60,600.00    |
| Repuestos                              |               | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   | 510,080.44   |
| Equipos de medición y herramientas     | 55,039.65     |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Costos administrativos                 | 20,000.00     | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    | 95,616.73    |
| Total de egresos operativos            | 75,039.65     | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   | 783,897.17   |
| FLUJO NETO OPERATIVO                   | -75,039.65    | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   | 788,582.83   |
| PAGO DE EQUIPOS                        |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Equipos del Sistema                    | 11,303,669.60 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| EGRESOS PRIORITARIOS                   |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Pago crédito Bancos Privados           |               |              |              | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   | 810,036.10   |
| Pago crédito FAD                       |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 315,277.38   | 315,277.38   |
| EGRESOS DISCRECIONALES                 |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Costos de Reposición                   |               | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   | 285,850.00   |
| FLUJOS FINANCIEROS                     |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Crédito inicial                        | 11,378,709.25 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SALDO DE CAJA FINAL [USD]              | 0.00          | 502,732.83   | 502,732.83   | -307,303.27  | -307,303.27  | -307,303.27  | -307,303.27  | -307,303.27  | -307,303.27  | -307,303.27  | -307,303.27  | -622,580.65  | -622,580.65  |

Tabla 4.30. Flujo de Caja para el Sistema de Telecomunicaciones con red MAN TDM

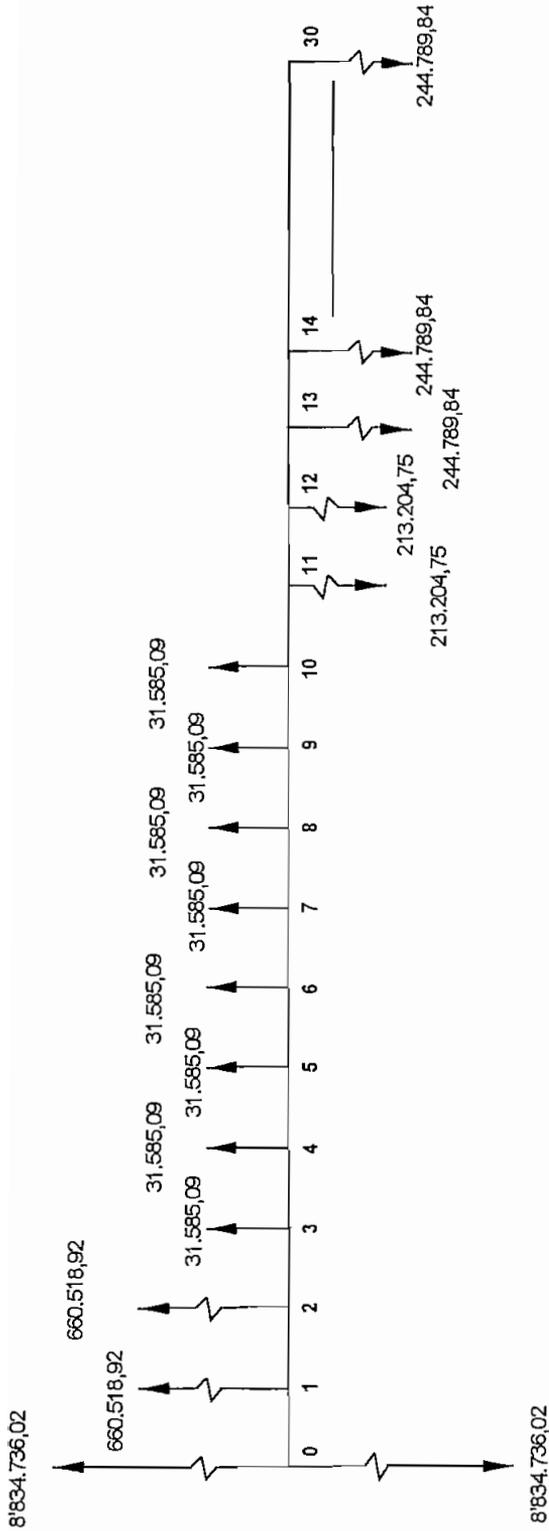


Fig. 4.7. Diagrama de Flujo de Caja para el Sistema de Telecomunicaciones con red MAN Frame Relay (valores en dólares americanos)

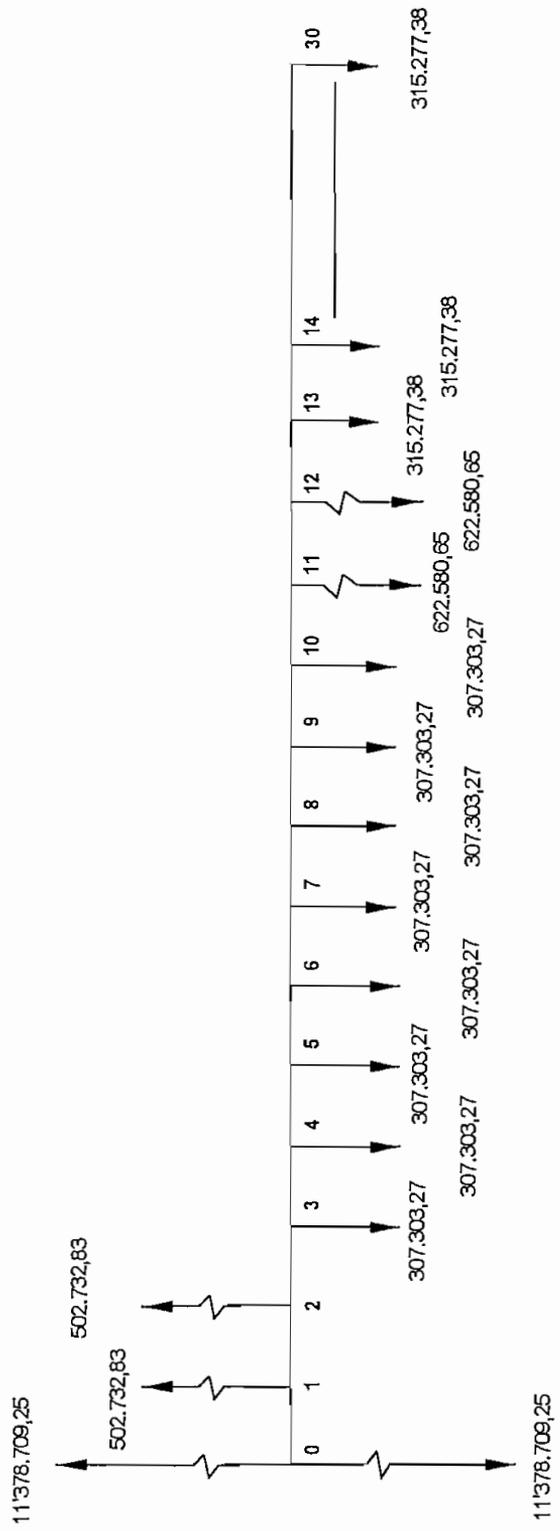


Fig. 4.8. Diagrama de Flujo de Caja para el Sistema de Telecomunicaciones con red MAN TDM (valores en dólares americanos)

| AÑO                              | ALTERNATIVA TDM       | ALTERNATIVA FRAME RELAY |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 0                                | -                     | -                       |
| 1                                | 502,732.83            | 660,518.92              |
| 2                                | 502,732.83            | 660,518.92              |
| 3                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 4                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 5                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 6                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 7                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 8                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 9                                | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 10                               | (307,303.27)          | 31,585.09               |
| 11                               | (622,580.65)          | (213,204.75)            |
| 12                               | (622,580.65)          | (213,204.75)            |
| 13                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 14                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 15                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 16                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 17                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 18                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 19                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 20                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 21                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 22                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 23                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 24                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 25                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 26                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 27                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 28                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 29                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| 30                               | (315,277.38)          | (244,789.84)            |
| <b>VALOR PRESENTE NETO [USD]</b> | <b>(4,853,508.97)</b> | <b>(1,157,318.43)</b>   |

Tabla 4.31. Valor Presente Neto de las alternativas de red MAN para el Sistema de Telecomunicaciones

Para calcular el valor presente neto se ha utilizado el índice de inflación (el índice de inflación en dólares americanos puede considerarse constante en un valor del 3% anual) como tasa de interés<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> LUIS FERNANDO GUTIÉRREZ, *Finanzas Prácticas para Países en Desarrollo*, Bogotá, Ed. Norma, 1994, pg. 284

Como se puede observar, a partir del año en que se comenzará a pagar el crédito FAD (año 11), el saldo de caja final para la alternativa *Frame Relay* es negativo, mientras que para la alternativa TDM el saldo es negativo a partir del tercer año (año en que se empieza a pagar el crédito con los Bancos Privados).

Es importante señalar que la deuda para la ejecución del Proyecto Trolebús en su conjunto es contraída por el Gobierno del Ecuador con el Gobierno español y los Bancos Privados, por lo que no constituye parte de los egresos operacionales del trolebús y el Municipio de Quito no pagará esa deuda. No obstante, cabe mencionar que los flujos de caja expuestos no consideran los ingresos cuya cuantificación está fuera del alcance de esta tesis (que han sido mencionados anteriormente) y los beneficios que deberían ser cargados a la tarifa, si ésta no fuera subsidiada.

De la misma manera que el Sistema Trolebús en su conjunto (con todos sus subsistemas) no es rentable, el valor presente neto para TDM y *Frame Relay* es negativo, lo que indica que el Sistema de Telecomunicaciones tampoco es rentable. Por este motivo, y dada la importancia del Proyecto Trolebús, es posible que el Gobierno español otorgue un crédito FAD y la deuda sea asumida por el Gobierno del Ecuador. De no ser así, este tipo de crédito blando sería una competencia desleal con los demás países de la Unión Europea, como lo expresaron las autoridades británicas en su impugnación al crédito FAD para el Proyecto de Trolebuses de Quito (donde solicitaron que se demuestre la no rentabilidad financiera del Proyecto).

Por otra parte, debe tenerse en consideración que, si bien la filosofía del sistema no persigue fines de lucro, el flujo neto operativo es positivo durante todo el tiempo de vida útil para las dos alternativas, aunque es menor para el caso de TDM.

Luego del período de vida útil del sistema, obviamente ya no se generarán ingresos y el saldo de caja final por año (tanto en el caso de TDM como de *Frame Relay*), desde el año 13 hasta el 30, será negativo y el mismo que el registrado para el año 13.

En consecuencia, debido a que:

- La probabilidad de congestión con *Frame Relay* es mínima con el dimensionamiento de la red propuesto
- Las dos alternativas tienen el mismo tiempo de vida útil
- El costo inicial de la alternativa TDM es 30% más alto que aquella con *Frame Relay*
- El costo anual de operación y mantenimiento es mayor para la alternativa TDM respecto de la *Frame Relay*.
- El flujo neto operativo (FNO) anual es 157.786,09 dólares americanos menor para la alternativa TDM ( $FNO_{Frame\ Relay} - FNO_{TDM} = 946.368,92 - 788.582,83 = 157.786,09$  [USD]), que significa aproximadamente el 17% del FNO anual de la alternativa *Frame Relay*.
- Las dos alternativas prestarían los mismos servicios y soportarían las mismas aplicaciones
- La opción con *Frame Relay* presenta suficientes ventajas como para economizar 2'543.973,24 dólares americanos (diferencia de precios iniciales entre las soluciones con las dos alternativas) y sacrificar la ausencia de congestión que ofrece TDM.
- La mejor alternativa económica será aquella que posea mayor valor presente neto (VPN) y aunque el VPN de las dos alternativas es negativo, el VPN del Sistema de Telecomunicaciones con red MAN *FrameRelay* es 3'696.190,55 dólares americanos mayor que para la opción con TDM.

De la comparación entre las dos posibilidades para la implantación de la red MAN, se concluye que la mejor alternativa técnica y económica es la que emplea *Frame Relay*.

# CAPITULO 5

**CONCLUSIONES  
Y  
RECOMENDACIONES**

# 5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente el servicio de transporte municipal a través de Trolebús tiene un alcance de miles de pasajeros cada día. El flujo de personas que transita por cada una de las paradas (aproximadamente 170 mil personas por día en todo el sistema, en promedio) es tan grande que, con la infraestructura actual, no se puede tener un control efectivo de ciertos parámetros que permitirían mejorar la calidad del servicio a darse en un futuro al creciente número de usuarios del trolebús.

En las grandes ciudades de países avanzados, cada una de las paradas de sus medios de transporte urbano masivo (metro por ejemplo) provee de algunos servicios además del transporte a los usuarios que por ellos transitan. Tales servicios son vigilancia y seguridad a través de circuitos cerrados de televisión, llamadas de emergencia mediante el uso de redes de telefonía interna, consultas de temas relacionados a turismo, pago de impuestos o información de la ciudad, entre otros.

### *Cumplimiento de objetivos*

Para el Proyecto Trolebús se ha diseñado un Sistema de Telecomunicaciones que cumple con los requerimientos del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, sobre la que se podrá transmitir voz, datos, vídeo a lo largo de todo el trayecto del Sistema Trolebús actual y futuro (24,3 km) con los siguientes subsistemas:

- Telefonía y Megafonía
- Telealarma, Telemedida y Telemando
- Recaudación
- Circuito Cerrado de Televisión

- Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE)
- Radiocomunicaciones

Para el Sistema de Telecomunicaciones del Proyecto Trolebús se demandan servicios multimedios, que deben ser suministrados en cada parada y estación de transferencia del trayecto que recorrerán los trolebuses y, de acuerdo a los intereses del Municipio, la red de comunicaciones a implantarse permitirá centralizar todas las aplicaciones que formarán parte de dicho sistema de Telecomunicaciones en un solo punto de control y distribución, a ubicarse en la estación de transferencia El Recreo.

El Sistema de Telecomunicaciones diseñado, con sus subsistemas, pretende dar solución con tecnología de punta a los problemas de:

- Saturación de paradas por problemas en las frecuencias entre trolebuses
- Demora en las reparaciones
- Falta de investigación constante y actualizada de la demanda de pasajeros
- Comunicaciones de voz entre el personal que labora a lo largo del trayecto de los trolebuses
- Comunicación de voz masiva e inmediata para transmitir mensajes de información de interés general a las personas ubicadas en paradas y estaciones de transferencia
- Falta de información inmediata y automática sobre el funcionamiento de todas las subestaciones de tracción, con la posibilidad de solucionar problemas remotamente
- Ausencia de control de la evasión del pago de pasajes
- Información sobre los datos del dinero recaudado en tiempo real
- Falta de información para el personal de mantenimiento
- Seguridad de los pasajeros y del personal que labora en la parada
- Comunicaciones de voz al personal móvil (tanto a los conductores de los trolebuses y vehículos de mantenimiento como a los empleados que no laboran en lugares fijos)
- Mayor comodidad y mejor imagen al usuario del trolebús
- Planificación automática del uso del taller de mantenimiento, el despacho de los vehículos, programación de la flota de manera que el desgaste de llantas, y otras

partes que se deterioran con el uso, sea por igual en todos los vehículos y posibilite disminuir costos operativos

- Disminuir el desgaste del pavimento al equiparar la carga de pasajeros en los trolebuses en función del número óptimo de pasajeros, y no permitir que circulen con demasiado peso para el asfalto
- Disponibilidad de los datos más importantes sobre el sistema de transporte mediante trolebuses para otros sectores del Municipio de Quito (Auditoría, Unidad de Planificación y Gestión del Transporte, etc)
- En caso de irregularidades o retrasos, poder intervenir directa y automáticamente en la reordenación del movimiento (despacho) de la flota y dirigir los trolebuses por circuitos y lazos alternativos más adecuados
- Falta de información sobre restricciones a los usuarios a través de letreros en paradas y estaciones
- Largos tiempos de espera de los usuarios del trolebús

#### *Elección del medio de transmisión para el diseño del Sistema de Telecomunicaciones*

La centralización de la información se realizará a través de los medios de transporte de información disponibles en el mercado, como son radio, cables de cobre, cables de fibra óptica, etc.

Debido a disposición de las paradas a lo largo de la ciudad, el tratar de implantar un sistema independiente para cada uno de los servicios antes mencionados, harían que los costos de este proyecto sean muy elevados inclusive el mantenimiento a futuro de cada uno de ellos. Por lo tanto, vista la factibilidad de solucionar los requerimientos del sistema en base a redes individuales para cada subsistema (Telefonía y Megafonía, Radiocomunicaciones, Telealarma - Telemedida - Telemando, Recaudación, CCTV y S.A.E.), y dado que es posible implantar una sola red que integre todos los servicios, se determina que es mejor optar por esta última alternativa.

Esta elección se debe a que una sola red, en lugar de varias, reduce la complejidad del sistema y simplifica su desarrollo, operación, gestión, control y mantenimiento.

Consecuentemente, disminuyen los costos concernientes a estos aspectos, porque se reduce la cantidad de *hardware* y cableado necesario.

De los diferentes medios de transmisión analizados en el capítulo 2, para la red integrada de comunicaciones de voz, datos y vídeo del sistema de transporte trolebús deberá emplearse como medio guiado de transmisión como troncal principal (*backbone*) fibra óptica debido a que:

- De todos los medios guiados analizados, la fibra óptica es la que se adapta más fácilmente a los avances tecnológicos de comunicaciones, los nuevos estándares que aparezcan con sus mejoras o velocidades.
- Puede manejar anchos de banda mucho mayores que el cobre y por tanto transportar un volumen de información mayor. Además, la fibra es muy delgada, lo que permite disponer de más espacio dentro de una tubería.
- La fibra óptica es más segura, en cuanto a privacidad, debido a la complejidad de hacer empalmes o derivaciones clandestinas para intervenir las comunicaciones y extraer información de la red ilícitamente.
- Debido a su baja atenuación, la información puede recorrer grandes distancias sin repetidor.
- La señal que viaja por fibra óptica es inmune a interferencias electromagnéticas.
- Los enlaces por fibra óptica tienen mayor vida útil que los de cable multipar, que duran entre 20 y 50 años o que los satelitales que permanecen entre 12 y 14 años.
- Como se trata de un material dieléctrico, al estar unidos el transmisor y el receptor por un material aislante, implica que pueden estar a diferentes potenciales y que, incluso, se pueda hacer mantenimiento con los equipos activados.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la complejidad en la instalación de los sistemas de fibra óptica es mayor que cualquiera de los otros medios de transmisión mencionados debido a su poca resistencia mecánica y al costo de los equipos especiales de precisión que se requieren para hacer empalmes.

Por otro lado, en caso de una pequeña falla mecánica en la fibra óptica se pierde gran cantidad de información. Por esta razón, se debe tener redundancia.

La solución planteada está basada, principalmente, en la utilización de dos tipos de medios de transmisión:

- El medio físico por donde se transmitirá la información de las instalaciones fijas y que constituirá el *backbone* será fibra óptica. El cable de fibra óptica cubrirá todo el tramo de recorrido del trolebús e integrará las comunicaciones de voz (Telefonía y Megafonía en las paradas de los trolebuses, oficinas administrativas, estaciones de transferencia y taller), datos (Telealarma, Telemedida y Telemando en las subestaciones de tracción, Sistema de Recaudación e información proveniente de los dispositivos fijos del Sistema de Ayuda a la Explotación) y vídeo (CCTV en las paradas de los trolebuses y estaciones de transferencia).

Adicionalmente, las siguientes interconexiones utilizarán cable de cobre:

- Desde las paradas o estaciones de transferencia a la subestación de tracción más cercana.
  - De la estación de El Recreo al taller, bodega y oficinas administrativas.
  - Dentro de las paradas y estaciones de transferencia existirá cableado estructurado, de acuerdo a las normas internacionales EIA/TIA 568A, utilizando par trenzado UTP categoría 5.
- El segundo medio de transmisión será no guiado. Se utilizará radiofrecuencia para comunicaciones de voz (de las unidades móviles y de personal que no labora en lugares fijos) y datos (para el sistema de localización automática de vehículos que formará parte del S.A.E.)

Además se prevén enlaces de respaldo de modo que, si en cualquier momento se segmentara la red, no necesariamente se dejará de proveer los servicios a los puntos del otro lado de la red (esquema tipo anillo). Para esto se utilizará un enlace de microondas de 2 Mbps para redundancia, que cerrará la red en anillo y proporcionará un camino

alternativo para las comunicaciones, en el caso que el *backbone* sufra una ruptura o que algún equipo de comunicación dejara de funcionar adecuadamente.

### *Elección de la tecnología para el diseño del Sistema de Telecomunicaciones desde el punto de vista técnico*

Existen varias tecnologías disponibles en el mercado de comunicaciones para dar solución a las necesidades planteadas (FDDI, ATM, Sistemas propietarios, TDM y *Frame Relay*). Sin embargo:

- FDDI está centrado en dar una solución para datos LAN y no tiene interfaces que soporten voz y vídeo.
- ATM, que reúne las condiciones de transportar voz, datos y vídeo, implica que los equipos sean sobredimensionados y eleven injustificadamente los costos de la solución requerida. Además, es una tecnología que se encuentra en desarrollo, no está estandarizada y es ineficiente para tráfico de datos sobre enlaces de baja velocidad, pues, si los niveles de tráfico no son lo suficientemente grandes, tiene altos costos operacionales y de desarrollo. ATM es recomendable únicamente cuando el tráfico excede los 45 Mbps.
- Los sistemas de comunicación propietarios podrían trabajar con multiplexores en configuración anillo a 100 Mbps, con *slots* suficientes e interfaces estandarizados para soportar voz, datos y vídeo en distintos formatos (LAN, WAN, MAN). Pero, una vez ingresado a este medio de comunicación, se depende permanentemente de un único fabricante en aspectos tales como: respaldos de *software* y repuestos, soporte técnico, mantenimiento, etc.
- TDM puede incorporar todas las aplicaciones y dispone de interfaces para fibra, por lo que se pueden diseñar varias rutas que simulen estrellas y subestrellas de transmisión, de modo que sea posible concentrar en un punto central todo el tráfico de voz, datos y vídeo.
- *Frame Relay* también maneja todos los servicios y dispone de interfaces tanto para cobre como para fibra. Así, también es posible diseñar una red en anillo o en estrellas

y subestrellas de transmisión que supla todas las necesidades del sistema y sea confiable.

Por lo tanto, de las dos alternativas con que es posible implantar la red, TDM y *Frame Relay*, se puede decir que:

- Tanto TDM como *Frame Relay* pueden conformar una red multimedia para administración y control, con los beneficios que proporcionan los conceptos y tecnología de redes empleados en aplicaciones de voz y vídeo.
- TDM es una tecnología antigua que asigna un intervalo de tiempo fijo (canal) para cada aplicación por lo que se desperdicia ancho de banda y se reduce el rendimiento.
- Un multiplexor TDM requiere un equipo adicional (*router*) para el manejo exclusivo del tráfico de datos.
- *Frame Relay* terminó el trabajo técnico en la elaboración de sus estándares en 1.991, y desde 1.994 hace integración multimedia. Es así que es posible integrar servicios de voz, datos y vídeo sobre un solo equipo en cada parada y repetir la configuración para las demás paradas. De esta manera, todas ellas pueden ser controladas y administradas desde un único centro de control ubicado en El Recreo con flexibilidad para adaptarse a nuevas aplicaciones.
- *Frame Relay* utiliza la conmutación de paquetes y, mediante multiplexación estadística STDM (*Statistical Time Division Multiplexing*), se aprovecha el ancho de banda disponible por las aplicaciones activas (maneja el ancho de banda de acuerdo a la demanda), con lo que se mejora el rendimiento y los tiempos de respuesta.
- El diseño con TDM tiene que considerar el requerimiento máximo de tráfico. Esto implicará, también, el empleo de enlaces del ancho de banda estandarizado inmediatamente superior al solicitado por el sistema. Esto conlleva a que generalmente se desperdicie ancho de banda pero que la red soporte la peor condición de tráfico. Es decir, con TDM la probabilidad de que exista congestión (que causa pérdidas de información a tráfico de tiempo real como son la voz y el vídeo) es nula porque cada uno de los usuarios de una aplicación tendrá su canal asignado siempre libre y disponible. La única limitación estará determinada por la capacidad y velocidad de respuesta de los equipos de destino de la información.

- Se puede implantar la misma red con *Frame Relay*, a un costo mucho más bajo pues mientras una red TDM se debe diseñar para tráfico máximo, una red *Frame Relay* se configura para los requerimientos de tráfico mínimos y se mantiene el ancho de banda necesario para grandes volúmenes de ráfagas de datos, con el fin de que la probabilidad de congestión sea mínima. Esto se debe a que *Frame Relay* utiliza mejor el ancho de banda.
- Tanto TDM como *Frame Relay* cuentan con equipos que soportan las PBX actuales que manejan FXS/FXO, E&M, planes de numeración, puertos de interfaz y métodos de señalización entre PBXs.
- Ninguna de las dos tecnologías se puede manejar extensiones telefónicas digitales. La explicación de este inconveniente obedece a que las interfaces de las PBX no están normalizadas y, tanto a la entrada como a la salida del multiplexor o del FRAD, se tiene señal analógica en lugar de digital.
- *Frame Relay* no dispone de corrección de errores, por lo que las tramas con error son simplemente desechadas y luego retransmitidas por sistemas en los extremos. Esto permite pasar el tráfico más rápidamente con una mínima cantidad de procesamiento para volúmenes de tráfico pesados y altas velocidades.
- Con *Frame Relay* la red tendrá un mejor rendimiento sin necesidad de incrementar la capacidad de enlaces, pues economiza en ancho de banda y tiene un interfaz de una sola línea que permite un ahorro de *hardware*, por lo que se reduce la complejidad de la red al eliminar la necesidad de múltiples líneas de acceso y minimizar el número de interfaces de puertos requeridos.

Con estos antecedentes se concluye que la mejor solución técnica es *Frame Relay*. Por lo tanto, la solución presentada hará uso de nuevas tecnologías en el campo de Multimedia para el transporte de información de voz, datos y vídeo, y se empleará como protocolo de comunicación para transportar el tráfico a altas velocidades de paquetes de información en la red MAN e integrar todos los servicios en un solo medio físico.

Por lo tanto, los equipos que permiten utilizar un mismo medio para combinar voz, datos y vídeo en la red MAN propuesta son FRADs (*Frame Relay Access Device* ≡ Dispositivo de Acceso a *Frame Relay*). Estos equipos poseen todas las interfaces

necesarias para conexión con computadores, centrales telefónicas, cámaras de vídeo y dispositivos seriales. Con esto en cada parada se pueden tener las siguientes funciones:

- Comunicación a un punto central a través de extensiones telefónicas a una PBX.
- Cámaras de vídeo ubicadas en todas las estaciones de transferencia y paradas permitirán que se monitoreen las actividades desde computadores centrales y en caso de un acto delictivo poder actuar en forma inmediata para evitarlo.
- Obtener información en línea de lo recaudado en los monederos durante el transcurso del día.
- Controlar el despliegue de información en letreros luminosos para información del usuario.

Para que este esquema funcione, debe existir un punto central donde se controlen todos estos procesos. La estación de El Recreo en el Sur será el lugar donde se ubique la central telefónica, los monitores para visualizar las imágenes enviadas por las cámaras y los computadores que procesen la información enviada por las máquinas recaudadoras y contadores de personas en cada parada. Además, se podrá realizar la administración y mantenimiento de los equipos de comunicaciones desde un computador, con lo que en caso de existir alguna falla de tipo técnico se podría determinar la causa y tomar la acción correspondiente.

Por otra parte, con *Frame Relay* se puede utilizar la red MAN para brindar otros servicios como descentralización de los trámites municipales, pago de impuestos, etc; debido a que está basado en estándares internacionales y es posible integrar redes LAN que actualmente existan en el Municipio.

### ***Elección de la tecnología para el diseño del Sistema de Telecomunicaciones desde el punto de vista económico***

Una vez analizada la conveniencia técnica de la solución, se estudió qué alternativa era la más conveniente desde el punto de vista económico y se concluye que la opción de la red

MAN con *Frame Relay* es la mejor, por la comparación de costos utilizando el concepto de valor presente realizada en el Capítulo 4 y debido a que:

- Esta solución permitirá obtener un ahorro muy significativo desde la implantación inicial del proyecto hasta su administración y mantenimiento futuro. Además que los servicios que se pueden ir añadiendo más adelante son numerosos luego que la plataforma de comunicaciones ya se encuentre establecida.
- La probabilidad de congestión con *Frame Relay* es mínima con el dimensionamiento de la red propuesto
- Las dos alternativas tienen el mismo tiempo de vida útil
- El costo inicial de la alternativa TDM es 30% más alto que aquella con *Frame Relay*
- El costo anual de operación y mantenimiento es mayor para la alternativa TDM respecto de la *Frame Relay*.
- El flujo neto operativo anual es mucho menor para la alternativa TDM que para *frame Relay*.
- Las dos alternativas prestarían los mismos servicios y soportarían las mismas aplicaciones
- La opción con *Frame Relay* presenta suficientes ventajas como para economizar en la inversión inicial y sacrificar la ausencia de congestión que ofrece TDM.
- La mejor alternativa económica es aquella que posea mayor valor presente neto (VPN) y, aunque el VPN de las dos alternativas es negativo, el VPN del Sistema de Telecomunicaciones con red MAN *FrameRelay* es mucho mayor que el de la opción con TDM.

#### ***Sistema informático recomendado para el centro de control del SAE***

Por otra parte, para el conjunto del sistema informático del centro de control del S.A.E., se ha previsto una red de alta velocidad sobre WINDOWS-NT, frente a otras soluciones, por los siguientes motivos:

- Se consigue un sistema más accesible y manejable gracias al conjunto de herramientas gráficas disponibles en el mercado.

- Es un sistema cliente - servidor que permite fácilmente la distribución de recursos, ya que reparte el trabajo entre los ordenadores de la red.
- Permite la distribución de procesos entre ordenadores.
- Windows – NT es un sistema operativo de bajo costo inicial, con múltiples herramientas, suministradas por diversos proveedores a precios muy competitivos.
- La conexión de Windows – NT a TCP/IP le permiten compartir redes Ethernet con otros sistemas basados en UNIX, por lo que puede llegar a coexistir y compartir datos con otras aplicaciones.
- Está muy difundido en el mercado ecuatoriano.

### *Tipo de contrato recomendado para el personal de operación y mantenimiento*

Es importante señalar que contratar el mantenimiento a una empresa privada implica el 10% del costo total del equipamiento cada año, es decir, 875.969,6 USD, mientras que con personal de planta para mantenimiento y operación, así como adquisición de repuestos por parte del Municipio se tendría un gasto anual de 530.494,35 USD (con una inversión inicial de 55.039,65 USD en equipos de medición y herramientas). Con lo que queda demostrado que económicamente es más conveniente para el Municipio tener personal de planta para operación y mantenimiento del sistema.

### *Perspectivas del Sistema de Telecomunicaciones*

Finalmente, cabe mencionar que, mediante el Sistema de Telecomunicaciones propuesto, no solamente se dará solución a los problemas y requerimientos del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito con la mejor alternativa técnica y económica, sino que sería posible instalar a futuro, en alrededores de la ruta de los trolebuses (a lo largo de toda la ciudad), kioskos multimedia donde los usuarios del trolebús puedan hacer consultas y transacciones con el Municipio, conectar teléfonos de emergencia que se comunicarían con el 911 e incluso (si la ley lo permitiera) rentar enlaces a los bancos para que puedan tener cajeros automáticos a lo largo de la ruta del trolebús.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AEG, Modicon Modbus Plus - System Description, USA, 1994.
2. ASA COMMUNICATIONS, Digicom Intercom System For Heavy Industry, Suecia, 1994.
3. AYALA, Paola y CARRILLO, Héctor, Estudio de Impacto del Sistema Trolebús, Tesis ESPE, 1996.
4. BARRIGA, Erwin, PÉREZ, Tania, Curso de Televisión, EPN, 1995.
5. BELLAMY, John, Digital Telephony, John Wiley & Sons, New York, 1982.
6. CABLEC, Catálogo de Conductores Eléctricos, Quito.
7. CARRIÓN, Hugo, Cátedra de Telefonía II - Apuntes de Clase, EPN, 1997.
8. JOHNSON CLEAR CHANNEL LTR, Aplication Note 800 and 900 MHz Trunked Mobile Relay System, USA, 1995.
9. ERICSSON, EDACS Explained, Virginia, 1997.
10. FEHER, Camilo, Digital Communications / Satellite / Earth Stations, New Jersey, Prentice Hall, 1983.
11. GARCÍA, Cristóbal, Cátedra de Comunicaciones Ópticas - Apuntes de Clase, EPN, 1997.
12. GITMAN Lawrence, Fundamentos de Administración Financiera, Harla, México, 1986.

13. GRUPO ESPAÑOL GENERAL CABLE, Catálogo de Cables de Fibra Óptica, Zaragoza.
14. GUTIÉRREZ Luis Fernando, Finanzas Prácticas para Países en Desarrollo, Norma, Colombia, 1992.
15. HIDALGO, Pablo, Cátedra de Telefonía I - Apuntes de Clase, EPN, 1996.
16. HIDALGO, Pablo, Curso de Centrales Telefónicas Privadas Digitales, EPN, 1996.
17. IBM, Soluciones IBM para el transporte público, Buenos Aires, 1997.
18. IMPSAT, Curso de Frame Relay, Quito, 1998.
19. PAPPAS - E.F. BRINGHAM, Fundamentos de la Economía y Administración, McGraw-Hill, México, 1984.
20. JENNINGS, Kenneth, Modbus and Phone Modems, USA, 1996.
21. JIMENEZ, Soledad, Cátedra de Comunicación Digital - Apuntes de Clase, EPN, 1997.
22. LASCANO, Neptaly, Diseño del Sistema Troncalizado de Radio para el Área Metropolitana de la Ciudad de Guayaquil, Tesis EPN, 1997
23. LEDESMA, Bolívar, Estudio de Cable Estructurado, EPN, 1996.
24. MOTOROLA UNIVERSITY PRESS, The Basics Book of Frame Relay, Addison - Wesley, Massachusetts, 1993.
25. MOTOROLA, Descripción Genérica del Sistema Smartnet II+ de Motorola, Quito, 1997.

26. MOTOROLA, Guide To Wide Area Networking Products, USA, 1997.
27. MOTOROLA, Transportation management and automatic vehicle location, USA, 1995.
28. ORTEGA, Patricio, Cátedra de Comunicación por Microondas - Apuntes de Clase, EPN, 1997.
29. OTE, Tetra System: Telecommunications Standard For Private Mobile Radio, Italy, 1996.
30. RAMÍREZ, David, Contabilidad Administrativa, McGraw- Hill, Monterrey, 1980.
31. SHIGUEO, Roberto, Data, Voice and Video Integration: A Wider View of Networking, 1998.
32. SHOTWELL, Allen, An Introduction to Fiber Optics, Prentice Hall, New Jersey, 1997.
33. SIEMENS, Telecomunicación Digital: Información Básica, Marcombo, Barcelona, 1988.
34. SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS (SICE), Soluciones de Comunicaciones para Sistemas de Transporte, Madrid, 1996.
35. TANENBAUM, Andrew, Computer Networks, Prentice-Hall, New Jersey, 1996.
36. TUFÍÑO, Franz, Análisis de Centrales Telefónicas Privadas Digitales de Mediana y Baja Capacidad, Criterios de Selección y Dimensionamiento, Tesis E.P.N., 1994.

37. UIT, Recomendación G.703 : Características Físicas y Eléctricas de los Interfaces Digitales Jerárquicos, Ginebra, 1991.
38. UIT, Recomendación G.704: Estructuras de Trama Síncrona Utilizadas en los Niveles Jerárquicos Primario y Secundario, Ginebra, 1991.
39. UIT, Recomendación G.707: Interfaz de Nodo de Red para la Jerarquía Digital Síncrona, Ginebra, 1996
40. UIT, Recomendación G.708: Interfaz de Nodo de Red para la Jerarquía Digital Síncrona, Helsinki, 1993
41. UIT, Recomendación G.709: Estructura de Multiplexación Síncrona, Helsinki, 1993.
42. UIT, Recomendación G.711: Modulación por Impulsos Codificados (MIC) de Frecuencias Vocales, Libro Azul, Ginebra, 1993.
43. UIT, Recomendación G.729: Codificación de la Voz a 8 Kbit/S Mediante Predicción Lineal con Excitación por Código Algebraico de Estructura Conjugada, Ginebra, 1996.
44. UIT, Recomendación G.732: Características del Equipo Múltiplex MIC Primario que Funciona a 2048 Kbit/S, Fascículo III.4 del Libro Azul, Ginebra, 1993.
45. UIT, Recomendación G.733: Características del Equipo Múltiplex MIC Primario que Funciona a 1544 Kbit/S, Fascículo III.4 del Libro Azul, Ginebra, 1993.
46. UIT, Recomendación G.957: Interfaces Ópticas para Equipos y Sistemas Basados en la Jerarquía Digital Síncrona, Ginebra, 1995.
47. UIT, Recomendación I.233: Servicios Portadores en Modo Trama, Ginebra, 1991.

48. UIT, Recomendación I.370: Gestión de la Congestión para el Servicio Portador RDSI con Retransmisión de Tramas, Ginebra, 1991.
49. UIT, Recomendación Q.23: Características Técnicas de los Aparatos Telefónicos de Teclado, Libro azul, Ginebra, 1993.
50. UIT, Recomendación Q.922: Especificación de la Capa de Enlace de Datos de la RDSI para Servicios Portadores en Modo Trama, Ginebra, 1992.
51. UIT, Recomendación Q.933: Sistema de Señalización Digital de Abonado N.º 1 de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) – Especificaciones de Señalización para el Control y la Monitorización de la Situación de Conexiones Virtuales Conmutadas y Permanentes en Modo Trama, Helsinki, 1995.
52. WELSCH Glenn, HILTON Ronald, GORDON Paul, Presupuestos: Planificación y Control de Utilidades, Hall, México, 1990.
53. YÉPEZ, Hernán, Terminología económica usual, Secretaría General de Planificación, Quito, 1994.

# ANEXO 1

MODELO DEL FORMATO DE  
ENCUESTA UTILIZADO EN EL  
ESTUDIO DE LA DEMANDA

MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO  
UNIDAD EJECUTORA DEL PROYECTO TROLEBUS

ESTUDIO DE LA RED DE COMUNICACIONES

• INFORMACION GENERAL

Nombre de la Persona encuestada:

Función:

Area operativa:

- Operación del Sistema
- Paradas
- Centros de control
- Trolebuses
- Otros

SERVICIO DE TELEFONIA

• Areas operativas que usan o requieren este servicio:

|                       | USAN                     | REQUIEREN                |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Operación del Sistema | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Paradas               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Centros de control    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trolebuses            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Otros                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

• Requerimientos Funcionales:

Conversaciones telefónicas independientes de mensajes de megafonía

SI NO

Se puede realizar más de una conversación telefónica a la vez

SIEMPRE CONTINUAMENTE OCASIONALMENTE NUNCA

Existe la disponibilidad del servicio de telefonía SI NO

El megáfono debe estar DENTRO DE LA CABINA FUERA DE LA CABINA

Es necesaria la caja antivandálica para los teléfonos: SI NO

- **Requerimientos de Facilidades:**

|  | SIEMPRE                  | OCASIONALMENTE           | NUNCA                    |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Configuración de grupos de abonados                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Llamada telefónica individual selectiva              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Megafonía individual a cada parada                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Megafonía a grupos de paradas                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Megafonía general a grupos de paradas                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acceso a la red telefónica pública                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acceso a la central local                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Llamada individual entre centrales de comunicaciones | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Conferencia entre centrales de comunicaciones        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Conferencia a grupos de paradas                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Intercomunicador teléfono-puesto central             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Comandar alto tráfico                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Otros  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- **Problemas de Funcionamiento:**

- Se ha dañado el servicio:

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| SI                       | NO                       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- Número de veces que se ha dañado el servicio desde su instalación (o en un tiempo determinado) : \_\_\_\_\_

- Tiempo que ha tardado en repararse el servicio:

Horas \_\_\_\_\_

Días \_\_\_\_\_

Meses \_\_\_\_\_

- Tipo de Problema

Mala calidad de audición

Imposibilidad de comunicación

BLOQUEO

DAÑO

Otros

- Problemas que ha causado el no poderse comunicar

SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

- Areas operativas que usan o requieren este servicio:

|                       | USAN                     | REQUIEREN                |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Operación del Sistema | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Paradas               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Centros de control    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trolebuses            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Otros                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- Requerimientos Funcionales:

|  | SIEMPRE                  | OCASIONALMENTE           | NUNCA                    |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Clasificación de tráfico por grupos    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Asignación de canales libres           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Llamadas selectivas                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Llamadas de grupos                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Comandar alto tráfico                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Determinación del nivel de prioridades | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acceso a sistemas de emergencia        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Llamadas en espera                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Llamadas telefónicas                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acceso a la red telefónica pública     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acceso a la central local              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Códigos de identificación              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Posibilidad de SCAN                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Otros                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- Problemas de Funcionamiento:

- Se ha dañado el servicio:

SI NO

- Número de veces que se ha dañado el servicio desde su instalación (o en un tiempo determinado): \_\_\_\_\_

- Tiempo que ha tardado en repararse el servicio:

Horas \_\_\_\_\_

Días \_\_\_\_\_

Meses \_\_\_\_\_

- Tipo de Problema

Mala calidad de audición

Imposibilidad de comunicación

BLOQUEO

DAÑO

Otros

- Problemas que ha causado el no poderse comunicar

- ¿Qué factor cree que le hace falta al sistema que actualmente usa?

Mayor confiabilidad

Llamada en grupos

Mayor calidad

Mayor Cobertura

Acceso telefónico

Privacidad

Otros

# ANEXO 2

RECOMENDACIONES  
DE LA UIT-T



### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS INTERFACES DIGITALES JERÁRQUICOS

Interfaz a 2048 kbit/s

#### Características generales

Velocidad binaria: 2048 kbit/s  $\pm$  50 ppm

Código: HDB3 (bipolar de alta densidad de orden 3)

Requisito de protección contra las sobretensiones

#### Especificaciones en los accesos de salida

Véase el cuadro 6/G.703.

#### Especificaciones en los accesos de entrada

La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

|                | T                        | Fórmula de la curva   |
|----------------|--------------------------|---|
| Curva inferior | $T \leq -0,36$           | 0   |
|                | $-0,36 \leq T \leq 0,28$ | $0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,18} \right) \right]$ |
|                | $0,28 < T$               | $0,11 e^{-3,42(T-0,2)}$   |
| Curva superior | $T \leq -0,65$           | 0   |
|                | $-0,65 \leq T \leq 0$    | $1,05 \left[ 1 - e^{-4,6(T+0,65)} \right]$  |
|                | $0 \leq T \leq 0,36$     | $0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,34} \right) \right]$ |
|                | $0,36 \leq T$            | $0,05 + 0,407 e^{-1,89(T-0,26)}$  |

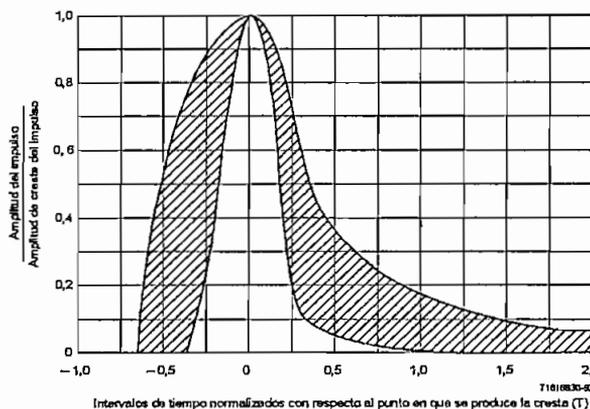


FIGURA 14/G.703

Plantilla del impulso para el Interfaz de accesos coaxiales a 44 736 kb/s

CUADRO 6/G.703

|  |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Forma del impulso<br>(forma nominal rectangular)   | Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla, independientemente del signo.<br>El valor V corresponde al valor nominal de cresta |                       |
| Par(es) en cada sentido de transmisión   | Un par coaxial  | Un par simétrico      |
| Impedancia de carga de prueba  | 75 ohmios, resistiva  | 120 ohmios, resistiva |
| Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)   | 2,37 V  | 3 V                   |
| Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)  | $0 \pm 0,237$ V   | $0 \pm 0,3$ V         |
| Anchura nominal del impulso  | 244 ns  |                       |
| Relación entre la amplitud de los impulsos positivos<br>la de los negativos en el punto medio del intervalo<br>del impulso | De 0,95 a 1,05  |                       |
| Relación entre la anchura de los impulsos positivos<br>la de los negativos en los puntos de semiamplitud<br>nominal        | De 0,95 a 1,05  |                       |
| Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de<br>entrada  | Véase el § 2 de la Recomendación G.823  |                       |

La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos:

| Gama de frecuencias<br>(kHz) | Pérdida de retorno<br>(dB) |
|------------------------------|----------------------------|
| 51 a 102                     | 12                         |
| 102 a 2048                   | 18                         |
| 2048 a 3072                  | 14                         |

#### *Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje*

El conductor exterior del par coaxial o el blindaje del par simétrico deberán conectarse a tierra en el acceso de salida; de ser necesario, también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor exterior o del blindaje en el acceso de entrada.

### Recomendación G.704

## ESTRUCTURAS DE TRAMA SÍNCRONA UTILIZADAS EN LOS NIVELES JERÁRQUICOS PRIMARIO Y SECUNDARIO

### Generalidades

En esta Recomendación se especifican las características funcionales de los interfaces asociados a: nodos de la red, en especial, equipos multiplex digitales síncronos y centrales digitales en redes digitales integradas (RDI) para telefonía y redes digitales de servicios integrados (RDSI), y equipo de multiplexación MIC.

### Estructura de trama básica

#### *Estructura de trama básica a 2048 kbit/s*

#### *Longitud de trama*

Cada trama está formada por 256 bits, numerados del 1 al 256. La frecuencia de repetición de trama es de 8000 Hz.

#### *Descripción del procedimiento VRC-4 mediante el bit 1 de la trama*

#### *Uso especial del bit 1 de la trama*

Cuando es preciso suministrar protección adicional contra la simulación de la señal de alineación de trama y/o cuando es preciso contar con una capacidad mejorada de monitorización de errores, se utilizará el procedimiento de verificación por redundancia cíclica-4 (VRC-4), como se especifica a continuación.

En el caso manual, el equipo que incorpore el procedimiento VRC-4 ha de ser capaz de poner el bit 1 de la trama al estado UNO binario

En el caso automático, esto puede lograrse con el equipo capaz de aplicar el procedimiento VRC-4 como función de «capa superior» bajo el control de un medio de gestión de red o como función de «capa inferior» utilizando un algoritmo VRC-4 modificado de alineación de multitrama

Cada multitrama VRC-4, compuesta de 16 tramas numeradas de 0 a 15, se divide en dos submultitramas (SMT) de 8 tramas, denominadas

SMT I y SMT II, lo que indica su orden respectivo de aparición dentro de la estructura de multitrama VRC-4. La SMT constituye el tamaño del bloque de verificación por redundancia cíclica 4 (VRC-4) (o sea, 2048 bits).

#### *Verificación por redundancia cíclica (VRC)*

#### *Proceso de multiplicación/división*

Una palabra VRC-4 específica, situada por ejemplo en la submultitrama  $N$ , es el resto que queda después de multiplicar el polinomio correspondiente a la submultitrama  $N - 1$  por  $x^4$  y de dividir el resultado (en módulo 2) por el polinomio generador  $x^4 + x + 1$ .

#### *Procedimiento de codificación*

i) Los bits VRC-4 de la SMT se sustituyen por CEROS binarios.

ii) La SMT se somete al proceso de multiplicación/división

Se almacena el resto del proceso de multiplicación/división, que queda listo para ser introducido en las posiciones de bit VRC-4 respectivas de la SMT siguiente.

#### *Procedimiento de decodificación*

i) Una SMT recibida se somete al proceso de multiplicación/división después de extraerle los bits VRC-4 y reemplazarlos por ceros.

ii) Se almacena el resto de la división, y a continuación se compara bit por bit con los bits VRC recibidos en la SMT siguiente.

Si el resto calculado por el decodificador corresponde exactamente a los bits VRC-4 recibidos en la SMT siguiente, se supone que la SMT verificada no contiene errores.

### Recomendación G.707

Esta Recomendación es una versión revisada en la que se fusionan las Recomendaciones G.707, G.708 y G.709 que fueron aprobadas en Helsinki (03/93) por la CMNT.

La presente Recomendación establece los requisitos para las señales STM-N en la interfaz de nodo de red de una red digital síncrona, incluida la RDSI de banda ancha, en términos de: velocidades binarias, estructuras de tramas, formatos para la correspondencia y la multiplexación de elementos PDH y ATM, funcionalidades de las taras.

Describe las ventajas que ofrecen una jerarquía digital síncrona (SDH) y un método de multiplexación y especifica un conjunto de velocidades binarias de la jerarquía digital síncrona;

## INTERFAZ DE NODO DE RED PARA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

La especificación de la interfaz de nodo red (NNI) es necesaria para permitir la interconexión de elementos de red de la jerarquía digital síncrona (SDH) para el transporte de diferentes tipos de cabidas útiles.

Esta Recomendación especifica por tanto:

- las velocidades binarias de las señales STM-N;
- las estructuras de tramas de las señales STM-N;
- los formatos para la correspondencia y la multiplexación de elementos PDH y ATM en una trama STM-N;

- las funcionalidades que han de implementarse en las diferentes taras de una trama STM-N, en la NNI de una red digital síncrona, incluida la RDSI de banda ancha.

#### Términos y definiciones

A los efectos de esta Recomendación, se aplican las definiciones siguientes.

**Jerarquía digital síncrona (SDH):** La SDH es un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digitales, normalizadas para el transporte, por redes de transmisión físicas de cabidas útiles correctamente adaptadas.

**Módulo de transporte síncrono (STM):** Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de tara de sección (SOH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125  $\mu$ s. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El STM básico se define a 155 520 kbit/s. Se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica. Se han definido capacidades de STM para N=4, N=16 y N=64; están en estudio valores superiores.

El STM-1 incluye un solo grupo de unidades administrativas (AUG) así como la tara de sección (SOH). El STM-N contiene N AUG así como la SOH.

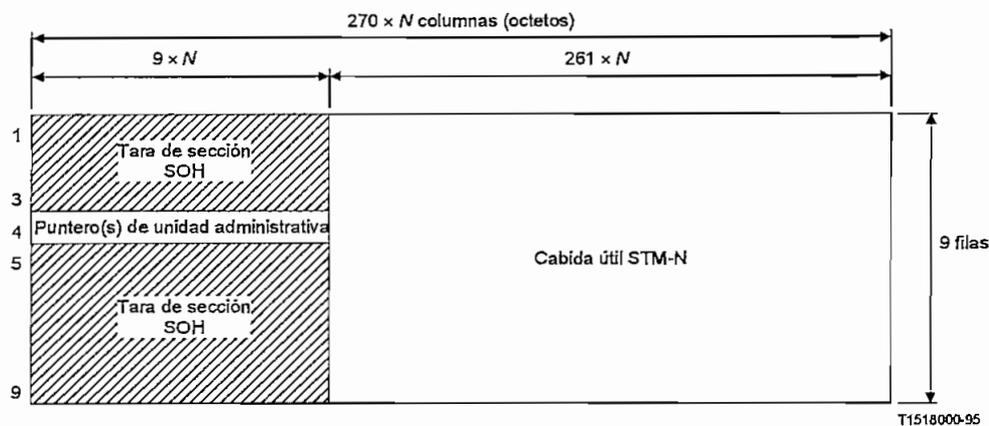
**Interfaz de nodo de red (NNI):** Interfaz situada en un nodo de red que se utiliza para la interconexión con otro nodo de red.

#### Principios básicos de multiplexación

##### Estructura de trama básica

La estructura de trama STM-N se muestra en la Figura 6-6. Se indican los tres sectores principales de la trama STM-N:

- tara de sección (SOH);
- punteros de AU;
- cabida (contenido) útil de información.



Estructura de trama STM-N

#### Velocidades binarias jerárquicas

El primer nivel de la jerarquía digital síncrona será 155 520 kbit/s.

Las velocidades binarias de jerarquía digital síncrona superiores se obtendrán como múltiplos enteros de la velocidad binaria de primer nivel y se indicarán mediante el correspondiente factor de multiplicación de la velocidad de primer nivel.

Las velocidades binarias indicadas en el siguiente cuadro constituyen la jerarquía digital síncrona:

Velocidades binarias jerárquicas SDH

| Nivel de jerarquía digital síncrona | Velocidad binaria jerárquica (kbit/s) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1                                   | 155 520                               |
| 4                                   | 622 080                               |
| 16                                  | 2 488 320                             |
| 64                                  | 9 953 280                             |

## INTERFAZ DE NODO DE RED PARA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

La recomendación G.708 especifica:

- los principios generales y la estructura de trama de la interfaz de nodo de red (NNI) para la jerarquía digital síncrona;
- un tamaño total de trama de 9 filas  $N \times 270$  columnas;
- la tara de sección (SOH) y su asignación de octetos;
- disposiciones de interconexión internacional de módulo de transporte síncrono (STM);

El principio básico de multiplexación y elementos de multiplexación

#### Generalidades

**Contenedor virtual-n (VC-n):** Un VC es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de trayecto en la SDH. Consta de campos de información de contenido útil de información y de la tara de trayecto (POH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 ó 500 microsegundos. La capa de red servidora proporciona la información de alineación para identificar el comienzo de la trama de VC-n.

Se han identificado dos tipos de VC:

- VC de orden inferior: VC-n ( $n = 1, 2$ )

Este elemento consta de un solo C-n ( $n = 1, 2$ ) más la POH de VC de orden inferior adecuada a ese nivel.

- VC de orden superior: VC- $n$  ( $n = 3, 4$ )  
Este elemento comprende un solo C- $n$  ( $n = 3, 4$ ) o un conjunto de grupos de unidades de afluentes (TUG-2 o TUG-3), junto con la POH de VC adecuada a ese nivel.
- Unidad administrativa- $n$  (AU- $n$ ):** Una unidad administrativa (AU) es la estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y la capa de sección múltiplex. Consta de un contenido útil de información (el VC de orden superior) y un puntero de AU que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de contenido útil con relación al comienzo de la trama de la sección múltiplex. Se definen dos AU. La AU-4 consta de un VC-4 más un puntero de AU que indica el alineamiento de fase del VC-4 con respecto a la trama del módulo de transporte síncrono N (STM-N). La AU-3 consta de un VC-3 más un puntero de AU que indica el alineamiento de fase del VC-3 con respecto a la trama del STM-N. En cada caso la ubicación del puntero de la AU es fijo con respecto a la trama STM-N.  
Una o más AU que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM se denomina un grupo de AU (AUG).  
Un AUG consta de un conjunto de varias AU-3 o de una AU-4 homogéneas y con entrelazado de octetos.
- Unidad afluente- $n$  (TU- $n$ ):** Una TU es una estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden inferior y la capa de trayecto de orden superior. Consta de un contenido útil de información (el VC de orden inferior) y un puntero de TU que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de contenido útil con relación al comienzo de la trama del VC de orden superior.  
La TU- $n$  ( $n = 1, 2, 3$ ) consta de un VC- $n$  y de un puntero de TU.  
Una o más TU que ocupen posiciones fijas y definidas en un contenido útil de VC de orden superior se denomina grupo de unidades afluentes (TUG). Los TUG se definen de manera que pueden construirse contenidos útiles formados por TU de diferentes tamaños a fin de aumentar la flexibilidad de la red de transporte.  
Un TUG-2 consta de un conjunto homogéneo de TU-1 idénticas o de una TU-2.  
Un TUG-3 consta de un conjunto homogéneo de TUG-2 o de una TU-3.
- Contenedor: CO- $n$  ( $n = 1-4$ ):** Un contenedor es la estructura de información que forma el contenido útil de información síncrona de red para un VC. Para cada uno de los VC definidos existe el correspondiente contenedor. Se han definido funciones de adaptación de muchas velocidades binarias de red en un número limitado de contenedores normalizados. Incluyen algunas de las velocidades binarias definidas en la Recomendación G.702. En el futuro se definirán funciones de adaptación para las nuevas velocidades binarias de banda ancha.
- Interfaz de nodo de red (NNI):** Interfaz situada en un nodo de red utilizado para la interconexión con otro nodo de red.
- Puntero:** Indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de trama de la entidad de transporte sobre la que es soportado.
- Concatenación:** Procedimiento en una multiplicidad de contenedores virtuales que se asocian unos a otros de modo que su capacidad combinada pueda utilizarse como un contenedor sencillo en el que se mantiene la integridad de la secuencia de bits.
- Correspondencia (jerarquía digital síncrona):** Procedimiento por el que se adaptan afluentes a contenedores virtuales en los límites de una red SDH.
- Multiplexación (jerarquía digital síncrona):** Procedimiento por el que varias señales de capa de trayecto de orden inferior se adaptan a un trayecto de orden superior, o por el que múltiples señales de capa de trayecto de orden superior se adaptan a una sección múltiplex.
- Alineamiento (jerarquía digital síncrona):** Procedimiento por el que la información de desplazamiento de trama se incorpora a la unidad afluente (o a la unidad administrativa) cuando se adapta a la referencia de trama de la capa soporte.
- Punteros de unidad administrativa (AU)**  
La aplicación de los punteros y sus especificaciones detalladas figuran en la Recomendación G.709.
- Unidades administrativas en el STM-N**  
La cabida útil del STM-N puede soportar  $N$  AUG donde cada AUG puede constar de: una AU-4, o tres AU-3.

Recomendación G.709

## ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACIÓN SÍNCRONA

### Método de multiplexación

#### Multiplexación de unidades administrativas (AU) en STM-N

#### Multiplexación de grupos de unidades administrativas (AUG) en STM-N

El AUG es una estructura de 9 filas por 261 columnas, más nueve octetos en la fila 4 (para los punteros de AU- $n$ ). El STM-N consta de una POH, tal como se describe en la Recomendación G.708, y de una estructura de 9 filas y  $N \times 261$  columnas con  $N \times 9$  octetos en la fila 4 (para los punteros de AU- $n$ ). Los  $N$  AUG están entrelazados por octetos simples en esta estructura y tienen una relación de fase fija con respecto al STM-N.

#### Recuperación de la temporización

La señal STM-N ( $N = 1, 4, 16$ ) debe tener suficiente contenido de temporización de bits en la interfaz de nodo de red (NNI). Mediante un aleatorizador se obtiene un esquema binario adecuado, que impide una serie larga de UNOS y CEROS.

La operación del aleatorizador será funcionalmente idéntica a la de un aleatorizador síncrono de trama de longitud de secuencia 127 que opera a la velocidad de línea.

El polinomio generador será  $1 + X^6 + X^7$ . El aleatorizador se reiniciará a «111111» en el bit más significativo del octeto que sigue al último octeto de la primera fila de la trama de sección del STM-N. Este bit y los demás bits siguientes que deberán ser aleatorizados se sumarán en módulo 2 a la salida de la posición  $X^7$  del aleatorizador. El aleatorizador funcionará continuamente en toda la trama STM-N.

La primera fila de la trama de sección de STM-N SOH ( $9 \times N$  octetos, incluidos los octetos de alineación de trama A1 y A2) no se aleatorizará.

#### Correspondencia asíncrona de una señal a 2048 kbit/s

Se puede hacer corresponder una señal a 2048 kbit/s en un VC-12. Además de la POH de trayecto del VC-1, el VC-12 consta de 1023 bits de datos, seis bits de control de justificación, dos bits de oportunidad de justificación, y ocho bits de canal de comunicación de trama. Los bits restantes son bits de relleno fijo (R). Los bits 0 se reservan para fines futuros de comunicación de trama.

Dos conjuntos (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) de tres bits de control de justificación se utilizan para controlar los dos bits de oportunidad de justificación S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub>, respectivamente. C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub> = 000 indica que S<sub>1</sub> es un bit de datos, mientras que C<sub>1</sub>C<sub>1</sub>C<sub>1</sub> = 111 indica que S<sub>1</sub> es un bit de justificación. C<sub>2</sub>

controla S<sub>2</sub> de la misma manera. Debe utilizarse la votación de mayoría para tomar la decisión de justificación en el desincronizador para la protección contra los errores de bit simples en los bits C. No se define el valor contenido en S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub> cuando son bits de justificación. El receptor debe ignorar el valor contenido en estos bits cuando se utilizan como bits de justificación.

## MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES

Se recomienda el empleo de las siguientes características para la codificación de señales de frecuencias vocales.

### Velocidad de muestreo

El valor nominal recomendado es de 8000 muestras por segundo con una tolerancia de  $\pm 50$  partes por millón (ppm).

### Ley de codificación

Para los circuitos internacionales deben utilizarse ocho dígitos binarios por muestra.

Se recomiendan dos leyes de codificación, designadas ley A y ley  $\mu$ .

Si se utiliza la ley  $\mu$  en redes que requieran la supresión de la señal de carácter "todos 0", la señal de carácter correspondiente a valores de entrada negativos comprendidos entre valores de decisión 127 y 128, será 0000010, y el valor a la salida del decodificador será -7519. Al valor de salida del decodificador corresponde el número 125.

El número de valores cuantificados viene dado por la ley de codificación.

Los trayectos digitales entre países que hayan adoptado leyes de codificación diferentes deberán efectuar la transmisión con señales codificadas según la ley A. Cuando los dos países hayan adoptado la misma ley, deberá utilizarse esa ley en los trayectos digitales entre los mismos. Incumbirá a los países que utilicen la ley  $\mu$  efectuar toda conversión necesaria.

### Conversión a MIC uniforme y a partir de ella

Cada "valor de decisión" y "valor cuantificado" de ley A (o  $\mu$ ) debe asociarse a un "valor MIC uniforme". Esto requiere la aplicación de un código MIC uniforme con 13 (14) bits. La conversión de los valores de ley A o ley  $\mu$  a partir de los valores de MIC uniforme correspondientes a los valores de decisión figurará en las especificaciones de cada equipo.

### Transmisión de señales de carácter

Cuando se transmiten en serie las señales de carácter, esto es, consecutivamente en un medio físico, el bit 1 (bit de polaridad) se transmite en primer lugar y el bit 8 (el bit menos significativo) en último lugar.

### Relación entre las leyes de codificación y el nivel de la señal de frecuencias vocales

El nivel de la señal de frecuencias vocales se define como sigue: en una salida de frecuencias vocales cualquiera del multiplexor MIC debe haber una señal sinusoidal de 1 kHz con un nivel nominal de 0 dBm0 al aplicarse a la entrada del decodificador la secuencia periódica de señales de carácter.

El nivel de sobrecarga teórica resultante ( $T_{\text{máx}}$ ) es de +3,14 dBm0 para la ley A y de +3,17 dBm0 para la ley  $\mu$ .

## CODIFICACIÓN DE LA VOZ A 8 kbit/s MEDIANTE PREDICCIÓN LINEAL CON EXCITACIÓN POR CÓDIGO ALGEBRAICO DE ESTRUCTURA CONJUGADA

En la presente Recomendación se describe un algoritmo para la codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico con estructura conjugada (CS-ACELP, *conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction*).

El códec en cuestión está diseñado para operar con una señal digital obtenida tras efectuar, primero un filtrado con la anchura de banda telefónica (Recomendación G.712) de la señal analógica de entrada, seguido de su muestreo a 8000 Hz y su conversión a una modulación por impulsos codificados (MIC) lineal de 16 bits, para entrar en el codificador. La salida del decodificador deberá reconvertirse a una señal analógica siguiendo un método similar. Otras características de entrada/salida, como las que se especifican en la Recomendación G.711 para los formatos MIC de 64 kbit/s, deberán convertirse a MIC lineal de 16 bits antes de codificar, o de MIC lineal de 16 bits al formato apropiado después de decodificar. El tren de bits del codificador al decodificador se define dentro de esta norma.

La Recomendación está estructurada como sigue: la cláusula 2 presenta un resumen general del algoritmo CS-ACELP. En las cláusulas 3 y 4 se exponen, respectivamente, los principios del codificador y del decodificador CS-ACELP. La cláusula 5 describe el soporte lógico que define el códec en una aritmética de coma fija de 16 bits.

### Descripción general del codificador/decodificador (códec)

El códec CS-ACELP se basa en el modelo de codificación mediante la predicción lineal con excitación por código (CELP). Opera con tramas vocales de 10 ms correspondientes a 80 muestras a una velocidad de muestreo de 8000 muestras por segundo. En cada trama de 10 ms se analiza la señal vocal para extraer los parámetros del modelo CELP (coeficientes de filtros de predicción lineal, ganancias e índices de las tablas de códigos adaptativos y fijos). Los parámetros en cuestión se codifican y se transmiten. En el decodificador, dichos parámetros se utilizan para recuperar los parámetros de excitación y del filtro de síntesis. La voz se reconstruye filtrando la excitación a través del filtro de síntesis de corto plazo. El filtro de síntesis de corto plazo se basa en un filtro de predicción lineal (PL) de décimo orden. El filtro de síntesis de largo plazo o de tono se aplica mediante el método de la llamada tabla de códigos adaptativos. Tras calcular la señal vocal reconstruida, ésta se mejora con un postfiltrado.

### Codificador

La señal de entrada pasa por un filtro de paso alto y se pone a escala en el bloque de preprocesamiento. La señal preprocesada actúa como señal de entrada para todo el análisis ulterior. Se efectúa un análisis de predicción lineal (LP) para cada trama de 10 ms con el fin de calcular los coeficientes de filtro LP. Éstos se convierten en pares del espectro lineal (LSP, *line spectrum pairs*), cuantificándose mediante una cuantificación vectorial (VQ) predictiva en dos etapas de 18 bits. La señal de excitación se selecciona utilizando un procedimiento de búsqueda basado en el análisis por síntesis, según el cual la diferencia entre la señal original y la reconstruida se reduce al mínimo de acuerdo con una medida de la distorsión ponderada perceptualmente. Esto se logra pasando la señal de error por un filtro de ponderación perceptual, cuyos coeficientes se derivan del filtro LP sin cuantificar. El valor de la ponderación perceptual se hace adaptativa, con el fin de mejorar la calidad para señales de entrada con una respuesta de frecuencia plana.

Los parámetros de excitación (parámetros de tabla de códigos fijos y adaptativos) se determinan para cada subtrama de 5 ms (40 muestras). Los coeficientes cuantificados y no cuantificados del filtro LP se aplican a la segunda subtrama, mientras que para la primera subtrama se utilizan los coeficientes del filtro LP interpolados (cuantificados o no). Se estima un retardo de tono en bucle abierto por cada trama de 10 ms, en base a la señal vocal ponderada perceptualmente. Luego se efectúan, para cada subtrama por separado, las siguientes operaciones. Se calcula la señal objetivo  $x(n)$  pasando el LP residual por el filtro de síntesis ponderado  $W(z)/\hat{A}(z)$ . Los estados iniciales de estos filtros se actualizan filtrando la diferencia que se produce entre el residuo LP y la excitación. Ello equivale al método corriente de sustraer de la señal vocal ponderada la respuesta de entrada cero del filtro de síntesis ponderado. Se calcula la respuesta de impulso  $h(n)$  del filtro de síntesis ponderado. Seguidamente

se analiza el tono en bucle cerrado (para determinar el retardo y ganancia de la tabla de códigos adaptativos) mediante la respuesta objetivo  $x(n)$  y la respuesta a los impulsos  $h(n)$ , indagando en torno al valor del retardo de tono de bucle abierto. Se utiliza un retardo de tono fraccionario de  $1/3$  de definición. El retardo de tono se codifica con 8 bits para la primera subtrama y diferencialmente con 5 bits para la segunda. La señal objetivo  $x(n)$  se actualiza sustrayendo la contribución (filtrada) de la tabla de códigos adaptativos y se aplica este nuevo objetivo,  $x'_g(n)$ , para la búsqueda de la tabla de códigos fijos, con el fin de obtener la excitación óptima. Para la excitación de la tabla de códigos fijos se aplica una tabla de códigos algebraicos de 17 bits. Las ganancias de las contribuciones de las tablas de códigos adaptativos y fijos se cuantifican vectorialmente con 7 bits (con una predicción de media móvil aplicada a la ganancia de la tabla de códigos fijos). Finalmente, se actualizan las memorias de los filtros mediante la señal de excitación así determinada.

#### Decodificador

Primero se extraen los índices de los parámetros a partir del tren de bits recibido. Los índices se decodifican para obtener los parámetros del códec correspondientes a una trama de voz de 10 ms. Estos parámetros son los coeficientes LSP, los dos retardos de tono fraccionarios, los dos vectores de la tabla de códigos fijos y ambos conjuntos de ganancias de las tablas de códigos adaptativos y fijos. Los coeficientes LSP se interpolan y se convierten en coeficientes del filtro LP de cada subtrama. A continuación, para cada subtrama de 5 ms se aplican los siguientes pasos:

- se construye la excitación sumando los vectores de las tablas de los códigos adaptativos y fijos, puestos a escala por sus respectivas ganancias;
- se reconstruye la señal vocal filtrando la excitación por el filtro de síntesis LP;
- se hace pasar la señal vocal reconstruida a través de una fase de postprocesamiento, que incluye un postfiltro adaptativo basado en filtros de síntesis de largo y corto plazo, seguido de un filtro de paso alto y un escalamiento.

#### Retardo

El códec codifica la voz y otras señales de audio con tramas de 10 ms. Se produce además un preanálisis de 5 ms, por lo que el retardo algorítmico total es de 15 ms. Los demás retardos producidos por la aplicación práctica de este códec tienen por causa:

- el tiempo de procesamiento necesario para las operaciones de codificación y decodificación;
- el tiempo de transmisión en el enlace de comunicación;
- el retardo de multiplexación por la combinación de datos de señales vocales y otros.

### Recomendación G.732

#### CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO MÚLTIPLEX MIC PRIMARIO QUE FUNCIONA A 2048 kbit/s

##### Características generales

##### Características fundamentales

La ley de codificación utilizada es la ley A especificada en la Recomendación G.711. La velocidad de muestreo, el nivel de sobrecarga y el código se especifican también en dicha Recomendación.

El número de valores cuantificados es 256.

##### Velocidad binaria

La velocidad binaria nominal es de 2048 kbit/s. La tolerancia para esta velocidad es de  $\pm 50$  partes por millón (ppm).

##### Señal de temporización

La señal de temporización para la transmisión de un equipo múltiplex MIC debe ser posible derivarla de una fuente interna, de la señal digital entrante y también de una fuente externa.

##### Estructura de trama

En lo que respecta a la estructura de la trama y al empleo de intervalos de tiempo de canal derivados.

##### Pérdida y recuperación de la alineación de trama

La estrategia para la pérdida y recuperación de la alineación de trama debe ser conforme a Recomendación G.706.

##### Señalización

##### Disposición de señalización

El intervalo de tiempo de canal 16 puede utilizarse para proporcionar un interfaz a 64 kbit/s, que se prestará ya sea para la señalización por canal común para la señalización asociada al canal.

##### Pérdida y recuperación de la alineación de multitrama en el caso de la señalización asociada al canal

Se considerará que se ha perdido la alineación de multitrama, cuando se hayan recibido con error dos señales consecutivas de alineación de multitrama.

Se considerará recuperada la alineación de multitrama inmediatamente después de que se detecte la primera señal de alineación de multitrama correcta.

##### Condiciones de avería y operaciones consiguientes en el caso de la señalización asociada al canal

##### Interfases

Los interfaces analógicos deben satisfacer las Recomendaciones G.712, G.713, G.714 y G.715. Los interfaces digitales a 2048 kbit/s deben satisfacer la Recomendación G.703. Los interfaces digitales a 64 kbit/s deben ser ya sea del tipo codireccional o del tipo contradireccional especificados en la Recomendación G.703. Las especificaciones relativas a los interfaces a 64 kbit/s no son obligatorias en el caso de la señalización asociada al canal. El interfaz para la sincronización externa de la señal de temporización en transmisión debe satisfacer la Recomendación G.703.

### Recomendación G.733

#### CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO MÚLTIPLEX MIC PRIMARIO QUE FUNCIONA A 1544 kbit/s

##### Características generales

La ley de codificación utilizada es la ley  $\mu$ , especificada en la Recomendación G.711. La velocidad de muestreo, el nivel de sobrecarga y el código se especifican en dicha Recomendación.

El número de valores cuantificados es de 255. Se reservan dos señales de carácter para el valor cero (11111111 y 01111111).

En algunas redes se ha eliminado la señal de carácter todos 0 (0000000) para evitar una pérdida de información de temporización en la línea digital, y se tienen entonces 254 valores cuantificados.

#### Velocidad binaria

La velocidad binaria nominal es de 1544 kbit/s, con una tolerancia de  $\pm 50$  partes por millón (ppm).

#### Señal de temporización

Debería ser posible obtener la señal de temporización transmitida por un múltiplex MIC, a partir de una fuente interna, de la señal digital entrante o de una fuente externa.

#### Estructura de trama

En lo que respecta a la estructura de trama y el empleo de intervalos de tiempo de canal derivados

#### Pérdida y recuperación de la alineación de trama

La estrategia para la pérdida y recuperación de la alineación de trama debe ser conforme al § 2.1 de la Recomendación G.706.

#### Señalización

##### Pérdida de alineación de multitrama en el caso de la señalización asociada al canal con multitrama de 12 tramas

Se considerará pérdida la alineación de multitrama cuando se produzca la pérdida de la alineación de trama.

##### Reducción al mínimo de la distorsión de cuantificación en el caso de la señalización asociada al canal

Sólo se dispone de siete bits en la trama de señalización para la codificación de frecuencias vocales. A fin de reducir al mínimo la distorsión de cuantificación, se desplazan ligeramente los valores de salida del decodificador. Se modifican todos los valores pares a la salida del decodificador,  $y_{2n}$ , para igualarlos al valor de decisión de orden inmediatamente superior,  $x_{2n+1}$ . Todo valor de orden impar del decodificador,  $y_{2n+1}$ , se iguala al valor de decisión de igual orden,  $x_{2n+1}$ , como se muestra en la figura 1/G.733.

Cuando se requiere la supresión de la señal de carácter todos 0, se impone el valor 1 para el séptimo bit cuando los demás bits de la señal de carácter tienen el valor 0.

#### Interfaces

Analógicas: véanse las Recomendaciones G.712, G.713 y G.714.

Digitales: véase la Recomendación G.703.

**Recomendación G.957**

## INTERFACES ÓPTICAS PARA EQUIPOS Y SISTEMAS BASADOS EN LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

Esta Recomendación especifica los parámetros de las interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona para permitir la compatibilidad transversal.

#### Alcance

La presente Recomendación se refiere a las especificaciones de los parámetros de la interfaz óptica para los equipos y sistemas que admiten la jerarquía digital síncrona (SDH) definida en las Recomendaciones G.707, G.708 y G.709 y que funcionan en fibras ópticas monomodo conformes a las Recomendaciones G.652, G.653 y G.654.

El propósito de esta Recomendación es suministrar las especificaciones de interfaces ópticas de los equipos de SDH, descritos en las Recomendaciones G.782 y G.783 y de los sistemas de línea, descritos en la Recomendación G.958, para lograr la compatibilidad transversal (multivendedor) en secciones de cable elementales, es decir, la posibilidad de combinar en una sola sección de fibra óptica equipos procedentes de diversos fabricantes. Sin embargo, también se pretende que las especificaciones de la presente Recomendación estén conformes con la Recomendación G.955 que prevé la compatibilidad longitudinal de equipos de nivel jerárquico y aplicación comparables.

Esta Recomendación se basa en el uso de una fibra óptica para cada dirección. Cualquier otra disposición óptica puede exigir especificaciones diferentes y queda en estudio.

**Compatibilidad transversal:** Capacidad de combinar equipos de diversos fabricantes en una sola sección óptica.

#### Clasificación de las interfaces ópticas

Debe esperarse que se utilicen cables de fibra óptica en los sistemas basados en la SDH para el transporte intercentrales entre estaciones y en las operaciones intracentrales para la conexión de los diversos equipos ubicados en una misma estación. Mediante la adecuada combinación de transmisores y receptores pueden obtenerse balances de potencia para los sistemas de línea de fibra óptica optimizados, en términos de atenuación/dispersión y costes con respecto a las diversas aplicaciones. Sin embargo, para simplificar el desarrollo de los sistemas con compatibilidad transversal, conviene limitar el número de categorías de aplicaciones y los correspondientes conjuntos de especificaciones de interfaces ópticas para la normalización.

En la presente Recomendación se contemplan tres amplias categorías de aplicación:

- intracentrales, correspondiente a distancias de interconexiones inferiores a 2 km aproximadamente;
- intercentrales a corta distancia, correspondiente a distancias de interconexión de 15 km aproximadamente;
- intercentrales a larga distancia, correspondiente a distancias de interconexión de 40 km aproximadamente en la ventana de 1310 nm y de 80 km aproximadamente en la ventana de 1550 nm.

#### CUADRO 1/G.957

#### Clasificación de las interfaces ópticas basada en la aplicación e indicando los códigos de aplicación

| Aplicación                                 | Intra-centrales | Intercentrales  |            |                 |                          |            |        |
|--|-----------------|-----------------|------------|-----------------|--------------------------|------------|--------|
|  |                 | Corta distancia |            | Larga distancia |                          |            |        |
| Longitud de onda nominal de la fuente (nm) | 1310            | 1310            | 1550       | 1310            | 1550                     |            |        |
| Tipo de fibra                              | Rec. G.652      | Rec. G.652      | Rec. G.652 | Rec. G.652      | Rec. G.652<br>Rec. G.654 | Rec. G.653 |        |
| Distancia (km) <sup>a)</sup>               | ≤ 2             | ~ 15            |            | ~ 40            | ~ 80                     |            |        |
| Nivel STM                                  | STM-1           | I-1             | S-1.1      | S-1.2           | L-1.1                    | L-1.2      | L-1.3  |
|  | STM-4           | I-4             | S-4.1      | S-4.2           | L-4.1                    | L-4.2      | L-4.3  |
|  | STM-16          | I-16            | S-16.1     | S-16.2          | L-16.1                   | L-16.2     | L-16.3 |

<sup>a)</sup> Estas distancias objetivo se utilizan a efectos de clasificación y no de especificación.

Dentro de cada categoría es posible considerar la utilización de fuentes de 1310 nm nominales en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.652 o fuentes de 1550 nm en fibras ópticas conformes a las Recomendaciones G.652, G.653 o G.654. La presente Recomendación trata ambas posibilidades para las dos aplicaciones intercentrales y considera únicamente las fuentes de 1310 nm nominales para la aplicación intracentrales en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.652. Dado que las características globales del sistema y los valores especificados de los parámetros ópticos dependen generalmente de la velocidad binaria del sistema, conviene clasificar las interfaces ópticas de la SDH basadas en las aplicaciones consideradas en esta Recomendación. El código de aplicación se establece de la forma siguiente:

Aplicación – Nivel STM. Número de sufijo

siendo las designaciones de aplicación; I (intracentrales), S (corta distancia) o L (larga distancia); y siendo el número de sufijo uno de los siguientes:

- (en blanco) o 1 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1310 nm en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.652;
- 2 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.652 para aplicaciones de corta distancia y en fibras conformes a las Recomendaciones G.652 o G.654 para aplicaciones de larga distancia;
- 3 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.653.

#### Definiciones de los parámetros

De acuerdo a efectos de la presente Recomendación, las interfaces del sistema de línea de fibra óptica pueden representarse como se indica en la Figura 1. La Recomendación G.958 contiene configuraciones de referencia más específicas que relacionan las especificaciones de la presente Recomendación con sistemas de línea ópticos reales basados en la jerarquía digital síncrona. En la Figura 1, el punto S es un punto de referencia en la fibra óptica situado inmediatamente después del conector óptico del transmisor ( $C_{TX}$ ) y el punto R es un punto de referencia situado en la fibra óptica inmediatamente antes del conector óptico del receptor ( $C_{RX}$ ). Si se utilizan conectores adicionales en un repartidor, se considera que forman parte del enlace de fibra óptica y que están situados entre los puntos S y R. En la presente Recomendación, se especifican los parámetros ópticos para el transmisor en el punto S, para el receptor en el punto R y para el trayecto óptico entre los puntos S y R.

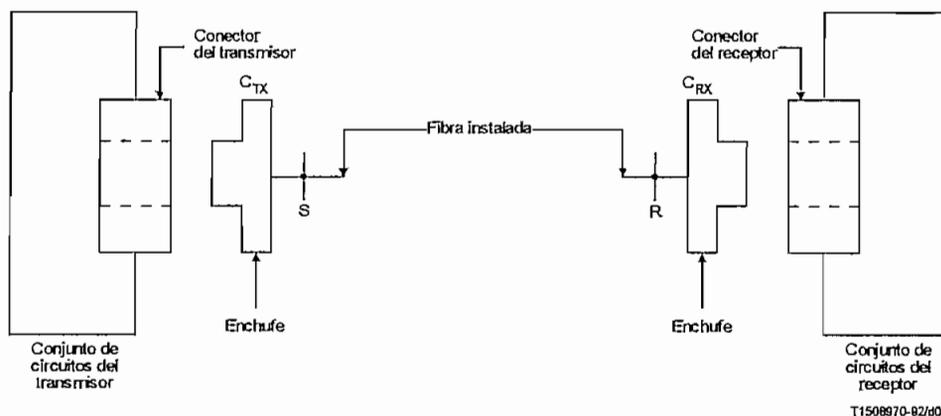


FIGURA 1/G.957

Representación de las interfaces del sistema de línea de fibra óptica

Recomendación I.233

## SERVICIOS PORTADORES EN MODO TRAMA SERVICIO PORTADOR RDSI CON RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

### Introducción

La Recomendación I.210 describe los principios para definir los servicios de telecomunicación prestados por una RDSI, incluido el concepto de servicios portadores, teleservicios y servicios suplementarios. Proporciona también el medio para la definición y descripción de tales servicios. El objeto de este documento es describir el servicio portador con retransmisión de tramas y recomendar el método de su prestación en la RDSI. La definición y la descripción de este servicio constituyen la base para definir las capacidades de red necesarias para la realización del servicio en la RDSI. De acuerdo con la Recomendación I.210, en la descripción de servicio de la etapa 1 se utilizan tres pasos: definición textual, descripción estática y descripción dinámica.

### Definición

El servicio portador con retransmisión de tramas proporciona la transferencia bidireccional, manteniendo el orden, de unidades de datos de servicio (SDU, *service data units*) de un punto de referencia S o T a otro. Las unidades de datos de servicio se encaminan a través de la red mediante las unidades de datos de protocolo (PDU) sobre la base de una etiqueta adjunta. Esta etiqueta es un identificador lógico con significado local [denominado identificador de conexión de enlace de datos (DLCI, *data link connection identifier*) en la descripción de protocolo].

La estructura del interfaz usuario-red en el punto de referencia S o T permite el establecimiento de múltiples llamadas virtuales y/o circuitos virtuales permanentes hacia muchos destinos. Este servicio está generalmente disponible en las siguientes disposiciones de acceso RDSI: punto a multipunto (bus pasivo) y punto a punto (NT2).

Un requisito de esta descripción de servicio es mostrar cómo podría ser soportado el servicio de capa de red de OSI.

### Descripción general

El servicio portador con retransmisión de tramas tiene las siguientes características:

• Todos los procedimientos del plano de control, si es necesario, se realizan de una manera lógicamente separada utilizando procedimientos de protocolo integrados en todos los servicios de telecomunicación RDSI.

• Los procedimientos del plano de usuario en la capa 1 se basan en las Recomendaciones I.430/I.431. Los procedimientos de capa 2 se basan en las funciones de núcleo de la Recomendación Q.922. Estas funciones de núcleo de capa 2 permiten la multiplexación estadística de flujos de información de usuario inmediatamente por encima de las funciones de capa 1. Este servicio portador proporciona la transferencia bidireccional de unidades de datos de servicio (tramas) de un punto de referencia S o T a otro, manteniendo el orden.

• Las funciones citadas se basan en las funciones de núcleo de la Recomendación Q.922. Proporcionan una calidad de servicio que se caracteriza por los valores de los siguientes parámetros: caudal; velocidad de acceso; velocidad de información concertada; tamaño de ráfaga concertada;

exceso de tamaño de ráfaga; retardo de tránsito; tasa de error residual; tramas con error entregadas; tramas duplicadas entregadas; tramas fuera de secuencia entregadas; tramas perdidas; tramas mal entregadas.

#### Funciones de núcleo

Las funciones de núcleo de la Recomendación Q.922 son:

- delimitación, alineación y transparencia de las tramas;
- multiplexación/demultiplexación de tramas utilizando el campo de dirección;
- inspección de la trama para asegurarse de que consta de un número entero de octetos antes de la inserción o después de la extracción de un bit cero;
- inspección de la trama para asegurarse de que no sea demasiado corta ni larga
- detección de errores de transmisión;
- funciones de control de congestión.

#### Aplicaciones

El servicio portador en modo trama descrito en la Recomendación está orientado a soportar una amplia gama de aplicaciones de datos y velocidades, de las muy bajas a las muy altas (generalmente 2 Mbit/s). Una aplicación típica puede consistir en la interconexión entre redes de área local (LAN, *local area network*).

#### Interfuncionamiento

Para interconectar diferentes servicios portadores en modo paquete/trama, es necesario proveer interfuncionamiento entre una RDSI que ofrece el servicio portador aquí descrito y:

- el servicio portador con conmutación de tramas;
- los servicios basados en la Recomendación X.25 ofrecidos por una RDSI o una RPDCP;
- las redes de área local (LAN, *local area network*)
- los servicios portadores en modo circuito; y
- los servicios RDSI de banda ancha.

Las Recomendaciones de la serie I.500 contienen detalles sobre los requisitos de interfuncionamiento.

#### Retardo de tránsito

El retardo de tránsito se define únicamente entre fronteras de una sección. El retardo de tránsito de una unidad de datos de protocolo de trama (FPDU, *frame protocol data unit*) comienza en el instante  $t_1$  en que el primer bit de la FPDU atraviesa la primera frontera, y termina en el instante  $t_2$  en que el último bit de la FPDU atraviesa la segunda frontera.

$$\text{Retardo de tránsito} = t_2 - t_1.$$

El retardo de tránsito de una conexión virtual es igual a la suma de los retardos de sección

#### Integridad de la información

La integridad de la información se preserva cuando todas las tramas entregadas por la red satisfacen la verificación de validación de la secuencia de verificación de trama.

#### Velocidad de acceso

Velocidad de datos del canal de acceso al usuario (D, B o H). La velocidad de canal de acceso determina la cantidad de datos (velocidad máxima) que el usuario final puede introducir en la red.

#### Tamaño de ráfaga concertado (Bc)

Volumen máximo convenido de datos que un usuario puede ofrecer a la red durante un intervalo de tiempo  $T_c$ . El valor de  $B_c$  se negocia en el establecimiento de la comunicación.

#### Exceso de tamaño de ráfaga (Be)

Volumen máximo admitido de datos en que un usuario puede rebasar  $B_c$  durante un intervalo de tiempo  $T_c$ . Este dato ( $B_e$ ) se suministra generalmente con una probabilidad inferior que  $B_c$ . El valor de  $B_e$  se negocia en el establecimiento de la comunicación.

#### Intervalo de medición de la velocidad concertado (Tc)

Intervalo de tiempo durante el cual se permite al usuario enviar solamente el volumen de datos concertado ( $B_c$ ) y el exceso de volumen de datos ( $B_e$ ). El valor de  $T_c$  es objeto de cálculo.

#### Velocidad de información concertada (CIR, *committed information rate*)

Velocidad de transferencia de información que la red se compromete a transferir en condiciones normales. La velocidad se promedia a lo largo de un incremento de tiempo mínimo  $T_c$ . CIR se negocia en el establecimiento de la comunicación.

#### Gestión de la congestión

Comprende la ingeniería de red, los procedimientos OAM para detectar el inicio de la congestión y los mecanismos en tiempo real para prevenir la congestión o efectuar el restablecimiento tras la misma. La gestión de la congestión incluye el control de la congestión, la prevención de la congestión y el restablecimiento tras la congestión, como se define a continuación, pero no está limitada a estas acciones.

#### Control de la congestión

Son los mecanismos en tiempo real para evitar la congestión y efectuar el restablecimiento tras la misma durante periodos de demandas coincidentes de tráfico de punta o sobrecarga de la red (por ejemplo, fallos de los recursos). El control de congestión abarca los mecanismos de prevención de la congestión y de restablecimiento tras la misma.

#### Prevención de la congestión

Los procedimientos de prevención de la congestión son los procedimientos iniciados al principio de una congestión leve, o antes, para evitar que una congestión pase a ser fuerte. Esos procedimientos se aplican alrededor y dentro de la región donde se registran congestiones leves o fuertes.

#### Restablecimiento tras la congestión

Los procedimientos de restablecimiento tras la congestión son los procedimientos iniciados para evitar que la congestión degrade fuertemente la calidad de servicio percibida por el usuario final y proporcionada por la red. Por lo general, estos procedimientos se inician cuando la red comienza a descartar tramas debido a la congestión, y se aplican alrededor y dentro de la región donde la congestión es fuerte.

#### Tasa de error residual

La tasa de error residual se define para los servicios portadores en modo trama y los correspondientes servicios de capa. Los servicios de capa correspondientes a los servicios portadores en modo trama se caracterizan por el intercambio de unidades de datos de servicio (SDU, *service data units*). En la retransmisión de tramas, la SDU se intercambian en la frontera funcional entre las funciones de núcleo de la Recomendación Q.922 y el protocolo de extremo a extremo aplicado por encima de las mismas. La red participa en este intercambio por medio de las unidades de datos de protocolo de trama (FPDU, *frame protocol data units*). En la retransmisión de tramas las FPDU son las tramas definidas en las funciones de núcleo de la Recomendación Q.922.

#### Tramas con error entregadas

Una trama entregada es una trama con error cuando es erróneo uno o más de los bits de la trama, o cuando algunos bits de la trama, aunque no todos, son bits perdidos o bits adicionales (es decir, bits que no estaban en la señal original). (Véase la Recomendación X.140.)

**Tramas duplicadas entregadas**

Una trama D recibida por un determinado usuario de destino es una trama duplicada si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) D no fue generada por el usuario de origen.
- b) D es exactamente la misma trama que se entregó previamente a ese destino

**Tramas entregadas fuera de secuencia**

Considérese una secuencia de tramas  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ . Supóngase que  $F_1$  se transmite en primer lugar,  $F_2$  en segundo, ..., y  $F_n$  en último lugar. Se dice que una trama entregada  $F_j$  está fuera de secuencia si llega al destino después de cualquiera de las tramas  $F_{(j+1)}, F_{(j+2)}, \dots, F_n$ .

**Tramas perdidas**

Una trama transmitida es una trama perdida cuando no se entrega al usuario de destino deseado dentro de un periodo de temporización especificado, y la red es responsable de la falta de entrega. (Véase la Recomendación X.140.)

**Tramas mal entregadas**

Una trama mal entregada es una trama transferida de una fuente a un usuario de destino distinto del usuario deseado. Se considera intrascendente si el contenido de información es correcto o incorrecto. (Véase la Recomendación X.140.)

**Calidad de servicio**

El término «calidad de servicio» (QOS, *quality of service*) se refiere a ciertas características de una conexión de núcleo, observada entre los puntos extremos de la conexión de núcleo. La calidad de servicio describe los aspectos de la conexión de núcleo que pueden atribuirse exclusivamente al proveedor del servicio de núcleo.

Los parámetros de calidad de servicio del servicio de núcleo pueden dividirse en los siguientes tipos, en función de la manera según la cual se determinan sus valores:

- a) aquellos parámetros de calidad de servicio que pueden seleccionarse para cada conexión durante el establecimiento de una conexión de núcleo;
- b) aquellos parámetros de calidad de servicio que no se seleccionan durante el establecimiento de una conexión de núcleo pero cuyos valores se conocen por otros métodos.

Los siguientes parámetros de calidad de servicio son del tipo a), es decir, que pueden seleccionarse durante el establecimiento de una conexión: caudal (es decir, velocidad de información concertada, tamaño de ráfaga concertada, exceso de tamaño de ráfaga), retardo de tránsito. Los procedimientos de selección se coordinan mediante la gestión de sistemas. Una vez establecida la conexión de núcleo y mientras ésta dura el proveedor del servicio de núcleo puede volver a seleccionar en cualquier punto el parámetro de calidad de servicio acordado y no existe garantía alguna de que los valores originales se mantengan. Los usuarios del servicio de núcleo pueden o no recibir notificación de los cambios de la calidad de servicio.

El siguiente parámetro de calidad de servicio es del tipo b), es decir, que no se selecciona durante el establecimiento de una conexión de núcleo: tasa de error residual (contaminación, exceso, pérdida).

La elasticidad, protección y prioridad, que forman parte de las definiciones de calidad de servicio o de otras definiciones de servicio OSI, no se describen actualmente y serán objeto de estudios ulteriores.

**Transferencia de datos**

La fase de transferencia de datos de OSI, la proporciona un protocolo que reside en los sistemas finales y funciona por encima de la capa de enlace (entidad de protocolo X en la figura B-2/I.233.2) por el canal lógico obtenido durante la fase de establecimiento de la conexión. La entidad de protocolo (X) debe proporcionar los elementos del servicio de red que se negociaron durante la fase de establecimiento de la conexión.

Se han determinado dos métodos para prestar las funciones representadas por (X):

- 1) utilización del protocolo de transferencia de datos (DTP, *data transfer protocol*) de la Rec. X.25.
- 2) un nuevo protocolo de convergencia.

Como el método 2) sólo permite la prestación de las características obligatorias del OSI-MS, tiene que determinarse, para un contexto de servicio dado, si se requieren las características facultativas.

**Recomendación I.370**

## GESTIÓN DE LA CONGESTIÓN PARA EL SERVICIO PORTADOR RDSI CON RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

**Principios de gestión de la congestión**

La presente Recomendación describe la estrategia y mecanismos de gestión de la congestión basados en el de usuario para los servicios portadores RDSI con retransmisión de tramas. Trata de los mecanismos y responsabilidades de la red y del usuario final para evitar los periodos de congestión o lograr el restablecimiento tras los mismos. No se recomiendan los procedimientos de control (plano C) en el interfaz usuario-red distintos a la liberación o no aceptación de las llanadas. Los procedimientos, objetivos y requisitos para la gestión de la congestión en el plano C entre redes requieren ulterior estudio. Las disposiciones especiales para el tratamiento del tráfico de trenes de bits continuos (CBO – *continuous bit stream oriented*) están fuera del alcance de esta Recomendación. Esta estrategia se ha diseñado para funcionar con velocidades de canal de acceso hasta 2048 kbit/s.

**Notificación explícita de congestión hacia adelante (FECN – forward explicit congestion notification)**

Véase la definición completa en la Recomendación Q.922.

**Notificación explícita de congestión hacia atrás (BECN – backward explicit congestion notification)**

Véase la definición completa en la Recomendación Q.922.

**Mensaje de gestión de capa de enlace consolidado (CLLM – consolidated link layer management message)**

Véase la definición completa en la Recomendación Q.922.

**Indicador de elección de descartar**

Indica que debe descartarse una trama con preferencia a otras en una situación de congestión, cuando deben descartarse tramas para garantizar el funcionamiento seguro de la red y mantener el nivel de servicio concertado dentro de la misma.

**Equidad**

Intentativa por parte de la red de mantener los parámetros de comunicación concertados, que fueron negociados por el usuario final en el momento del establecimiento de la comunicación. Un ejemplo de esto sería descartar primero las tramas en exceso de la velocidad de información concertada (CIR) y no permitir que se produzcan nuevos establecimientos de comunicación antes de descartar el tráfico de datos concertado.

**Carga ofrecida**

Son las tramas ofrecidas a la red por un usuario final, para ser entregadas al destino seleccionado. La velocidad de información ofrecida a la red

podría exceder de los parámetros de clase de servicio negociados.

#### Gestión de la congestión

Comprende la ingeniería de red, los procedimientos OAM para detectar el inicio de la congestión, y los mecanismos en tiempo real para prevenir la congestión o efectuar el restablecimiento tras la misma. La gestión de congestión incluye el control de la congestión, la prevención de la congestión y el restablecimiento tras la congestión, como se define a continuación, pero no está limitada a estas acciones.

#### Control de la congestión

Los mecanismos en tiempo real para evitar la congestión y efectuar el restablecimiento tras la misma durante periodos de demandas coincidentes de tráfico de punta o sobrecarga de la red (por ejemplo, fallos de los recursos). El control de la congestión abarca los mecanismos de prevención de la congestión y de restablecimiento tras la misma.

#### Prevención de la congestión

Los procedimientos de prevención de la congestión son los procedimientos iniciados en el punto A o antes de éste (véanse las figuras 1/L.370 y 2/L.370) para evitar que la congestión alcance el punto B. Los procedimientos de prevención de la congestión funcionan alrededor del punto A y en las regiones de congestión leve y de congestión fuerte como se muestra en las figuras 1/L.370 y 2/L.370.

#### Restablecimiento tras la congestión

Los procedimientos de restablecimiento tras la congestión son los procedimientos iniciados para evitar que la congestión degrade fuertemente la calidad de servicio percibida por el usuario final y ofrecida por la red. Estos procedimientos se inician generalmente cuando la red ha comenzado a descartar tramas debido a la congestión. Los procedimientos de restablecimiento tras la congestión funcionan alrededor del punto B y en la región de congestión fuerte como se muestra en las figuras 1/L.370 y 2/L.370.

#### Punto de ingreso

Todo que soporta el interfaz usuario-red de origen (UNI, *user-network interface*).

#### Punto de egreso

Todo que soporta el interfaz usuario-red (UNI, *user-network interface*) de destino.

#### Objetivos de la gestión de la congestión

Los objetivos fundamentales de los mecanismos de control de congestión son mantener, con una probabilidad muy elevada, la calidad de servicio especificada (por ejemplo, caudal, retardo, pérdida de trama) para cada llamada virtual o circuito virtual permanente.

La congestión en el plano U de un servicio portador con retransmisión de tramas se produce cuando el tráfico que llega a un recurso (por ejemplo, memoria, anhedura de banda, procesador), rebasa el nivel de diseño de la red. Puede producirse también por otras razones (por ejemplo, fallo del equipo). La congestión de la red provoca la degradación de la calidad en lo que respecta al caudal y al retardo.

Según su efecto sobre la clase de servicio se definen dos niveles de congestión. El punto A es aquél a partir del cual el retardo de tránsito en la red de retransmisión de tramas aumenta a un ritmo superior al que aumenta la carga ofrecida. Esto se debe a que la red entra en un estado de leve congestión. Este punto es el punto final de una curva en que la red puede garantizar la clase de servicio negociada. Un incremento ulterior de la carga ofrecida puede provocar una degradación en la clase de servicio. El punto B es aquél en el que la red empieza a descartar tramas para controlar el nivel de congestión existente y evitar degradaciones adicionales a los servicios prestados por la red.

Los puntos A y B son valores dinámicos determinados por la condición instantánea de los recursos de la red. El usuario final puede percibir el paso del punto A al punto B sin aumentar su carga ofrecida (por ejemplo, fallo de un recurso o reconfiguración dentro de la red). Los valores umbral se determinan con relación a los objetivos de calidad de servicio en el plano U hasta el usuario final. Estos valores pueden variar de una red a otra y reflejar objetivos de calidad diferentes (por ejemplo, para diferentes grados de servicio), incluso dentro de una misma red.

Los mecanismos de prevención de la congestión tienen los siguientes objetivos:

- minimizar el descarte de tramas;
- mantener, con alta probabilidad y variación mínima, la calidad de servicio convenida;
- minimizar la posibilidad de que un usuario extremo pueda monopolizar recursos de red a expensas de otros usuarios finales;
- ser sencillos de realizar e imponer poca tara al usuario final o a la red;
- crear tráfico de red adicional mínimo;
- distribuir los recursos de red equitativamente entre los usuarios finales;
- limitar la expansión de la congestión a otras redes y elementos dentro de la red;
- funcionar efectivamente con independencia del flujo de tráfico en cualquiera de los dos sentidos entre usuarios finales;
- tener una interacción o repercusión mínimas sobre otros sistemas en la red con retransmisión de tramas, y
- minimizar la variación de la calidad de servicio ofrecida a los circuitos virtuales individuales en las condiciones de congestión (por ejemplo, los circuitos virtuales individuales no deben experimentar degradaciones repentinas cuando aparece o se ha producido una congestión).

Los mecanismos de restablecimiento tras la congestión (además de los anteriores) tienen por objeto asegurar el restablecimiento de la red tras una fuerte congestión.

#### Requisitos de los mecanismos de control de congestión

Los mecanismos de control de congestión deben tener las siguientes características:

Formar parte del plano U. En el plano U deberá proporcionarse una notificación explícita de congestión (ECM, *explicit congestion notification*). Esto se aplica a los aspectos del control de la congestión y relativos a la notificación en tiempo real y supone que las funciones de gestión tales como la recopilación de datos estadísticos sobre congestión (es decir, cuándo, dónde y por qué) podrían realizarse fuera del plano U.

Asegurar el transporte de la notificación explícita de congestión a través de las redes con retransmisión de tramas. Las redes transportarán la notificación explícita de congestión hacia atrás (BECN, *backward explicit congestion notification*) al usuario de origen y la notificación explícita de congestión hacia adelante (FECN, *forward explicit congestion notification*) al usuario de destino, lo cual exige que estas notificaciones (si están activadas) no sean reiniciadas a medida que atraviesan la red o redes hacia los usuarios de origen y de destino. Desde la perspectiva del servicio, las negociaciones de establecimiento de la comunicación (por ejemplo, el caudal) se basan en la velocidad, lo que significa que, desde el punto de vista de los servicios prestados por la red en un entorno de retransmisión de tramas, la velocidad a la que se ofrece información a la red, y que puede expresarse como el número de unidades de información por unidad de tiempo, es fundamental para todos los tipos de tráfico que han de cursarse.

La reacción del usuario extremo a la recepción de una notificación explícita de congestión (hacia adelante/hacia atrás FECN/BECN) se basa en la velocidad y puede estar sujeta a normalización. Se señala que los mecanismos de ventana en los terminales se aproximan a los mecanismos usados en la velocidad y pueden utilizarse para controlar la velocidad a la cual se ofrece el tráfico a una red. Las redes deben utilizar la notificación explícita de congestión y los usuarios deben reaccionar a la misma (es decir, no es obligatorio, pero es muy conveniente).

Las fuentes de datos que no pueden responder a la notificación explícita de congestión (es decir, los CLLM) sólo pueden ser controladas por medición y descarte. La red que percibe la congestión debe tener la opción de generar la notificación de congestión utilizando los protocolos de control de

congestión adecuados. Cuando se genera una ECN, se enviará en el sentido o sentidos apropiados. Los métodos para enviar las ECN serán diferentes para los mecanismos de control de origen y de control de destino.

Los usuarios finales (por ejemplo, redes privadas) pueden generar notificaciones explícitas de congestión.

#### *Estrategia de gestión de la congestión*

Se necesitan controles de congestión en tiempo real distribuidos para evitar la congestión y efectuar el restablecimiento en periodos poco frecuentes con crestas de demanda de tráfico coincidentes.

La prevención de la congestión es una responsabilidad conjunta de la red y del usuario final y requiere la coordinación entre ambos. Los procedimientos de prevención tienen por objeto procurar que el funcionamiento de la red retorne hacia la región I de las figuras 1/I.370 y 2/I.370.

La prevención de la congestión con una señalización explícita y el restablecimiento tras la congestión con una señalización implícita se consideran formas eficaces y complementarias del control de congestión en el servicio portador con retransmisión de tramas.

Los métodos de prevención de la congestión y restablecimiento tras la congestión son por naturaleza distribuidos, ya que la supervisión del tráfico (por ejemplo, mediante la utilización de dispositivos tampón) es más eficaz y exacta en los recursos congestionados, mientras que el control de la intensidad de tráfico es más eficaz cuando lo efectúan los usuarios finales. Para que un usuario final sepa cuándo debe disminuir/aumentar su velocidad de tráfico, debe haber un mecanismo de notificación normalizado entre la red y el usuario final.

La responsabilidad conjunta y los procedimientos entre el usuario final y la red deben ser verificables por la red.

La iniciación de un procedimiento de restablecimiento tras la congestión es responsabilidad de la red. El usuario final debe ayudar a la red a continuar los procedimientos de prevención. Los procedimientos de restablecimiento tras la congestión se utilizan para hacer que las redes fuertemente congestionadas retornen de la región III a la región I de las figuras 1/I.370 y 2/I.370.

#### *Mecanismos de control de la congestión*

##### *Notificación de congestión explícita*

Los protocolos de extremo a extremo normalmente utilizados funcionan con mecanismos de transmisión controlados en el origen y en el destino, para los cuales existen dos mecanismos facultativos de notificación explícita de congestión en el servicio portador de retransmisión de tramas.

Una vez implantados, estos mecanismos son independientes, no mutuamente exclusivos y pueden utilizarse simultáneamente:

*Mecanismo 1:* Para transmisores controlados en destino, la FECN se fija en el protocolo de aspectos de núcleo.

*Mecanismo 2:* Para los transmisores controlados en origen, la BECN se fija en el protocolo de aspectos de núcleo en las tramas transportadas en sentido inverso (es decir, hacia el transmisor). De forma alternativa, puede generarse un mensaje de gestión de capa de enlace consolidado (CLLM). Esto proporciona una notificación inversa para uno o más identificadores de conexión de enlace de datos (DLCI, *data link connection identifier*) en una sola trama. El CLLM se envía en el DLCI de gestión de capa en el plano U, en sentido hacia atrás (es decir, hacia el usuario de origen). El CLLM y la BECN pueden utilizarse conjuntamente o de forma separada para notificar al usuario final.

##### *Elección de descarte*

La utilización del indicador de elección de descarte por los usuarios y la red es facultativa. Este indicador puede ser fijado por el usuario y/o por la red. El indicador de elección de descarte determina si una trama debe ser descartada o no por la red con preferencia a otras tramas. Esta decisión será necesaria cuando la red esté congestionada y haya que descartar tramas para asegurar el funcionamiento seguro de la red y mantener el nivel de servicio concertado en la misma. Las tramas ofrecidas que rebasan el tamaño de ráfaga concertado (Bc) pueden ser marcadas como descartables por la red.

El indicador de elección de descarte es simétrico y pasa a través del interfaz usuario-red (UNI, *user-network interface*) y del interfaz de nodo de red (HNN, *network node interface*).

##### *Respuesta de la red a la congestión*

En principio, la red debe generar la notificación explícita de congestión utilizando el protocolo apropiado al usuario de origen y/o al usuario de destino alrededor del punto A (véase la figura 1/I.370). Todas las redes deben transportar las indicaciones FECN y BECN sin modificarlas o, en condiciones de congestión, con la indicación apropiada.

La notificación hacia atrás puede realizarse utilizando cualquiera de los dos mecanismos facultativos siguientes, o ambos:

Se envía una indicación BECN en el tráfico hacia atrás. Cuando hay tráfico hacia atrás en el momento de detectar la congestión, la indicación BECN puede transportarse en una trama existente.

Mensaje de gestión de capa de enlace consolidado. La generación y el transporte de estos mensajes por una red son facultativos. Si una red recibe este mensaje y no aplica esta opción, debe descartarlo.

La red no puede depender solamente del comportamiento de los usuarios para controlar la congestión de red. Por tanto, cabe esperar que la red se autoproteja de situaciones catastróficas de congestión supervisando el caudal de cada comunicación y haciendo uso de la estrategia de descarte de tramas en condiciones de congestión para las comunicaciones que rebasan el valor inferior de la CIR y la velocidad de información disponible normalmente que debe atribuir la red. En consecuencia, dado que la congestión puede producirse incluso cuando las comunicaciones no rebasan su caudal negociado (por ejemplo, durante fallos de red), la red debe descartar las tramas de manera que se asegure una cierta equidad entre los usuarios. En algunas situaciones de congestión, la red puede rehusar la aceptación de nuevas llamadas y/o liberar las llamadas existentes.

##### *Respuesta de los usuarios a la congestión*

Los usuarios finales deben reducir, en principio, su carga ofrecida al recibir una indicación implícita o explícita de congestión de la red. Los terminales deberán ser capaces de recibir la notificación explícita de congestión generada por la red aun cuando no puedan reaccionar frente a la información. La reducción de la velocidad de transferencia de información por un usuario extremo puede producir un aumento del caudal efectivo disponible al usuario durante la congestión. Un usuario del servicio con retransmisión de tramas debe aplicar algún tipo de función de adaptación de la velocidad sensible a la congestión y con las siguientes características:

no debe producirse un bloqueo del flujo de datos en condiciones normales aun cuando la carga ofrecida rebasa la CIR;

reducción a una velocidad inferior de transferencia de información al detectarse congestión en la red;

retorno progresivo a la velocidad de transferencia de información negociada al ir desapareciendo la congestión.

El terminal del usuario final debería basar la detección de la congestión de la red en métodos de detección implícita de congestión, así como en una notificación explícita de congestión.

Los métodos de detección implícita de congestión involucran ciertos eventos disponibles en los elementos de procedimiento de la Recomendación Q.922 (por ejemplo, recepción de una trama RECHAZO, detección de la pérdida de trama, expiración de un temporizador, etc.), o en una capa superior.

##### *Terminales que emplean transmisores controlados en el destino*

La reacción al bit de detección implícita de congestión, o al bit de notificación explícita de congestión hacia adelante (FECN) cuando se transportan estos bits, debe ser como sigue: coherente con las sucesiones de protocolos controlados en destino normalmente utilizados (por ejemplo, el protocolo de transporte clase 4 de OSI empleado en el servicio de red sin conexión de OSI), la adaptación de velocidad es típicamente una función de protocolos de capa superior, y la reacción del usuario final se basa en el estado de los bits de FECN que se reciben durante un cierto periodo de tiempo.

### Terminales que emplean transmisores controlados en el origen

La reacción al bit de detección implícita de congestión o de notificación explícita de congestión hacia atrás (BECN) o CLLM, cuando se aportan estos elementos, debe ser como sigue: la adaptación de velocidad es típicamente una función de los elementos de procedimiento de la capa de enlace de datos y se espera que la reacción del usuario final sea inmediata cuando se recibe un bit BECN o un CLLM.

### Relaciones entre parámetros

En la figura 3/I.370 se ilustran las relaciones entre los parámetros velocidad de acceso, exceso de tamaño de ráfaga ( $B_e$ ), tamaño de ráfaga concertado ( $B_c$ ), velocidad de información concertada (CIR), indicador de elección de descarte y el intervalo de medición. Los parámetros CIR,  $B_c$  y  $B_e$  se negocian en el momento del establecimiento de la comunicación para el establecimiento de la comunicación a petición o por abono para el establecimiento de comunicación permanente. La velocidad de acceso se establece por abono para las conexiones de acceso permanente o durante el establecimiento de la conexión de acceso a petición. Cada usuario extremo y la red participan en la negociación de estos parámetros a valores acordados. Estos valores negociados se utilizan después para determinar el parámetro de intervalo de medición  $T_c$ , y también cuando se fija el indicador de elección de descarte (si se utiliza). Estos parámetros se emplean también para determinar el volumen máximo admisible que pueden introducir los usuarios finales.

El intervalo de medición se determina como se muestra en el cuadro 1/I.370. La red y los usuarios finales pueden controlar el funcionamiento del indicador de elección de descarte y las funciones de restricción de velocidad ajustando los parámetros CIR,  $B_c$  y  $B_e$  en relación con la velocidad de acceso. Si los parámetros CIR y  $B_c$  no son iguales a cero, entonces  $T_c = (B_c/CIR)$ . Además, hay dos condiciones especiales:

- ) Cuando CIR = velocidad de acceso,  $B_c = 0$  y  $R_e = 0$ , ambas velocidades de acceso deben ser iguales (es decir, ingreso = egreso).
- ) Cuando CIR = 0 ( $B_c$  ha de ser = 0) y  $B_e > 0$ , entonces ( $T_c = B_e/\text{velocidad de acceso}$ ).

CUADRO 1/I.370

| Estados de parámetros de congestión |       |       |  |
|-------------------------------------|-------|-------|--|
| CIR                                 | $B_c$ | $B_e$ | Intervalo de medición ( $T_c$ )          |
| > 0                                 | > 0   | > 0   | $T_c = B_c/CIR$                          |
| > 0                                 | > 0   | = 0   | $T_c = B_c/CIR$                          |
| = 0                                 | = 0   | > 0   | $T_c = (B_e/\text{velocidad de acceso})$ |

Recomendación Q.23

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS APARATOS TELEFÓNICOS DE TECLADO

La introducción de aparatos telefónicos de teclado puede influir en la explotación de los circuitos internacionales:

- a) Dada la mayor velocidad al marcar, puede aumentar la duración del periodo de espera subsiguiente, ya que las redes nacionales e internacionales sólo se irán adaptando progresivamente a esta mayor velocidad.
- b) Al accionarse los pulsadores después de establecida una comunicación internacional, las frecuencias de señalización de los aparatos de teclado pueden ocasionar perturbaciones a otros sistemas de señalización de la conexión. Debe señalarse, sin embargo, que puede informarse al abonado de los inconvenientes que puede acarrear el accionamiento de los pulsadores en condiciones que no sean las normalmente prescritas.

No cabe duda de que, dada la gran velocidad al marcar que puede alcanzarse con los aparatos telefónicos de teclado, su utilización irá generalizándose rápidamente, por lo que es de desear que se normalicen internacionalmente los métodos de señalización para estos aparatos.

Uno de los argumentos en favor de esta normalización es la ventaja que representa para los países que hayan de adquirir sus equipos en distintos países extranjeros, aunque, en rigor, éste es un argumento que puede aplicarse a toda clase de equipo telefónico.

Otras ventajas de la normalización son:

- la posibilidad de utilizar el teclado del aparato telefónico para la señalización directa entre aparatos de abonado, a través de una conexión nacional y/o internacional;
- la atribución normalizada de frecuencias de señalización para aparatos telefónico de teclado facilita la elección de frecuencias de señalización en la banda de frecuencias de un circuito telefónico para cualquier otra aplicación (transmisión de datos, sistema de señalización telefónica, etc.) que pudiera ser necesario prever. Habida cuenta de las perturbaciones que pueden ocasionarse mutuamente los sistemas de señalización (véase la Recomendación Q.25), es necesaria la ordenación del espectro de frecuencias utilizado para la señalización.

Algunas Administraciones prevén el uso general de los aparatos telefónicos de teclado para funciones distintas de las de la marcación telefónica. Sin embargo, algunas Administraciones han hecho observar que parece conveniente reservar tal utilización para las redes de extensión relativamente limitada; a su juicio, las normas de fiabilidad de las transmisiones de datos no impondrán al sistema de aparatos telefónicos de teclado exigencias superiores a las necesarias para la transmisión de información telefónica de numeración a la central local, si no se quiere basar los límites económicos compatibles con la generalización de los aparatos de teclado.

El CCITT estimó (Mar del Plata, 1968), sin embargo, que aunque por ahora la transmisión de datos en el plano internacional a partir de aparatos telefónicos de teclado sólo pueda considerarse a escala limitada, conviene no excluir la posibilidad de que se generalicen esas transmisiones.

Al elegir un sistema de señalización para los aparatos telefónicos de teclado, los países pueden guiarse por condiciones que varíen considerablemente de un país a otro. Consideraciones de orden económico pueden inducirles, por ejemplo, a preferir un sistema de corriente continua, que pudiera ser menos costoso que un sistema de frecuencias vocales. En este caso, la información de numeración se transmitiría únicamente hasta la central telefónica a la que el abonado estuviera conectado, y no habría ningún tono que pudiera afectar a la conexión después de su establecimiento. No podría asegurarse la transmisión de datos a partir del aparato de teclado, a menos que se utilizara un convertidor especial en la central.

La normalización de un sistema de corriente continua para la señalización a partir de aparatos de teclado no parece justificada en el plano internacional; puede depender de las condiciones propias de las redes locales de los distintos países.

El sistema de señalización para aparatos de teclado recomendado por el CCITT sólo se aplica a las señales de frecuencias vocales. Se recomienda para esta señalización el empleo de un código multifrecuencia en el que la señal de numeración se componga de dos frecuencias transmitidas simultáneamente al accionarse un pulsador del teclado. Se prevé disponer de 10 cifras decimales y de 6 señales de reserva, o sea de un total de 16 señales. Las dos frecuencias que componen cada señal se toman de dos grupos de frecuencias, que se excluyen mutuamente y que tienen cuatro frecuencias cada uno [código denominado "2(1/4)"].

Las frecuencias inferiores de este código son las siguientes: 697, 770, 852 y 941 Hz.

Las frecuencias superiores son las siguientes: 1209, 1336, 1477 y 1633 Hz.

La atribución de estas frecuencias a las diferentes cifras y símbolos de un teclado aparece en la figura 1/Q.23.

Las tolerancias para las variaciones de frecuencia y los productos de intermodulación admisibles son los siguientes:

Cada frecuencia transmitida ha de estar comprendida entre  $\pm 1,8\%$  de la frecuencia nominal;

Los productos de distorsión (resultantes de la intermodulación o de los armónicos) han de tener un nivel 20 dB inferior, como mínimo, al de las frecuencias fundamentales.

El CCITT llegó (Mar del Plata, 1968) a la conclusión de que no era posible especificar niveles normalizados para las frecuencias transmitidas al accionar los pulsadores, ya que las condiciones de nivel dependen esencialmente de los planes nacionales de transmisión, que difieren según los países.

Sin embargo, las condiciones de nivel en la transmisión han de ser tales que permitan respetar en una conexión internacional los valores indicados en la Recomendación Q.16 (valor máximo admisible del nivel absoluto de potencia de un impulso de señalización).

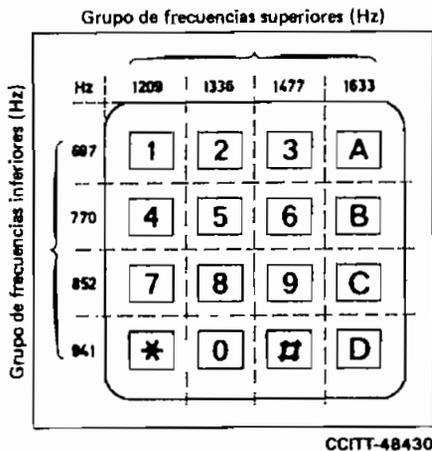


FIGURA 1/Q.23

Atribución de frecuencias a los diferentes símbolos y cifras del teclado

Recomendación Q.922

### ESPECIFICACIÓN DE LA CAPA DE ENLACE DE DATOS DE LA RDSI PARA SERVICIOS PORTADORES EN MODO TRAMA

Esta Recomendación especifica la estructura de trama, los elementos de procedimiento, el formato de campos y los procedimientos de la capa de enlace de datos para soportar servicios portadores en modo trama en el plano de usuario como se define en la Recomendación L233 [1].

Esta especificación de un protocolo de capa de enlace de datos y de procedimientos para servicios portadores en modo trama se basa en el protocolo del procedimiento de acceso al enlace por el canal D (LAPD, *link access procedure on the D-channel*) y los procedimientos definidos en la Recomendación Q.921 [2] y es una extensión de éstos. Los procedimientos son aplicables, pero no están limitados, al acceso al servicio portador en modo trama y se designan también como procedimientos de acceso al enlace para servicios portadores en modo trama, o LAPF (*link access procedures to frame mode bearer services*). Un subconjunto de LAPF, correspondiente a la subcapa de núcleo de enlace de datos (definida en la Rec. I. 233), se utiliza para soportar el servicio portador con retransmisión de tramas. Este subconjunto se denomina «protocolos de núcleo de enlace de datos» (NÚCLEO-DL) y figura en el anexo A. El resto del LAPF se llama protocolo de control de enlace de datos (CONTROL-DL).

La finalidad del LAPF es la de transportar unidades de datos de servicio enlace de datos (DL, *data link*) entre usuarios de servicio de DL en el plano U para servicios portadores en modo trama a través del interfaz usuario-red de la RDSI por canales B, D o H. Las conexiones portadoras en modo trama se establecen utilizando los procedimientos especificados en la Recomendación Q.933 [3] o (para circuitos virtuales permanentes) por abono (suscripción).

El LAPF utiliza un servicio de capa física, como el soportado por las Recomendaciones de la serie I.430 [4]. El LAPF permite la multiplexación estadística de una o más conexiones portadoras en modo trama a través de un solo canal B, D o H, de la RDSI mediante la utilización de LAPF y procedimientos HDLC compatibles. En particular, el LAPF se caracteriza por:

- una estrecha relación con los procedimientos entre pares de LAPD;
- un comportamiento de procedimiento simétrico con respecto al interfaz usuario-red, lo que permite también el interfuncionamiento directo de usuario a usuario cuando el lado red está pasivo (o solamente soporta el protocolo NÚCLEO-DL);
- una subcapa de núcleo que comprende los procedimientos NÚCLEO-DL, como se indica en el anexo A;
- aplicabilidad en cualquier canal RDSI, es decir, en canales B, D o H;
- uso compartido del canal D, concurrentemente con el LAPD (véase la Recomendación Q.921 [2]);
- uso de identificadores de conexión de enlace de datos (DLCI, *data link connection identifiers*) para identificar de manera única enlaces virtuales en modo trama que están siendo asignados a las conexiones portadoras multiplexadas en un canal B, D o H de RDSI;
- provisión de un DLCI dedicado para gestión de capa;
- uso con una serie de protocolos organizados por capas, lo que permite el interfuncionamiento entre:
  - servicios con retransmisión de tramas y servicios con conmutación de tramas;
  - servicios con retransmisión de tramas y servicios basados en la Recomendación X.25;
  - servicios con conmutación de tramas y servicios basados en la Recomendación X.25.

Los protocolos de capa de red que proporcionan y soportan la fase transferencia de datos N del servicio de red con conexión de OSI (véase la Recomendación X.213 [5]) pueden ser transportados por el servicio proporcionado por la presente Recomendación. Dos de esos protocolos de capa de red son: la fase transferencia de datos de la Recomendación X.25 [6], y el protocolo especificado en el apéndice IV.

La asignación del DLCI se efectúa mediante señalización de grupo (definida en el apéndice II) o por abono o por previo acuerdo.

Los conceptos, terminología, descripción general de funciones y procedimientos del enlace de datos, así como las relaciones con otras Recomendaciones, se describen en términos generales en la Recomendación Q.920 [7].

En esta recomendación se define:

- Estructura de trama para comunicación entre pares
- Elementos de procedimientos y formatos de campos para comunicación entre pares en la capa de enlace de datos
- Elementos de comunicación entre capas
- Definición de los procedimientos entre pares de la capa de enlace de datos

## SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DIGITAL DE ABONADO N.º 1 DE RED DIGITAL DE SERVICIOS SINTEGRADOS (RDSI) - ESPECIFICACIONES DE SEÑALIZACIÓN PARA EL CONTROL Y LA MONITORIZACIÓN DE LA SITUACIÓN DE CONEXIONES VIRTUALES CONMUTADAS Y PERMANENTES EN MODO TRAMA

### Propósito

Esta Recomendación especifica los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones en modo trama (relevo de trama o conmutación de trama) en la interfaz usuario-red. Estos procedimientos se definen en términos de mensajes y procedimientos en el punto de referencia S/T para conexión en modo trama por canal B y canal D, a un manejador de trama (FH, *frame handler*) y un manejador de trama distante (RFH, *remote frame handler*). Estos mensajes y procedimientos son aplicables tanto a la interfaz de velocidad básica como a la interfaz de velocidad primaria. Generalmente están alineados con los definidos en la Recomendación Q.931 (1992).

### Visión de conjunto del control de conexión en modo trama

En esta Recomendación, los términos «entrante» («incoming») y «saliente» («outgoing») se utilizan para describir las llamadas en modo trama tal como son percibidas en el lado usuario de la interfaz.

Esta cláusula define los estados de control de llamada en modo trama en que pueden encontrarse las llamadas. Estas definiciones no son aplicables al estado de la interfaz propiamente dicha, de los equipos que pudieran estar asociados, el canal D, o de los enlaces lógicos utilizados para señalización en el canal D. Dado que pueden existir simultáneamente en una interfaz usuario-red varias llamadas en modo trama, y que cada una de ellas puede estar en un estado diferente, el estado de la interfaz como tal no puede ser definido de una manera inequívoca.

En la cláusula 5 se da una descripción detallada de los procedimientos para el control de llamada en modo trama en términos de:

- a) la secuencia de mensajes definida en la cláusula 3 que son transferidos a través de la interfaz usuario-red; y
- b) el procesamiento de información y las acciones que tienen lugar en el lado usuario y en el lado red.

Cuando existen diferencias entre servicios portadores de relevo de trama y servicios portadores de conmutación de trama, esas diferencias se señalan explícitamente.

### Mensajes para control de conexión en modo trama

El Cuadro 3-1 recapitula los mensajes para control de conexión en modo trama. Estos mensajes son un subconjunto de los mensajes definidos y especificados en la Recomendación Q.931. El alcance y el significado de los mensajes utilizados en esta Recomendación se definen en la Recomendación Q.931; dondequiera que aparezcan diferencias y/o nuevos elementos de información, deberán ser claramente señalados y totalmente especificados.

CUADRO 3-1/Q.933  
Mensajes para control de conexión en modo trama

| Mensaje  | Mensaje                                   |
|--|---|
| <i>Mensajes de establecimiento de llamada:</i> | <i>Mensajes de liberación de llamada:</i> |
| AVISO  | DESCONEXIÓN                               |
| LLAMADA EN CURSO                               | LIBERACIÓN                                |
| CONEXIÓN                                       | LIBERACIÓN COMPLETA                       |
| ACUSE DE CONEXIÓN                              |   |
| PROGRESO                                       | <i>Mensajes diversos:</i>                 |
| ESTABLECIMIENTO                                | SITUACIÓN                                 |
|  | INDAGACIÓN DE SITUACIÓN                   |

### Procedimientos de control de llamada en modo trama

Esta cláusula describe los procedimientos de señalización para el soporte de comunicaciones en modo trama en una red digital de servicios integrados (RDSI).

El usuario puede acceder a facilidades de manejo de trama en una de las dos formas siguientes:

- 1) acceso por conmutación de circuito a un manejador de trama distante (caso A) estableciendo conexiones en modo trama asociadas a canal portador (B o H). Estas conexiones pueden ser iniciadas por el usuario o el manejador de trama distante (RFH, *remote frame handler*). En este caso, el manejador de red en modo trama es proporcionado utilizando señalización en-canal. Por acuerdo previo (por ejemplo, por abono), el manejador de red en modo trama puede ser proporcionado de otra manera, es decir, sin utilizar señalización en-canal;
- 2) acceso al servicio de circuito virtual en modo trama en la RDSI local (caso B) estableciendo una conexión en modo trama. Esta conexión puede ser iniciada por el usuario o el manejador de trama. Para el transporte de datos en modo trama se puede utilizar un canal portador o un canal B.

El término «usuario» hace referencia al equipo de usuario, el cual puede consistir en un terminal en modo trama RDSI (TE1) o en una combinación de un equipo de terminación de datos (TE2) asociado a un adaptador de terminal (TA). Un TE2 puede no recibir toda la información proporcionada en mensajes de señalización de la Recomendación Q.931 en la interfaz usuario-red.

El TA/TE1 de la RDSI presenta una interfaz de punto de referencia S/T hacia la red y, por tanto, la implementación de TA/TE1 no debe abarcar los procedimientos descritos en la Recomendación Q.931 y en esta Recomendación para control de establecimiento de conexión por canal B y por canal D.

Son posibles dos tipos físicos de conexiones semipermanentes vía canales B y D:

- 1) conexión de capa física establecida semipermanentemente entre el usuario y el manejador de trama (FH)/RFH, es decir, la capa física permanece activada y el trayecto físico es conectado semipermanentemente;
- 2) enlace de datos y capas físicas establecidos semipermanentemente entre los usuarios (en este tipo, la red deberá mantener la información de identificador de conexión de capa enlace de datos).

En conexiones semipermanentes como las antes indicadas en 1), se siguen los procedimientos descritos en 5.1.1.2 y 5.1.2 y en 5.2.1.2 y 5.2.2 para establecimiento de llamada. Se siguen los procedimientos descritos en 5.4 para liberación de llamada. Debe señalarse que, en el caso del

servicio portador de relevo de trama, los procedimientos de establecimiento y liberación de la capa enlace son de extremo a extremo, y dependen del protocolo de capa enlace que se esté empleando entre los usuarios.

En conexiones semipermanentes como las indicadas en 2), para establecimiento y liberación de llamada se siguen procedimientos administrativos no especificados en esta Recomendación.

Los procedimientos descritos en esta Recomendación permiten la entrega del elemento de información número de parte llamante y del elemento de información número conectado. Algunas redes que proporcionan esta capacidad pueden optar por implementar los procedimientos descritos en los servicios suplementarios presentación de la identificación de la línea llamante (CLIP, *calling line identification presentation*) y presentación de la identificación de la línea conectada (COLP, *connected line identification presentation*) (véase la Recomendación Q.951).

#### Llamada saliente

Para llamadas de datos salientes, el usuario deberá primero decidir si se desea que la red proporcione servicios caso A o servicios caso B. Para llamadas salientes del caso A, el usuario sigue los procedimientos descritos. Para llamadas salientes del caso B, el usuario deberá decidir si:

- la red ha de seleccionar el canal (véase 5.1.3.1); o
- si se habrá de utilizar un canal B específico; o
- se habrá de utilizar el canal D;

para la llamada en modo trama.

#### LLAMADA ENTRANTE

- Acceso desde un servicio manejador de trama distante (caso A)

Debe estar establecida una conexión por conmutación de circuito entre el RFH y el usuario llamado, antes de que se pueda ofrecer una llamada entrante en modo trama.

- Acceso desde el servicio por circuito virtual en modo trama RDSI (caso B)

Cuando se ha de ofrecer una llamada entrante, el canal físico y el enlace lógico deberán estar identificados. El mecanismo de identificación puede basarse en información de perfil de cliente, disponibilidad de recursos de red, y procedimientos de ofrecimiento de llamada.

Los procedimientos de ofrecimiento de llamada deberán ser tales que:

- a) Una nueva llamada entrante en modo trama pueda ser indicada al usuario por un procedimiento de ofrecimiento de llamada entre la red y todos los terminales elegibles para recibir la llamada.
- b) Cuando se ofrece una llamada a una interfaz en la cual está ya establecida una conexión en modo trama dentro del canal portador, el usuario deberá tener la opción de aceptar la nueva llamada en el mismo canal portador, siempre que haya anchura de banda suficiente disponible en este canal.

#### - Negociación

Ofrecimiento de llamada mediante selección de canal

Negociación de identificador de conexión de enlace de datos:

En el caso A, los procedimientos son idénticos a los descritos en 5.1.3.2 salvo que el RFH incluye siempre el elemento de información identificador de conexión de enlace de datos en un mensaje ESTABLECIMIENTO.

En el caso B, el elemento de información identificador de conexión de enlace de datos deberá incluirse en el mensaje ESTABLECIMIENTO. El elemento de información identificador de enlace de datos deberá codificarse de modo que indique que el DLCI especificado es o bien:

- 1) un DLCI exclusivo con ninguna alternativa aceptable. Esta opción sólo está permitida si el elemento de información identificación de canal fue incluido en el mensaje ESTABLECIMIENTO y codificado de una de estas dos formas:
  - a) un canal B o H exclusivo, indicación de canal D igual a «no»;
  - b) ningún canal exclusivo, indicación de canal D igual a «sí»; o
- 2) un DLCI preferido.

El usuario incluirá el elemento de información identificador de conexión de enlace de datos en un mensaje LLAMADA EN CURSO, un mensaje AVISO, o un mensaje CONEXIÓN enviado como primera respuesta al mensaje ESTABLECIMIENTO. El valor indicado para el DLCI será un valor disponible en el canal indicado por el elemento de información identificación de canal incluido en una respuesta. Si, o bien:

- el elemento de información DLCI en el mensaje ESTABLECIMIENTO estaba codificado «exclusivo»; o
- el elemento de información identificación de canal en la primera respuesta al mensaje ESTABLECIMIENTO indica el canal D, y el mensaje ESTABLECIMIENTO fue entregado por un enlace de datos en difusión;

el valor del DLCI indicado en esta respuesta será el mismo que el valor del DLCI recibido en el mensaje ESTABLECIMIENTO.

#### - Protocolo de fase transferencia de datos en modo trama

En algunos casos puede transcurrir cierto tiempo entre el instante en que se recibe una confirmación de conectar y el instante en que la conexión es efectivamente establecida. Puede ser necesario verificar la conexión mediante una toma de contacto (handshake) antes de comenzar la transferencia de datos. Esto puede realizarse de extremo a extremo en el plano usuario.

Después de establecer la conexión en modo trama, deberán seguirse los procedimientos de la fase transferencia de datos en modo trama.

#### 1) Servicio portador relevo de trama

Aspectos de núcleo del protocolo en modo trama.

#### 2) Servicio portador conmutación de trama

Véase la Recomendación Q.922.

En el caso del servicio portador relevo de trama, la capa enlace es establecida y liberada de acuerdo con los procedimientos del protocolo de capa enlace que se está empleando entre los usuarios.

#### - Liberación de llamada

Los procedimientos de liberación de llamada para servicios portadores modo trama se basan en 5.3/Q.931.

Terminología:

Para las llamadas en modo trama, se amplían las definiciones de 5.3.1/Q.931, y se aplicará lo siguiente:

- un DLCI está «conectado» cuando se está utilizando en una conexión en modo trama;
- un DLCI está «desconectado» cuando ya no se está utilizando en una conexión en modo trama (es decir, cuando han dejado de transferirse tramas en que se utilice ese DLCI), pero el DLCI aún no está disponible para uso en una nueva conexión en modo trama;
- un DLCI está «liberado» cuando no está siendo utilizado en la conexión modo trama y está disponible para uso en una nueva conexión en modo trama.

Condiciones de excepción:

Además de las condiciones de excepción expresadas en 5.3.2/Q.931, una terminación no exitosa del procedimiento de negociación de DLCI para llamada en modo trama se efectúa enviando un mensaje LIBERACIÓN con la causa #6 «canal inaceptable». Los apartados b) y d) de 5.3.2/Q.931 no se aplican a la llamada en modo trama para caso A (pero sí a la llamada subyacente establecida en modo circuito).

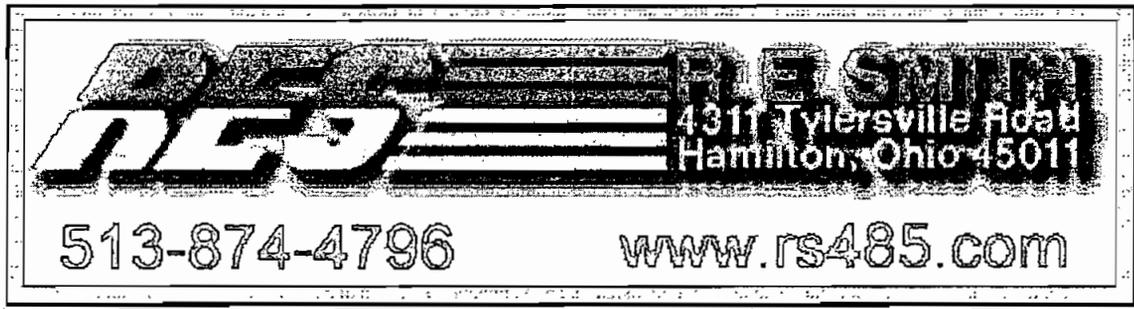
Liberación iniciada por el usuario:

La subcláusula 5.3.2/Q.931 se aplica a las llamadas en modo trama, de la manera siguiente:

- 1) El usuario desconectará el DLCI al enviar el mensaje DESCONEXIÓN. En el caso B con empleo de canal B, el canal B es también

# ANEXO 3

INTERFAZ RS-485



## QUICK REFERENCE FOR RS485, RS422, RS232 AND RS423

### INTRODUCTION

Line drivers and receivers are commonly used to exchange data between two or more points (nodes) on a network. Reliable data communications can be difficult in the presence of induced noise, ground level differences, impedance mismatches, failure to effectively bias for idle line conditions, and other hazards associated with installation of a network.

The connection between two or more elements (drivers and receivers) should be considered a transmission line if the rise and/or fall time is greater than half the time for the signal to travel from the transmitter to the receiver.

Standards have been developed to insure compatibility between units provided by different manufacturers, and to allow for reasonable success in transferring data over specified distances and/or data rates. The Electronics Industry Association (EIA) has produced standards for RS485, RS422, RS232, and RS423 that deal with data communications. Suggestions are often made to deal with practical problems that might be encountered in a typical network. EIA standards were previously marked with the prefix "RS" to indicate recommended standard; however, the standards are now generally indicated as "EIA" standards to identify the standards organization. While the standards bring uniformity to data communications, many areas are not specifically covered and remain as "gray areas" for the user to discover (usually during installation) on his own.

### SINGLE-ENDED DATA TRANSMISSION

Electronic data communications between elements will generally fall into two broad categories: single-ended and differential. RS232 (single-ended) was introduced in 1962, and despite rumors for its early demise, has remained widely used through the industry. The specification allows for data transmission from one transmitter to one receiver at relatively slow data rates (up to 20K bits/second) and short distances (up to 50Ft. @ the maximum data rate).

Independent channels are established for two-way (full-duplex) communications. The RS232 signals are represented by voltage levels with respect to a system common (power / logic ground). The "idle" state (MARK) has the signal level negative with respect to common, and the "active" state (SPACE) has the signal level positive with respect to common. RS232 has numerous handshaking lines (primarily used with modems), and also specifies a communications protocol. In general if you are not connected to a modem the handshaking lines can present a lot of problems if not disabled in software or accounted for in the hardware (loop-back or pulled-up). RTS (Request to send) does have some utility in certain applications. RS423 is

another single ended specification with enhanced operation over RS232; however, it has not been widely used in the industry.

## DIFFERENTIAL DATA TRANSMISSION

When communicating at high data rates, or over long distances in real world environments, single-ended methods are often inadequate. Differential data transmission (balanced differential signal) offers superior performance in most applications. Differential signals can help nullify the effects of ground shifts and induced noise signals that can appear as common mode voltages on a network.

RS422 (differential) was designed for greater distances and higher Baud rates than RS232. In its simplest form, a pair of converters from RS232 to RS422 (and back again) can be used to form an "RS232 extension cord." Data rates of up to 100K bits / second and distances up to 4000 Ft. can be accommodated with RS422. RS422 is also specified for multi-drop (party-line) applications where only one driver is connected to, and transmits on, a "bus" of up to 10 receivers.

While a multi-drop "type" application has many desirable advantages, RS422 devices cannot be used to construct a truly multi-point network. A true multi-point network consists of multiple drivers and receivers connected on a single bus, where any node can transmit or receive data.

"Quasi" multi-drop networks (4-wire) are often constructed using RS422 devices. These networks are often used in a half-duplex mode, where a single master in a system sends a command to one of several "slave" devices on a network. Typically one device (node) is addressed by the host computer and a response is received from that device. Systems of this type (4-wire, half-duplex) are often constructed to avoid "data collision" (bus contention) problems on a multi-drop network (more about solving this problem on a two-wire network in a moment).

RS485 meets the requirements for a truly multi-point communications network, and the standard specifies up to 32 drivers and 32 receivers on a single (2-wire) bus. With the introduction of "automatic" repeaters and high-impedance drivers / receivers this "limitation" can be extended to hundreds (or even thousands) of nodes on a network. RS485 extends the common mode range for both drivers and receivers in the "tri-state" mode and with power off. Also, RS485 drivers are able to withstand "data collisions" (bus contention) problems and bus fault conditions.

To solve the "data collision" problem often present in multi-drop networks hardware units (converters, repeaters, micro-processor controls) can be constructed to remain in a receive mode until they are ready to transmit data. Single master systems (many other communications schemes are available) offer a straight forward and simple means of avoiding "data collisions" in a typical 2-wire, half-duplex, multi-drop system. The master initiates a communications request to a "slave node" by addressing that unit. The hardware detects the start-bit of the transmission and automatically enables (on the fly) the RS485 transmitter. Once a character is sent the hardware reverts back into a receive mode in about 1-2 microseconds (at least with R.E. Smith converters, repeaters, and remote I/O boards).

Any number of characters can be sent, and the transmitter will automatically re-trigger with each new character (or in many cases a "bit-oriented" timing scheme is used in conjunction with network biasing for fully automatic operation, including any Baud rate and/or any communications specification, eg. 9600,N,8,1). Once a "slave" unit is addressed it is able to respond immediately because of the fast transmitter turn-off time of the automatic device. It is NOT necessary to introduce long delays in a network to avoid "data collisions." Because delays are NOT required, networks can be constructed, that will utilize the data communications bandwidth with up to 100% through put.

Below are the specifications for RS232, RS423, RS422, and RS485. Please give us a call at 513-874-4796 if further information is required. We have solutions to most problems that are encountered in this area.

Thanks, Ron Smith

| SPECIFICATIONS                                    |           | RS232               | RS423                   | RS422                | RS485                |
|---|-----------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| Mode of Operation                                 |           | SINGLE<br>-ENDED    | SINGLE<br>-ENDED        | DIFFER-<br>ENTIAL    | DIFFER-<br>ENTIAL    |
| Total Number of Drivers and Receivers on One Line |           | 1 DRIVER<br>1 RECVR | 1 DRIVER<br>10<br>RECVR | 1 DRIVER<br>10 RECVR | 1 DRIVER<br>32 RECVR |
| Maximum Cable Length                              |           | 50 FT.              | 4000 FT.                | 4000 FT.             | 4000 FT.             |
| Maximum Data Rate                                 |           | 20kb/s              | 100kb/s                 | 10Mb/s               | 10Mb/s               |
| Maximum Driver Output Voltage                     |           | +/-25V              | +/-6V                   | -0.25V to +6V        | -7V to +12V          |
| Driver Output Signal Level (Loaded Min.)          | Loaded    | +/-5V to<br>+/-15V  | +/-3.6V                 | +/-2.0V              | +/-1.5V              |
| Driver Output Signal Level (Unloaded Max)         | Unloaded  | +/-25V              | +/-6V                   | +/-6V                | +/-6V                |
| Driver Load Impedance (Ohms)                      |           | 3k to 7k            | >=450                   | 100                  | 54                   |
| Max. Driver Current in High Z State               | Power On  | N/A                 | N/A                     | N/A                  | +/-100uA             |
| Max. Driver Current in High Z State               | Power Off | +/-6mA @<br>+/-2v   | +/-100uA                | +/-100uA             | +/-100uA             |
| Slew Rate (Max.)                                  |           | 30V/uS              | Adjustable              | N/A                  | N/A                  |
| Receiver Input Voltage Range                      |           | +/-15V              | +/-12V                  | -10V to +10V         | -7V to +12V          |
| Receiver Input Sensitivity                        |           | +/-3V               | +/-200mV                | +/-200mV             | +/-200mV             |
| Receiver Input Resistance (Ohms)                  |           | 3k to 7k            | 4k min.                 | 4k min.              | >=12k                |

Click button [HOME rs485.com PAGE](#) to go.

Updated Friday, March 12, 1999.

# ANEXO 4

ÁBACO DE CÁLCULO DE  
NÚMERO DE REPETIDORAS  
DE RADIO

