

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



Instituto Costarricense de Electricidad



**Análisis y Diseño de Dispositivos de Medición para Gestión de Equipos de
Telecomunicaciones**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el Grado Académico de Licenciatura**

Saúl Guadamuz Brenes

Cartago, Noviembre de 2002

Resumen

El ICE siempre ha llevado la delantera en la creación, manutención y administración de la red de telecomunicaciones del país; con el objetivo de brindar un mejor servicio, dicha institución se ha esforzado por actualizar constantemente sus sistemas de transmisión, operación y gestión de información; entre dichos esfuerzos se cuenta el hecho de ir reemplazando su red PDH de fibra óptica por una SDH, la cual brinda ventajas palpables en cuanto a seguridad, gestión, velocidad y posibilidades de expansión. Dentro de la red SDH, los multiplexores de inserción / extracción, cumplen la vital función de introducir o extraer información de la red según sea necesario, si alguno de estos multiplexores falla su reparación debe llevarse a cabo lo antes posible para no trastornar el flujo de datos y la velocidad de transmisión.

Sin embargo, una buena parte de los multiplexores se encuentra fuera del área metropolitana y el acceso a ellos significa un enorme gasto de recursos humanos y económicos, ya que el técnico debe desplazarse hasta el lugar donde se encuentra el multiplexor, hacer el diagnóstico, regresar a un complejo del ICE donde pueda conseguir el repuesto (en caso de que el daño sea a nivel de hardware) y volver al sitio del desperfecto para hacer la reparación.

El objetivo de este informe es exponer como se agilizó este proceso al diseñar un método de monitoreo remoto para los multiplexores de inserción / extracción de manera que el técnico no debiera desplazarse hasta el lugar del desperfecto para realizar el diagnóstico, sino que pudiera hacerlo desde cualquier lugar del país con acceso a una línea telefónica; o desde cualquier complejo del ICE, siempre que este complejo y el sitio del desperfecto tuvieran acceso a la red institucional del ICE.

Palabras claves: ICE, PDH, SDH, red de acceso telefónico, administración remota de redes.

Abstract

The ICE always have been a pioneer about the creation, maintenance and administration of the Costa Rican telecommunication network; looking for a better public attention this institution have worked hard to keep up-dating its transmission, operation and management systems; one of those efforts we can find a special one: to replace, step by step, the PDH optical network, by a SDH optical network, this kind of network have pretty advantages in security, management, speed and expansion possibilities. Inside the SDH network, the insertion / extraction multiplexers, make a very important function: to put in or to take out the network information when it is necessary, if some of those multiplexers fails, its reparation must be as soon as possible, this to avoid the malfunction in the data flow and transmission speed.

However, a high number of the multiplexers are out of the central area, and the access to them take a lot of human and economic resources, because the technician must move to multiplexer's place, make a failure diagnostic, get back into a ICE complex to find a spare part (when the failure is in hardware) and go to multiplexer's place again to do the reparation.

This report's objective is to expose how this supervision was made easier with a remote supervision system design for the insertion / extraction multiplexers, so the technician won't have to go to the system-crash place to check it out, but he'll can do it remotely from any place in the country using a telephonic line; or from any ICE complex, as long as the complex and the system-crash place have access to the ICE institutional computer network.

Keywords: ICE, PDH, SDH, dial-up networking, network remote administration.

Dedicatoria

A mi madre, quien siempre ha estado a mi lado, quien siempre estuvo al tanto de lo que necesitara en cualquier ámbito de mi existencia: desde una incubadora hasta un beso de despedida.

A mi padre, quien siempre se dio a la tarea de enseñarle a un niño la necesidad de hacer las cosas bien, no para complacer a otros, sino para complacerse a uno mismo, y gracias a quien nunca me faltó un libro para adquirir algo que nadie me puede quitar: conocimiento.

A mi hermano y hermanas, para quienes confío que este proyecto aliente a desarrollar su propia trayectoria como personas que dan todo lo que pueden, aunque parezca imposible.

A esa persona tan especial para mí, cuyo papel en mi vida ha tomado más fuerza con los años y con quién espero compartir los que faltan.

Agradecimiento

A Jehová Dios, quien nos da a todos la oportunidad, sabiduría y capacidad de adquirir conocimiento: tanto el que nos permite ganarnos la vida, como el que nos permite conservarla para siempre.

Al Ing. Julio Stradi, por permitir que realizara este proyecto en la dependencia a su cargo y quien me mostró como cruzar la puerta entre estudiar una ingeniería y practicarla.

A todos los profesores y profesoras que me regalaron lo más precioso que tienen: sus conocimientos y experiencia.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1:	Introducción.....	12
1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	12
1.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA	14
1.3.	OBJETIVOS	15
Capítulo 2:	Antecedentes	16
2.1.	ESTUDIO DEL PROBLEMA A RESOLVER	16
2.2.	REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA	27
2.3.	SOLUCIÓN PROPUESTA	28
Capítulo 3:	Procedimiento metodológico.	29
Capítulo 4:	Fibras ópticas y Técnica SDH	31
4.1.	FIBRAS ÓPTICAS.....	31
4.1.1.	<i>Características Generales.....</i>	<i>31</i>
4.1.2.	<i>Tipos de fibras y cables ópticos</i>	<i>33</i>
4.2.	TÉCNICA SDH	36
4.2.1.	<i>Introducción.....</i>	<i>36</i>
4.2.2.	<i>Descripción general</i>	<i>37</i>
4.2.3.	<i>Elementos físicos de la red SDH.....</i>	<i>38</i>
4.2.4.	<i>Trama en la técnica SDH.....</i>	<i>41</i>
4.2.5.	<i>Estructura de información del SDH</i>	<i>44</i>
4.2.6.	<i>Codificación y función del puntero.....</i>	<i>47</i>
4.2.7.	<i>Concatenación.....</i>	<i>48</i>
Capítulo 5:	Descripción del hardware utilizado.	50
Capítulo 6:	Descripción del software utilizado.....	52
Capítulo 7:	Análisis de resultados	55
7.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FRONTALES	55
7.1.1.	<i>Introducción.....</i>	<i>55</i>
7.1.2.	<i>Descripción</i>	<i>56</i>
7.2.	EXPLICACIÓN DEL DISEÑO.....	68
7.3.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	81
Capítulo 8:	Conclusiones y recomendaciones.....	82
8.1.	CONCLUSIONES	82
8.2.	RECOMENDACIONES.....	83
Capítulo 9:	Bibliografía.....	84
Apéndice A.1:	Redes de acceso telefónico.....	85
Apéndice A.2:	Direcciones IP.....	90
Apéndice A.3:	Instalación del WinLCT.	92
Anexo B.1:	Hojas de datos.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Anillos 15 y 16 del sistema SDH utilizado en el país.....	18
Figura 2.2.	Anillo 17 del sistema SDH utilizado en el país.	19
Figura 2.3.	Anillos 18 y 19 del sistema SDH utilizado en el país.....	20
Figura 2.4.	Anillos 20 a 23 del sistema SDH utilizado en el país.	21
Figura 2.5.	Anillos 24 y 25 del sistema SDH utilizado en el país.....	22
Figura 2.6.	Anillos 26 y 27 del sistema SDH utilizado en el país.....	23
Figura 2.7.	Anillos 28 y 29 del sistema SDH utilizado en el país.....	24
Figura 2.8.	Anillo 30 del sistema SDH utilizado en el país.	25
Figura 2.9.	Diagrama general de la solución propuesta a realizarse como proyecto de graduación.....	28
Figura 4.1.	Comparación entre los anchos de banda y las frecuencias de trabajo de tres tipos de líneas de transmisión.....	32
Figura 4.2.	Rango de frecuencia y longitud de onda en la que operan las fibras ópticas en comparación con la luz visible.	33
Figura 4.3.	Diagrama de la constitución física de una línea de fibra óptica.	33
Figura 4.4.	Trayectorias que sigue un haz de luz dentro de una fibra óptica según su modo e índice; a) monomodo de índice escalonado, b) multimodo de índice escalonado, c) multimodo de índice gradual.....	35
Figura 4.5.	Multiplexor de inserción / extracción SDH y sus posibles afluentes. .	38
Figura 4.6.	Configuraciones de conexión para los multiplexores de inserción / extracción en SDH; a) punto a punto, b) inserción/extracción, c) anillo bidireccional.	38
Figura 4.7.	(continuación) Configuraciones de conexión para los multiplexores de inserción / extracción en SDH; a) punto a punto, b) inserción/extracción, c) anillo bidireccional.	39
Figura 4.8.	Arreglo de anillos interconectados mediante un Cross-Conect.....	40
Figura 4.9.	Esquema de un trayecto entre dos multiplexores de inserción / extracción.	40
Figura 4.10.	Estructura de la trama de información STM-1 utilizada en el SDH. ..	42
Figura 4.11.	Designación de bytes dentro de la sección de administradores de un paquete STM.	43
Figura 4.12.	Esquema de la construcción de un contenedor virtual a partir de un contenedor y un encabezado de trayecto.	45

Figura 4.13.	Esquema de la construcción de una unidad administrativa a partir de un contenedor virtual y un puntero.....	46
Figura 4.14.	Esquema de multiplexación según la velocidad del afluente para entrar en una red SDH.	47
Figura 4.15.	Bytes que componen el AU Pointer o puntero de unidad administrativa.	47
Figura 4.16.	Bits que conforman los bytes H1 y H2 del AU Pointer y contienen la dirección del puntero.	48
Figura 4.17.	Configuración de bits para los bytes H1 y H2 que indican una concatenación en la transmisión.	48
Figura 4.18.	Ejemplo de un caso en el que la cantidad de información por transmitir requiere de una concatenación de datos.....	49
Figura 5.1.	Bastidor que aloja las tarjetas de los multiplexores de inserción / extracción.	51
Figura 5.2.	Tarjeta de control SC, dispone de un puerto serie para comunicación con una PC.	51
Figura 6.1.	Explorador de Internet ejecutado de manera remota. La computadora cliente tiene el escritorio en color negro, mientras que la computadora servidor lo tiene en celeste.	53
Figura 7.1.	Incorporación por medio del frontal de una central telefónica a la red institucional o a la Internet.	57
Figura 7.2.	Operación cliente-servidor del sistema de frontales.....	59
Figura 7.3.	Capacidad y transparencia para atender distintos clientes del sistema de frontales.	60
Figura 7.4.	Vista interior de una central telefónica marca Alcatel, se pueden apreciar las tarjetas de conmutación.....	61
Figura 7.5.	Vista exterior completa de la central mostrada en figura 7.4	62
Figura 7.6.	Armario que protege y contiene el frontal que supervisa las centrales de las figuras 7.5 y 7.6.	62
Figura 7.7.	Se puede apreciar el CPU marca DTK que cumple el papel de frontal, conserva incluso la unidad de disco extraíble de 3 ½ pulgadas.....	62
Figura 7.8.	Cada uno de las centrales está conectado al frontal por medio de una tarjeta multipuerto, en esta figura se aprecia como se concentran las líneas de información desde las centrales y que van luego hacia el frontal.	62
Figura 7.9.	Algoritmo general de consulta de alarmas del sistema de frontales en Linux.	64

Figura 7.10. Página web para gestión de información de las centrales telefónicas digitales (se puede observar la dirección IP del sitio en la esquina superior izquierda).	65
Figura 7.11. Reporte de alarmas vía Internet del sistema de centrales digitales, nuevamente se puede observar la dirección IP en el renglón de dirección de la barra de navegación.	66
Figura 7.12. Visualizador VcnViewer (ventana exterior) y programa de gestión en Linux (ventana interior) para la supervisión de las centrales telefónicas por medio de frontales, accedido por medio de la red institucional.	67
Figura 7.13. Aplicación utilizada para crear una red de acceso telefónico para comunicarse con el servidor remoto.	69
Figura 7.14. Solicitud de marcado y de nombre de usuario y contraseña para comunicarse con el servidor remoto telefónicamente.	70
Figura 7.15. Una vez dentro de la red de acceso telefónico se ejecuta el Radmin en el cliente(computadora local).	70
Figura 7.16. Una vez ejecutado el Radmin, se crea una conexión utilizando la dirección IP que suministre el acceso telefónico.	71
Figura 7.17. Antes de que el cliente tome el control del servidor, se suministra una segunda clave.	71
Figura 7.18. Se tomó el control del servidor remoto, y se pudo ejecutar cualquier programa que se encontrara en el mismo, en este caso, el WinLCT, para revisar las alarmas de los multiplexores.	72
Figura 7.19. Reporte de alarmas que se obtuvo de forma remota, por medio de la red de acceso telefónico.	72
Figura 7.20. Las tarjetas ausentes del multiplexor se presentan en lila y la tarjeta que reportó la falla se presenta en gris oscuro.	73
Figura 7.21. Manera en que las líneas de varios bastidores se concentrarían en un multiplexor de puerto serie controlado vía software por el CPU atalaya.	74
Figura 7.22. Sección de hardware para un multiplexor de puerto serie de 8X1 bytes.	75
Figura 7.23. Sección de hardware que convierte los unos y ceros del puerto serie (+12V y -12V), a unos y ceros TTL (+5V y 0V).	77
Figura 7.24. Diagrama del programa controlador del multiplexor de puerto serie.	77
Figura 7.25. Diagrama de flujo del programa controlador de multiplexor de puerto serie.	78
Figura A1.1. Cuadro de diálogo “Conexiones de red y de acceso telefónico” en Windows 2000.	85

Figura A1.2.	Cuadro de diálogo “Tipo de conexión de red”, si la computadora es el cliente, se marca la opción “Acceso telefónico a red privada”.	86
Figura A1.3.	Cuadro de diálogo “Tipo de conexión de red”, si la computadora es el cliente, se marca la opción “Aceptar conexiones entrantes”.	87
Figura A1.4.	Cuando la computadora es el servidor se deben indicar los usuarios que tendrán acceso a la red telefónica.	88
Figura A1.5.	Es necesario especificar el componente TCP/IP, que es el que se utiliza para la supervisión remota del equipo.	88
Figura A1.6.	Las computadoras que formen la red deben poseer módem (ambas).	89
Figura A2.1.	Cuadro de diálogo “Estado de conexión”, mediante el cual se puede determinar cual es la dirección IP de ambas computadoras desde el cliente (Windows 2000 y XP).	91
Figura A3.1.	Archivo instalador del WinLCT para la serie 600V.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Comparación de la capacidad de transmisión de los sistemas PDH y SDH.	17
Tabla 4.1.	Duración y velocidad de los cuatro STM utilizados por la SDH.	42
Tabla 4.2.	Función de cada uno de los bytes mostrados en la figura 4.11.	43
Tabla 4.3.	Definición de la velocidad de transmisión según el índice del contenedor.	44

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Debido a las exigencias de la clientela en crecimiento de la década de los años 50, se decide para el año 1963 por medio de decreto de ley N° 3226, que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), tendrá la responsabilidad del establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas, telegráficas, radio telegráficas y radio telefónicas.

En 1966 el ICE instala las primeras cuatro centrales telefónicas automáticas del país, en 1970 ya se habían instalado en total 24 centrales, abarcando los principales centros de población del país.

A inicios de 1970, el surgimiento de nuevas centrales telefónicas es rápido y además da inicio la extensión de los servicios telefónicos hacia las áreas rurales del país, con la consecuente instalación de centrales ubicadas en esas regiones; además del crecimiento en la telefonía residencial se da una extensión en la telefonía pública haciéndose comunes los teléfonos de esta clase por toda el área metropolitana y los centros de población rural más importantes del país. De esta manera es que el ICE, por medio de las telecomunicaciones, se compromete con la universalización y democratización del sistema de telefonía nacional.

En la actualidad se cubren prácticamente todos los rincones del país y el 94% de la población. En esta década de 1970, además, se enlaza Centroamérica, México y Panamá a través de la Red Centroamericana de Microondas y está en funcionamiento constante el sistema de Marcación Internacional Directa del Abonado (MIDA) que une a Costa Rica con Centroamérica, Estados Unidos y el resto del mundo.

Durante la década de los ochenta, el crecimiento de las comunicaciones telefónicas no se hace esperar y se experimenta un aumento en la cantidad de líneas telefónicas y en la capacidad de la central internacional; también se gestiona el inicio de la instalación del sistema digital, con el fin de ampliar las centrales más importantes del área metropolitana.

Para la década de los noventa, se amplía el sistema de larga distancia y la Red Interurbana de Microondas. En 1994 entra a funcionar el sistema de siete dígitos, con el fin de aumentar el número de líneas, además se inicia con el servicio de telefonía celular. En 1997, el número de líneas celulares alcanzó las 65 000 y para el año 2001 se alcanzaron alrededor de 300 000.

En la actualidad se trabaja en la digitalización del sistema nacional de telecomunicaciones, con el fin de concordar con los adelantos tecnológicos de los países más desarrollados, con los que se pretende el uso de un sistema completamente computadorizado, establecer y configurar nuevos servicios de la mano con adelantos video-informáticos, mayor eficiencia y confiabilidad, y mejorar el funcionamiento de los equipos.

Además se pretende colaborar en proyectos con sistemas internacionales de interconexión del país con el resto del mundo a través de fibra óptica. Este cable consiste en uno o varios hilos flexibles de vidrio ultra puro cuyo grosor es aproximadamente similar al de un cabello. Este posee un gran ancho de banda (en el orden de los terahertz) lo que significa una gran capacidad de transmisión, lo que permite el manejo de una gran cantidad de llamadas telefónicas, muchísimos programas de televisión e infinidad de señales computadorizadas al mismo tiempo. Costa Rica, por medio de la institución, ha logrado un gran avance en telefonía y telecomunicaciones, lo cual ha fortalecido el enlace con el resto del mundo.

1.2. Descripción del problema y su importancia

Debido a que la expansión y complejidad de los servicios telefónicos y de información, se dieron de manera paulatina, el problema de la ineficiencia en el diagnóstico y reparación de averías de transmisión existía desde hace años pero simple y sencillamente se atacó de manera equivocada: con viajes cada vez más largos, contratación de más técnicos para la realización esos viajes, compra de más automóviles, etc.

Fue aproximadamente a finales del año 2001 que el departamento de centrales telefónicas (redes de información que usan cable de cobre y no fibra óptica como el sistema SDH) expuso una problemática similar, la cual atacó mediante la instalación de un CPU con sistema de hardware y software mínimo que llamó "Frontal" y que es capaz de monitorear las funciones de la central, determinar cual parte de la misma está dañada y enviar dicha información vía módem a otra central, la cual se encarga de enviar un técnico completamente equipado con lo necesario para reparar la avería según la información suministrada por el "Frontal".

Cuando el departamento de centrales telefónicas expuso su problema y su solución al resto del personal del ICE, el departamento de transmisión se percató de la verdadera magnitud del asunto de diagnóstico y reparación de nodos de información remotos.

Así, surgió la idea de desarrollar un sistema similar para adaptarlo al sistema de fibra óptica de SDH, sin embargo esa idea no tomó forma hasta junio de 2002, cuando se propuso que lo realizara un estudiante de ingeniería electrónica como proyecto de graduación.

1.3. Objetivos

1. Determinar y especificar el funcionamiento del sistema de transmisión de información SDH que el ICE utiliza en este momento y en el cual se basa este proyecto de graduación.
2. Analizar y determinar el algoritmo de funcionamiento del software del Frontal que utiliza el departamento de centrales telefónicas.
3. Analizar y determinar el funcionamiento del hardware del Frontal que utiliza el departamento de centrales telefónicas.
4. Con base en los dos objetivos anteriores, proponer el diseño de software y hardware de un segundo "Frontal" para el sistema SDH.
5. Demostrar el funcionamiento de uno de los nuevos frontales que permita monitorear un equipo ubicado en el 4^{to} piso del ICE en San Pedro desde la casa de transmisión ubicada diagonal al edificio, tanto mediante IP como de manera conmutada (por teléfono).

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

2.1. Estudio del problema a resolver

Desde su formación, el ICE ha logrado cubrir prácticamente todo el territorio nacional con una red de transmisión de información, como se comentó anteriormente. De hecho, no solamente la amplia cobertura hasta el momento brindada, sino también la creciente demanda de más y mejores servicios hacen que sea necesaria la constante reestructuración de la red.

Como principal responsable de las comunicaciones en el país, el ICE utiliza dos sistemas de transmisión: el PDH (**P**lesynchronous **D**igital **H**ierarchy) y el SDH (**S**ynchronous **D**igital **H**ierarchy).

El formato de una señal SDH le permite brindar mejores servicios que el PDH, debido a que maneja flexibles anchos de banda gracias a su método de mapeo o multiplexación.

Gracias a esto, el formato SDH permite transmisiones velocidades mayores que el sistema PDH, servicios conmutados de paquetes, ATM, entre otros. A pesar de esto, el SDH también trabaja con señales de 2 Mbit/s, 34 Mbit/s, y 140 Mbit/s, facilitando una adaptación con las jerarquías actuales de transmisión.

Según se puede comparar la capacidad de estos dos sistemas en la tabla 2.1, se justifica el hecho de que al sistema de transmisión sincrónica (SDH) se le está dando prioridad sobre el de transmisión sincrónica (PDH) tanto al momento de realizar nuevas instalaciones, como a la hora de reemplazar las existentes.

Tabla 2.1. Comparación de la capacidad de transmisión de los sistemas PDH y SDH.

PDH	Velocidad de transmisión	SDH	Velocidad de transmisión
E0	64 kbits/s	STM-0	51.84 Mbit/s
E1	2.048 Mbit/s	SRM-1	155.52 Mbit/s
E2	8.448 Mbit/s	STM-4	622.08 Mbit/s
E3	34.368 Mbit/s	STM-16	2488.32 Mbit/s
E4	139.624 Mbit/s	STM-64	9953.88 Mbit/s

De varias configuraciones posibles para efectuar la transmisión en SDH, las cuales se comentarán en un capítulo posterior, la de anillo es la más utilizada, a continuación se presentan ocho figuras oficiales que muestran los principales anillos SDH que se utilizan en el país actualmente.

Nótese la cantidad de recuadros que dicen 2500A o 600V en cada uno de los anillos de las figuras y las importantes zonas metropolitanas que abarcan; nótese además que algunos de esos recuadros se encuentran en lugares de difícil acceso como Sarchí norte, Tacaes, Naranjo, Galio, Guápiles, Pocora, Siquirres, Tilarán, Banano, Cahuita, etc.

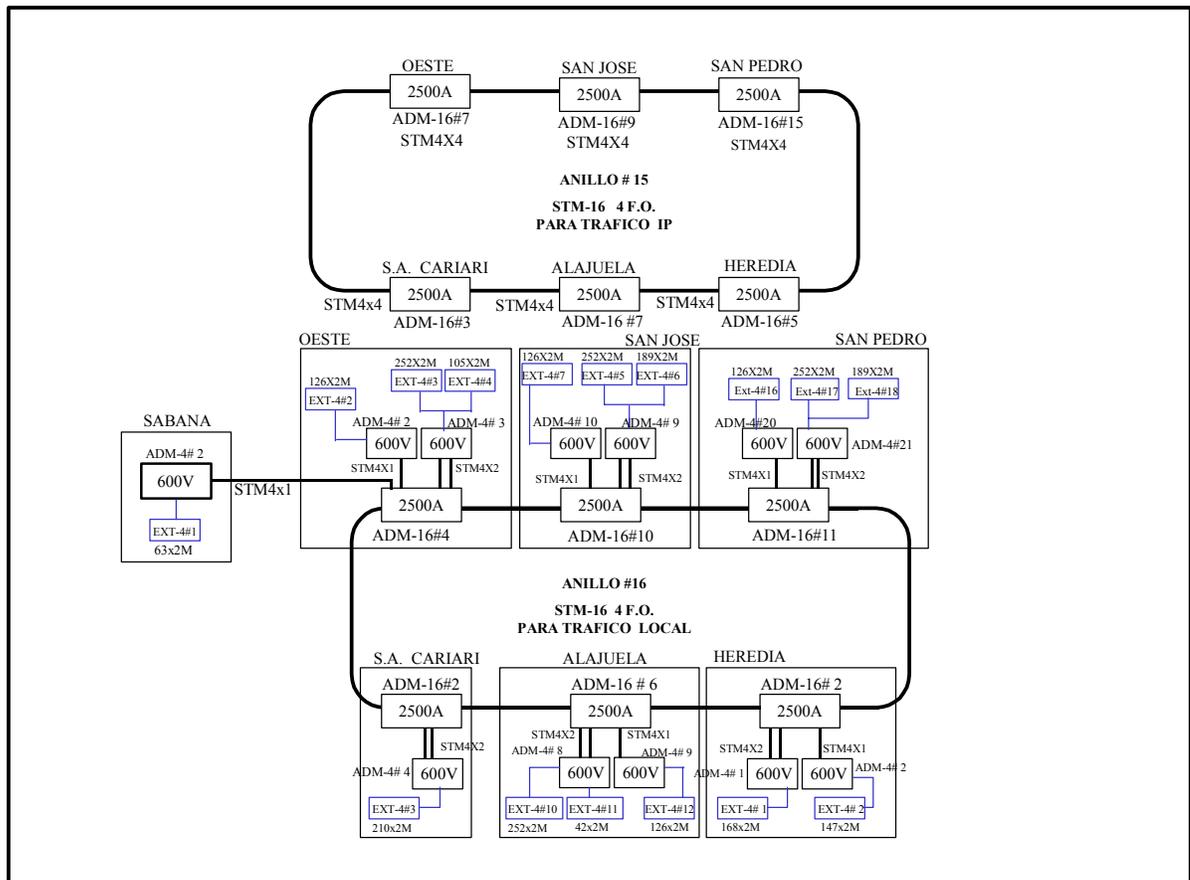


Figura 2.1. Anillos 15 y 16 del sistema SDH utilizado en el país.

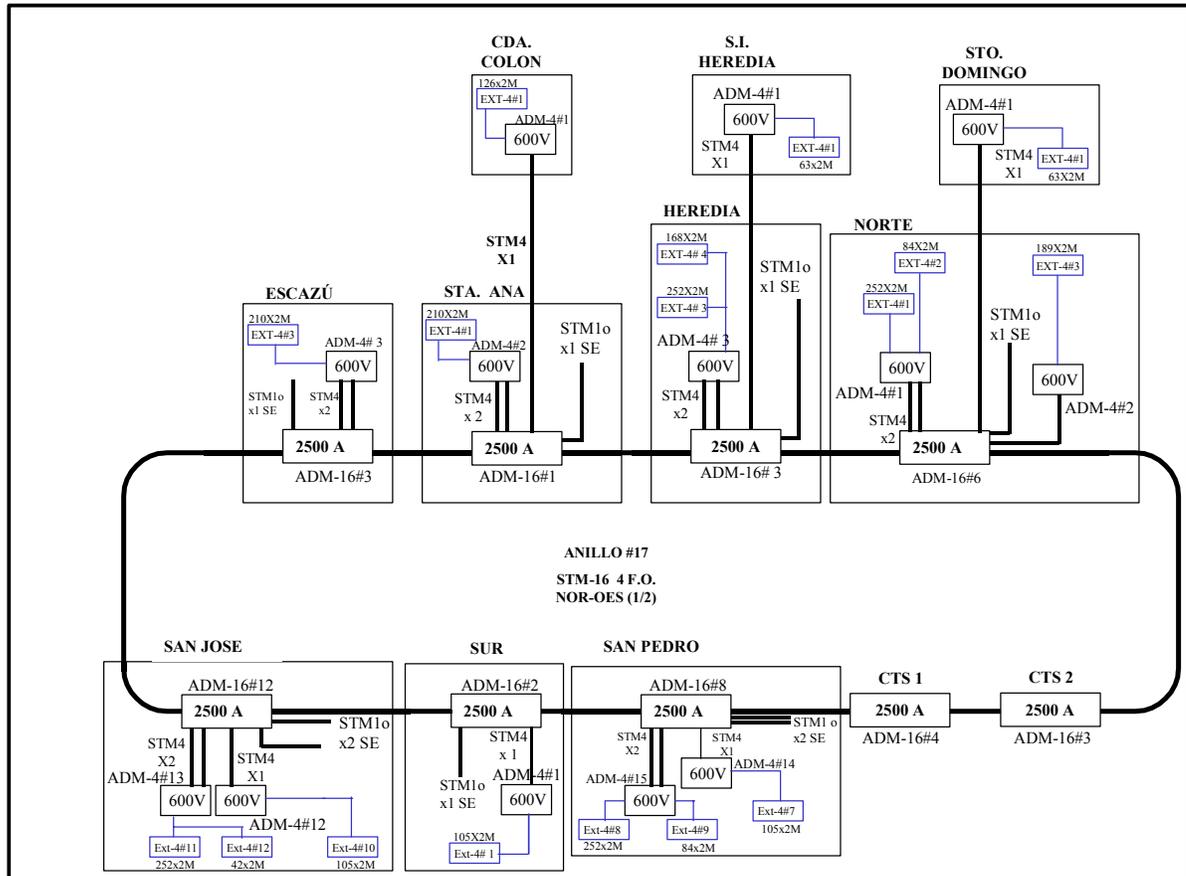
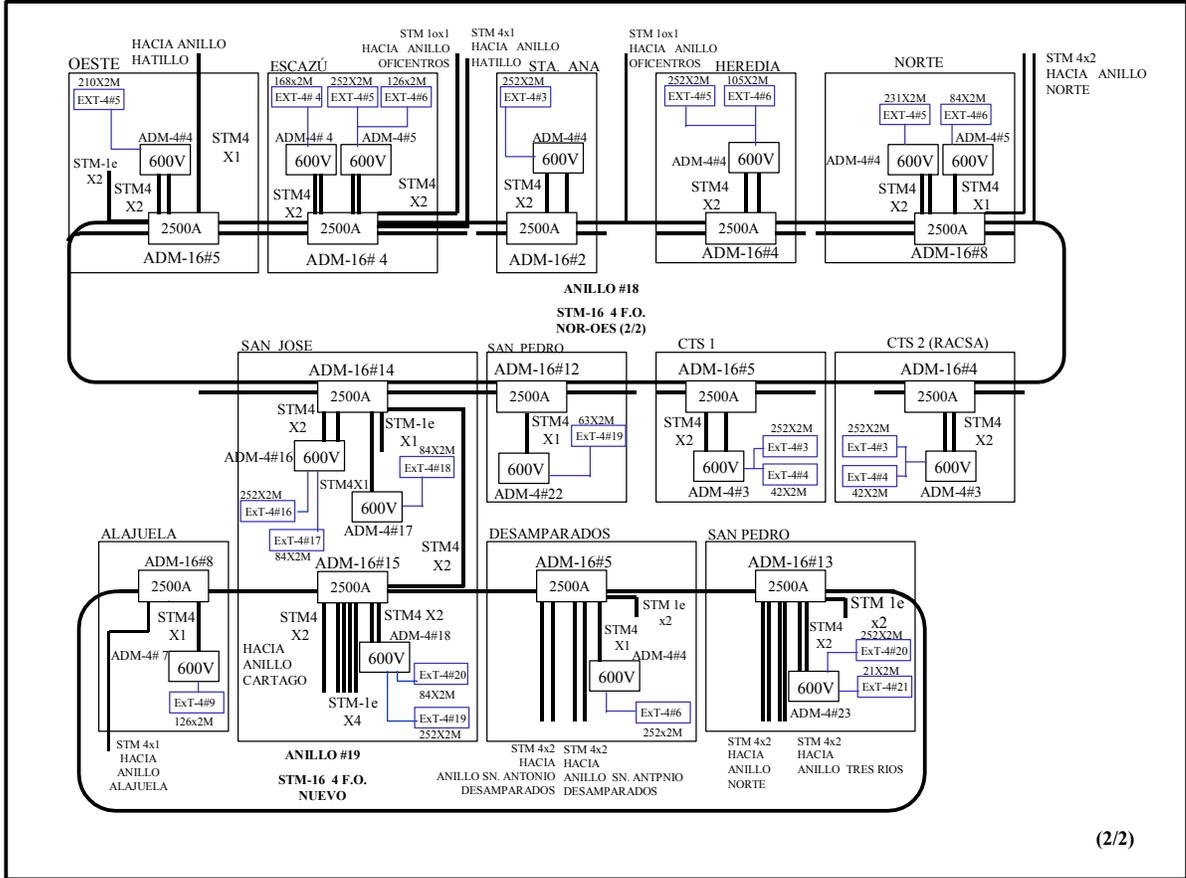


Figura 2.2. Anillo 17 del sistema SDH utilizado en el país.



(2/2)

Figura 2.3. Anillos 18 y 19 del sistema SDH utilizado en el país.

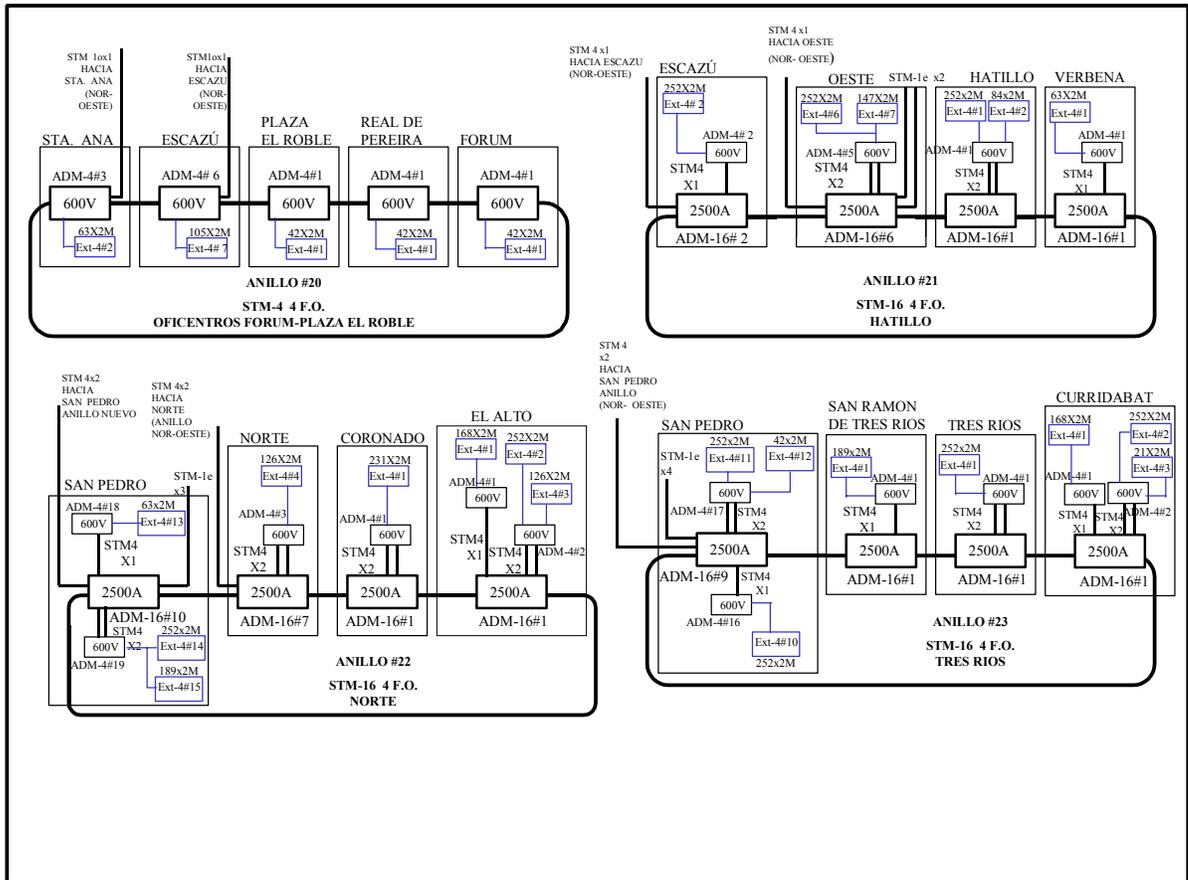


Figura 2.4. Anillos 20 a 23 del sistema SDH utilizado en el país.

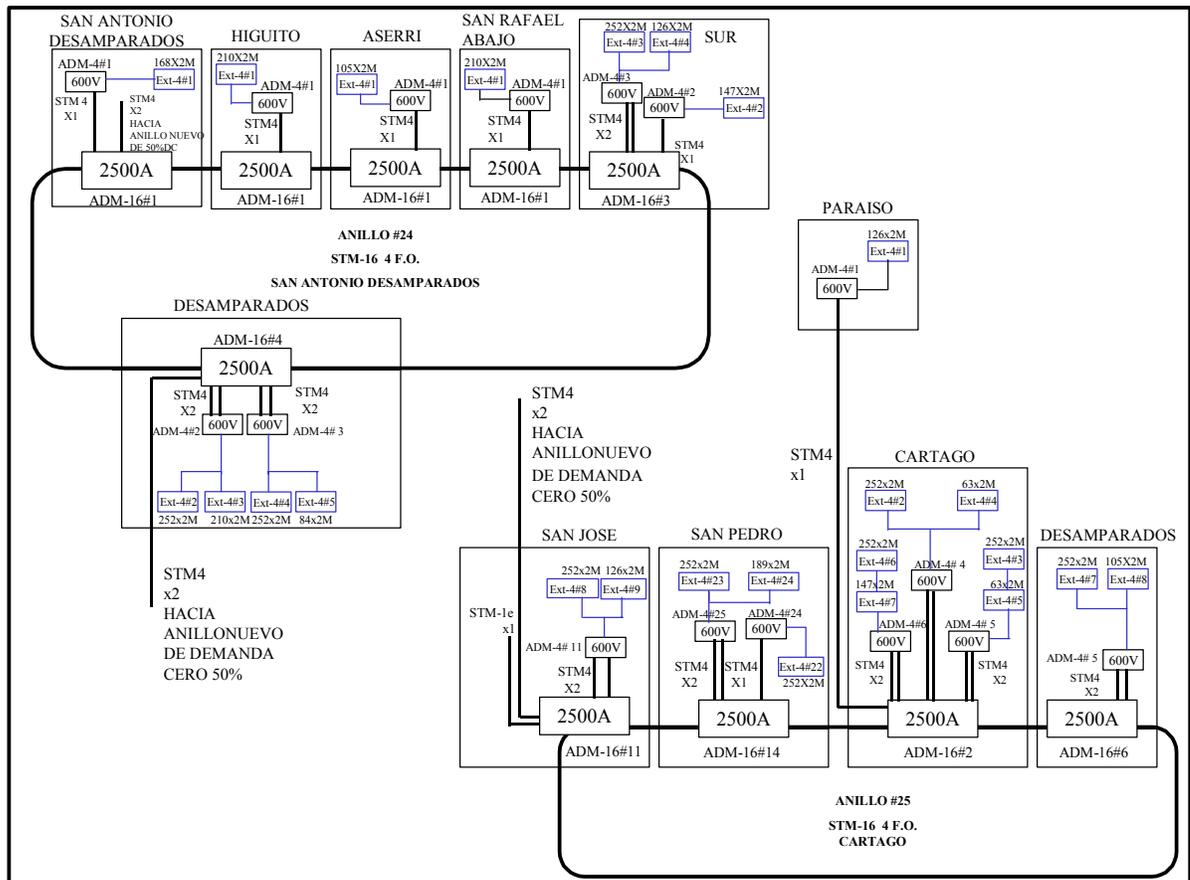


Figura 2.5. Anillos 24 y 25 del sistema SDH utilizado en el país.

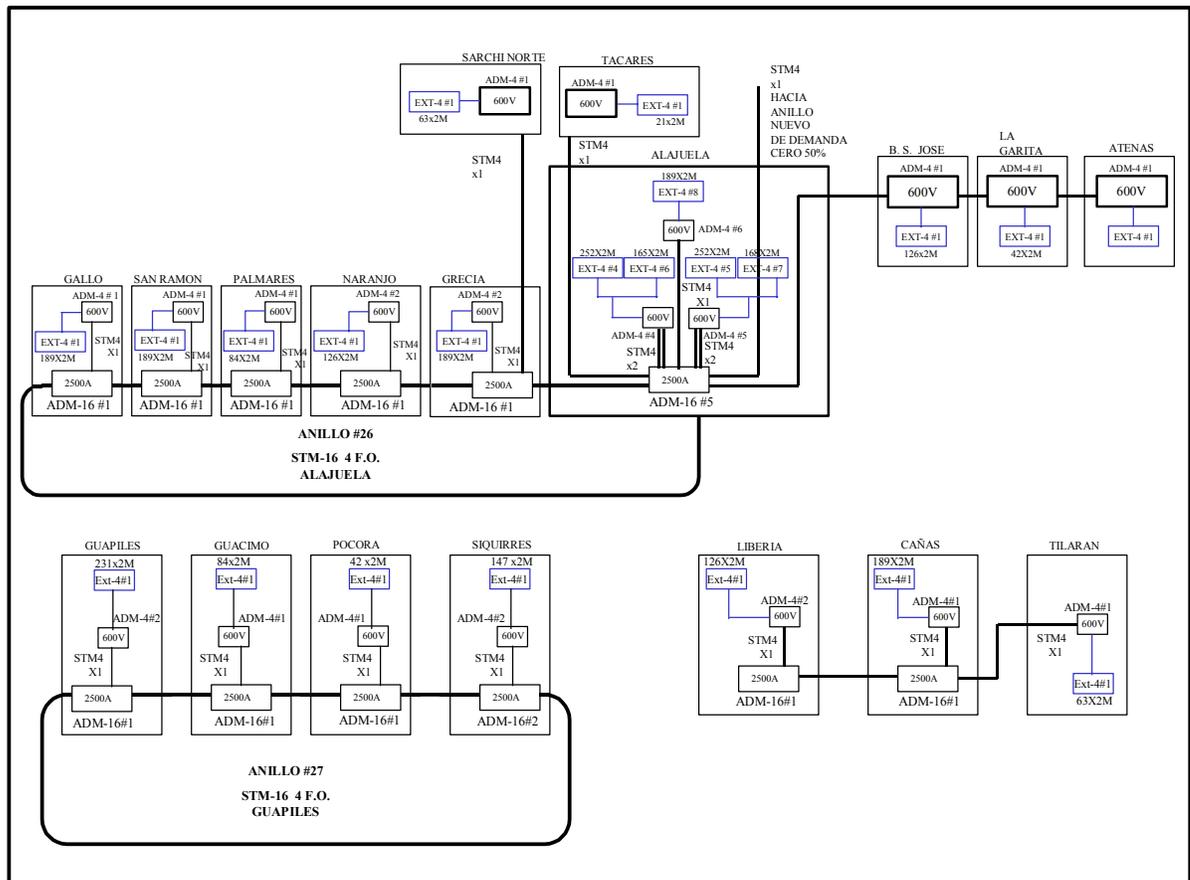


Figura 2.6. Anillos 26 y 27 del sistema SDH utilizado en el país.

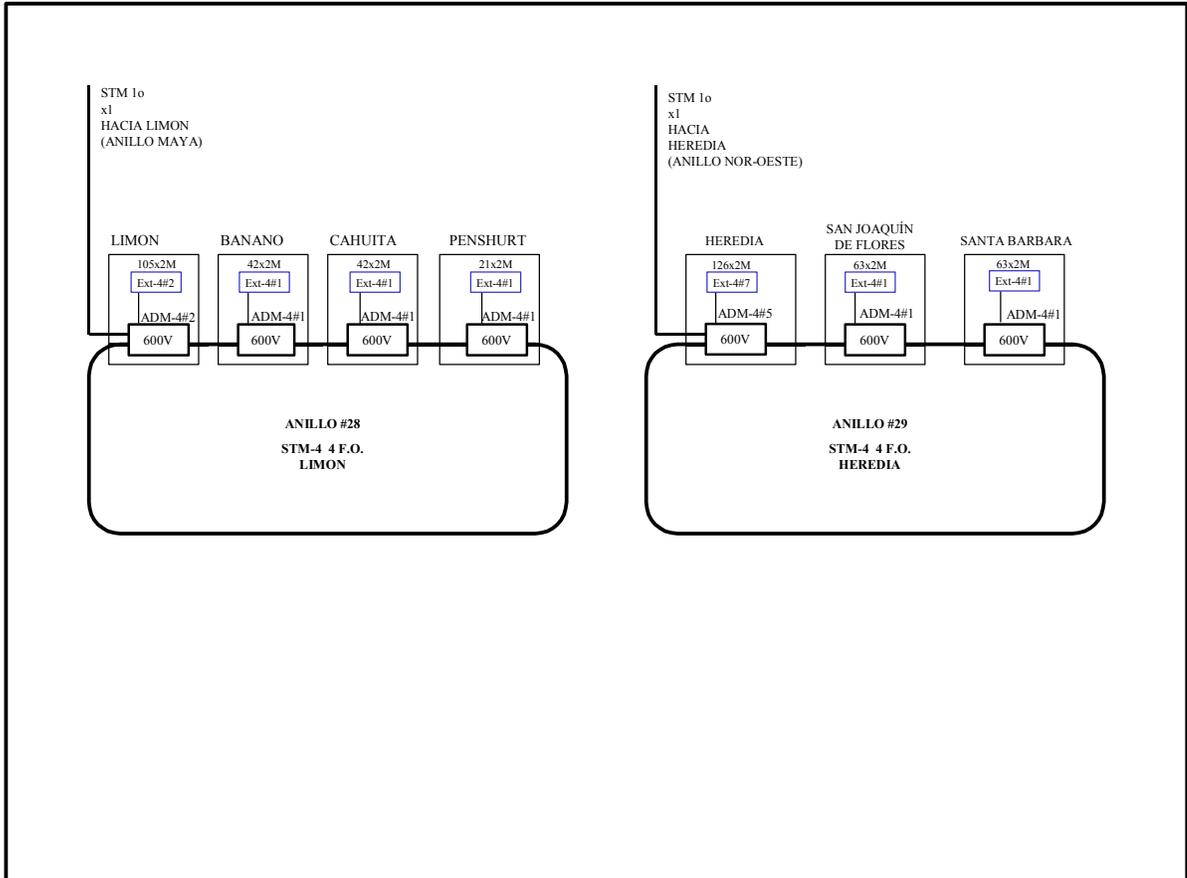


Figura 2.7. Anillos 28 y 29 del sistema SDH utilizado en el país.

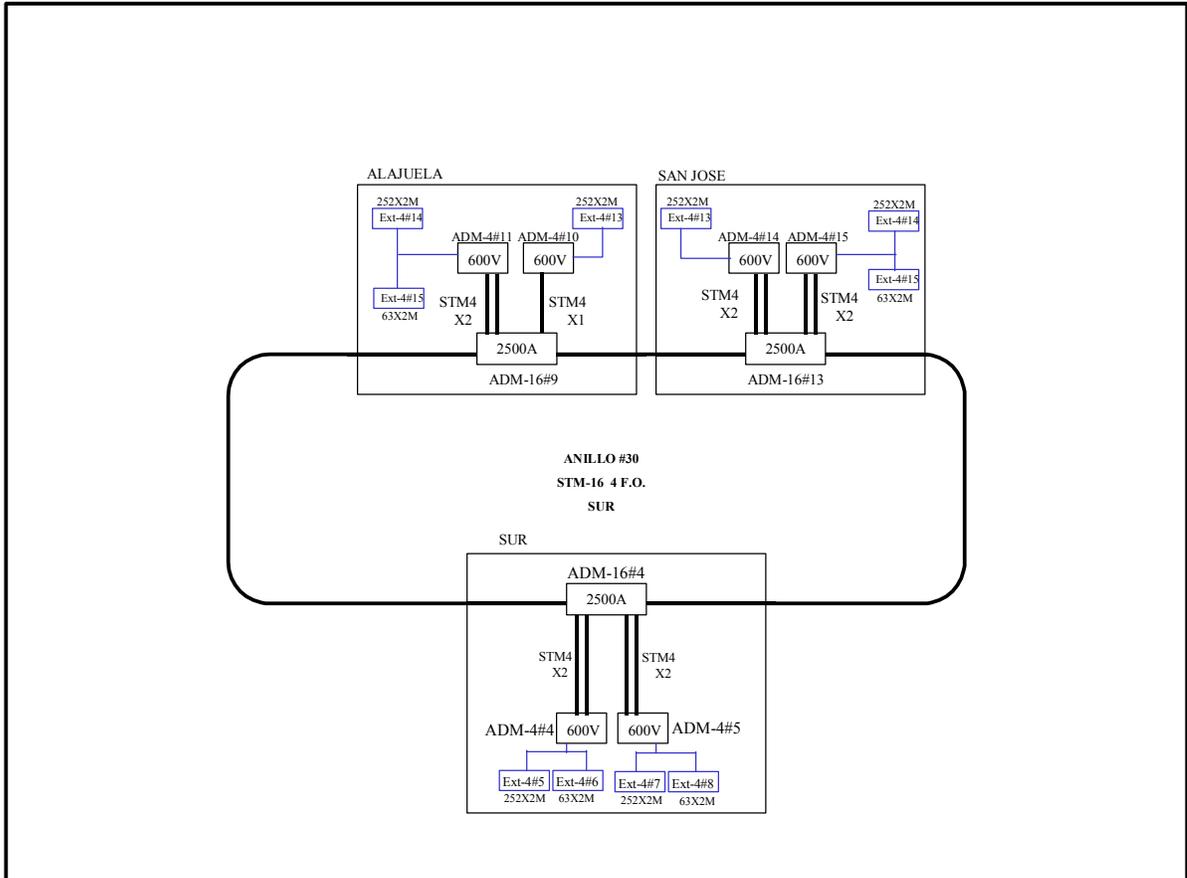


Figura 2.8. Anillo 30 del sistema SDH utilizado en el país.

Cada uno de esos recuadros (2500 A o 600V) son multiplexores de inserción / extracción SDH, también llamados bastidores (aunque en realidad, bastidor es la estructura física donde se alojan las tarjetas de multiplexación), que hay que supervisar, y al observar la amplitud de esta red de transmisión y tomando en cuenta la diversidad de zonas geográficas que cubren, se puede entender el problema ante el cual el ICE se enfrenta: diagnóstico y gestión de averías en los multiplexores.

Es decir, en las condiciones en las que se trabaja actualmente, cuando alguna de las gestiones a cualquiera de las tramas STM de cualquier anillo de la red falla, se debe acudir al sitio de la falla, hacer el diagnóstico de la misma y, si el daño es considerable y requiere algún tipo de cambio de hardware (cambiar una tarjeta de multiplexación por ejemplo), se debe identificar el mismo, regresar por el reemplazo y volver a acudir al sitio de la avería para realizar el cambio.

En dicho proceso de diagnóstico y reparación, se mal aprovechan recursos tales como: tiempo (dependiendo de la ubicación del problema se pueden invertir hasta diez horas de ida y otras diez de regreso), dinero (el combustible para el vehículo del técnico y sus viáticos), deterioro de los activos de la empresa (el gasto de llantas y el maltrato del vehículo dependiendo de las condiciones del camino de acceso al sitio de la avería).

Por lo anteriormente expuesto se espera, por parte del ICE, un sistema económico, mínimo en hardware y software, por medio del cual se pueda, de forma remota no solo identificar que existe un problema con el sistema de transmisión, sino cual es la falla específica, así el técnico podría acudir a reparar el daño completamente equipado y con el hardware que se debe reemplazar; de modo que se realiza un solo viaje al lugar, se ahorran tiempo y dinero, además la avería se repara en un menor tiempo.

2.2. Requerimientos de la empresa

En el ICE existe el departamento de centrales telefónicas que se encarga del mantenimiento y operación de la red de cobre, las centrales de esta red pueden ser supervisadas de manera remota a través de la red institucional, la propuesta de la institución fue el realizar una supervisión remota de la red de fibra óptica de manera similar a la de las centrales, con la modificación de que no se necesitara una conexión a la red institucional, sino que se pudiera hacer vía una red conmutada o telefónica, aunque también mediante una dirección IP (sea de la red institucional o de Internet en una posible expansión del sistema). Además se requirió que el sistema de supervisión fuera fácil de manejar e instalar en los lugares donde se necesitara.

Aunque originalmente no se solicitó ningún prototipo del sistema, las circunstancias económicas de la institución obligaron a hacer una demostración práctica de que el sistema ayudaría en la labor de supervisión de la red de fibra óptica, por lo que se realizó una conexión temporal desde la casa del departamento de Transmisión hasta el cuarto piso del edificio del complejo San Pedro.

2.3. Solución propuesta

La solución propuesta consistió en tomar el sistema de frontales que actualmente utiliza el departamento de centrales telefónicas y realizar una investigación en cuanto al hardware y software que utiliza para determinar si su algoritmo de diagnóstico podría funcionar en la red SDH. De ser así se propondría un rediseño del sistema para poder monitorear de manera remota, mediante el acceso a un CPU¹ que se encontraría en el sitio permanentemente sea vía módem o vía dirección IP, la red SDH y saber a ciencia cierta que parte de la misma tiene problemas. El diagrama general de dicha solución se presenta a continuación en la figura 2.9.

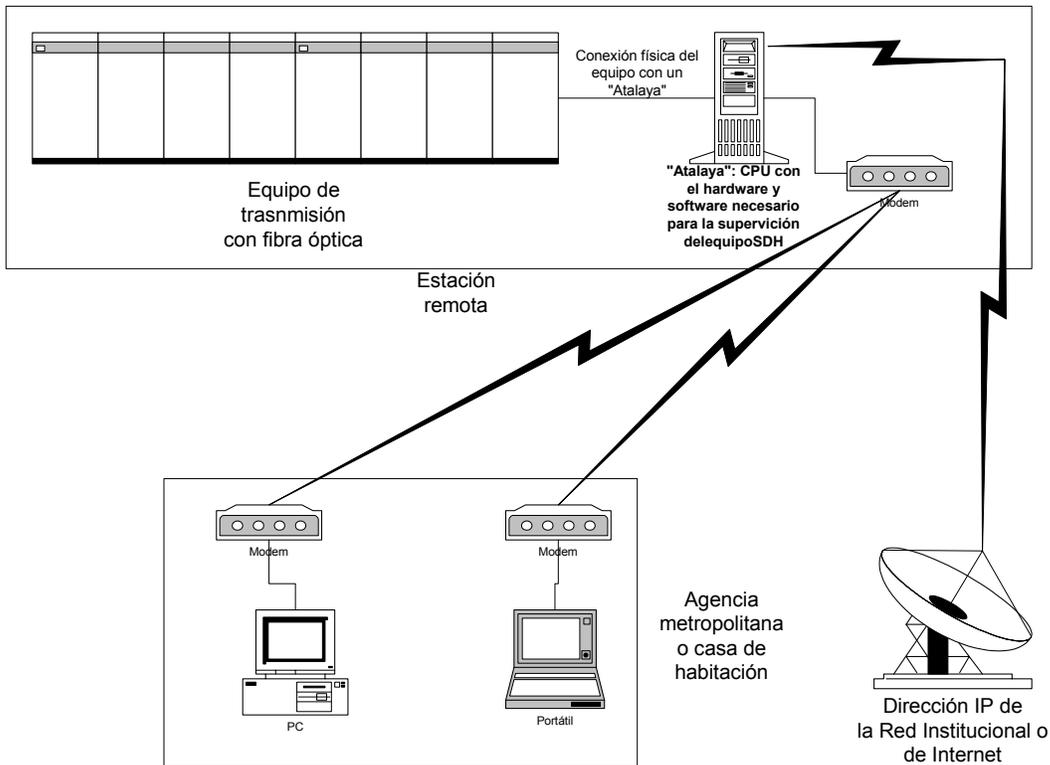


Figura 2.9. Diagrama general de la solución propuesta a realizarse como proyecto de graduación.

¹ A dicho CPU en el sitio remoto que haría el papel de nuevo "Frontal" se llamará de ahora en adelante "Atalaya", debido a su papel de vigía, tal como los atalayas de la antigüedad vigilaban desde las murallas de las ciudades para alertar sobre ataques enemigos.

CAPÍTULO 3: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.

1. Investigación sobre la técnica SDH: contempló la historia del SDH, las razones de su surgimiento, la entidad que estableció las normas que rigen la SDH, los tipos de trama que la componen y sus velocidades, ventajas de SDH sobre PDH, la estructuración de la información cuando se transmite con SDH, así como su estructura de su multiplexación en los diferentes niveles según su velocidad y afluentes.
2. Principios de la fibra óptica: en dicha fase del proyecto, se investigó qué es una fibra óptica, como se comporta, las ventajas que tiene sobre los conductores de cobre y los principales tipos de fibra óptica que se utilizan en la transmisión de datos. La justificación de esta investigación es que los equipos involucrados en la realización del proyecto de graduación (multiplexores de inserción / extracción) trabajan dentro de una red de fibra óptica.
3. Funcionamiento de los multiplexores de inserción / extracción: aunque en un principio, este paso no estaba contemplado, se hizo vital para el proyecto ya que la investigación sobre la técnica SDH reveló que el elemento vital de la red mediante el cual se gestiona la información y en donde es crítica la supervisión, son precisamente estos multiplexores. Los hay para transmisión SDH tanto por fibra óptica (modelos 600V y 2500^a de NEC) como por radio (modelos 600W y 2000S de NEC). El sistema de supervisión remota que se diseñó también abarca los multiplexores de SDH por radio.
4. Investigación sobre el sistema de supervisión basado en Frontales: se definió tanto desde el punto de vista del hardware como del software, la estructura y el método de funcionamiento de los Frontales y se determinó, con base en las necesidades del departamento de Gestión de Red, si el sistema de Frontales

podría implementarse para la supervisión de los multiplexores de inserción / extracción, o si solamente el concepto de dicho sistema se podría adaptar en vez de copiar.

5. *Diseño del sistema de supervisión remota de multiplexores de inserción / extracción:* fue la última etapa del proyecto y consistió en desarrollar una forma de supervisión remota para los multiplexores, se investigó el software provisto por el fabricante para dicho propósito y cómo hacerlo funcional sin importar la distancia geográfica entre el técnico y la estación de multiplexores. En la sección 7.2 se describe en detalle cómo se realizó la red de supervisión.

CAPÍTULO 4: FIBRAS ÓPTICAS Y TÉCNICA SDH

4.1. Fibras Ópticas

4.1.1. Características Generales

Desde los comienzos de la civilización, el poder transmitir y recibir información ha sido uno de los principales objetivos de la sociedad, sea con fines académicos, militares o de cualquier otra índole. En el siglo pasado, el advenimiento de la electricidad y el magnetismo, junto con las teorías que los explican, hizo que el interés de utilizar estos para las comunicaciones fuera en continuo aumento. Primero Maxwell sentó la base teórica para que posteriormente Hertz hiciera los primeros experimentos de transmisión inalámbrica. Dado este paso, el tema de interés se enfocó hacia la transmisión de datos vía líneas de transmisión, las cuales fueron al inicio, por supuesto, simples conductores metálicos; posteriormente se introdujeron los cables coaxiales y las guías de onda.

Dentro de estas últimas, existía la teoría de poder transmitir información en forma de impulsos de luz, sin embargo la pureza del medio transmisor que requeriría dicha transmisión era, hasta bien entrado el siglo XX, difícil y muy caro de conseguir. Conforme las técnicas en el área de ciencias de los materiales fue desarrollándose, se logró el objetivo de desarrollar lo que conocemos como FIBRA ÓPTICA, es decir, un medio de transmisión que no consiste en conductores, sino en un dieléctrico que transmite luz modulada u ondas electromagnéticas, en las frecuencias más altas de las comunicaciones.

Dependiendo del tipo de fibra óptica, la transmisión de luz se puede explicar utilizando las ecuaciones de Maxwell (caso de las fibras monomodo), o se puede

explicar utilizando la teoría de óptica geométrica o radial (caso de las fibras multimodo).

Las fibras ópticas también son llamadas *guías dieléctricas de onda*, estas estructuras pueden guiar ondas electromagnéticas a diversas frecuencias, sin embargo a frecuencia de transmisión de microondas, las guías dieléctricas se utilizan como antenas y no como líneas. Además su ancho de banda es mayor a altas frecuencias en comparación con los conductores y las guías de onda, como se muestra en la figura 4.1.

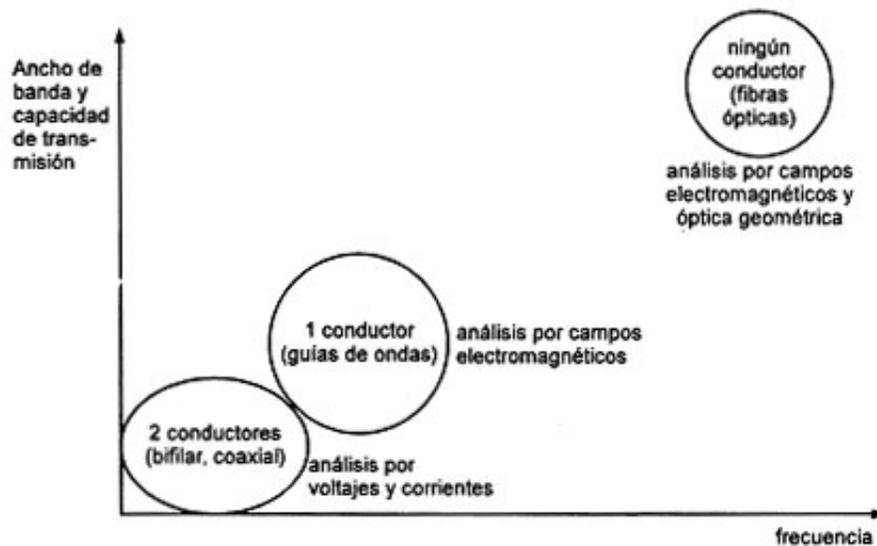


Figura 4.1. Comparación entre los anchos de banda y las frecuencias de trabajo de tres tipos de líneas de transmisión.

Otra característica que hace a la fibra óptica muy útil para la transmisión de información es que presenta pocas pérdidas, del orden de 0.15 dB/km a 3dB/km, según el tipo de fibra.

Generalmente, el tipo de luz que viaja por una fibra óptica es invisible ya que las frecuencias de trabajo pertenecen al infrarrojo cercano o al infrarrojo lejano, es

decir que estas frecuencias son dos veces más bajas que las frecuencias visibles, tal y como se muestra en la figura 4.2.

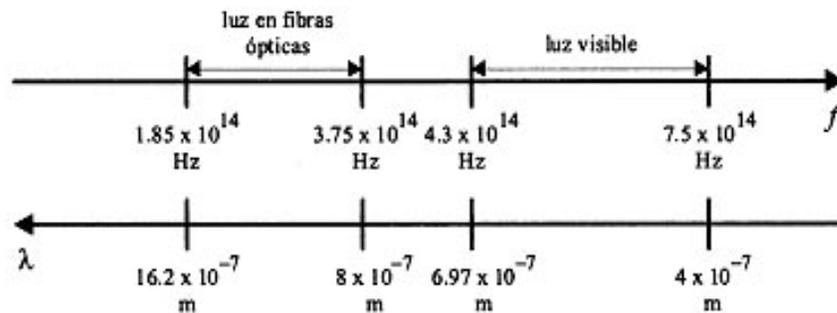


Figura 4.2. Rango de frecuencia y longitud de onda en la que operan las fibras ópticas en comparación con la luz visible.

4.1.2. Tipos de fibras y cables ópticos

Físicamente una fibra óptica consiste en una barra dieléctrica muy delgada y larga rodeada por una capa de otro material dieléctrico. La barra central se denomina núcleo y la capa externa es llamada revestimiento o recubrimiento, como se muestra en la figura 4.3; el grosor total del conjunto es tan delgado que se la llama “fibra”.

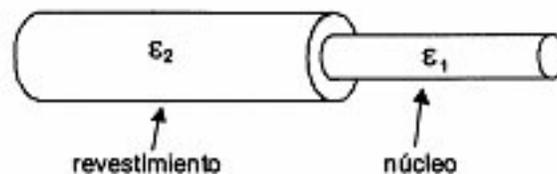


Figura 4.3. Diagrama de la constitución física de una línea de fibra óptica.

El material que se usa para fabricar las fibras ópticas es un vidrio flexible muy puro y refinado cuya materia prima es el dióxido de silicio (SiO_2). El dióxido de silicio se puede dopar con germanio o con boro si se desea que el dieléctrico resulte con un

mayor o un menor índice de refracción respectivamente. La mezcla con el mayor índice de refracción se usará para el núcleo, mientras que la de menor índice se usará para el revestimiento. Esta diferencia de índice de refracción, aunque sea pequeña (aproximadamente del 1%), es suficiente para que las ondas electromagnéticas se propaguen a lo largo de la fibra por reflexiones internas sucesivas en la frontera núcleo-revestimiento.

Un cable óptico, es el que aloja una o más fibras ópticas, las fibras son rodeadas por una o más capas de plástico compacto para protección, y en el interior pueden haber conductores de cobre para dar alimentación eléctrica a los equipos repetidores que se necesitan a lo largo de todo el enlace. El mismo cable óptico puede llevar en el centro un conductor de acero que le suministra rigidez mecánica.

Existen fundamentalmente tres tipos de fibras ópticas: monomodo de índice escalonado, multimodo de índice escalonado y multimodo de índice gradual.

La fibra monomodo de índice escalonado tiene un núcleo muy angosto con índice de refracción uniforme. La fibra multimodo de índice escalonado tiene un núcleo mucho más ancho, aunque también con índice de refracción constante; por último la fibra multimodo de índice gradual tiene, igualmente, un núcleo ancho, pero el índice de refracción va variando gradualmente hasta alcanzar su máximo en el centro del núcleo. Los tres tipos de fibra se ilustran en la figura 4.4.

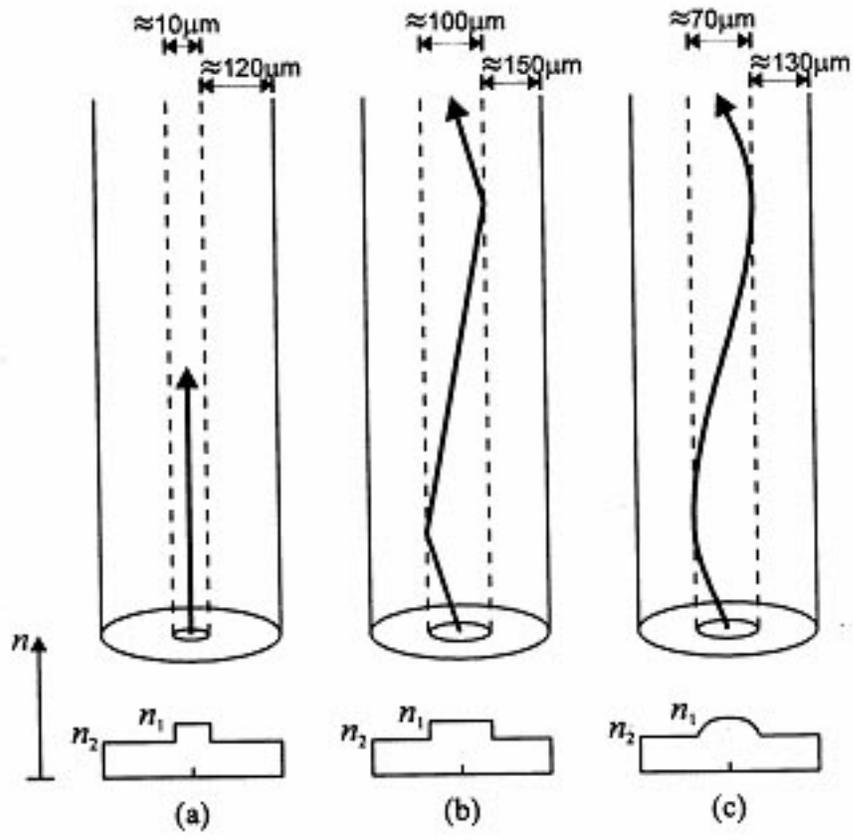


Figura 4.4. Trayectorias que sigue un haz de luz dentro de una fibra óptica según su modo e índice; a) monomodo de índice escalonado, b) multimodo de índice escalonado, c) multimodo de índice gradual.

4.2. Técnica SDH

4.2.1. Introducción

Antes de la SDH, las redes de información eran sumamente rígidas y se tardaba mucho en crear un nuevo enlace entre dos puntos. Establecer nuevos servicios podía tardar meses. Al final de la década de los 80, los operadores y suministradores normalizaron la transmisión por fibra óptica implementando la SONET (**S**ynchronous **O**ptical **NET**work), poco tiempo después, basándose en los logros obtenidos con la SONET, en 1988, se adoptaron las normas de transmisión SDH (Synchronuos Digital Hierarchy) establecidas por la CCITT (**C**onsultative **C**ommittee on **I**nternational **T**elegraphy and **T**elephony). Utilizando multiplexores de adición / extracción, pueden añadirse extraerse rápida y fácilmente de la red nuevas señales. La red puede entonces ser monitoreada centralmente, con lo cual gana en flexibilidad y fiabilidad. Cuando se produce una avería, el tráfico de información puede reencaminarse tan fácilmente que el usuario ni siquiera se da cuenta que algo no va bien.

Fundamentalmente el SDH es un estándar de velocidad para redes de telecomunicaciones de velocidad elevada, esto a diferencia de la PDH (**P**lesyochronous **D**igital **H**ierarchy) que esta normalizada internacionalmente solo a bajas velocidades y con tres normativas diferentes: USA, Europa y Japón.

También se podría definir la SDH como un conjunto de estructuras de transporte digital normalizadas. Aunque la UIT-T (**U**nión **I**nternacional en **T**elecomunicaciones-área **T**elecomunicaciones) define SDH como “un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digitales, normalizadas para el transporte, por redes de transmisión físicas, de contenidos útiles correctamente adaptados”.

4.2.2. Descripción general

Para realizar una descripción clara del SDH, se pueden distinguir seis características fundamentales:

1. El SDH utiliza un conjunto de 5 niveles o estructuras diferentes para almacenar y transportar las señales digitales, esto según la velocidad del afluente del que proviene.
2. Los niveles están normalizados para transportar la información de los afluentes, independientemente de la jerarquía PDH utilizada por la señal de origen.
3. El SDH utiliza redes de fibra óptica configuradas en anillos bidireccionales.
4. Los contenidos de las estructuras son almacenados en grupos de ocho bits (octetos), los cuales se sincronizan o adaptan para ser transportados por la red SDH.
5. La abundancia de octetos de encabezado que se utilizan para la gestión de la información, aproximadamente un 4% de la trama SDH, son utilizados para la administración de la información de la red.
6. La unificación y normalización de una interfase común para las jerarquías digitales de Europa, Norteamérica y Japón.

Los octetos a los que se hace referencia anteriormente son los elementos mínimos, para almacenar la información proveniente de un afluente, canal de voz o de datos. Por lo tanto todas las funciones de inserción y extracción de la información se dan a nivel de octetos. Cabe aclarar que en la técnica PDH utilizada antes del SDH, todas las funciones se daban a nivel de bits, lo que produce que la administración de la información sea un proceso poco flexible.

4.2.3. Elementos físicos de la red SDH

Para poder establecer una conexión real utilizando la técnica SDH, son necesarios, además de la fibra óptica para los enlaces, al menos cuatro elementos más, dichos elementos son los siguientes:

- *Multiplexor de inserción / regeneración*: son multiplexores sincrónicos que permiten en un mismo elemento insertar y extraer diferentes tipos y velocidades de información, según sea el caso y el tipo de configuración de red con que se cuente; en la figura 4.5, se muestra un MUX-SDH y algunos de los tipos de interfaces con los que se puede conectar; también en la siguiente figura, la figura 4.6, se muestran las tres configuraciones en que pueden ser conectados los MUX-SDH, a saber, punto a punto, inserción / extracción o en anillo bidireccional.

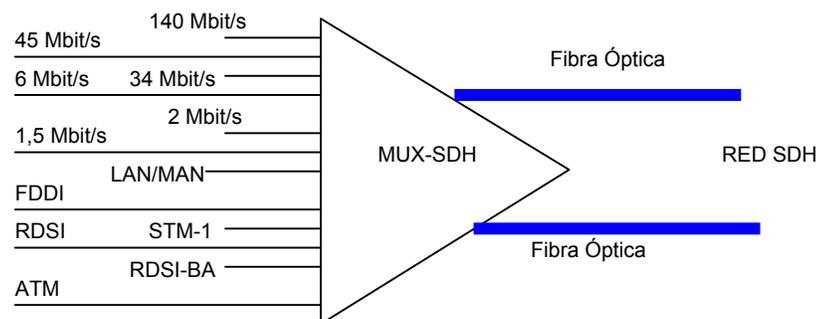


Figura 4.5. Multiplexor de inserción / extracción SDH y sus posibles afluentes.

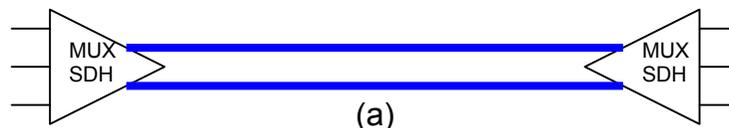


Figura 4.6. Configuraciones de conexión para los multiplexores de inserción / extracción en SDH; a) punto a punto, b) inserción/extracción, c) anillo bidireccional.

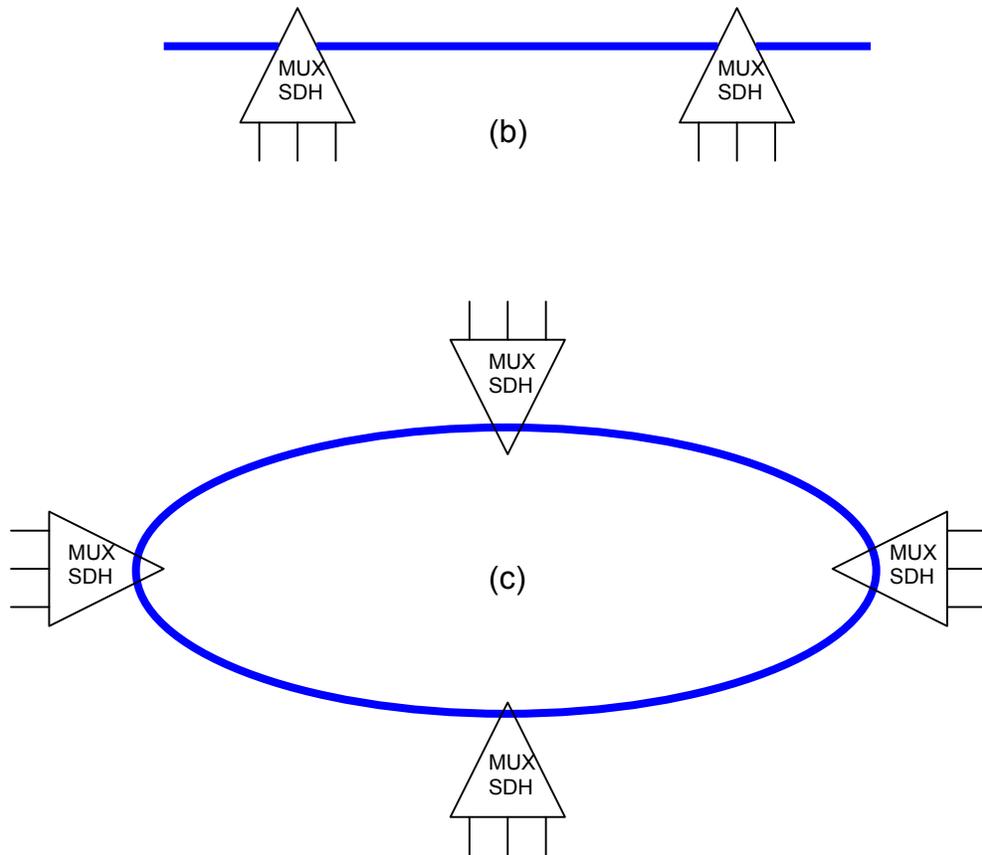


Figura 4.7. (continuación) Configuraciones de conexión para los multiplexores de inserción / extracción en SDH; a) punto a punto, b) inserción/extracción, c) anillo bidireccional.

- *Cross-conect:* se utiliza para unir varios MUX-SDH cuando estos se encuentran configurados como anillos, el CROSS-CONNECT no solo comunica anillos entre sí, también permite gestionar las diferentes rutas posibles que puede tener la información dentro de la red. Un CROSS-CONNECT con interconexión de tres anillos se muestra en la figura 4.8.

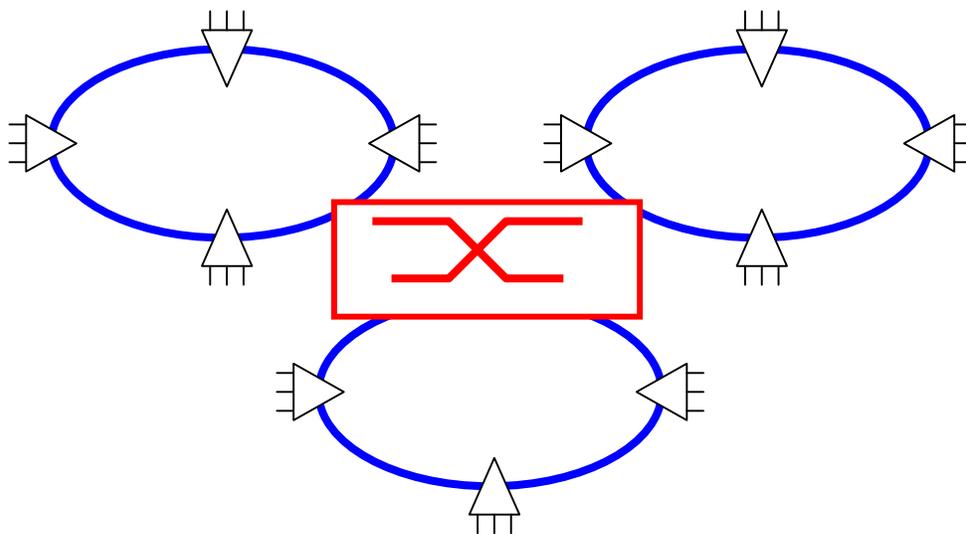


Figura 4.8. Arreglo de anillos interconectados mediante un Cross-Conect.

- *Elemento de red terminal (LT):* es el elemento físico donde la trama SDH es generada o terminada.
- *Regeneradores y repetidores:* aunque la fibra óptica tiene muy bajas pérdidas, necesita, dependiendo de la longitud del trayecto, que la señal se regenere, para lograr esto se colocan a lo largo del enlace los regeneradores y repetidores.

Con base en estos elementos, se derivan los conceptos de Trayecto y Sección, los cuales se muestran de forma esquemática, en la figura 4.9.

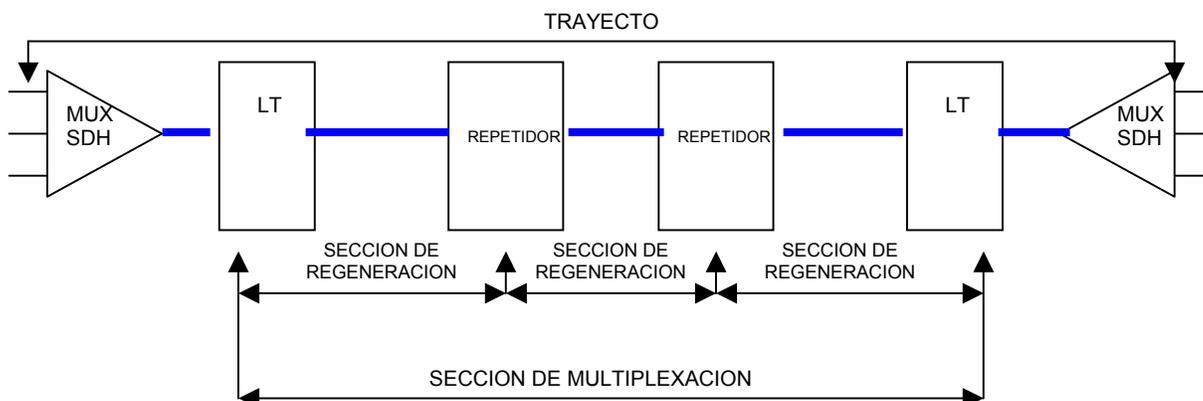


Figura 4.9. Esquema de un trayecto entre dos multiplexores de inserción / extracción.

4.2.4. Trama en la técnica SDH

La trama base para el SDH tiene una duración de 125 μ s y comprende una longitud de 2430 octetos, de estos 2430 octetos, 2349 se denominan Carga Útil y transportan la información proveniente de los afluentes. Los 81 octetos restantes se utilizan para la administración de la información en el octeto y de la red, estos “administradores” se dividen en tres: encabezados de sección de regeneración (RSOH), punteros y encabezados de sección de multiplexación (MSOH).

Los SOH (término general para RSOH y MSOH), transportan información de detección de fallas, indicación de alarmas e nodos, canales de servicio, palabras de alineamiento de trama, canales para la administración de la red y otras funciones necesarias para transportar las señales de los afluentes a través de la red SDH. Los punteros son octetos utilizados para almacenar la dirección de la ubicación de la información dentro de la Carga Útil.

Debido a la gran cantidad de octetos con que cuenta la trama SDH, esta se representan en forma de matriz de nueve filas por 270 columnas, creando así lo que se conoce como STM (**S**ynchronous **T**ransport **M**odule), según la definición de la UIT-T: “Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. El STM básico se denomina STM-1. Los STM-n de mayor capacidad se denominan con respecto al múltiplo equivalente a n veces la velocidad básica”. En la figura 4.10 se da una representación esquemática de la STM-1.

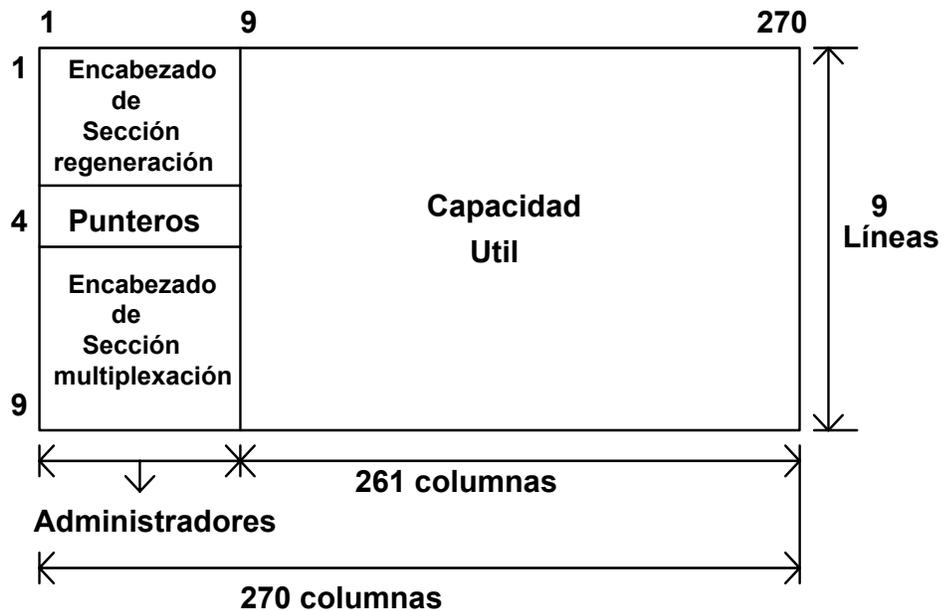


Figura 4.10. Estructura de la trama de información STM-1 utilizada en el SDH.

Puesto que la duración de la trama es de 125 μ s, la velocidad, en bits/segundo (bps), se puede calcular como:

$$[(\# \text{ Octetos del STM}) \times 8] / 125 \mu\text{s} = \text{veloc. bps}$$

Utilizando esta fórmula y sabiendo que la duración de los cuatro STM del SDH, se puede calcular la velocidad de cada uno. Dichas velocidades se enlistan en la tabla 3.1.

Tabla 4.1. Duración y velocidad de los cuatro STM utilizados por la SDH.

STM-n	Duración de trama (octetos o bytes)	Velocidad binaria (Mbps)
STM-1	2430	155.520
STM-4	9720	622.080
STM-16	38880	2488.320
STM-64	155520	9953.280

Si se da un vistazo más profundo a la sección de administradores de la trama, se pueden determinar las funciones de cada byte u octeto dentro de un SOH. Dicha distribución así como su función se describe en al figura 4.11 y la tabla 4.2.

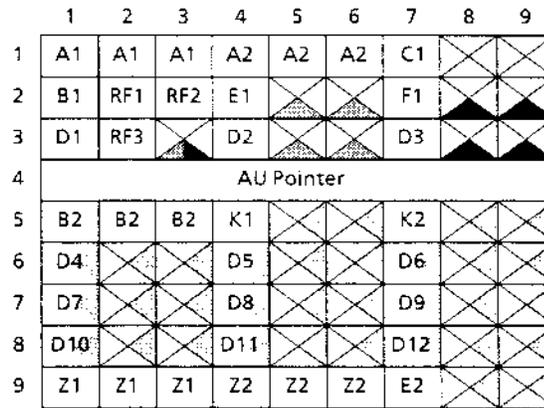


Figura 4.11. Designación de bytes dentro de la sección de administradores de un paquete STM.

Tabla 4.2. Función de cada uno de los bytes mostrados en la figura 4.11.

Byte	Función
A1,A2	Framing
B1,B2	Bytes de paridad para detección de errores
C1	Identifica un STM-1 dentro de un STM-n
D1-D12	Manejo de red
E1,E2	Canales de comandos
F1	Canales de usuario
K1,K2	Canal de Automatic Switching Protection (APS)
Z1,Z2	Bytes reservados para uso nacional

4.2.5. Estructura de información del SDH

Ya se ha mencionado que una de las ventajas del SDH es que podrá normalizar el tráfico de información incluso cuando esta proceda de afluentes diferentes, para poder tomar esta información y hacerla transmisible por una red SDH primero debe pasar por una estructuración que consiste en siete pasos, los cuales se enumeran a continuación.

1. Dependiendo de la velocidad del afluente, este entrará a un Contenedor (Cn). Este contenedor es la estructura de información que constituye la carga útil sincrónica; n es el índice del contenedor correspondiente y especifica su velocidad según la tabla 3.3.

Tabla 4.3. Definición de la velocidad de transmisión según el índice del contenedor.

n	Velocidad binaria (kbps)
11	1544
12	2048
2	6312
3	34368
3	44736
4	139264

2. El contenedor virtual (VCn). Es la entidad de información que maneja el SDH. Se forma al unir un contenedor con un POH (**P**ath **O**ver **H**ead) o caudal excesivo de conducto, como lo muestra la figura 4.12. El POH se define como una velocidad suplementaria reservada para la explotación del contenedor al que está vinculado.

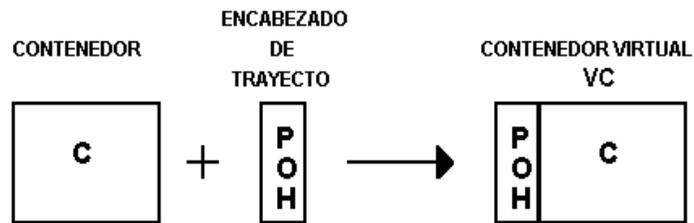


Figura 4.12. Esquema de la construcción de un contenedor virtual a partir de un contenedor y un encabezado de trayecto.

Se utilizan dos tipos de VC:

- a) VCn de orden inferior: contiene un único contenedor n asociado a un POH.
 - b) VCn de orden superior: contiene un único contenedor asociado a un POH como los de orden inferior o contiene un conjunto de unidades tributarias asociadas a un POH.
3. Unidad de afluente (TUn). Está compuesta por un contenedor virtual y un indicador, este indicador es un canal suplementario que permite ubicar su VC en la trama. Las iniciales TU significan Tributary Unit.
 4. Grupos de unidades de afluentes (TUGn). La constituye un grupo de unidades de afluentes. Están definidas de tal forma que pueden construirse contenidos útiles formados por TU de diferentes tamaños a fin de aumentar la flexibilidad de la red de transporte.
 5. Unidad administrativa (AUn). Es la estructura de información que brinda la adaptación entre dos capas: la de orden superior y la capa de sección múltiple. Consta de un VC más un puntero de AU que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de contenido útil con relación

al comienzo de la trama de sección múltiplex. Como se muestra a continuación en la figura 4.13.

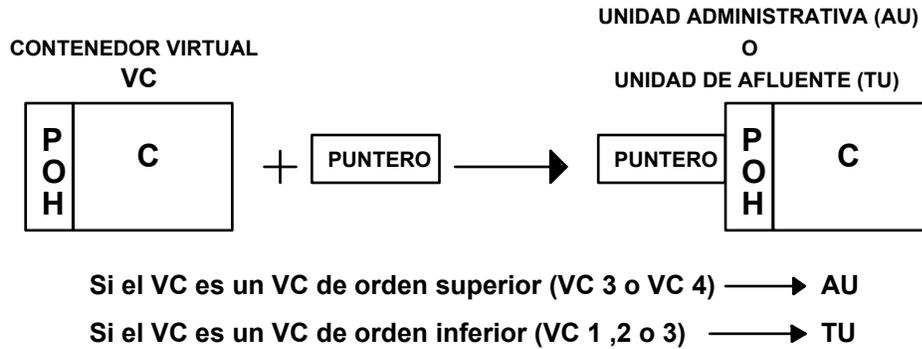


Figura 4.13. Esquema de la construcción de una unidad administrativa a partir de un contenedor virtual y un puntero.

6. Grupo de unidades administrativas (AUG). Consta de un grupo de AU, pero no cualquier AU, puede ser el conjunto de tres AU-3 o una sola AU-4.

Una vez que se establecen estos pasos, y la información se multiplexa en función de la velocidad de afluente, los datos están listos para transitar en la red SDH, en la figura 4.14 que se muestra a continuación se esquematiza tanto la multiplexación como los elementos que la componen.

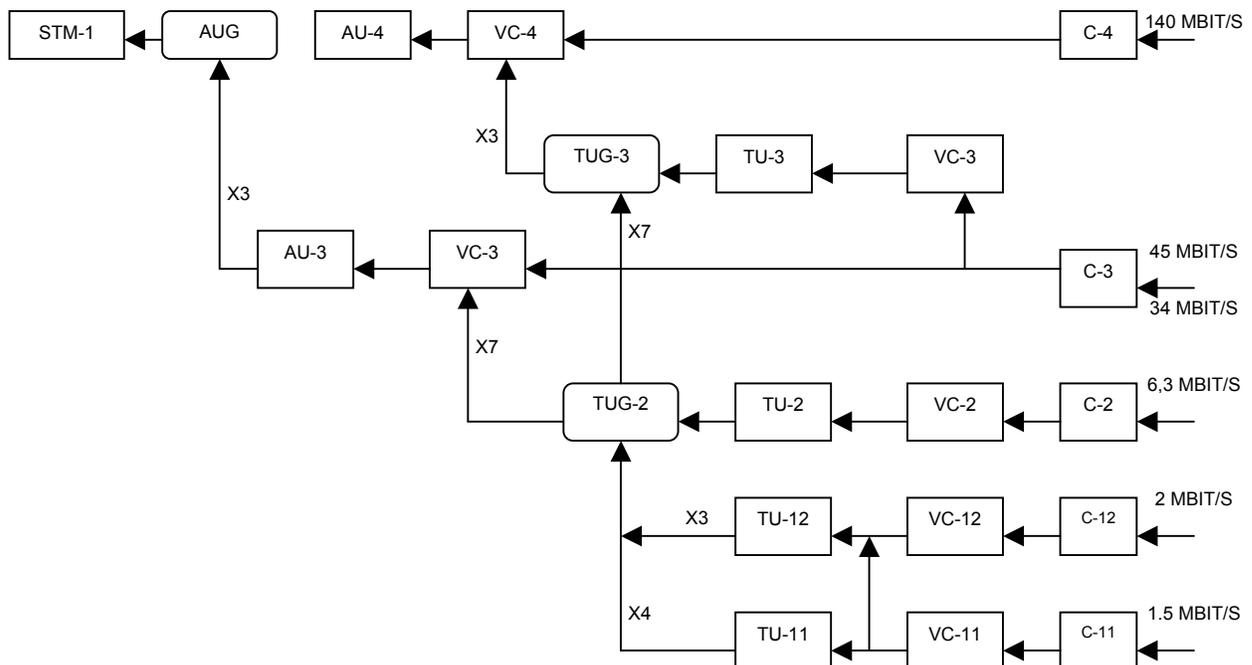


Figura 4.14. Esquema de multiplexación según la velocidad del afluente para entrar en una red SDH.

4.2.6. Codificación y función del puntero

El puntero contenido dentro de los administradores del STM-1 (figura 4.11), esta constituido por los 9 octetos mostrados a continuación:

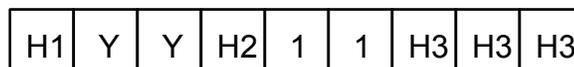


Figura 4.15. Bytes que componen el AU Pointer o puntero de unidad administrativa.

Los octetos H1 y H2 conforman la dirección del puntero y para ello se utilizan los dos últimos bits de H1 y todos los bits de H2. Con estos diez bits se tiene la posibilidad de guardar un número desde el 0 hasta el 1023 en binario. Como la trama del STM-1 se ha numerado con 783 direcciones, cuando se presenta dentro del puntero un valor en binario mayor a 782 se define un error de puntero.

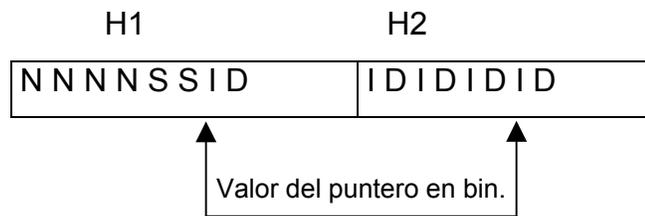


Figura 4.16. Bits que conforman los bytes H1 y H2 del AU Pointer y contienen la dirección del puntero.

4.2.7. Concatenación

En algunos casos se tienen paquetes de información que ocupan más espacio de que el que puede suministrar la capacidad de carga útil de la trama de un STM-1 y que por alguna razón necesitan mantenerse dentro de un solo paquete. Esta situación rara, pero real, es la que nos lleva al concepto de concatenación o unión de STM-1's. Cuando se da la concatenación, el primer STM-1 del grupo de STM-1's concatenados contendrá el valor de la dirección del Puntero y en los restantes Punteros el valor 1023 en binario (1111111111) dentro de los bits **ID**, la bandera de datos activada y los bits **SS** no importan.

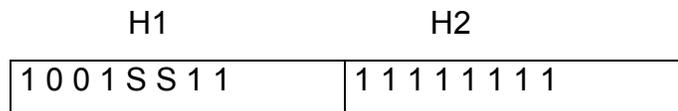


Figura 4.17. Configuración de bits para los bytes H1 y H2 que indican una concatenación en la transmisión.

Esta codificación de puntero indica que la información contenida en los STM-1's concatenados, pertenece a un mismo paquete de información. Como ejemplo tenemos la figura 4.18 en la que se tiene un paquete de información que ocupa tres veces la capacidad de carga útil de un STM-1, por lo tanto se requiere concatenar tres STM-1. En el primero de los tres se indica que el paquete de información inicia en el trío número 88 y en los otros dos punteros de los STM-1's concatenados, se da la indicación de concatenación mostrada en la figura 4.17.

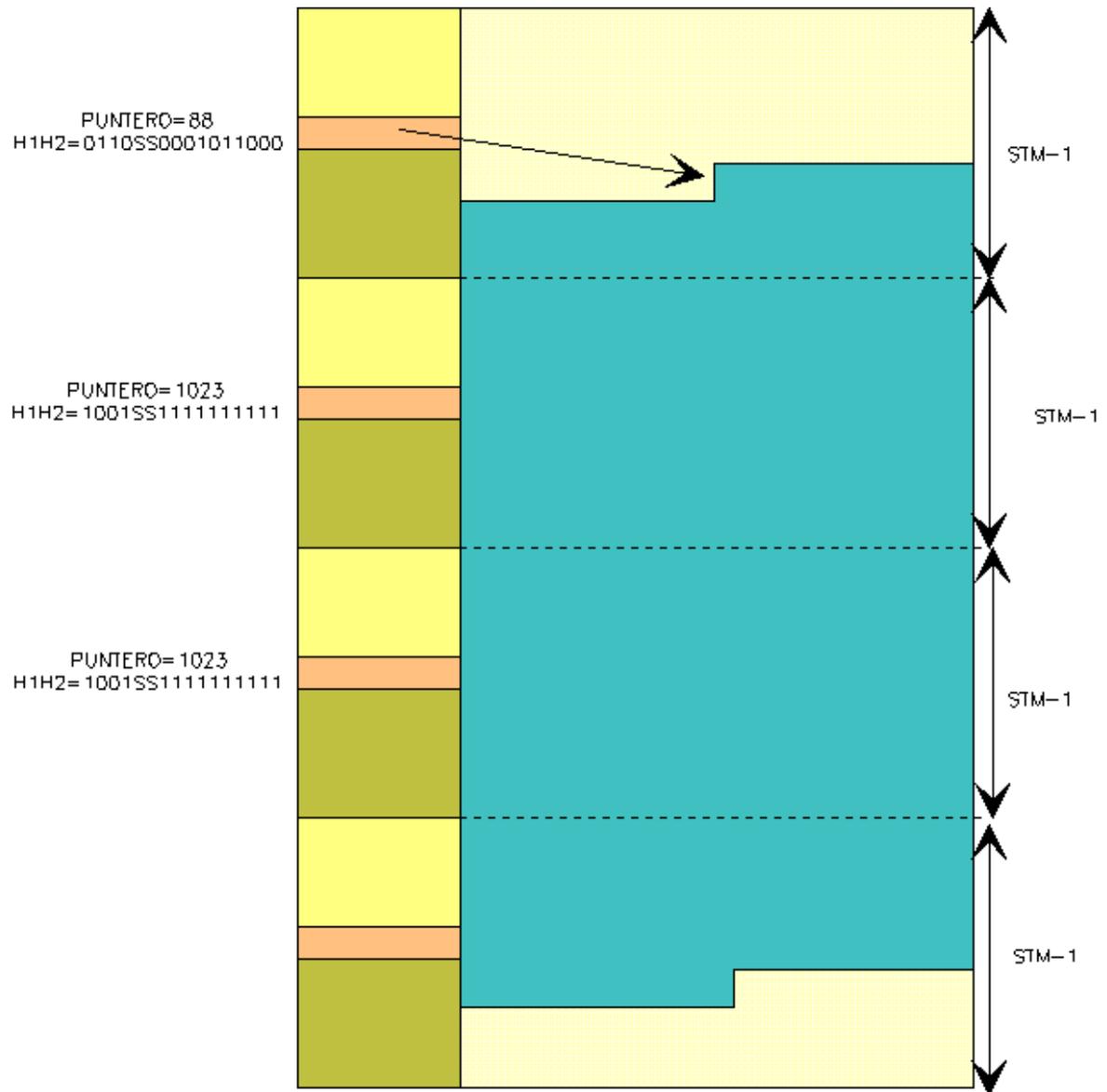


Figura 4.18. Ejemplo de un caso en el que la cantidad de información por transmitir requiere de una concatenación de datos.

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO.

Debido a que los alcances del proyecto de graduación no contemplan el dejar la red de supervisión remota instalada, sino solamente hacer un enlace a nivel demostrativo, el hardware utilizado fue muy modular. Como cliente se utilizó una computadora personal Premio con procesador Pentium 4 de 1,6GHz con 256 Mbytes en memoria RAM, adaptador de red Intel(R) PRO/100 S Desktop Adapter, módem Creative MODEM Flash56 PCI DI5630-5 con una velocidad máxima de puerto de 115200bps y una velocidad nominal durante las pruebas de 9600bps; como servidor en la estación remota se utilizó una computadora portátil Toshiba Satellite Pro 4600 con procesador Pentium 3 de 950 MHz, con 128 Mbytes en memoria RAM, adaptador de red Intel(R) PRO/100 VE Network Connection, módem Toshiba Software Modem AMR con una velocidad máxima de puerto de 115200bps y una velocidad nominal durante las pruebas de 9600bps.

Además de las computadoras que se describieron anteriormente, se utilizó la tarjeta *Sistem Control* de los multiplexores de inserción / extracción, dicha tarjeta cuenta con un puerto serie, el cual es el que conecta al CPU de supervisión. La manera de realizar dicha conexión se describe en las siguientes figuras. Para una referencia más detallada de la conexión y operación con los equipos NEC, se puede consultar “Manuales de SDH y NMS” editado y distribuido por NEC.

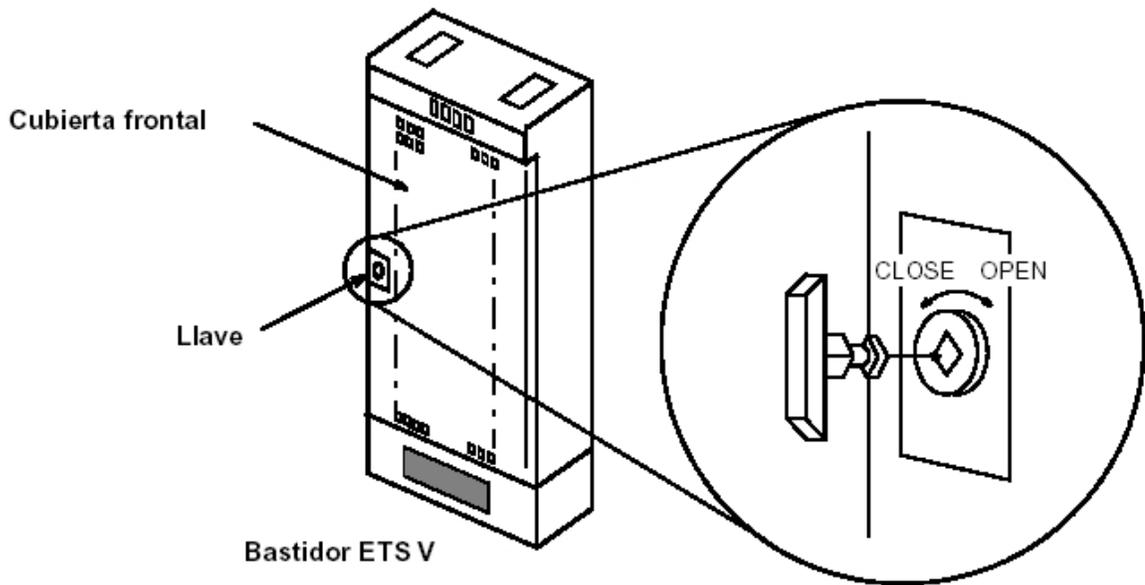


Figura 5.1. Bastidor que aloja las tarjetas de los multiplexores de inserción / extracción.

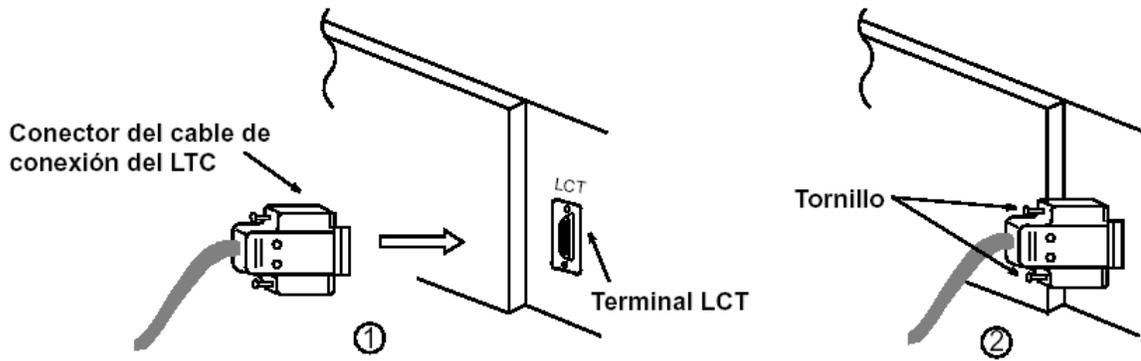


Figura 5.2. Tarjeta de control SC, dispone de un puerto serie para comunicación con una PC.

CAPÍTULO 6: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO.

Para la realización del proyecto de graduación se utilizaron fundamentalmente dos paquetes de software:

- Radmin 2.1: **R**emote **admin**istrator es un programa creado por Famatech LCC, funciona como control remoto que permite trabajar en otra computadora de manera remota. El usuario puede ver en su propio monitor la pantalla de la computadora remota, y tanto el mouse como el teclado de la computadora del usuario toman control de la computadora remota. La conexión se puede hacer mediante una red local, de modo que la información se actualiza de 100 a 500 veces por segundo; también se puede hacer la supervisión mediante una red de acceso telefónico con módem, con velocidad de 5 a 10 actualizaciones de la información por segundo. Para poder controlar la computadora remota, el Radmin debe estar instalado en ambas computadoras: el cliente (computadora local) y el servidor (computadora remota). La manera de instalar el programa y su configuración se refieren en el anexo B.1. La figura 6.1 muestra como se ejecuta de manera remota un programa, en este caso el Internet Explorer. Se puede observar el escritorio del cliente en color negro y, en una ventana aparte, el escritorio del servidor, que para dicha prueba se encontraba a 100 metros de distancia. La conexión se llevó a cabo mediante una red de área local. Es importante aclarar el hecho de que Radmin funciona el protocolo TCP/IP para la transmisión de información, incluso cuando lo hace mediante un módem.
- WinLCT: El **Win**dows **L**ocal **C**raft **T**erminal, o terminal local de usuario, es un programa que brinda la empresa japonesa NEC, fabricantes de los multiplexores de inserción / extracción, para poder gestionar información tal como supervisión de alarmas, desconexión de alarmas, fallos en los enlaces, realizar arranques del equipo. Dicho software se

utilizó para determinar exactamente cual tarjeta del multiplexor estaba presentando fallas en ese momento, de modo que, desde cualquier parte del país en la que se cuente con una línea telefónica, se puede ejecutar este programa en el servidor remoto que está permanentemente conectado a los multiplexores y determinar antes de hacer cualquier viaje innecesario, cual es la eventual falla del equipo, como se muestra en la figura 7.20 en la que, de hecho se está supervisando uno de los multiplexores del cuarto piso del complejo de San Pedro, desde la casa de transmisión que se encuentra en una calle diferente.



Figura 6.1. Explorador de Internet ejecutado de manera remota. La computadora cliente tiene el escritorio en color negro, mientras que la computadora servidor lo tiene en celeste.

Adicionalmente se utilizaron las aplicaciones de Microsoft Windows de: Red de acceso telefónico, Servidor de acceso telefónico, Acceso telefónico entrante. Dichas aplicaciones se necesitan para el buen funcionamiento del sistema de supervisión remota y se explican en el apéndice A.1.

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Descripción del sistema de frontales

7.1.1. Introducción

Durante muchos años, hasta la década de los años 90 inclusive, la red nacional de comunicaciones telefónicas era relativamente fácil de administrar; contaba con un centro primario digital tipo Tándem, cinco centrales públicas de abonado concentradas en su mayoría en el área metropolitana, todas esas centrales de abonado eran de una misma marca. A finales de dicha década la expansión de dicha red era ya bastante compleja y evolucionada, se cuenta con más de 20 centros digitales primarios , unas 200 centrales públicas de abonado, se superan las 983 980 líneas, se cuenta con diez marcas diferentes de abonado (Alcatel, Equitel, Ericsson, Hitachi, Lucent, Mitel, Nortel, Pentaconta, Plexsys, Siemens), hay una gran concentración de abonados en las marcas Alcatel y Ericsson.

Debido a las dimensiones actuales del SNT (**S**istema **N**acional de **T**ransmisión), la gestión de información se vuelve compleja; debido a esto, la Unidad de Ingeniería en Sistemas (UIS) crea el concepto de una red de gestión OPMAN (**O**Peración y **M**ANtenimiento), algunos de cuyos objetivos son:

- Brindar un ambiente de seguridad en la interacción con las centrales de todo el país independientemente de su marca y modelo.
- Brindar un ambiente de transparencia en la conexión con las centrales.
- Suministrar aplicaciones de interacción con las centrales diseñadas para grupos de trabajo específicos satisfaciendo sus necesidades.
- Supervisar las centrales del SNT mediante aplicaciones que operan en tiempo real para que grupos de trabajo de operación y mantenimiento

puedan estar informados del estado del sistema, y de esta manera puedan velar por la calidad del mismo.

- Facilitar las actividades de explotación y mantenimiento mediante la ejecución automática de programas que pueden operar parte el equipo de conmutación para asegurarle al abonado un servicio continuo y de calidad.
- Brindar datos respecto a la calidad del servicio del SNT respecto de parámetros de tráfico, completación de llamadas, comportamiento de abonado.
- Facilitar las actividades de prueba de línea de abonado.

Es precisamente mediante la incorporación de dispositivos FRONTALES que se pretenden alcanzar dichos y otros objetivos.

7.1.2. Descripción

Un FRONTAL consiste en un CPU PC compatible, el cual recibe información de los equipos de la central donde se encuentre, información de carácter estadístico y de mantenimiento que es procesada por un programa de software diseñado por la UIS en LINUX, el cual determina el estado de la central y lo que se necesita reparar. Dicho CPU está conectado vía módem a la red institucional del ICE y puede ser accedido por quien lo necesite, en el momento en que lo necesite. Para la adquisición de datos, los frontales disponen de varios puertos, por ejemplo el Frontal de San Pedro, es un CPU con procesador Intel Pentium III de 330 MHz y 64 Mbytes de RAM, el cual tiene dos puerto COM, el módem funcionando como otro COM y además una tarjeta multipuertos de ocho puertos, en total para la adquisición de datos de la central, este Frontal cuenta con 11 puertos.

El software del que se dispone, no solo brinda un análisis de errores y efectividad de llamadas, sino que además permite hacer modificaciones en las tareas de la central a la que pertenece el frontal, sin embargo, el poder hacer solamente consultas o también poder hacer cambios depende de los privilegios del usuario, determinados por su nombre de usuario y contraseña. De manera que lo que se consigue de manera efectiva es incorporar, vía el frontal y su módem, la central telefónica a la red institucional del ICE.

Pero no solamente se puede gestionar información entrando a la red institucional, también se puede colocar en la Internet en forma de página web para un monitoreo remoto. En la figura 7.1 se muestra la distribución anteriormente descrita.

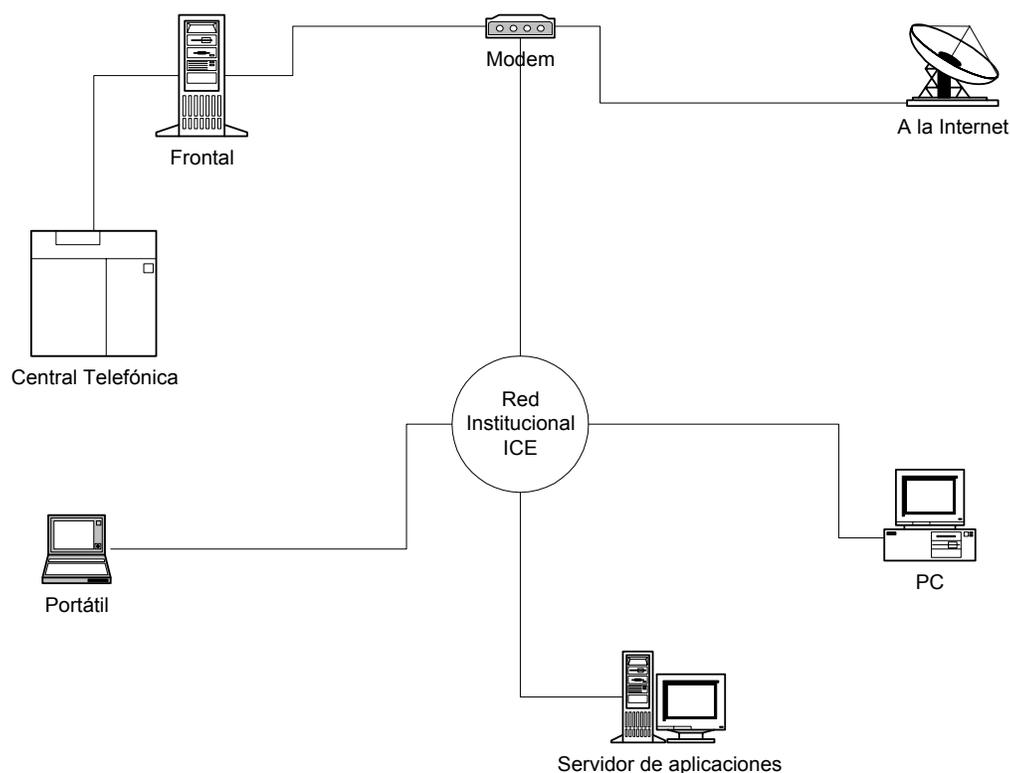


Figura 7.1. Incorporación por medio del frontal de una central telefónica a la red institucional o a la Internet.

Entre las ventajas que presenta el sistema Frontal están las siguientes:

- Sistema con alta capacidad de almacenamiento de información.
- Sistema operativo (LINUX) gratuito desarrollado en la Internet por científicos de todo el planeta y en uso en miles de servidores de Internet.
- Software multiusuario, multiproceso y multitarea.
- Capacidad de permitir la concurrencia de múltiples usuarios de forma segura (mediante nombre de usuario y contraseña).
- Capacidad de generar bitácoras de las actividades de todos los usuarios de todos los niveles.
- Capacidad de gestionar centrales digitales independientemente de su marca y modelo.
- Capacidad de gestión en tiempo real.
- Manejo de protocolos ideales para enlazar la información contenida en él, con diversas plataformas.

Actualmente hay un total de 66 frontales distribuidos en las centrales telefónicas de la siguiente forma: en las centrales Alcatel, 31; en las centrales Northern DMS-10, 13; en las centrales Northern DMS-100, 3; en la central Lucent Air-Loop, 1; en las centrales Siemens, 14; en las centrales Ericsson, 4.

Como ya se mencionó, el software del frontal permite la gestión de varios clientes por medio de un nombre de usuario y una contraseña, el programa cliente corre en PC's con sistema operativo Windows 95 ó 98 y el servidor en el frontal con sistema operativo LINUX 2.2.18. Aunque estos dos sistemas operativos son completamente distintos, el cliente puede reconocer la información enviada por el frontal gracias a un emulador de LINUX que se debe instalar en cada máquina cliente. La figura 7.2 muestra la filosofía de operación cliente-servidor.

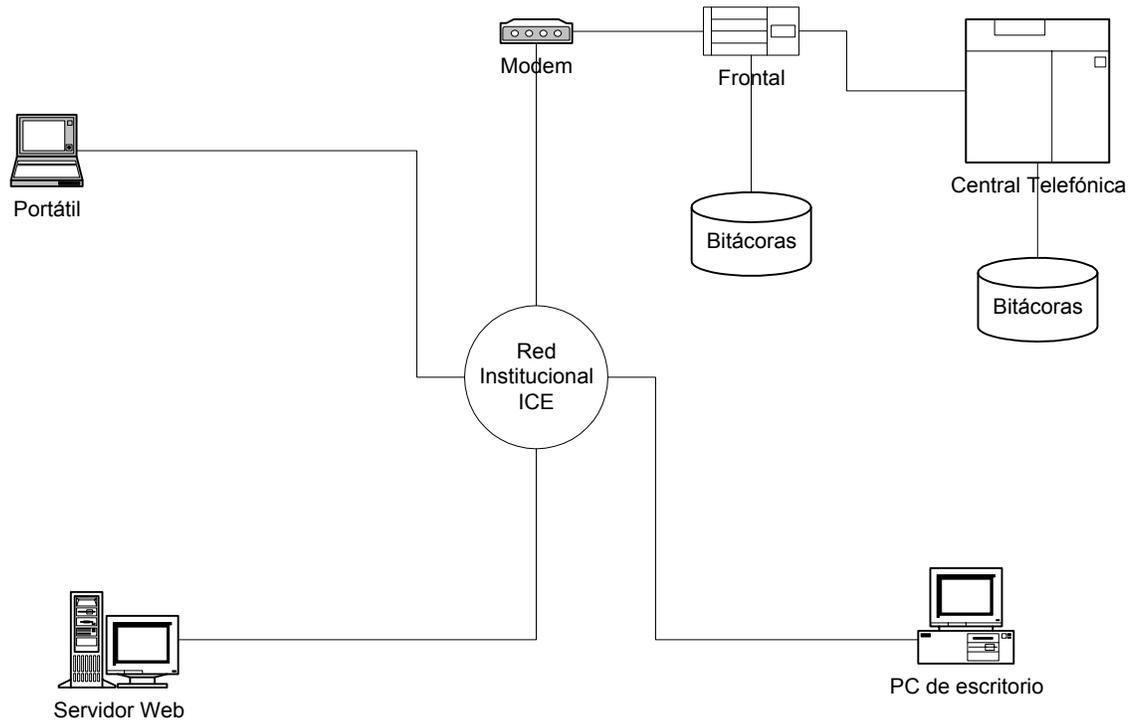


Figura 7.2. Operación cliente-servidor del sistema de frontales.

Dentro de los objetivos del frontal esta el brindar el servicio de gestión de forma transparente independientemente de los grupos de trabajo o clientes de la red institucional del ICE. Para lograr este objetivo se establece dentro del software un protocolo de comunicación que depende, mediante misma red institucional, del nombre de usuario y su contraseña. Lo anterior se hace necesario debido a que el sistema de frontales debe atender aproximadamente 12 clientes diferentes, y se debe tener la seguridad de que dichos usuarios no puedan hacer más de lo que necesiten según sus necesidades particulares pero muy específicas. Es decir, los usuarios de Agencias no tendrán los mismos privilegios dentro del programa que los usuarios de transmisión. La figura 7.3 ilustra la transparencia en la operación del sistema.

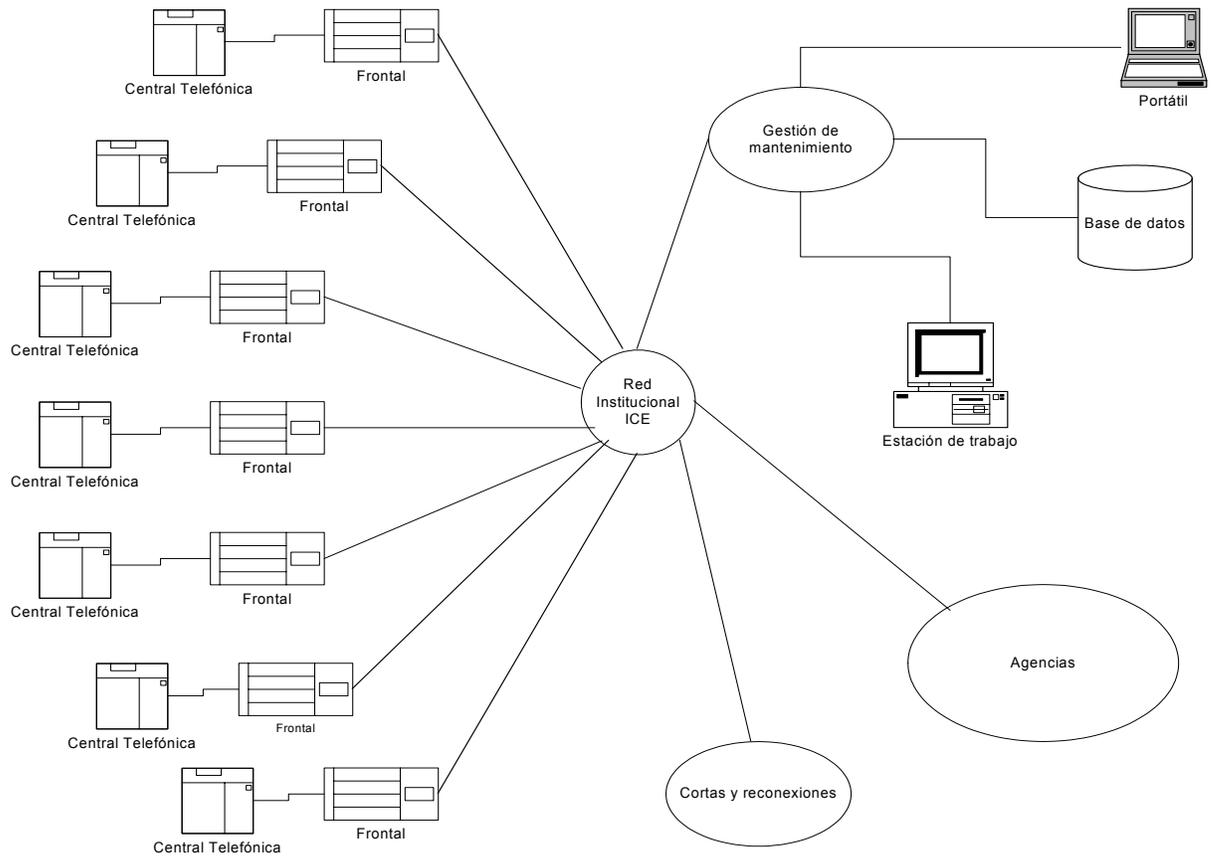


Figura 7.3. Capacidad y transparencia para atender distintos clientes del sistema de frontales.

A continuación, se presenta una serie de fotografías que muestran las instalaciones de conmutación, la central telefónica de San Pedro y su respectivo frontal. Dichas fotografías se presentan para dar al lector una idea clara y definitiva del concepto de FRONTAL, tal y como se maneja por el departamento de centrales telefónicas o conmutación digital.



Figura 7.4. Vista interior de una central telefónica marca Alcatel, se pueden apreciar las tarjetas de conmutación.



Figura 7.5. Vista exterior completa de la central mostrada en figura 7.4



Figura 7.7. Se puede apreciar el CPU marca DTK que cumple el papel de frontal, conserva incluso la unidad de disco extraíble de 3 ½ pulgadas.



Figura 7.6. Armario que protege y contiene el frontal que supervisa las centrales de las figuras 7.5 y 7.6.



Figura 7.8. Cada uno de las centrales está conectado al frontal por medio de una tarjeta multipuerto, en esta figura se aprecia como se concentran las líneas de información desde las centrales y que van luego hacia el frontal.

En el momento en que un cliente desea acceder a la información contenida en el Frontal, puede hacerlo por medio de la red institucional o vía una dirección IP, los técnicos del departamento utilizan un visualizador remoto llamado VNCViewer, desarrollado por AT&T Communication Laboratories; cabe aclarar que el CPU que funciona como Frontal debe contar con un emulador de Linux para MS Windows tales como: WinaXe, Line 0.5, DOSEmu, Lxrun, Cygwin, Lindows.

Lo anterior en caso de que el Frontal tenga un sistema operativo de Microsoft, el emulador de Linux no será necesario si el CPU cuenta con sistema operativo Linux.

Por ser Linux un software desarrollado en la Internet por muchos científicos, como se mencionó anteriormente, se hace bastante sencillo conseguir estos emuladores en la red.

El hecho, ya mencionado, de que el sistema de frontales deba atender a numerosos clientes, hace que el algoritmo sea muy extenso y complejo de plantear, entonces, puesto que lo que nos interesa es el monitoreo remoto de las centrales telefónicas por su similitud con el monitoreo que se pretende hacer de los multiplexores de inserción / extracción NEC, se presenta a continuación el algoritmo para realizar dicha supervisión remota.

Posterior al diagrama del algoritmo, se presentan tres figuras de cómo se accede al sistema de frontales, tanto por la red institucional como por la Internet.

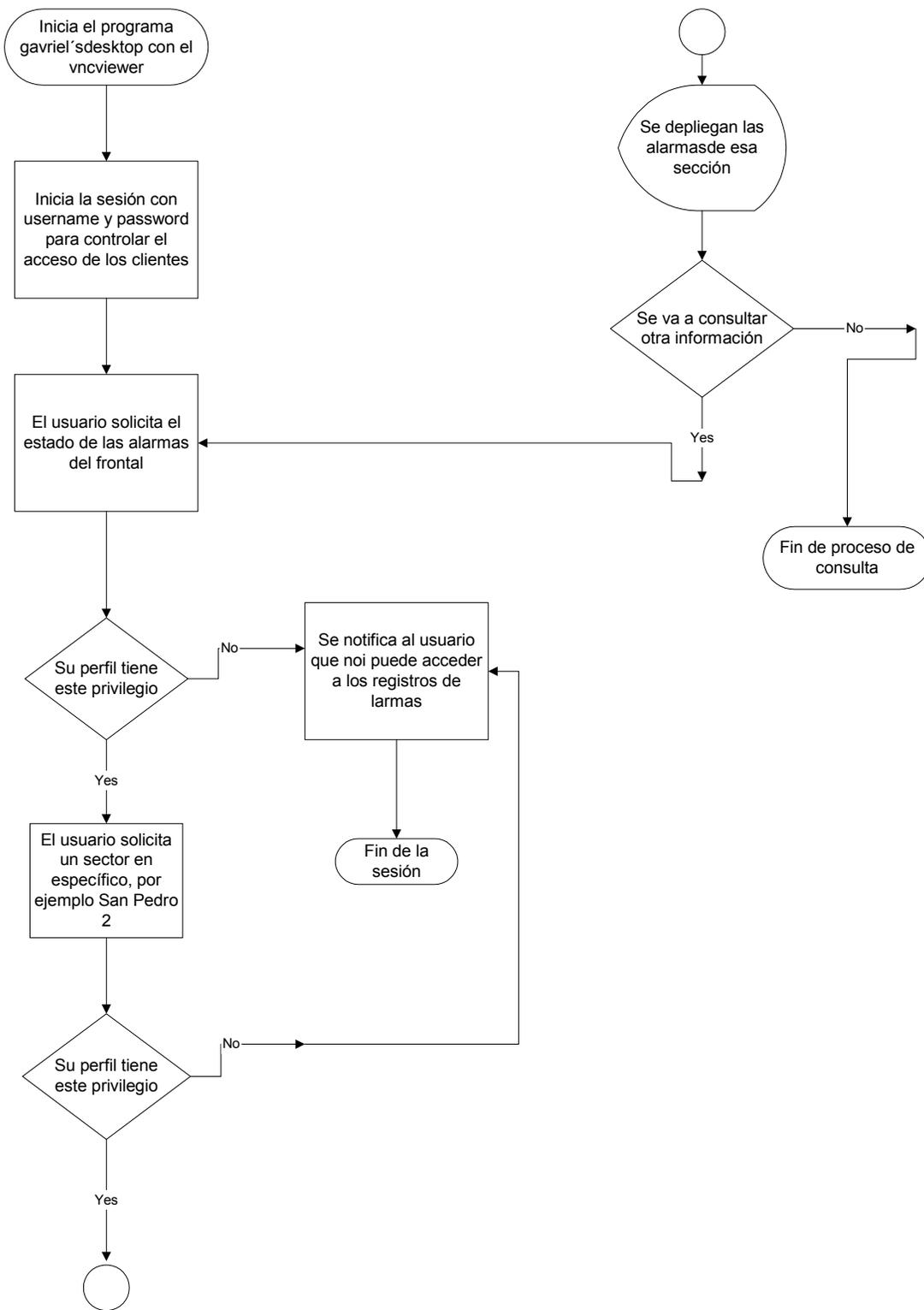


Figura 7.9. Algoritmo general de consulta de alarmas del sistema de frontales en Linux.

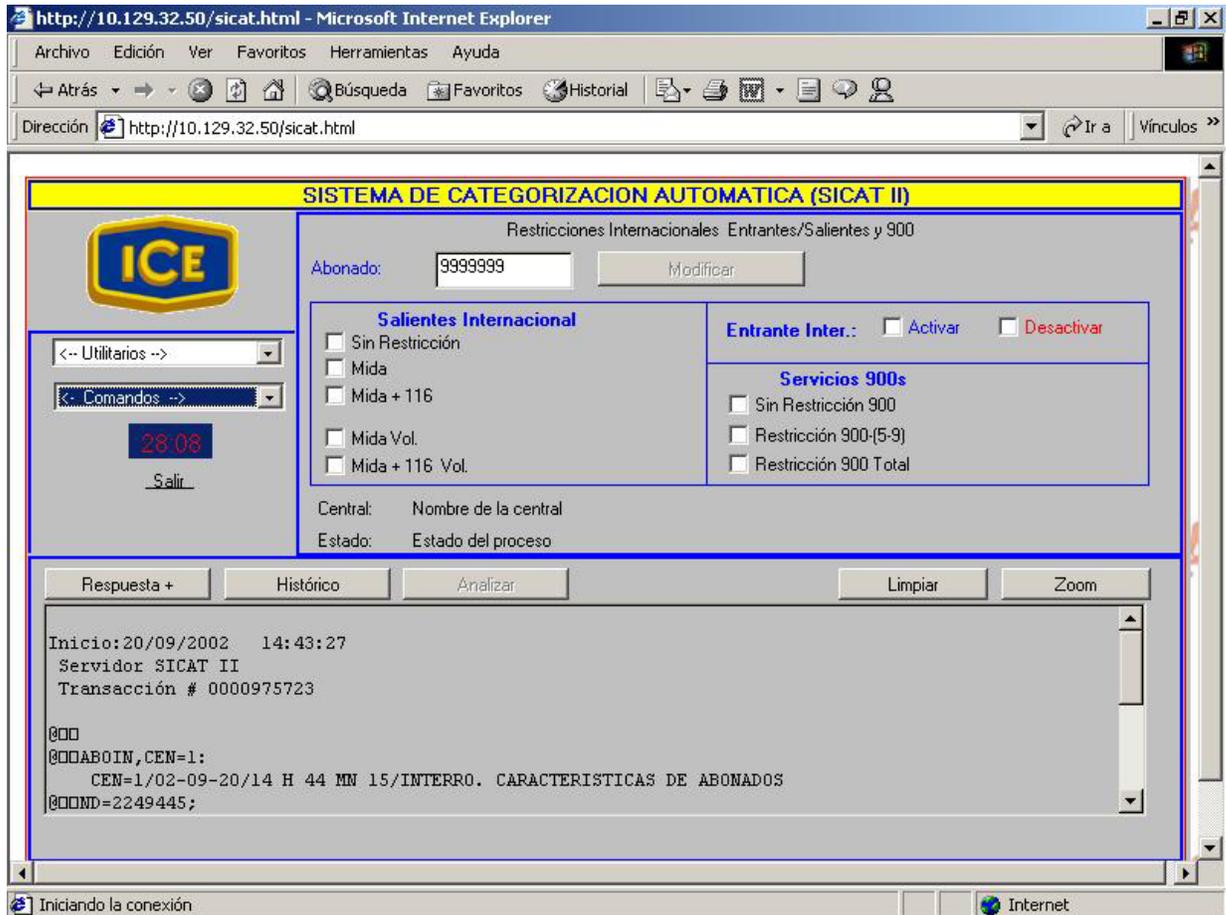


Figura 7.10. Página web para gestión de información de las centrales telefónicas digitales (se puede observar la dirección IP del sitio en la esquina superior izquierda).

Sistema de Supervisión de Centrales Digitales ICE - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

← Atrás → Búsqueda Favoritos Historial Ir a Vínculos

Dirección http://10.129.32.50/alarmas/SPD2.html

Sistema de Supervisión de Centrales Digitales del ICE

Usuario:

Fecha Inicio	Fecha Final	Tipo	Evento	Central	Objeto	Zona Geografica	Texto Alarma	Info CPLT
02-09-05 23:56	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM9-7	S1-TR04-B04-A005	PCM ACCESO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM20-1	S1-TR06-B10-A002-R087	PCM ACCESO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM9-7	S1-TR04-B04-A005	PCM ACCESO	
02-08-29 14:15	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM24-3	S1-TR06-B05-A003-R087	PCM ACCESO	
02-09-09 11:21	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM23-3	S1-TR06-B06-A003-R087	PCM ACCESO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	AFUR =URAL- 20	S1-TR06-B10	REBAS CANT EQ FALLO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	AFUR =URAL- 22	S1-TR06-B07	REBAS CANT EQ FALLO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM9-7	S1-TR04-B04-A005	PCM ACCESO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	AFUR =URAL- 17	S1-TR05-B11	REBAS CANT EQ FALLO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	AFUR =URAL- 24	S1-TR06-B05	REBAS CANT EQ FALLO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	AFUR =URAL- 21	S1-TR06-B09	REBAS CANT EQ FALLO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM23-0	S1-TR06-B06-A002-R000	PCM ACCESO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	AFUR =URAL- 23	S1-TR06-B06	REBAS CANT EQ FALLO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	ICT	MAL	SPD2	AFCN =CNLM23-0	S1-TR06-B06-A002-R000	PCM ACCESO	
02-08-29 14:14	02-09-20 14:51	COM	MAL	SPD2	OBJET=CDC	CDC	RECURSOS CCX IER	

Figura 7.11. Reporte de alarmas vía Internet del sistema de centrales digitales, nuevamente se puede observar la dirección IP en el renglón de dirección de la barra de navegación.

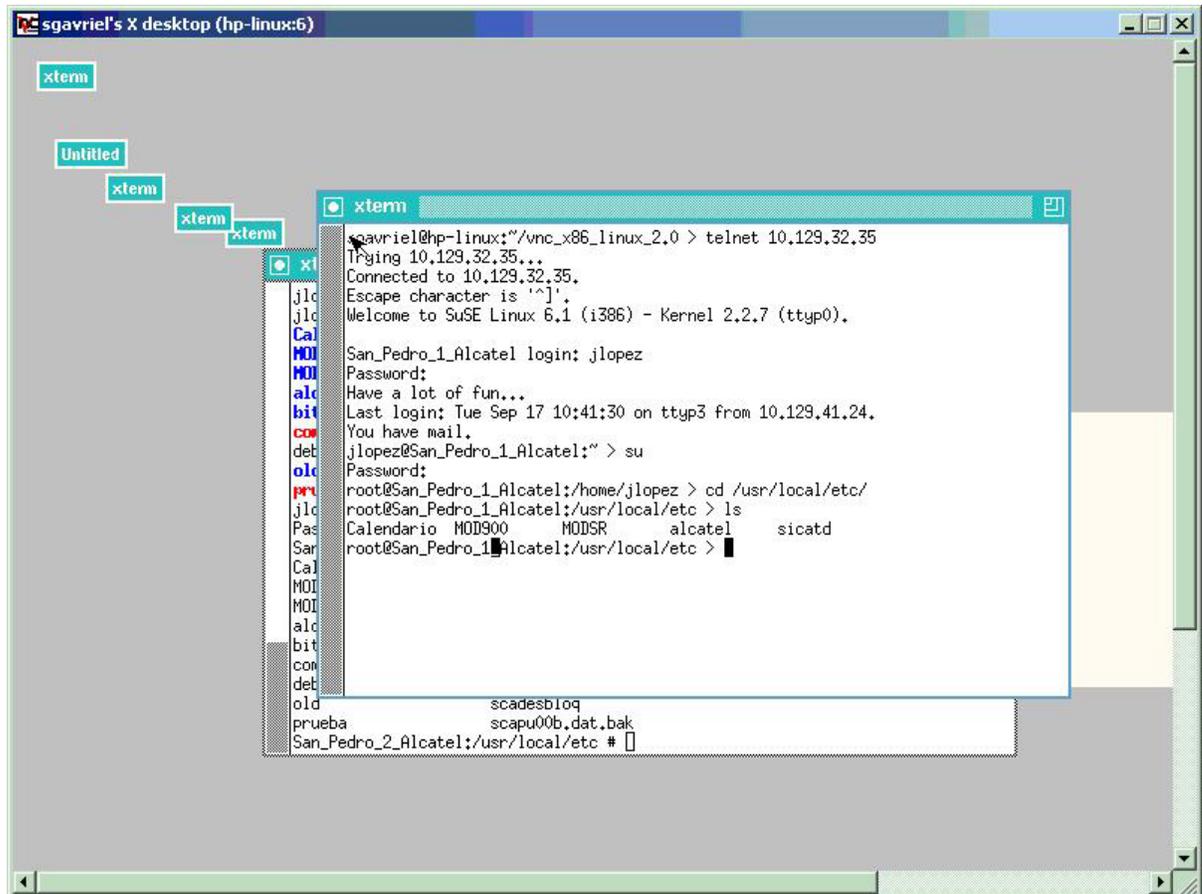


Figura 7.12. Visualizador VcnViewer (ventana exterior) y programa de gestión en Linux (ventana interior) para la supervisión de las centrales telefónicas por medio de frontales, accedido por medio de la red institucional.

7.2. Explicación del diseño

El sistema de supervisión de centrales telefónicas digitales mediante Frontales, no se puede copiar para la supervisión de los multiplexores de inserción / extracción fundamentalmente por dos razones:

- 1) Los Frontales determinan que una central telefónica digital está dañada con base en un porcentaje de llamadas exitosas y llamadas fallidas, dicho método no se puede aplicar a los multiplexores de inserción / extracción ya es muy poco específico: no puede determinar donde se encuentra la falla específicamente para poder repararla, se debe acudir a revisar la central para realizar el diagnóstico.
- 2) La supervisión que realizan los Frontales se hace mediante la red institucional, no todos los sitios donde hay multiplexores de inserción / extracción de fibra óptica tienen acceso a la red institucional, esto los haría inalcanzables por un sistema como el de Frontales.

Sin embargo, la idea fundamental de la supervisión que realizan los Frontales puede adaptarse para realizar la gestión remota de los multiplexores.

Lo que se hizo fue enlazar una computadora vía telefónica con otro CPU que sirvió como servidor y que está permanentemente conectado a los multiplexores vía la tarjeta System Control, que se describió en la sección anterior.

Dicho enlace se realizó con la aplicación de Windows "Red de acceso telefónico". Ambas computadoras con sistema operativo Windows 2000 (ver apéndice A.1). Una vez que la red se establece, se asignan direcciones IP a ambas computadoras (cliente y servidor), dicha dirección IP se utilizó para poder tomar control del servidor remoto mediante el programa Radmin.

Una vez que se tuvo el control del servidor remoto, se ejecutó el programa WinLCT de NEC y se pudieron determinar las alarmas, fallas y localidades de las mismas en el equipo conectado en ese momento. Las figuras 7.13 – 7.20 muestran la secuencia de lo que se hizo.



Figura 7.13. Aplicación utilizada para crear una red de acceso telefónico para comunicarse con el servidor remoto.

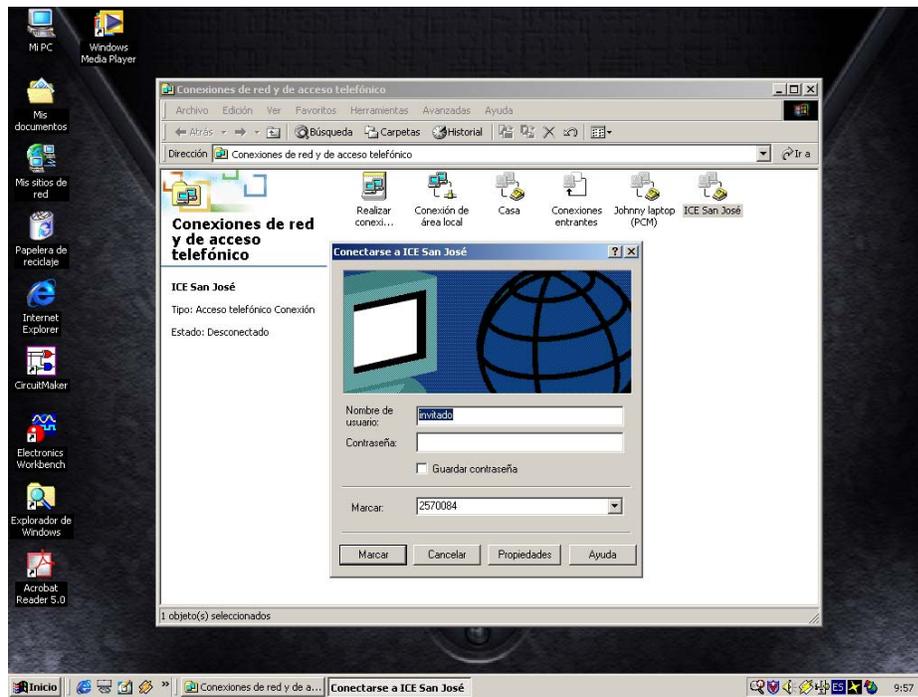


Figura 7.14. Solicitud de marcado y de nombre de usuario y contraseña para comunicarse con el servidor remoto telefónicamente.



Figura 7.15. Una vez dentro de la red de acceso telefónico se ejecuta el Radmin en el cliente(computadora local).

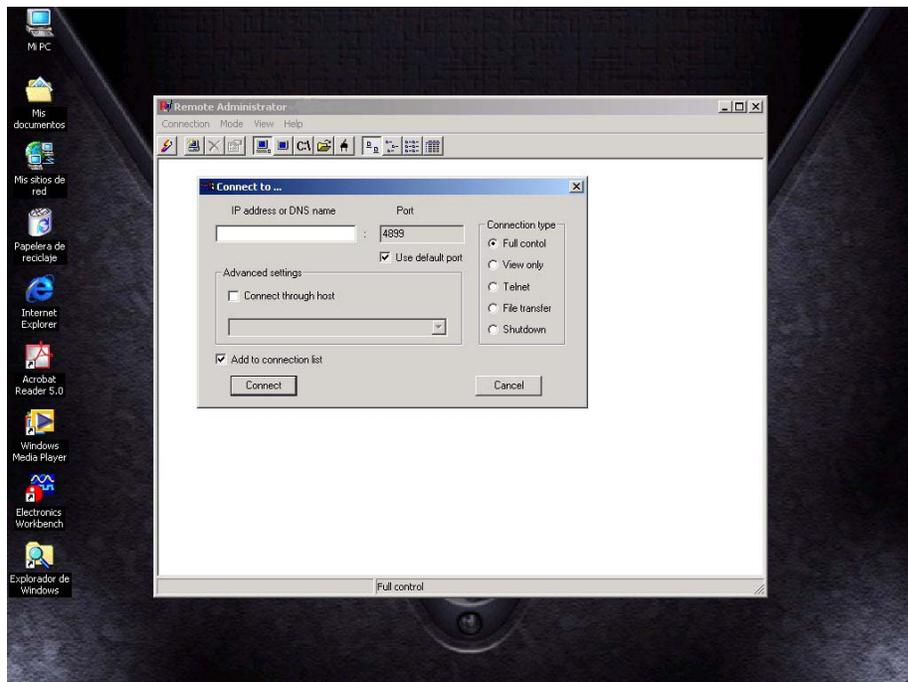


Figura 7.16. Una vez ejecutado el Radmin, se crea una conexión utilizando la dirección IP que suministre el acceso telefónico.

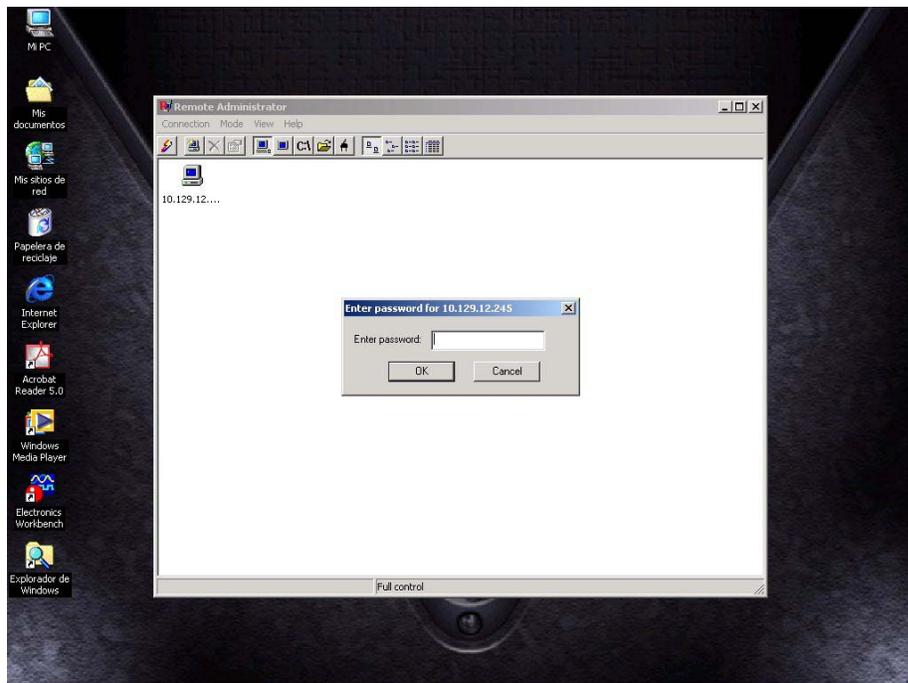


Figura 7.17. Antes de que el cliente tome el control del servidor, se suministra una segunda clave.

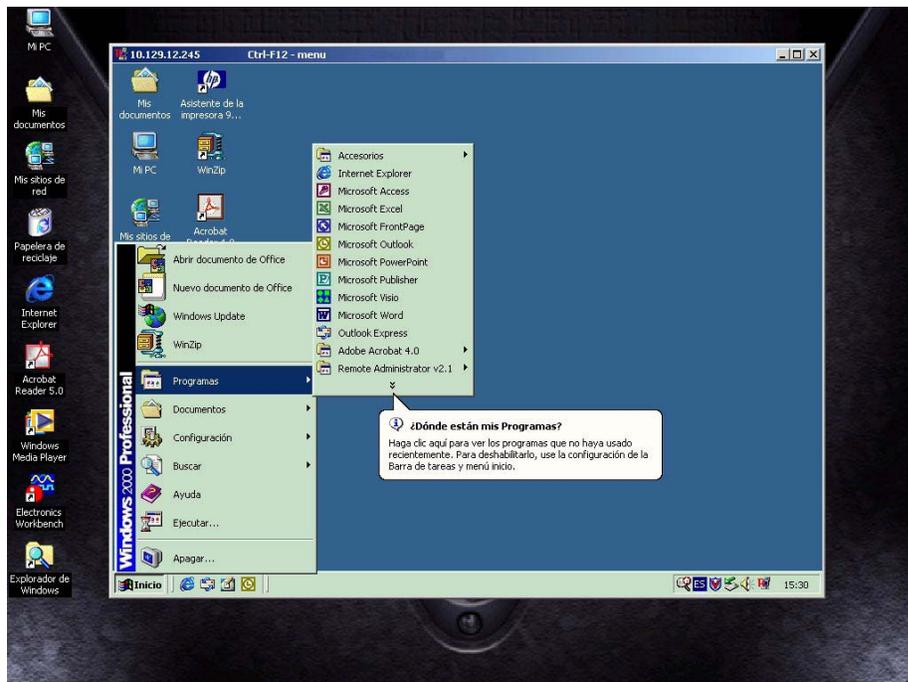


Figura 7.18. Se tomó el control del servidor remoto, y se pudo ejecutar cualquier programa que se encontrara en el mismo, en este caso, el WinLCT, para revisar las alarmas de los multiplexores.

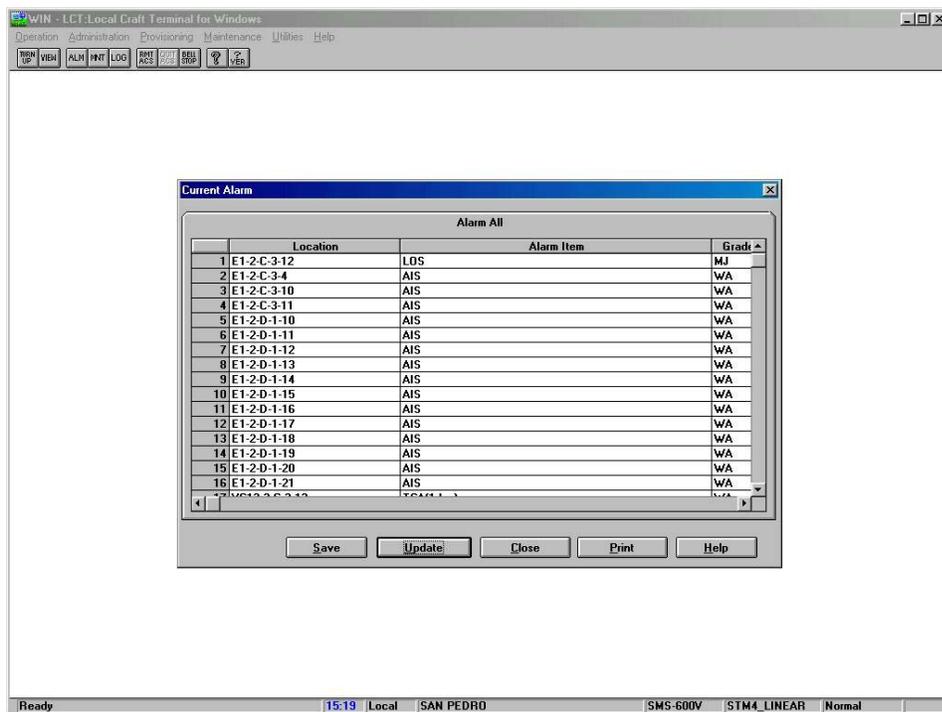


Figura 7.19. Reporte de alarmas que se obtuvo de forma remota, por medio de la red de acceso telefónico.

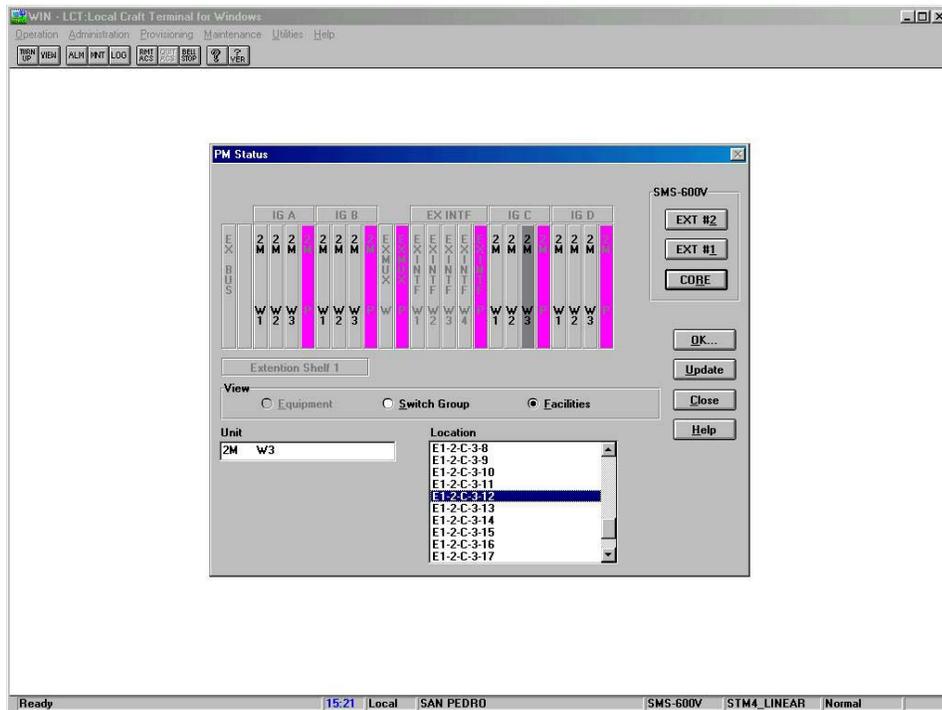


Figura 7.20. Las tarjetas ausentes del multiplexor se presentan en lila y la tarjeta que reportó la falla se presenta en gris oscuro.

A pesar de poder supervisar las alarmas de manera remota tal y como se mostró anteriormente, se necesita poder seleccionar el bastidor por supervisar, para que el sistema sea realmente autónomo, la selección del bastidor se debe poder hacer, igualmente que la supervisión, de forma remota. Para lograr esto tenemos tres opciones:

- 1) Disponer de un CPU para cada bastidor y por lo tanto de una línea telefónica para cada bastidor.
- 2) Disponer de un CPU para cada bastidor y un multiplexor de línea telefónica controlado por software.
- 3) Disponer de un solo CPU para todos los bastidores, una única línea telefónica para dicho CPU y un multiplexor de puerto serie controlado por software.

De dichas opciones, se eligió la tercera, por implicar un mucho menor gasto económico en comparación con las dos primeras.

La función general del multiplexor de puerto serie controlado por software se muestra a continuación:

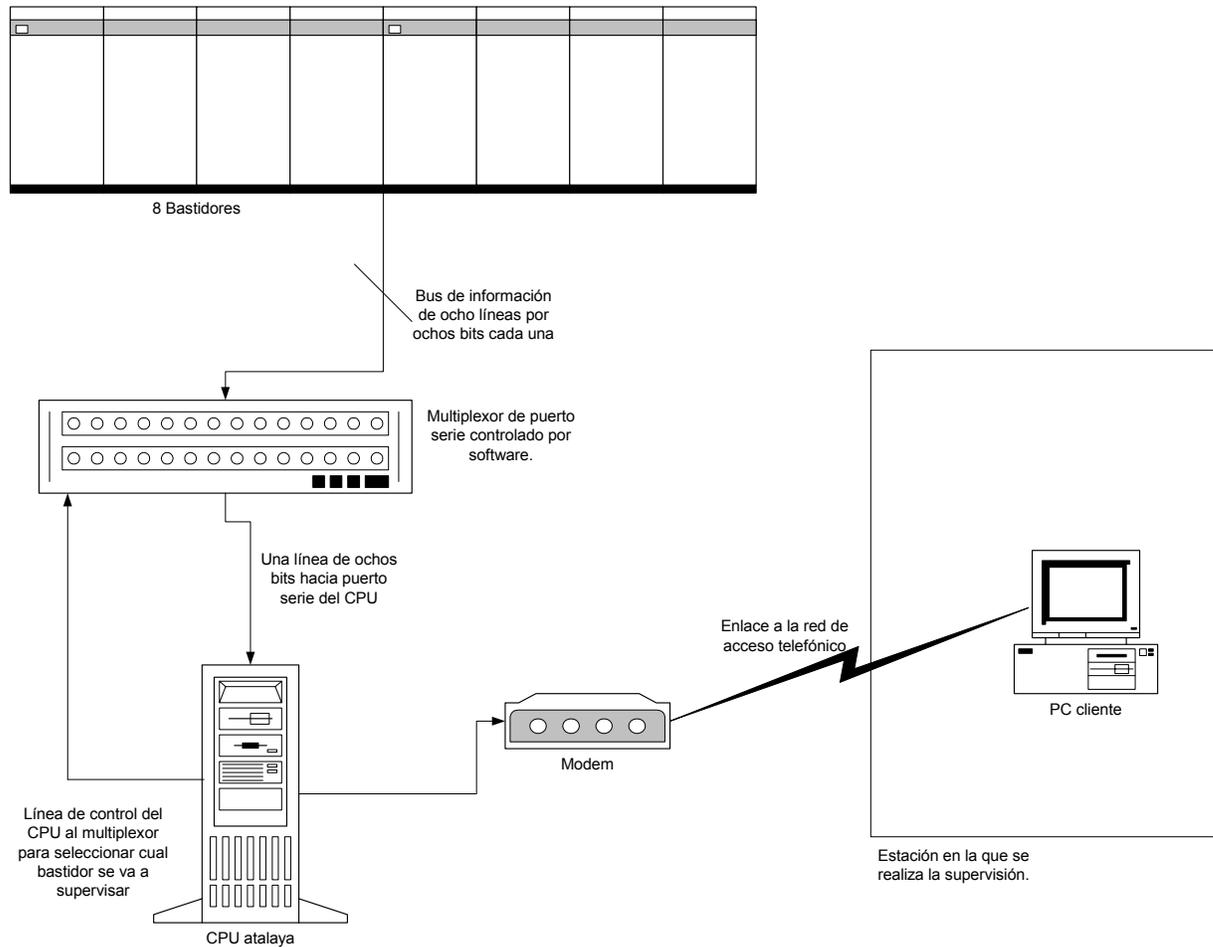


Figura 7.21. Manera en que las líneas de varios bastidores se concentrarían en un multiplexor de puerto serie controlado vía software por el CPU atalaya.

En la figura superior, se presenta un caso típico de la necesidad del multiplexor de puerto serie controlado por software: se tienen ocho bastidores con una tarjeta *Sistem Control* cada uno, se conectan dichas tarjetas mediante un cable de extensión serie a los puertos del multiplexor; este, a su vez, se conecta al primer

puerto serie del CPU atalaya (COM1), mediante el software de control instalado en el CPU, se le indica al multiplexor, vía el segundo puerto serie (COM2), cual de las ocho líneas de información, y por lo tanto cual de los ocho bastidores, se va a supervisar.

Un posible diseño para el hardware del multiplexor puerto serie se muestra en la figura 7.22.

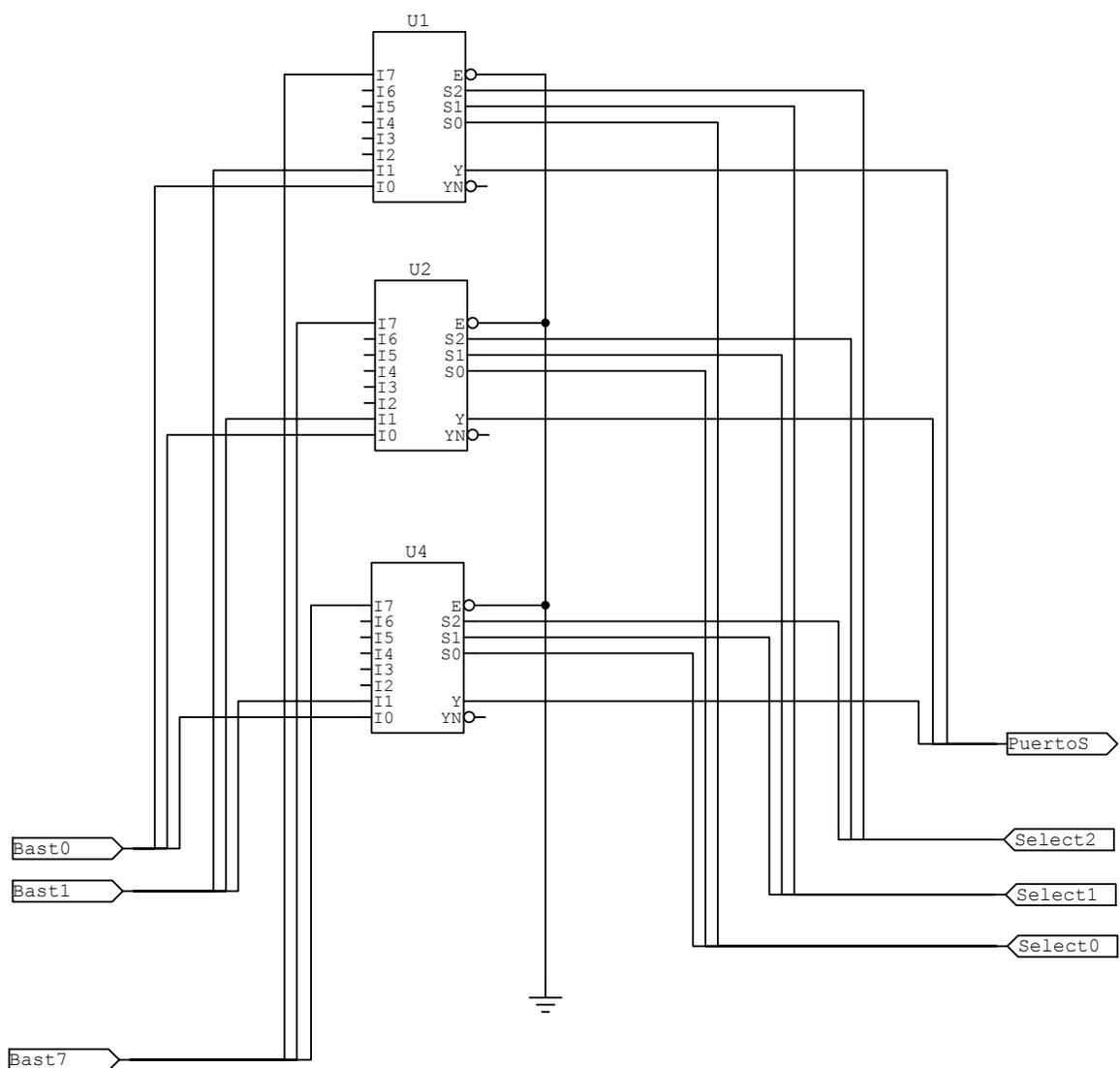


Figura 7.22. Sección de hardware para un multiplexor de puerto serie de 8X1 bytes.

En la figura anterior (Fig. 7.22), se muestra una conexión de multiplexores (modelo 358 de Maxwell Electronics) 8X1 en cascada, se presenta una configuración que podría escoger uno de hasta ocho bastidores para realizar la supervisión. El sistema en cascada funciona de la siguiente manera: cada uno de los ocho bits provenientes de cada bastidor forma un bus independiente, tendríamos por lo tanto el bus (bits 0-7) del primer bastidor, el bus (bits 0-7) del segundo bastidor... hasta completar los ocho buses de los ocho bastidores. El bit 0 del bastidor 0 se conecta con el canal 0 del primer multiplexor, el bit 2 del bastidor 0 se conecta al canal 0 del segundo multiplexor... hasta que el bit 7 del bastidor 0 se conecta al canal 0 del séptimo multiplexor.

De esta manera, cuando se seleccione el canal cero de todos los multiplexores (las patillas de selección se conectan de manera que todas las S0 estén conectadas, todas las S1 estén conectadas y todas las S2 estén conectadas), tendremos los ocho bits del bastidor 0 en las ocho salidas de los multiplexores, formando el bus PuertoS, este bus es el que se conecta al puerto serie COM1 del CPU de supervisión.

Otra manera de seleccionar el bastidor por supervisar, es utilizando un multiplexor de puerto que ya existe comercialmente. Dichos multiplexores de puerto los diseña y distribuye DIGI (la descripción y datos técnicos se encuentren en el anexo B.1).

El programa que controla el multiplexor debe poder escribir un valor al puerto serie COM2, este valor es interpretado por el hardware del multiplexor y la línea correcta a supervisar es elegida mediante Select0, Select1, Select3, para este caso en el cual se supervisan solamente ocho bastidores. Puesto que el puerto serie transmite con valores de ± 12 V, donde -12 V es un cero lógico y $+12$ V es un uno lógico, se incluye a la entrada de los buses de selección, una etapa de acondicionamiento -12 V y $+12$ V a 0V y 5V respectivamente; esto con el fin de que la

selección de línea sea decodificada correctamente por el multiplexor. Se usa un diodo para hacer de -12V a 0V y un regulador de voltaje LM7805 ó NTE960, el cual pasa de $+12\text{V}$ a $+5\text{V}$, como se muestra en la figura 7.23, donde el regulador de voltaje se denomina U3.

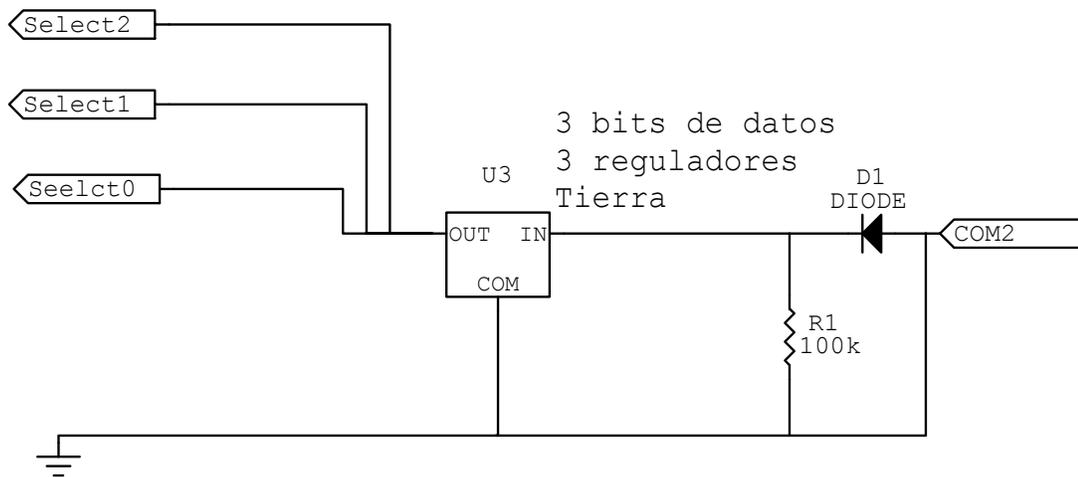


Figura 7.23. Sección de hardware que convierte los unos y ceros del puerto serie ($+12\text{V}$ y -12V), a unos y ceros TTL ($+5\text{V}$ y 0V).

La estructura y el diagrama de flujo del programa se presenta en las figuras 7.24 y 7.25.

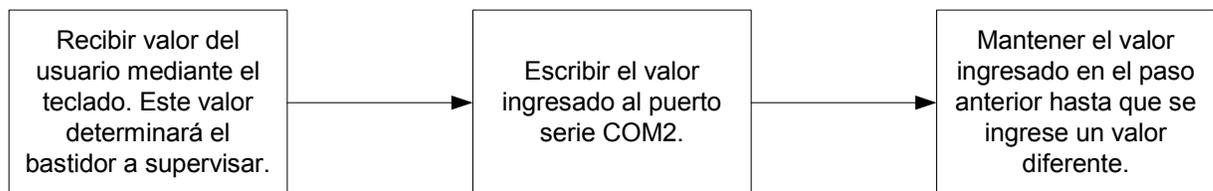


Figura 7.24. Diagrama del programa controlador del multiplexor de puerto serie.

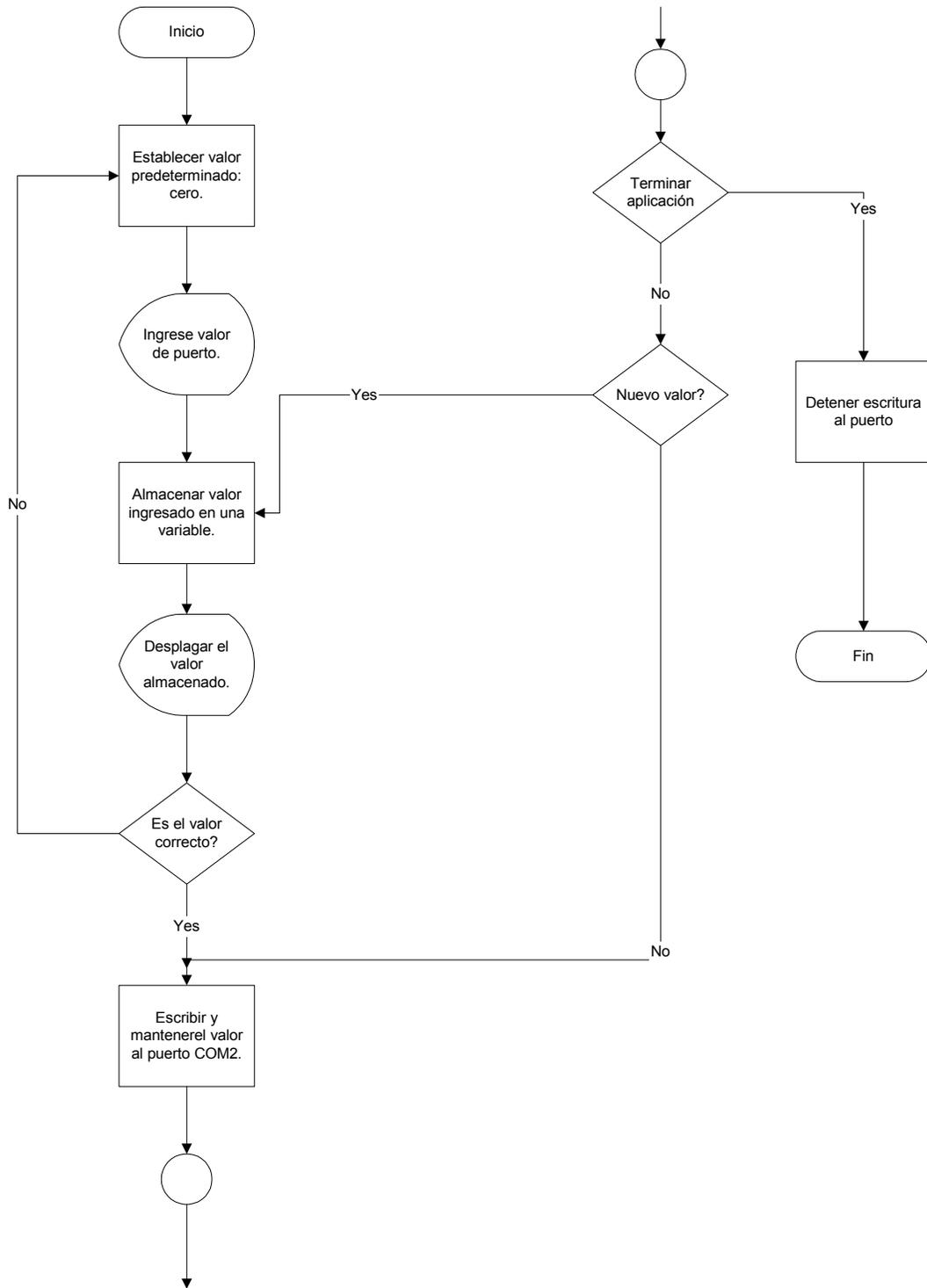


Figura 7.25. Diagrama de flujo del programa controlador de multiplexor de puerto serie.

Dentro de las posibilidades que existen para realizar el programa que escribe un valor dado por el usuario al puerto serie, se escogió realizarlo en lenguaje C, por ser un lenguaje muy popular y seguro (Linux está programado en C). La instrucción clave del programa es "outport()", la cual escribe los valores de una variable al puerto serie; para mantener en el puerto el valor deseado, se utiliza un ciclo que dura mientras no exista un cambio en el valor dado por el usuario o no se finalice el programa.

A continuación se muestra el código fuente de dicho programa:

```
#include <stdio.h>           /* Inicializa la librería stdio */
#include <conio.h>           /* Inicializa la librería conio */
#include <stdlib.h>          /* Inicializa la librería stdlib */
#include <string.h>          /* Inicializa la librería string */
#include <dos.h>             /* Inicializa la librería dos */

void main()
{
    /* Cuerpo del programa */
    unsigned char num, bast; /* Declaración de las variables, son tipo char solamente positivos */

    bast = 0;                /* Asignación de un valor predeterminado a variable bast */

    outport (0x378, bast[c]); /* Escribe la variable bast al puerto serie */

    do
    {
        clrscr ();           /* Limpia la pantalla para desplegar el menu siguiente */
        printf( "Selección de bastidor\n" );
        printf(\n);
        printf(\n);
        printf( "1. Seleccionar bastidor\n" );
        printf( "2. Determinar bastidor actual\n" );
        printf( "3. Salir\n" );
        printf(\n);
        printf(\n);
        printf(\n);
        printf(\n);
        printf( "Digite la opción deseada. " );
        scanf( "%c", &num ); /* Captura el dato del teclado y lo asigna a la variable num */
        switch (num)
        {
            case 1:          /* Instrucciones a ejecutar según la selección del usuario */
                printf( "Digite el número de bastidor que desea seleccionar (1-8): " );
                scanf( "%c", &bast ); /* Captura el dato del teclado y se lo asigna a la
                    variable bast */
                outport (0x378, bast[c]);
                printf( "El bastidor actual es el # %c\n", bast);
                break;
        }
    }
}
```

```

    case 2:
        printf( "El bastidor actual es el # %c\n", bast);          /* Imprime en la pantalla
        el último valor almacenado en memoria para variable bast */
        break;
    case 3:
        printf( "Fin del programa. Gracias!!!!\n" );
        break;
    default:
        printf( "El número seleccionado no corresponde a ninguna opción.\n" );
    }
} while ( num==1 || num==2);          /* Presenta el menú hasta que se seleccione la opción tres */
/
clrscr ();          /* Limpia la pantalla una vez que finaliza el programa */
}          /* Fin del programa */

```

7.3. Alcances y limitaciones

Finalizado el proyecto de graduación, se tiene un diseño tanto de hardware como de software que es capaz de realizar la supervisión de los multiplexores de inserción / extracción marca NEC de manera remota, facilitando así el trabajo del personal técnico de operación y mantenimiento.

El sistema diseñado ofrece todas las ventajas y posibilidades que se tienen al realizar la supervisión de forma manual por parte del personal técnico, lo cual puede dar pie para una agilización importante en el proceso de detección, diagnóstico y reparación de fallas en los multiplexores.

Además, el sistema permite integrar al personal técnico de zonas alejadas para que estos también puedan familiarizarse al trabajar con los multiplexores de forma remota. Como consecuencia de esto, también tenemos una menor secularización del poder de gestión de las diferentes casas técnicas del país y la consecuente posibilidad de organizar de forma más equitativa el trabajo de supervisión por parte de los técnicos prácticamente sin importar donde vivan.

Como limitaciones, se tiene el hecho de que el sistema debe implementarse aún en los sitios remotos, ya que se ha puesto en marcha de forma demostrativa únicamente.

También se tiene la limitación técnica de que si un mismo edificio aloja una cantidad considerable de bastidores, la distancia de los cables que llevarían la información al multiplexor de puerto serie afectaría la confiabilidad de los datos e incluso podría impedir la conexión en totalidad.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- a. Cuando se requiere transportar una cantidad considerable de información a lo largo de grandes distancias, la fibra óptica es una opción confiable y relativamente barata, por su muy baja atenuación.
- b. Debido a las diferentes jerarquías de velocidad en la transmisión de datos que tienen Estados Unidos, Europa y Japón, la técnica plesiócrona PDH es ineficiente y de lento avance hacia mayores velocidades.
- c. Debido a una normativa internacional claramente establecida y a la estructura en la multiplexación de datos, la técnica sincrónica SDH es una mejor opción para las transmisiones de información.
- d. La supervisión remota de equipos electrónicos, es una meta que el ICE procuraba alcanzar, cuyo primer paso fue la implementación del sistema de Frontales para la supervisión de centrales digitales de conmutación; y que mediante el presente proyecto de graduación alcanza los multiplexores de inserción / extracción marca NEC utilizados por el ICE.
- e. El sistema de Frontales no se puede implementar de manera idéntica para los multiplexores de inserción / extracción debido a las razones expuestas en la sección 7.2

8.2. Recomendaciones

- a. Se recomienda tener distribución de privilegios según el nombre de usuarios tanto para utilizar el WinLCT, como para acceder la red de acceso telefónico, ya que actualmente existe un único nombre de usuario y contraseña para operar los multiplexores con el WinLCT.
- b. Se recomienda equipar cada CPU atalaya con un sistema de soporte eléctrico (UPS) para que el equipo permanezca encendido en caso de que el fluido eléctrico se suspenda; de lo contrario, el personal técnico se vería en la necesidad de acudir al sitio y reiniciar el CPU.
- c. Se recomienda rediseñar el multiplexor de puerto serie (sea el propuesto en este informe o el que existe de manera comercial) para que tenga una interfase a fibra óptica y de esta manera poder conectar a dicho multiplexor con bastidores que se encuentren lejos en el mismo piso o inclusive en pisos diferentes del mismo edificio.
- d. Proveer a los CPU atalaya, o por lo menos a los más importantes, de una dirección IP en Internet (hacerlos una página Web), para poder tener otra vía de acceso remoto a los bastidores que estos supervisan.

CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

Nec Corporation. "**Manuales de SDH y NMS**". 1ª edición. Marzo 2001, Japón.

Neri Vela, Rodolfo. "**Líneas de transmisión**". 1ª edición McGraw-Hill. 1999, México.

Unidad Ingeniería de Sistemas. "**Red de Gestión OPMAN**". 1ª edición. Septiembre 2001, San José, Costa Rica.

Cavaría P, Luis. "**Introducción al SDH**". 1ª edición. Mayo 2001, San José, Costa Rica.

UIT. "**NORMAS G-707, G708, G709**". <http://www.itu.ch>

Apéndice A.1: Redes de acceso telefónico

Las redes de acceso telefónico, son redes privadas que se establecen de computadora a computadora mediante la red telefónica pública y utilizando módems. A continuación se muestra como establecer una red de acceso telefónico entre dos computadoras con Windows 2000.

- 1) Hacer clic en **Inicio**, **Accesorios**, **Comunicaciones**, **Conexiones de red y de acceso telefónico**.
- 2) Hacer doble clic en **Realizar conexión nueva**, seguir las indicaciones del “Asistente para conexión de red” (en el cuadro de diálogo “Tipo de conexión de red” seleccionar la opción “Acceso telefónico a red privada”). La ventana y cuadro “Tipo de conexión” se presentan a continuación.

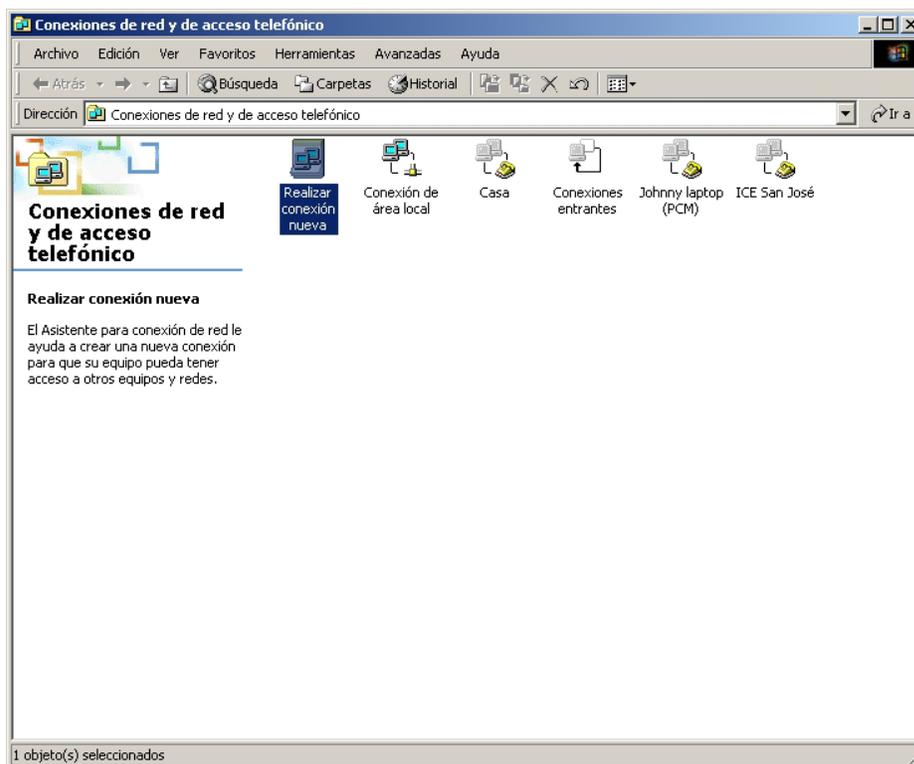


Figura A1.1. Cuadro de diálogo “Conexiones de red y de acceso telefónico” en Windows 2000.

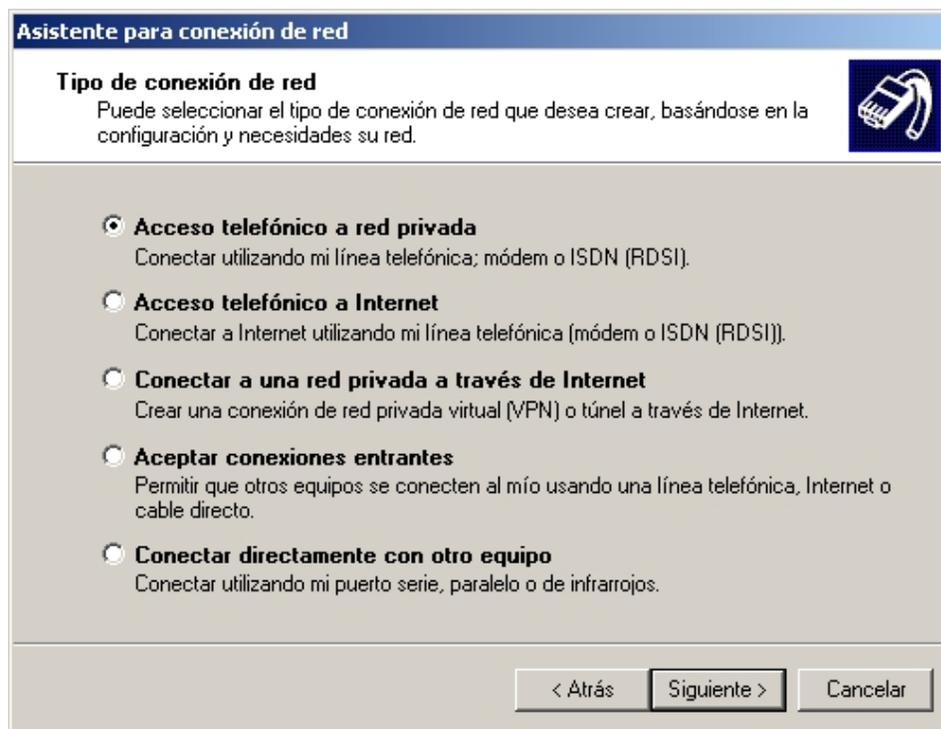


Figura A1.2. Cuadro de diálogo “Tipo de conexión de red”, si la computadora es el cliente, se marca la opción “Acceso telefónico a red privada”.

Una vez que se tiene configurado el acceso a la red telefónica en la computadora cliente, se debe configurar la computadora remota (servidor) para que pueda recibir la llamada entrante del cliente.

- 1) Hacer clic en **Inicio**, **Accesorios**, **Comunicaciones**, **Conexiones de red y de acceso telefónico**.
- 2) Hacer doble clic en **Realizar conexión nueva**, seguir las indicaciones del “Asistente para conexión de red” (en el cuadro de diálogo “Tipo de conexión de red” seleccionar la opción “Aceptar conexiones entrantes”).
- 3) Activar la casilla de selección de módem según el modelo instalado en el equipo.
- 4) En el cuadro de diálogo siguiente se da la opción para permitir a otros equipos ingresar a la red telefónica, se puede elegir la opción de no permitir dichas conexiones.

- 5) En el cuadro “Usuarios permitidos” se configura cuales usuarios pueden acceder a la red privada virtual.
- 6) En el cuadro “Componentes de red” se eligen los componentes de que dispone la computadora para los accesos a redes. Nuevamente se muestran a continuación algunos de los cuadros que se citaron anteriormente.

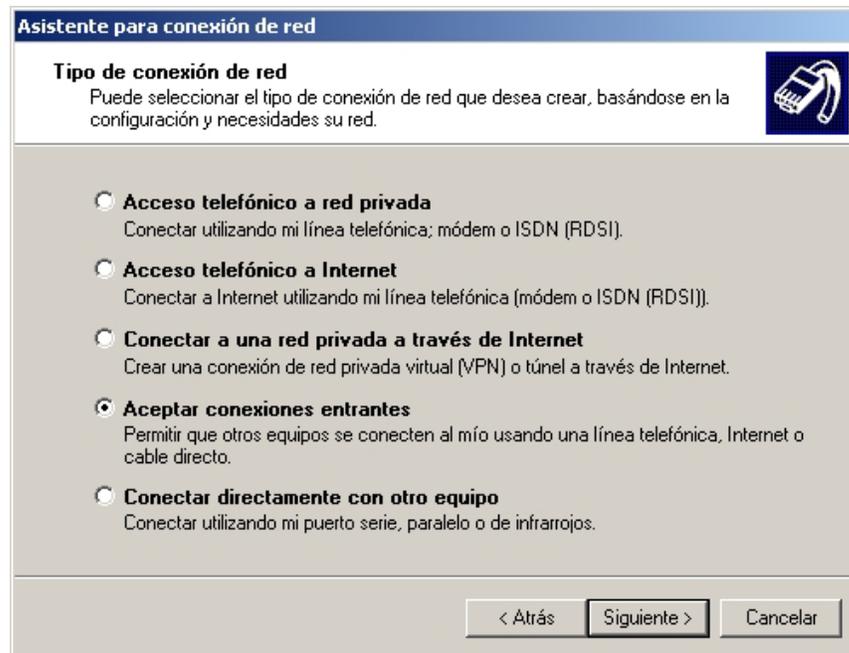


Figura A1.3. Cuadro de diálogo “Tipo de conexión de red”, si la computadora es el cliente, se marca la opción “Aceptar conexiones entrantes”.

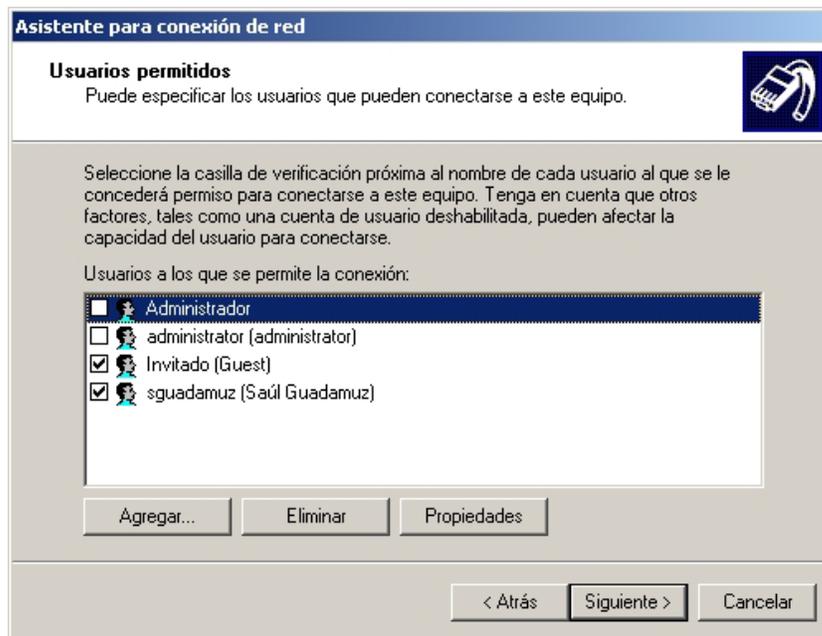


Figura A1.4. Cuando la computadora es el servidor se deben indicar los usuarios que tendrán acceso a la red telefónica.

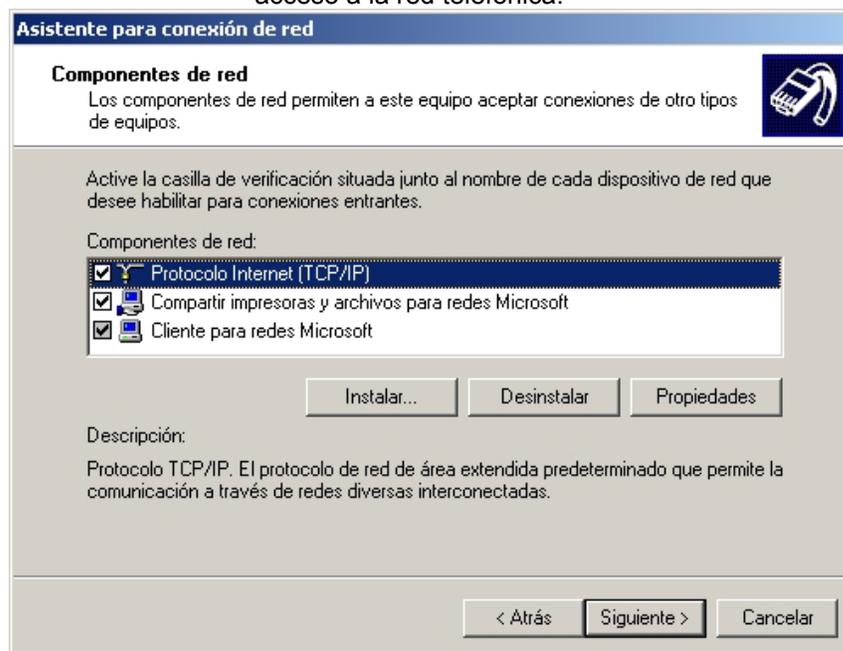


Figura A1.5. Es necesario especificar el componente TCP/IP, que es el que se utiliza para la supervisión remota del equipo.

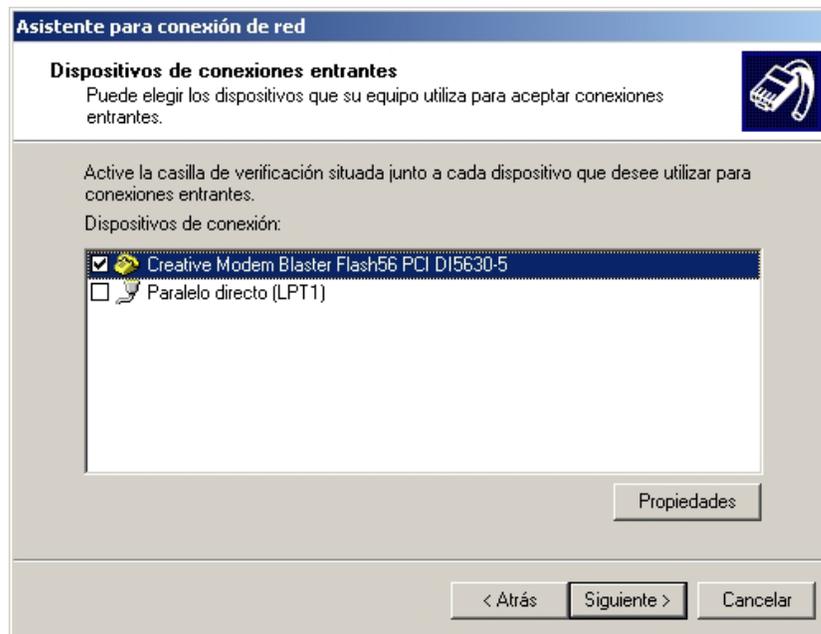


Figura A1.6. Las computadoras que formen la red deben poseer módem (ambas).

Apéndice A.2: Direcciones IP

Las direcciones IP (Internet Protocol) permiten identificar computadoras dentro de una red, sea local (LAN), o telefónica. Cuando se realiza una conexión a red telefónica virtual, las direcciones IP de la computadora cliente y servidor, se asignan de manera temporal, así, cada vez que se acceda la red telefónica tanto el cliente como el servidor pueden tener direcciones IP diferentes a las asignadas en la sesión anterior. Para obtener las direcciones IP de ambos equipos una vez que la conexión se realizó, son los siguientes.

- 1) Hacer clic en **Inicio**, **Accesorios**, **Comunicaciones**, **Conexiones de red y de acceso telefónico**.
- 2) Se hace doble clic sobre la conexión establecida y aparecerá el cuadro de diálogo “Estado de conexión”, el cual se muestra en la figura A2.1.

Se puede ver como la dirección de los equipos conectados en dicha figura es: dirección del servidor: 172.18.2.121 y la dirección del cliente: 172.18.2.120.

La dirección IP del servidor es la que se ingresa en las propiedades de la conexión remota del Radmin (ver anexo B1). Por tanto, antes de poder tomar el control remoto del servidor se debe averiguar su dirección IP siguiendo los pasos que se describen en este apéndice A.2.

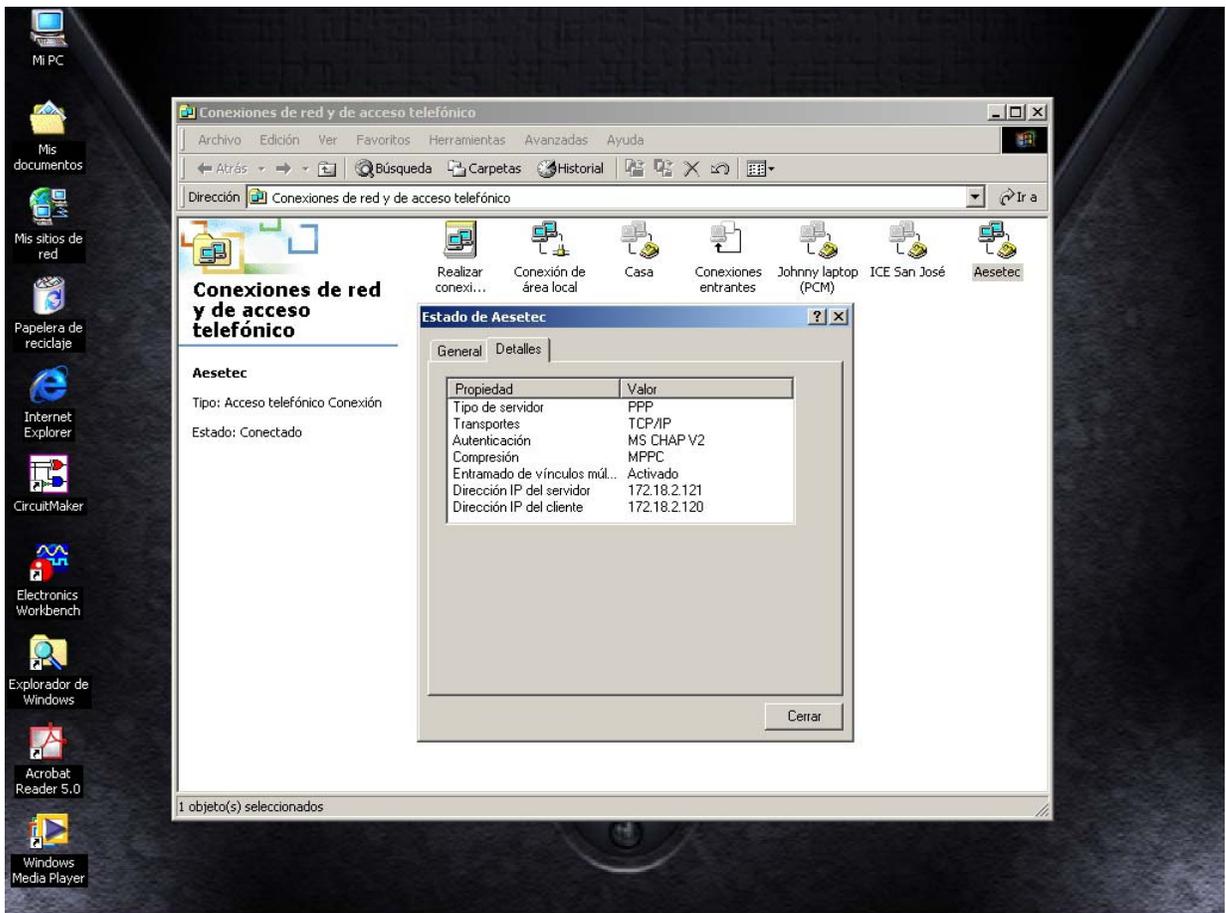


Figura A2.1. Cuadro de diálogo "Estado de conexión", mediante el cual se puede determinar cual es la dirección IP de ambas computadoras desde el cliente (Windows 2000 y XP).

Apéndice A.3: Instalación del WinLCT

Como ya se explicó en la sección 7.2 el WinLCT es el software que proporciona NEC para la gestión de los multiplexores de inserción / extracción, los disquetes de instalación se pueden encontrar en el departamento de transmisión del ICE, complejo de San Pedro, se pueden solicitar directamente a NEC mediante www.nec.com, o se pueden obtener de la versión digital de este informe. En el disquete de instalación número uno se selecciona el archivo Setup para iniciar la instalación.

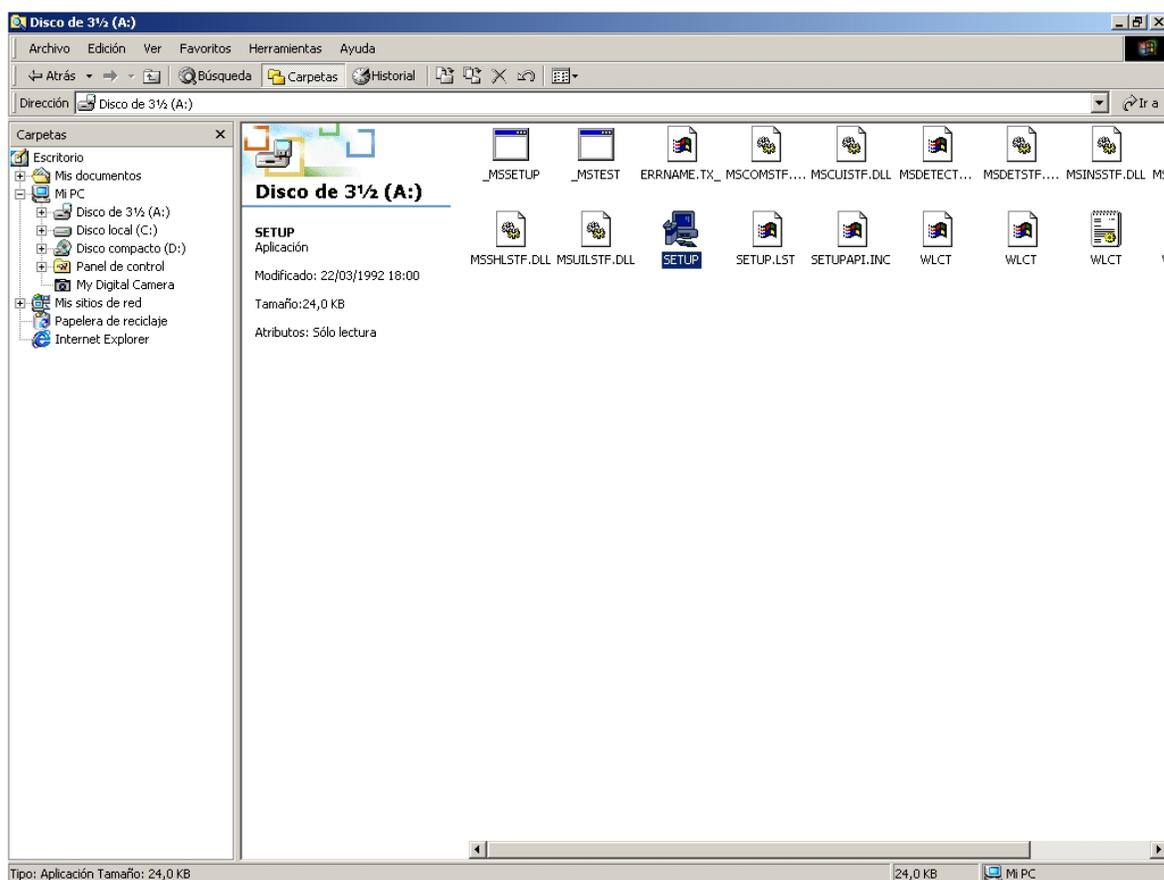


Figura A3.1. Archivo instalador del WinLCT para la serie 600V.

Anexo B.1: Hojas de datos

En este apartado se presentan los vínculos a las hojas de datos del multiplexor analógico 358, del PortServerTS y PortServerII, y del Radmin que se encuentran en el CD que contiene el presente informe.

[Multiplexor analógico 358](#)

[Servidor de puerto TS](#)

[Servidor de puerto II](#)

[Administrador remoto](#)

Dichas hojas de datos se pueden encontrar también en las direcciones de Internet provistas a continuación:

- Multiplexor analógico 358: www.maxwell.com
- Servidor de puerto TS y II: www.digi.com
- Administrador remoto: www.radmin.com