



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA UTILIZACIÓN DE LA RED DE
DATOS PARA LA COMUNICACIÓN TELEFÓNICA DE RED FIJA
CORPORATIVA DE LA REGIÓN MÉXICO – CENTRO AMÉRICA**

VICTOR MANUEL ANDRINO VALDIVIEZO

Asesorado por el Ing. Edgardo Loukota Castellanos

Guatemala, marzo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA UTILIZACIÓN DE LA RED DE
DATOS PARA LA COMUNICACIÓN TELEFÓNICA DE RED FIJA
CORPORATIVA DE LA REGIÓN MÉXICO – CENTRO AMÉRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICTOR MANUEL ANDRINO VALDIVIEZO

ASESORADO POR EL ING. EDGARDO LOUKOTA CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------|----------------------------------|
| DECANO: | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I: | |
| VOCAL II: | Lic. Amahán Sánchez Alvarez |
| VOCAL III: | Ing. Julio David Galicia Celada |
| VOCAL IV: | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz |
| VOCAL V: | Br. Elisa Yazminda Vides Leiva |
| SECRETARIA: | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANO: | Ing. Herbert René Miranda Barrios |
| EXAMINADOR: | Ing. José Luis Herrera Gálvez |
| EXAMINADOR: | Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez |
| EXAMINADOR: | Ing. Luis Arturo González López |
| SECRETARIA: | Inga. Gilda Marina Castellanos De Illescas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA UTILIZACIÓN DE LA RED DE DATOS PARA LA COMUNICACIÓN TELEFÓNICA DE RED FIJA CORPORATIVA DE LA REGIÓN MÉXICO – CENTRO AMÉRICA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Eléctrica con fecha 12 de agosto de 2005.

Victor Manuel Andrino Valdiviezo

DEDICATORIA

- A DIOS** Por darme la vida y permitirme alcanzar la meta que hoy finalizo.
- A MIS PADRES** Miguel Andrino Laguardia + Lidia Valdiviezo de Andrino
Por el cariño y la formación que me dieron desde mis primeros años, y el esfuerzo que hicieron por darme educación.
- A MI ESPOSA** Haydee
Por su apoyo y cariño incondicional.
- A MIS HIJAS** Ana Paula y Daniela
Por la alegría de tenerlas.
- A MIS HERMANOS** Rolando Andrino
Julio César Andrino +
Por toda la ayuda, apoyo y cariño que me han dado.
- A MI SOBRINO** Ervin Andrino
Con mucho cariño.
- A MI FAMILIA EN GENERAL** Con mucho cariño.
- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS** Por el apoyo y la amistad sincera.

AGRADECIMIENTO A:

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Por permitirme desarrollarme profesionalmente.

**ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Todos sus docentes y directivos, por todos los conocimientos y experiencia que recibí durante los años de la carrera.

**ING. EDGARDO LOUKOTA
CASTELLANOS**

Por la asesoría y el apoyo brindado.

**TELEFÓNICA MÓVILES
GUATEMALA, S.A.**

Por permitirme desarrollar el proyecto de este trabajo de graduación.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|-------------|----------------------------------|
| DECANO: | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL II: | Lic. Amaham Sánchez Alvarez |
| VOCAL III: | Ing. Julio David Galicia Celada |
| VOCAL IV: | Br. Kennet Issur Estrada Ruiz |
| VOCAL V: | Br. Elisa Yazminda Vides Leiva |
| SECRETARIA: | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANO: | Ing. Herbert René Miranda Barrios |
| EXAMINADOR: | Ing. José Luis Herrera Gálvez |
| EXAMINADOR: | Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez |
| EXAMINADOR: | Ing. Luis Arturo González López |
| SECRETARIA: | Inga. Gilda Marina Castellanos De Illescas |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | IX |
| GLOSARIO..... | XIII |
| RESUMEN..... | XIX |
| OBJETIVOS..... | XXI |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIII |
| | |
| 1 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes de la Empresa..... | 1 |
| 1.1.1 Reseña Histórica..... | 1 |
| 1.1.2 Adquisición de Bellsouth en América Latina por la Corporación Telefónica Móviles..... | 2 |
| 1.1.3 Regionalización de la Corporación..... | 3 |
| 1.2 Descripción de la estructura de las Redes de Explotación Comercial | 4 |
| 1.2.1 Red de Telefonía Móvil | 4 |
| 1.2.2. Red de Telefonía Fija..... | 6 |
| 1.2.3. Red de Larga Distancia Internacional..... | 7 |
| | |
| 2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES ELEMENTALES..... | 9 |
| 2.1 Red de Conmutación..... | 9 |
| 2.1.1.Descripción..... | 9 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.1.1.1 | Estándares..... | 9 |
| 2.1.1.2 | Tipos de Central..... | 10 |
| 2.1.1.3 | Diagrama de la Red de Conmutación..... | 12 |
| 2.1.1.4 | Escenarios de Tráfico..... | 13 |
| 2.1.1.5 | Funcionalidades..... | 13 |
| 2.1.1.6 | Plataformas..... | 14 |
| 2.1.1.7 | Plan de Numeración..... | 15 |
| 2.1.1.8 | Gestión..... | 15 |
| 2.2 | Red PBX..... | 16 |
| 2.2.1 | Descripción..... | 16 |
| 2.2.1.1 | Estándares..... | 16 |
| 2.2.1.2 | Interfaces..... | 16 |
| 2.2.1.3 | Medios de Conexión y Extensiones..... | 17 |
| 2.2.1.4 | Funcionalidades..... | 18 |
| 2.3 | Red de Transporte..... | 19 |
| 2.3.1 | Descripción..... | 19 |
| 2.3.1.1 | Estándares..... | 19 |
| 2.3.1.2 | Tecnología..... | 19 |
| 2.3.1.3 | Equipos..... | 20 |
| 2.3.1.4 | Red de Fibra Óptica..... | 21 |
| 2.3.1.5 | Anillos..... | 21 |
| 2.3.1.6 | Gestión..... | 23 |
| 2.4 | Red de Datos..... | 24 |
| 2.4.1 | Descripción..... | 24 |
| 2.4.1.1 | Estándares..... | 24 |
| 2.4.1.2 | Equipamiento..... | 26 |
| 2.4.1.3 | Gestión..... | 28 |
| 2.5 | Interconexión Internacional..... | 28 |
| 2.5.1 | Descripción..... | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.6 | Compresión de Voz..... | 29 |
| 2.6.1 | Descripción..... | 29 |
| 2.6.1.1 | Estándar..... | 29 |
| 2.6.1.2 | Características y funcionalidad..... | 30 |
| 2.7 | Cálculo de capacidad de canales de voz..... | 30 |
| 2.7.1 | Descripción..... | 30 |
| 2.7.1.1 | Fórmula de Erlang B..... | 31 |
| 3 | DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE NORMAS, | |
| | ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES..... | 33 |
| 3.1 | Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU..... | 33 |
| 3.1.1 | Sistema de Señalización No. 7 SS7..... | 33 |
| 3.1.1.1 | Descripción..... | 33 |
| 3.1.1.2 | Aplicación..... | 36 |
| 3.1.2 | Red Digital de Servicios Integrados ISDN..... | 36 |
| 3.1.2.1 | Descripción..... | 36 |
| 3.1.2.2 | Aplicación..... | 38 |
| 3.1.3 | Jerarquía Digital Síncrona SDH..... | 39 |
| 3.1.3.1 | Descripción..... | 39 |
| 3.1.3.2 | Aplicación..... | 42 |
| 3.1.4 | Compresión de Voz..... | 42 |
| 3.1.4.1 | Descripción..... | 42 |
| 3.1.4.2 | Aplicación..... | 43 |
| 3.1.5 | Voz sobre Protocolo de Internet..... | 44 |
| 3.1.5.1 | Descripción..... | 44 |
| 3.1.5.2 | Aplicación..... | 46 |
| 3.2 | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE..... | 46 |
| 3.2.1 | Ethernet..... | 47 |
| 3.2.1.1 | Descripción..... | 47 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.2.1.2 | Aplicación..... | 49 |
| 3.3 | Otros..... | 49 |
| 3.3.1 | Protocolo de Internet..... | 49 |
| 3.3.1.1 | Descripción..... | 49 |
| 3.3.1.2 | Aplicación..... | 51 |
| 4 | DISEÑO DEL PROYECTO..... | 53 |
| 4.1 | Descripción de la Topología actual de la red de voz y datos..... | 53 |
| 4.1.1 | Red de Conmutación..... | 53 |
| 4.1.2 | PBX..... | 54 |
| 4.1.3 | Red de Datos y transporte asociado..... | 55 |
| 4.2 | Estimación del tráfico mensual en minutos generado desde las oficinas de cada país a otro país de la región..... | 56 |
| 4.3 | Cálculo de la capacidad de los circuitos de voz internacionales..... | 57 |
| 4.4 | Cálculo de la capacidad en la red de datos para cursar las llamadas de voz con la adición de la nueva tecnología..... | 58 |
| 4.5 | Descripción de la Topología final de la red de voz y datos..... | 58 |
| 4.5.1 | Adición de equipos de Voz sobre IP..... | 59 |
| 4.5.2 | Diagrama unificado de red de Voz sobre IP..... | 61 |
| 5 | ANÁLISIS ECONÓMICO Y DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO..... | 63 |
| 5.1 | Estimación de los costos mensuales de larga distancia internacional..... | 63 |
| 5.2 | Estimación de los costos mensuales de red internacional de transporte para interconexión..... | 64 |
| 5.3 | Cálculo de la inversión de los equipos de Voz sobre IP y otros elementos a instalar en cada país..... | 64 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.4 | Comparación de costos e inversión obtenidos para determinar la factibilidad del proyecto..... | 65 |
| 6 | PLANEACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO..... | 69 |
| 6.1 | Etapa de Planificación..... | 69 |
| 6.1.1 | Documentar la descripción del diseño del proyecto..... | 69 |
| 6.1.2 | Determinar y cuantificar de los recursos materiales necesarios para desarrollar el proyecto..... | 70 |
| 6.1.3 | Matriz de responsabilidades..... | 71 |
| 6.1.4 | Cronograma de trabajo..... | 72 |
| 6.2 | Etapa de Ingeniería..... | 73 |
| 6.2.1 | Diseño detallado del proyecto..... | 73 |
| 6.2.2 | Coordinar actividades con el proveedor de los Equipos..... | 73 |
| 6.2.3 | Instalación e Integración de los equipos..... | 74 |
| 6.2.4 | Pruebas..... | 74 |
| 6.2.5 | Aceptación y puesta en servicio..... | 75 |
| | CONCLUSIONES..... | 77 |
| | RECOMENDACIONES..... | 79 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 81 |
| | BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA..... | 83 |
| | ANEXOS..... | 85 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

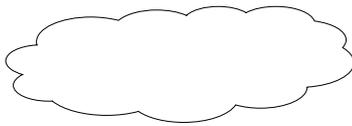
| | | |
|----|--|----|
| 1 | Diagrama de Red de Conmutación..... | 12 |
| 2 | Esquema de Conexión de una PBX con 1 E1 ISDN..... | 17 |
| 3 | Diagrama del Anillo de Fibra Óptica Metropolitano..... | 22 |
| 4 | Diagrama del Anillo de Microondas..... | 23 |
| 5 | Diagrama Esquemático de la Red de Datos..... | 27 |
| 6 | Mapa de Interconexión de la Región Norte TEM..... | 29 |
| 7 | Estructura de Multiplexación de Circuitos Trama STM-n..... | 41 |
| 8 | Esquema de Codificación y Decodificación 64 Kbps..... | 43 |
| 9 | Topología de la Red de Conmutación Región Norte..... | 54 |
| 10 | Esquema de Conexión PBX de la Región Norte..... | 55 |
| 11 | Esquema de la Conexión de Red de Datos Región Norte..... | 56 |
| 12 | Diagrama Integrado de la Red de Voz sobre IP..... | 61 |

TABLAS

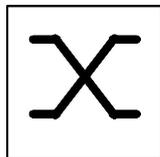
| | | |
|-----|--|----|
| I | Escenarios de Tráfico..... | 13 |
| II | Tráfico en minutos desde y hacia oficinas de TEM Región Norte..... | 56 |
| III | Utilización de los Circuitos E1 Bidireccionales..... | 57 |
| IV | Tabla de Marcación..... | 60 |
| V | Costos Mensuales Llamadas Internacionales entre la Región Norte..... | 63 |
| VI | Inversiones y Costos Opción 1..... | 66 |
| VII | Inversiones y Costos Opción 2..... | 66 |

| | |
|---|----|
| VIII Inversiones y Costos Opción 3..... | 67 |
| IX Fórmula para el Cálculo del Valor Actual..... | 68 |
| X Comparación de Opciones utilizando el cálculo del Valor Actual..... | 68 |
| XI Erlang B..... | 85 |

LISTA DE SÍMBOLOS



Nube de Red



Central de Conmutación

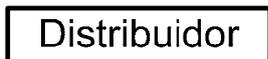


PBX

PBX



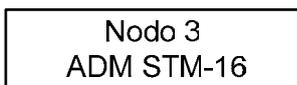
Aparato Telefónico



Panel de Distribución



Radio Base



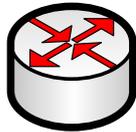
Nodo / Equipo ADM



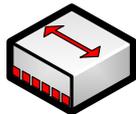
Repetidor de Microondas



Servidor Informático



Router / Gateway



Lan Switch



Conmutador IP



Firewall



Enlaces



Sumador



Multiplexación / Correspondencia



Alineación

GLOSARIO

| | |
|-------------|--|
| TEM | Telefónica Móviles |
| TEMM | Telefónica Móviles México |
| TEMG | Telefónica Móviles Guatemala |
| TEMS | Telefónica Móviles El Salvador |
| TEMN | Telefónica Móviles Nicaragua |
| TEMP | Telefónica Móviles Panamá |
| TDM | <i>Time Division Multiplexing</i> : Multiplexación por División de Tiempo |
| IP | <i>Internet Protocol</i> : Protocolo de Internet |
| VoIP | <i>Voice Over IP</i> : Voz sobre Protocolo de Internet |
| SIT | Super Intendencia de Telecomunicaciones |
| CDMA | <i>Code Division Multiple Acces</i> : Acceso Múltiple por División de Códigos |
| AMPS | <i>Advanced Mobile Phone Services</i> : Servicios Avanzados de Telefonía Móvil |
| GSM | <i>Global Service Mobile</i> : Servicio Global de Móviles |
| WAP | <i>Wireless Acces Protocol</i> : Protocolo de Acceso Inalámbrico |
| GPRS | <i>General Packet Radio Services</i> : Servicios Generales de Paquetes vía Radio |
| EVDO | <i>Enhanced Voice Data Optimized</i> : Mejoramiento Optimizado de Voz y Datos |

| | |
|----------------|--|
| POTS | <i>Plain Old Telephone Services</i> : Servicio Telefónico Básico |
| BRI | <i>Basic Rate Interface</i> : Interfaz de acceso básico |
| PRI | <i>Primary Rate Interface</i> : Interfaz de acceso primario |
| PBX | <i>Private Branch Exchange</i> : Planta Telefónica |
| ISDN | <i>Integrated Services Digital Network</i> : Red Digital de Servicios Integrados |
| ETSI | <i>European Telecommunication Standard Institute</i> : Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo |
| SS7 | <i>Signalling System 7</i> : Sistema de Señalización 7 |
| ITU | <i>International Telecommunication Institute</i> : Instituto Internacional de Telecomunicaciones |
| ISUP | <i>ISDN User Part</i> : Parte de Usuario de Red Digital de Servicios Integrados |
| ANSI | <i>American Standard Institute</i> : Instituto de Estándares Americano |
| MSC | <i>Mobile Switching Center</i> : Central de Conmutación de Red de Móviles |
| ROAMING | Itinerancia |
| HLR | <i>Home Location Register</i> : Base de Datos de Usuarios Propios |
| VLR | <i>Visitor Location Register</i> : Base de Datos de Usuarios Visitantes |

| | |
|------------------|---|
| IWF | <i>Interworking Function</i> : Interfaz de Internet |
| Kbps | Kilo bits por Segundo |
| Bits | Estado digital encendido o apagado |
| ANI | <i>A Number Identification</i> : Número de A |
| SOFTWARE | Programa Informático |
| R2 | Señalizador por canal asociado |
| RING BACK | Tono de retorno |
| PDH | <i>Plesio Synchronous Digital Herarchy</i> : Jerarquía Digital Casi Síncrona |
| SDH | <i>Synchronous Digital Herarchy</i> : Jerarquía Digital Síncrona |
| STM | <i>Synchronous Transport Module</i> : Módulo de Transporte Síncrono |
| E1 | Trama de 30 DS0 de 2048 Kbps de ancho de banda |
| DS0 | 1 canal de voz de 64 Kbps de ancho de banda |
| ADM | Add Drop Multiplexer: Multiplexor |
| DS3 | 1 canal de 45 Mbps de ancho de banda |
| MS-SPRING | Configuración de Protección de un anillo de fibra óptica o anillo de microondas |
| LAN | <i>Local Area Network</i> : Red de Área Local |
| GATEWAY | Equipo de Red de Datos |
| ROUTER | Equipo de ruteo de datos |
| WAN | <i>Wide Area Network</i> : Red de Área Extendida |
| IEEE | <i>Institute of Electrical, Electronics Engineers</i> : Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos |

| | |
|-------------------|---|
| UTP | <i>Unshielded Twisted Pair</i> : Par trenzado sin blindaje |
| Mbps | Mega bits por segundo |
| Gbps | Giga bits por segundo |
| Byte | Octeto de 8 bits de información |
| GATEKEEPER | Guardianes de Puerta |
| DNS | <i>Domain Name System</i> : Servidor de Dominio de Nombres |
| ISP | <i>Internet Service Provider</i> : Proveedor de Internet |
| USA | <i>United States of America</i> : Estados Unidos de América |
| DCME | <i>Digital Circuit Multiplication Equipment</i> : Equipo multiplicador de circuitos digitales |
| BH | <i>Busy Hour</i> : Hora Pico |
| Erlang | Medida de tráfico |
| GOS | <i>Grade of Service</i> : Grado de Servicio |
| CCITT | Comité Consultivo Internacional de Telégrafos y Teléfonos |
| NSP | <i>National Signalling Point</i> : Punto Nacional de Señalización |
| ISP | <i>International Signalling Point</i> : Punto Internacional de Señalización |
| MTP | <i>Message Transfer Part</i> : Parte de Transferencia de Mensajes |
| KHz | Kilo Herzios: medida de frecuencia de ondas de radio |
| Ohm | Medida de Resistencia eléctrica |

| | |
|-------------------------|--|
| Mu | Micro |
| AUG | <i>Administrative Units Group</i> : Grupo de Unidades Administrativas |
| SOH | <i>Section of Height</i> : Tara de sección |
| VC | <i>Virtual Container</i> : Contenedor Virtual |
| POH | <i>Path of Height</i> : Tara de trayecto |
| TUG | <i>Terminal Units Group</i> : Conjunto de grupo de unidades afluentes |
| MIC | Modulación por Impulso Codificados |
| Ethernet | Protocolo de comunicación entre computadoras |
| MAC | <i>Media Access</i> : Direcciones de Acceso al Medio |
| Checksum | Suma de Verificación |
| Fast Ethernet | Velocidad de comunicación de protocolo medida en Megabits de información |
| Gigabit Ethernet | Velocidad de comunicación de protocolo medida en Gigabits de información |
| TCP | <i>Transfer Control Protocol</i> : Protocolo de Control de Transferencia |
| Acces Server | Equipo de red de VoIP |
| Cisco | Marca del Fabricante |
| Call Manager | Servidor Informático de gestión y control de las llamadas a través de la red de VoIP |
| ALCO | Alcance de Obra |
| Racks | Bastidores para instalación física de equipos |
| Breaker | Dispositivo de interrupción de servicio eléctrico termo magnético |

Firewall

Servidor de Seguridad para bloqueo de direcciones IP indeseadas

I&B

Information and Business: Plataforma de red inteligente

RESUMEN

Telefónica Móviles es una corporación Española que ha desplegado sus operaciones en América Latina. Compite en el mercado con servicios de telefonía móvil, sin embargo, también, ofrece servicios larga distancia internacional, servicios de datos y alquiler de circuitos internacionales.

A finales del año 2004, su presencia en la región norte comprendía México, Guatemala y El Salvador, sin embargo, con la adquisición de *BellSouth*, las operaciones en la región se han extendido a Nicaragua y Panamá.

La larga distancia internacional entre los países de la región, actualmente, no se hace directa, se hace a través de operadores internacionales hasta llegar al país objetivo y se utilizan circuitos TDM, normalmente tramas E1.

A nivel de datos las redes de los cinco países están conectadas por enlaces IP para la comunicación de los servidores informáticos de correo electrónico, intranet de servicios y otras aplicaciones del sistema financiero y de clientes que utilizan la denominada red corporativa de datos.

Para aprovechar la infraestructura de la red corporativa de datos, se pueden instalar equipos de VoIP en cada país de la región, los cuales se conectarán a los *routers* de la red corporativa.

Estos *routers* cuentan con interfases E1 ISDN que son las mismas que utilizan las PBX que conecta las extensiones telefónicas de las oficinas.

Se desarrollará el modelo económico que permita identificar los ahorros obtenidos en la implementación de este proyecto.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Analizar, económicamente, el diseño de red con la introducción de nueva tecnología de voz sobre la red de datos y la red de larga distancia internacional para la comunicación corporativa de telefonía fija de las oficinas de cada país de la región.

- **ESPECÍFICOS**

1. Describir los servicios de red fija que Telefónica Móviles presta.
2. Describir conceptos elementales de los elementos de red actuales para el establecimiento de las llamadas de red fija.
3. Analizar las normas, estándares y recomendaciones internacionales que se aplican a cada elemento de red.
4. Elaborar un diseño de la topología de llamadas de voz sobre la red de datos corporativa, utilizando nueva tecnología.
5. Evaluar, económicamente, el diseño propuesto para determinar su factibilidad e implementación.

6. Realizar la planeación de la implementación del proyecto para alcanzar el ahorro estimado en la evaluación económica.

INTRODUCCIÓN

El presente documento recopila la información para realizar una evaluación económica de un diseño de red de Telefónica Móviles en la región México – Centro América, que en adelante se le llama Región Norte.

Este diseño es una alternativa técnica y económica que como objetivo principal tiene alcanzar un ahorro sustancial en el intercambio de tráfico de las sedes de Telefónica Móviles en la región Norte.

Al desarrollar este proyecto se busca inicialmente beneficiar a la empresa donde se realiza la práctica.

Posteriormente, con este modelo en funcionamiento, luego de haber probado su economía, y, sobre todo, la ventaja competitiva, se beneficiarán todas aquellas empresas que tienen actividades económicas en la región.

Finalmente, como beneficio social, organizaciones no lucrativas como ONG`s con presencia en la región o entidades gubernamentales podrán también tener acceso a este modelo de comunicación.

Todo el planteamiento desarrollado en este proyecto se basa en:

- necesidad de economizar en las llamadas de larga distancia internacional entre oficinas de la empresa en la región;
- utilización de nueva tecnología que permita optimizar los recursos de voz, datos y transmisión de un país a otro;
- analizar económicamente el diseño para su aprobación e implementación.

El documento consta de 6 capítulos.

El primer capítulo hace reseña histórica y actividades comerciales de la corporación en la Región Norte. También, se hace mención a la adquisición de la compañía *Bellsouth* en Latinoamérica.

El segundo capítulo describe las redes que componen la infraestructura de Telefónica Móviles y que intervendrán, directamente, en el diseño del proyecto planteado.

El tercer capítulo recopila la información técnica de los estándares internacionales, haciendo una descripción de las normas y la aplicación que tienen sobre los elementos de red de Telefónica Móviles.

El cuarto capítulo describe el diseño del proyecto de red, indicando los elementos y su funcionamiento, haciendo referencia de sustento técnico del tercer capítulo. Además, se incluyen el escenario actual y una opción adicional que tienen como objetivo la posibilidad de realizar el proyecto de otra forma.

El quinto capítulo hace un análisis económico del proyecto comparando el escenario actual y la otra opción para determinar cuál es el mejor técnica económicamente.

El sexto capítulo se refiere al proceso interno de la empresa para evaluar y ejecutar en proyecto, se describen los pasos y los responsables de las áreas involucradas para su conclusión.

1. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la Empresa

Telefónica Móviles Guatemala, S.A. es una compañía asociada a la corporación Telefónica Móviles, S.A. de España que se dedica a prestar servicios de telefonía móvil.

TEMG también presta servicios de telefonía fija, larga distancia internacional, transmisión de datos y alquiler de transporte de circuitos locales e internacionales.

1.1.1 Reseña Histórica

TEMG inició sus operaciones en octubre de 1999, y fue el tercer operador comercial registrado en Guatemala ante la Super Intendencia de Telecomunicaciones ofreciendo servicios de telefonía móvil en las modalidades de postpago y prepago con la tecnología de segunda generación CDMA.

TEMG fue el primer operador en introducir las llamadas entrantes sin costo para el usuario, estrategia que socialmente contribuyó a que los servicios de telefonía se desplegaran con mayor rapidez que la telefonía fija convencional por par de cobre.

Un año antes Telefónica Móviles El Salvador, S.A. de C.V. compañía de la corporación inició sus operaciones en El Salvador, con tecnología CDMA.

Estas dos empresas fueron nombradas por la Corporación como Telefónica Centroamérica.

Desde entonces Telefónica Centroamérica ha trabajado en conjunto, regionalizando muchos de sus servicios, obteniendo ahorros significativos en la sinergia conjunta.

En el año 2000, Telefónica Móviles México inició operaciones en la región Norte de México con la adquisición de una compañía de telefonía móvil manejada por Motorola, con tecnologías AMPS y posteriormente CDMA.

En el año 2001, Telefónica Móviles España adquirió en México la compañía Pegaso ofreciendo servicios de telefonía móvil en todo el país con tecnología CDMA.

A finales del año 2003 TEMM comienza la migración a tecnología GSM, debido al rápido despliegue de esta tecnología a nivel mundial, se ofrecen diversidad de servicios y mejores precios a los usuarios.

En el año 2004 Telefónica Centroamérica inicia la migración a tecnología GSM.

1.1.2 Adquisición de *Bellsouth* Latinoamérica por la Corporación Telefónica Móviles

Desde marzo del año 2004, Telefónica Móviles España, S.A. inició las negociaciones para adquirir activos en Latino América de la compañía estadounidense *Bellsouth*.

Hasta el mes de septiembre se llevaron a cabo las gestiones de estudio de la compañía en temas regulatorios, contables y la determinación de la cifra acordada.

Los países en Latinoamérica en los que *Bellsouth* tenía presencia y que pasaron a formar parte de la corporación Telefónica Móviles son:

Guatemala, Nicaragua, Panamá, Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Brasil, Chile, Argentina y Uruguay.

En Guatemala, se inició a partir de octubre de 2004 un proceso de fusión de ambas compañías que duró hasta febrero de 2005.

1.1.3 Regionalización de la Corporación

Con la expansión de las operadoras de Telefónica Móviles en Latinoamérica y como estrategia para competir con las operadoras locales de la competencia en cada país, la Corporación propuso la creación de 4 regiones de acuerdo a las afinidades comerciales y culturales de cada país:

Región I: México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Panamá.

Región II: Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia.

Región III: Brasil

Región IV: Argentina, Chile y Uruguay

1.2 Descripción de la Estructura de Redes de Explotación Comercial

La descripción de la estructura de las redes se da por los servicios que la corporación presta a los usuarios, es decir la explicación de que redes intervienen en el soporte de la prestación de los servicios.

1.2.1 Red de Telefonía Móvil

El mayor enfoque al negocio de la corporación está en la red móvil.

TEM presta los servicios de telefonía móvil en la región norte y para ello tiene desplegadas redes CDMA y GSM.

Los servicios de telefonía móvil de voz incluyen:

- llamadas de móvil a móviles y fijos propios y de terceros;
- llamadas en espera;
- multi-conferencia ;
- desvío de llamadas;
- identificación de llamadas;
- marcación corta para redes privadas virtuales;
- buzón de mensajes;
- itinerancia;
- asistencia por emergencia.

Los servicios de telefonía móvil de datos incluyen:

- envío y recepción de mensajes cortos;
- interacción con una aplicación de plataformas de mensajería WAP;
- acceso a Internet por GPRS y EVDO;
- descargas de sonidos e imágenes.

Las modalidades de prestación de los servicios son las siguientes:

- pospago;
- prepago;
- híbrido.

En la modalidad de Pospago, el usuario firma un contrato a cierto plazo y el aparato telefónico está financiado dentro del plazo del contrato.

En la modalidad de Prepago, el usuario compra el aparato telefónico en un paquete que incluye cierta cantidad de minutos iniciales, y al consumir o vencerse estos minutos recargará con tarjetas o medios electrónicos en los distintos montos a su disposición.

En la modalidad Híbrido, el usuario firma un contrato por cierto límite de minutos y al consumirse los minutos antes de terminar el mes de servicio podrá recargar con tarjetas o medios electrónicos en los distintos montos a su disposición.

1.2.2 Red de Telefonía Fija

En algunos países de la región TEM cuenta con servicios de telefonía fija. Los servicios prestados son:

- Llamadas de fijo a móviles y fijos propios y de terceros por líneas POTS;
- Llamadas en espera;
- multi-conferencia;
- desvío de llamadas;
- identificación de llamadas;
- marcación corta para redes privadas virtuales;
- buzón de mensajes;
- envío de facsímiles;
- servicios de voz y datos por líneas BRI;
- servicios de voz por líneas PRI;
- Video Conferencia por canales ISDN;
- Funcionalidad Centrex;
- Grupos de Salto;
- Servicios de cobro revertido local.

1.2.3 Red de Larga Distancia Internacional

En algunos países de la región TEM cuenta con servicios de larga distancia internacional. Los servicios prestados son:

- llamadas de fijos y móviles a fijos y móviles de redes extranjeras;
- envío de facsímiles;
- video conferencia por canales ISDN;
- transmisión de datos;
- servicios de cobro revertido internacional.

Para la prestación de los servicios de larga distancia internacional se necesitan los siguientes requisitos:

- licencia de operador de puerto internacional exigida por el ente regulador de cada país;
- acuerdos con operadores internacionales. (23-1)

2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES ELEMENTALES

2.1 Red de Conmutación

La red de conmutación se define como el conjunto de elementos electrónicos e informáticos que permiten a un usuario conectarse con otro usuario de la misma red o de la red de otros operadores y entablar una conversación de voz, datos o video con la asignación de un canal o canales del operador que presta el servicio.

Los elementos de la red de conmutación serán alojados en un edificio de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes de temperatura, humedad, voltaje, sistema de tierra física y demás infraestructura para su correcto funcionamiento (1-4).

2.1.1 Descripción

2.1.1.1 Estándares

El estándar utilizado por TEM es ETSI con Sistema de Señalización No. 7.

El medio de transporte son tramas E1 de 32 canales de 64 Kbits.

Por norma ITU y por regulación local, todas las centrales tienen asignado un código de señalización local para identificación de la central y configuración con un interconectante. Las centrales que cursan tráfico internacional tienen asignado además un código de señalización internacional (1-9).

Dependiendo de la tecnología de la central y siempre dentro del sistema de señalización 7, existe señalización ISUP que tiene un ancho de banda de 64 Kbits, y señalización ANSI que tiene un ancho de banda de 56 Kbits (1-10).

2.1.1.2 Tipos de Central

TEM utiliza en la mayoría de los países de la región dos tipos de centrales:

- centrales de móviles MSC;
- centrales fija.

A) Centrales de Móviles:

La configuración de las centrales de móviles depende de la tecnología utilizada.

Las centrales de móviles para CDMA además de tener un código de señalización ISUP tienen asignado un código de punto de señalización ANSI que le sirve para interconectarse con otros dispositivos de red ANSI como plataformas y también señalización para acceder a servicios de itinerancia.

Las centrales de móviles para GSM utilizan señalización ISUP (1-28).

Ambas tecnologías utilizan un HLR que es una base de datos donde se alojan los perfiles de los abonados locales. El HLR será consultado cada vez que un móvil intente generar o recibir una llamada para validar su actividad dentro de la red.

También utilizan un VLR donde se guardan los perfiles de los abonados extranjeros cuya procedencia es de una red con la que se tiene un acuerdo comercial alcanzado y existe una vía de señalización para la validación de los intentos de originar o recibir llamadas (1-34).

B) Centrales Fija

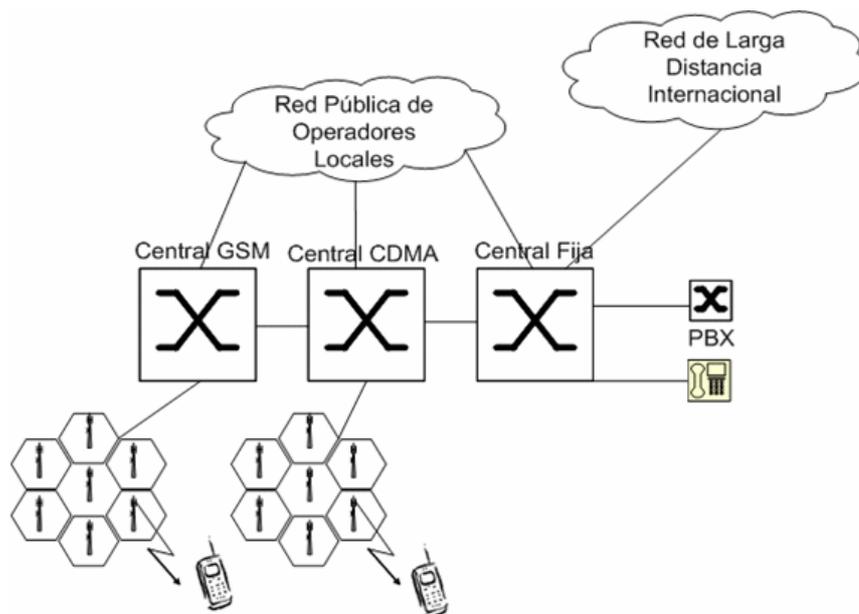
Las centrales fijas utilizan señalización ISUP. Desde estas centrales se cursa tráfico generado por usuarios fijos, de tránsito de la red móvil y de larga distancia internacional.

Al igual que las centrales de móviles, las centrales fijas tienen bases de datos donde alojan los perfiles de sus abonados y donde se validan los intentos de originación y recepción de llamadas (1-33).

2.1.1.3 Diagrama Topológico de la Red de Conmutación

En la figura 1 se muestra el diagrama típico de la red de conmutación. Las conexiones físicas son rutas de circuitos E1, excepto en los abonados fijos que son circuitos de 64Kbits o 128 Kbits.

Figura 1 **Diagrama de la Red de Conmutación**



2.1.1.4 Escenarios de Tráfico

Los escenarios de tráfico de la red de conmutación se presentan en la Tabla I.

Tabla I **Escenarios de Tráfico**

| ORIGEN | DESTINO | TIPO DE TRÁFICO |
|----------------------------|------------------|----------------------------------|
| TEM | Internacional | Bidireccional |
| TEM | Otros Operadores | Bidireccional |
| TEM | Internacional | Por transito en otros Operadores |
| Otros Operadores | Internacional | Por transito en TEM |
| Operadores Internacionales | Otros operadores | Por transito en TEM |
| Otros Operadores | Otros operadores | Por transito en TEM |

2.1.1.5 Funcionalidades

Para la prestación de los servicios de telefonía móvil y fija, las centrales de conmutación tienen las siguientes funcionalidades (1-9):

A) Centrales de Móviles

- puertos E1 ISUP;
- links de señalización ISUP nacional;
- links de señalización ISUP internacional;
- links de señalización ANSI;
- locuciones;
- servicios de valor agregado.

B) Centrales Fija

- puertos E1 ISUP;
- links de señalización ISUP nacional;
- links de señalización ISUP internacional;
- puertos para líneas POTS;
- puertos para líneas BRI;
- puertos E1 PRI;
- red inteligente;
- locuciones;
- servicios de valor agregado;
- punto de transferencia de Señalización ANSI e ISUP.

2.1.1.6 Plataformas

Las plataformas son elementos externos a las centrales de conmutación que permiten agregar servicios de valor al usuario final (1-259).

Las centrales de móviles utilizan las siguientes plataformas:

- buzón de voz;
- mensajes cortos;
- IWF;
- núcleo de paquetes para GPRS;
- EVDO.

Las centrales fijas utilizan las siguientes plataformas:

- buzón de voz;
- I&B para listas negras y blancas.

2.1.1.7 Planes de Numeración

Los planes de numeración son tablas normadas y asignadas a cada operador por el ente regulador local.

Estos planes se descargarán en las bases de datos de almacenamiento. Con los planes de numeración se identificarán, restringirán y bloquearán aquellos orígenes y/o destinos de los operadores locales e internacionales interconectados.

Las centrales de conmutación validan el ANI recibido de un abonado propio ya sea este de móviles o fija o recibido de un operador externo para continuar con el proceso de la llamada. Con la longitud del ANI se determina si la llamada es de origen local o Internacional (1-49).

Las centrales también validan el número de B que es el número destino a quien el originante desea comunicarse.

2.1.1.8 Gestión

La red de conmutación cuenta con plataformas de gestión donde se monitorea el desempeño, se da mantenimiento preventivo y correctivo, se descargan nuevas versiones de software, se dan de baja y alta nuevas rutas, se aplican restricciones.

2.2 PBX

Las PBX son conmutadores telefónicos utilizadas en compañías de mediano y gran tamaño que permiten desplegar redes de telefonía para comunicación interna, haciendo básicamente marcación corta para comunicación entre sus miembros y teniendo acceso a la red pública de telefonía además de otros servicios de valor agregado.

2.2.1 Descripción

2.2.1.1 Estándares

Las PBX utilizan el estándar ETSI y señalización SS7.

2.2.1.2 Interfaces

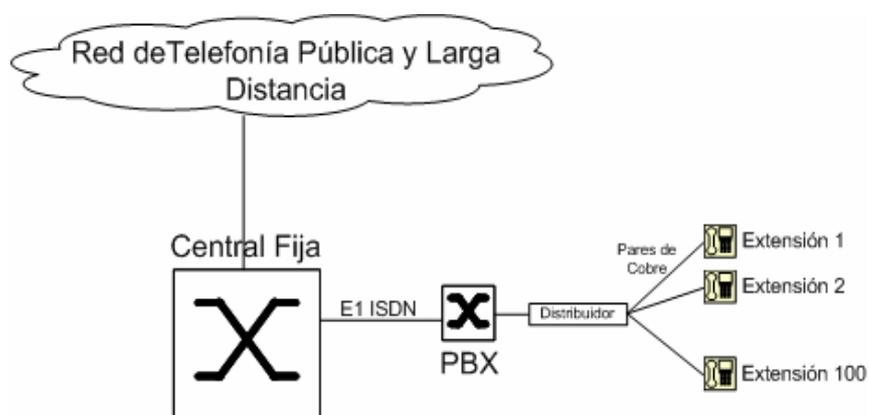
Las PBX utilizan interfaces ISDN para la conexión a la red pública telefónica, aunque todavía existen PBX que utilizan interfaces R2, dejando de ofrecer servicios digitales de valor agregado.

2.2.1.3 Medio de Conexión y Extensiones

Para la conexión de una PBX se debe contar con un circuito E1 ISDN que dará acceso a través de la central de conmutación fija a la red pública de telefonía.

Un circuito E1 ISDN conectado a una PBX cursará simultáneamente 30 llamadas originadas desde las extensiones ofrecidas desde la PBX, sin embargo, estadísticamente se conectan hasta 100 extensiones telefónicas, teniendo una relación de 3:1. En la figura 2 se muestra el esquema de conexión (19-2).

Figura 2 **Esquema de conexión de una PBX con un E1 ISDN**



La PBX tendrá asignado un número del rango de numeración asignado con el E1 ISDN, utilizando como piloto o cabecera un número a su elección que tiene facilidad de recordarse.

Cada extensión tiene asignado por la PBX un número. Internamente la PBX manejará numeración corta para la comunicación entre sus miembros, utilizando normalmente utilizando 4 o 5 dígitos.

2.2.1.4 Funcionalidades

Las PBX ofrecen las siguientes funcionalidades:

- transferencia de llamadas;
- marcado rápido;
- buzón de voz;
- transferencia de extensión o de teléfono;
- desvío de llamadas en ausencia;
- desvío de llamadas en ocupado;
- música en estado de espera;
- *Ring Back* automático;
- servicios nocturnos;
- atención de llamadas desde otra extensión;
- multiconferencia;
- servicios de directorio;
- saludo de bienvenida.

Adicional a estos servicios, las PBX proveen información para propósitos contables y de restricción, como histórico de las llamadas de origen y destino y duración de las llamadas. (19-14)

2.3 Red de Transporte

La red de transporte es el medio por el cual se hace la conexión física de los elementos de las distintas redes y también los usuarios a los que se les presta servicios.

La red está conformada por nodos y medios de transmisión en los entornos metropolitano, nacional e internacional en forma de columna vertebral de la cual se derivan hacia los equipos terminales los distintos servicios de telefonía móvil, fija y datos que presta TEM a sus clientes.

2.3.1 Descripción

2.3.1.1 Estándares

El estándar de la red de transporte es ETSI.

2.3.1.2 Tecnología

Las tecnologías utilizadas en la red de transporte de TEM son:

- PDH;
- SDH.

La Tecnología PDH utiliza un ancho de banda de 34 Mbits de los cuales utiliza 2 Mbps para encabezado. El encabezado indica la sincronización de las tramas y el orden de transmisión de los circuitos. Pueden manejar hasta un máximo de 16 E1s.

La Tecnología SDH utiliza un ancho de banda de 155 Mbps de los cuales utiliza 20 Mbps para encabezado. Este ancho de banda se le denomina STM-1. Un STM-1 puede subdividirse en 3 segmentos de 45 Mbps cada uno llamados DS3. Un STM-1 puede también subdividirse en 63 circuitos E1 (DS0).

2.3.1.3 Equipos

En la red de TEM los equipos que utilizan tecnología PDH son radio enlaces de baja capacidad, con configuraciones de 4 E1s, 8 E1s hasta un máximo de 16 E1s. Normalmente se utilizan para conectar radio bases móviles o clientes que contratan servicios de baja capacidad.

En la red de TEM los equipos que utilizan esta tecnología son radio enlaces de 63 E1s y equipos ADM que pueden manejar desde 1 STM-1 hasta 16 STM-1.

Los ADM están equipados con tarjetas de Agregado, de gran capacidad hacia la red y Tributarias, de baja capacidad hacia los destinatarios. (1-82).

2.3.1.4 Red de Fibra Óptica

En algunos países de la región TEM se cuenta con despliegue propio de planta externa de fibra óptica. La fibra óptica está instalada en postes, sin embargo algunos tramos son canalizados.

La fibra utilizada es Monomodo optimizada para operar en la segunda ventana, pudiendo trabajar también en la tercera ventana, ello depende de la configuración del láser de los equipos ADM.

Al igual que los radios de baja capacidad, se utilizan tramos de fibra óptica derivados del anillo principal para dar servicios a la red de radio bases móviles y a clientes (1-87).

2.3.1.5 Anillos

Para proporcionar servicios de transporte de baja y gran capacidad, la red de transporte de TEM configura en las áreas metropolitanas un anillo de fibra óptica como medio físico de transporte y nodos que contienen los equipos ADM para las funciones de multiplexación.

El anillo metropolitano tiene una capacidad STM-16 (16 STM-1) de transporte en la parte de agregado. En la parte de Tributario, las capacidades van desde STM-4, STM-1, DS3 y E1s.

Para garantizar la continuidad del servicio en caso de falla del equipo de algún nodo o rompimiento de la fibra entre dos nodos se utiliza la protección MS-SPRING, para ello utiliza dos fibras adicionales a las dos de trabajo.

Para el interior del país se utilizan anillos de Microonda con capacidad STM-1 para dar servicio a las radio bases y clientes del interior del país. Al igual que en el anillo metropolitano se configura redundancia para garantizar la continuidad de los servicios.

Para dar servicios de E1 se utilizan equipos ADM del lado tributario (1-84).

En la figura 3 se muestra el diagrama del anillo metropolitano de fibra óptica y en la figura 4 el diagrama del anillo de microonda.

Figura 3 **Diagrama del anillo de fibra óptica metropolitano**

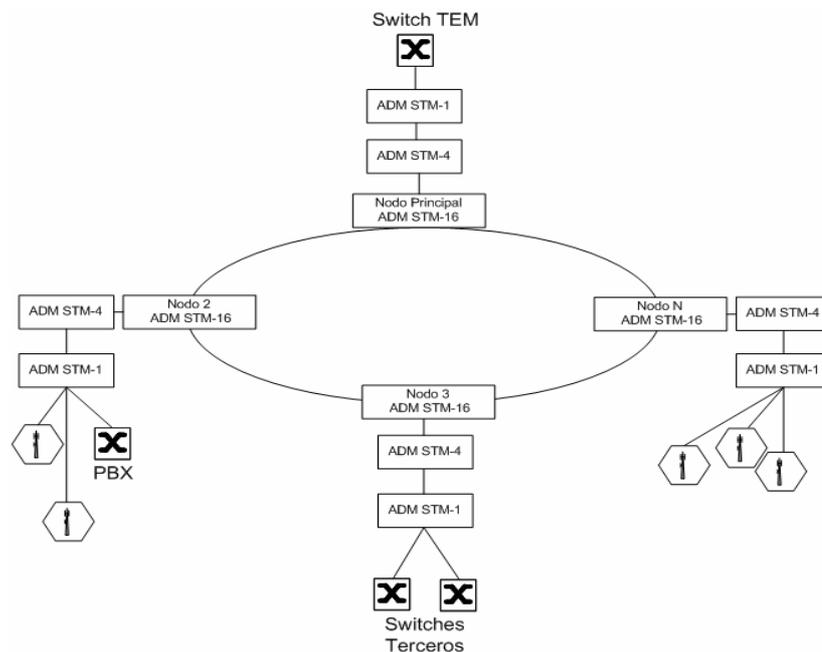
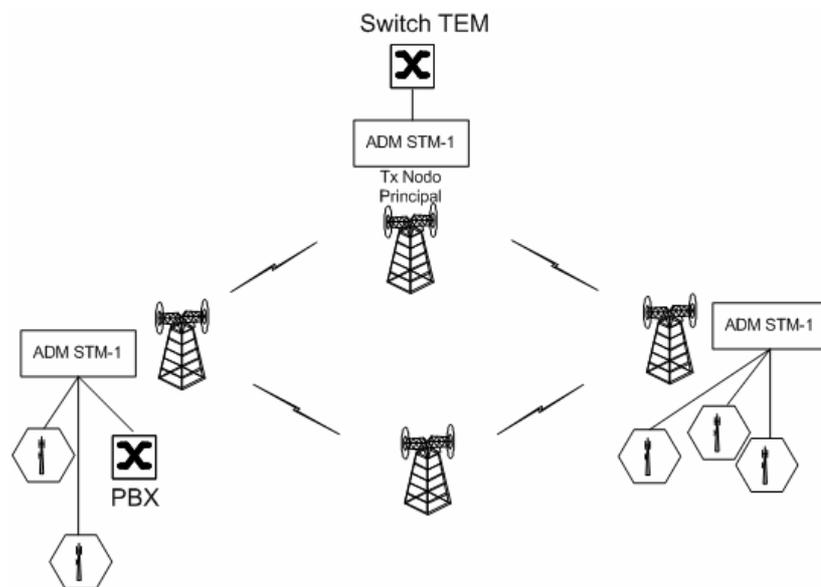


Figura 4 Diagrama del anillo de microondas



2.3.1.6 Gestión

La red de transporte cuenta con plataformas de gestión donde se monitorea el desempeño, se da mantenimiento preventivo y correctivo, se descargan nuevas versiones de software, se configuran las rutas por las que se dará un servicio.

2.4 Red de Datos

La red de datos LAN, es una red cuya infraestructura es una red *Ethernet* diseñada para uso interno de cada operadora de TEM de la Región Norte que está conectada por enlaces IP, a través de equipos de ruteo configurados para reconocer y comunicarse con otros dispositivos IP por medio de direcciones. Estos dispositivos son servidores de correo, *gateways* de *Internet*, *gateways* de *Intranet*, aplicaciones del sistema financiero y de facturación. Cada red de datos local de la región está conectada a TEMM conformando una WAN. (1-248).

2.4.1 Descripción

2.4.1.1 Estándares

Ethernet es un estándar normado por la IEEE, que determina la forma en que los puertos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido, comúnmente pares de cobre de categoría 5 UTP de 50 Ohms, a 100 Mbps que se comporta como un bus lógico. La red corporativa de TEM maneja a alto nivel tiene enlaces de 1Gbps utilizando fibra óptica.

IP es un protocolo de transporte de paquetes de datos con un ancho de banda de 64 Kbytes como máximo y que utiliza diferentes medios y formas para hacer llegar los paquetes a su destino final. Básicamente se compone de 2 partes principales:

- La Fragmentación, que consiste en partir el paquete de información dependiendo de su tamaño, identificando cada pedazo de información con banderas que van en el encabezado del paquete para reconstruirlo completo en el destino final.
- El Direccionamiento, que consiste en agregar en el encabezado del paquete una dirección de 32 bits, es decir que se pueden construir direcciones de hasta 4 billones. Las direcciones se escriben en grupos de 4 bits separadas por puntos. Por ejemplo, 10.34.100.58. (20-1).

2.4.1.2 Equipamiento

La red corporativa de datos se componen de una serie de *routers* de distinta capacidad que se encargan de direccionar los paquetes enviados y recibidos desde los distintos servidores a los que se conectan los usuarios de la red.

Los servidores de correo electrónico, servicios de tarificación, altas y bajas de servicios, intranet y demás están configurados y restringidos para el uso interno de la corporación.

Para ello se designan equipos *Gatekeepers* que validarán la procedencia y destino de los mensajes enviados.

Para la protección externa se utilizan equipos *Firewall* que bloquearán el acceso de usuarios que no pertenecen a la red corporativa.

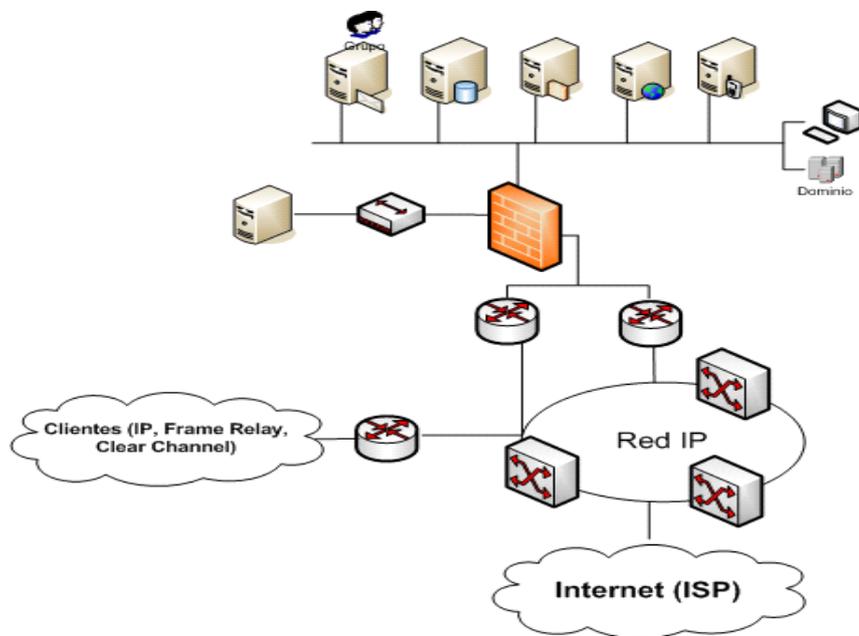
También se cuenta con un servidor DNS, que se encarga de facilitar el acceso de los usuarios a los sitios de de intranet e Internet validando los nombres con las direcciones.

Para la salida a *Internet*, la red corporativa está adherida a una red de equipos internacionales de protocolo IP de gran capacidad (STM-1) donde un ISP provee a la compañía del caudal de Internet en los servidores en el extranjero, particularmente *USA*.

Adicionalmente, TEM ofrece con este equipamiento servicios de datos e Internet a clientes externos, equipando con *routers* dimensionados para las capacidades contratadas y asignando direcciones IP públicas a cada cliente (1-252).

En la figura 5 se muestra el diagrama de la red corporativa.

Figura 5 Diagrama esquemático de la red de datos



2.4.1.3 Gestión

La red de corporativa cuenta con plataformas de gestión donde se monitorea el desempeño, se da mantenimiento preventivo y correctivo, se descargan nuevas versiones de software, se configuran direcciones y clientes internos y externos a los que se dará un servicio.

2.5 Interconexión Internacional

En la Región Norte, TEM cuenta con una red internacional de transporte que sirve básicamente para la interconexión de las redes corporativas y la señalización de las plataformas y gestión que se llevan desde TEMM.

2.5.1 Descripción

TEM cuenta parcialmente con una red propia de transmisión basada en enlaces de fibra óptica utilizando tecnología SDH y enlaces de microonda de tecnología PDH.

El resto de la red es arrendada a los distintos cables submarinos que pasan por la región desde *USA* hasta Sudamérica.

Los cables contratados son Emergia, Maya I y Arcos.

Las capacidades contratadas están en circuitos E1. (1-326).

En la figura 6 se muestra un mapa de la región de la interconexión de TEM.

Figura 6 **Mapa de interconexión de la Región Norte TEM**



2.6 Compresión de Voz

Para efectos de economizar en la contratación de los circuitos internacionales, algunos países de la región de TEM utilizan compresores de voz DCME, sin embargo ningún país utiliza VoIP para la interconexión internacional.

2.6.1 Descripción

2.6.1.1 Estándar

El estándar utilizado en los equipos de compresión de voz es ETSI.

2.6.1.2 Características y Funcionalidad

Los DCME son equipos que comprimen los circuitos de voz en una relación 4:1, es decir que 4 E1s de Central de Conmutación utilizan solamente 1 E1 de transporte en la red de transmisión, descomprimiendo en el otro operador los 4 circuitos E1.

Además de transmitir voz tienen la capacidad de envío de fax, sin embargo el envío de datos no es posible.

Debido al alto costo, han sido desplazados por equipos de VoIP que se han desarrollado y estandarizado muy rápidamente.

2.7 Cálculo de la capacidad de Canales de Voz

Dimensionar de manera óptima la capacidad para el manejo de tráfico de voz, es una tarea que ayuda a reducir los costos en el transporte de los circuitos internacionales. Apoyados en las recomendaciones ITU-T, TEM utiliza los métodos convencionales de cálculo de acuerdo al tráfico cursado o a las estimaciones de tráfico al crear una nueva ruta con un operador internacional.

TEM dimensiona sus rutas con un grado de servicio del 1%.

2.7.1 Descripción

Cuando se dimensiona una ruta, se desea encontrar el número de circuitos que servirán a esa ruta.

La fórmula de Erlang B se puede utilizar para determinar el número de circuitos, y está basada en la carga de tráfico en la hora pico o BH.

Los factores que determinan el cálculo son los siguientes:

- llamadas entrantes y tiempo de retención para distribución;
- número de fuentes de tráfico;
- disponibilidad.

2.7.1.1 Fórmula de Erlang B

En la fórmula la pérdida significa la probabilidad de bloqueo en el conmutador, debido a la congestión o a totalidad de líneas troncales ocupadas. Esto se expresa como grado de servicio o la probabilidad de encontrar x canales ocupados. Los otros dos factores en la fórmula Erlang B son el promedio del tráfico ofrecido y el número de líneas troncales de servicio disponibles.

$$\text{GOS} = (A^n / n!) / (1 + A - (A^2 / 2!) + (A^n / n!)),$$

donde:

n = número de troncales de servicio;

A= promedio de tráfico ofrecido;

GOS (Grade Of Service)=grado de servicio usando la fórmula Erlang B.

Esta fórmula asume que:

- el tráfico se origina en un número infinito de fuentes;
- las llamadas perdidas son borradas asumiendo un tiempo de retención cero;
- el número de troncales de canales de servicio es limitado;
- existe completa disponibilidad.

(21-21)

3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE NORMAS, ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

3.1 Union Internacional de Telecomunicaciones UIT

La UIT es una organización internacional de las Naciones Unidas en la cual los gobiernos y el sector privado coordinan los servicios y redes mundiales de telecomunicaciones.

ITU-T es uno de los tres Sectores que componen a la ITU y se relaciona directamente con el sector de Telecomunicaciones y es el principal editor de información sobre tecnología, reglamentación y normas.

Fue creada en marzo de 1993 y sustituye al Comité Consultivo Internacional de Telégrafos y Teléfonos CCITT que tuvo su origen en 1865.

Las publicaciones se pueden adquirir en la Librería Electrónica o en el servicio de suscripción a las publicaciones en línea de la UIT (22-1).

3.1.1 Sistema de Señalización No. 7 SS7

3.1.1.1 Descripción

El Sistema de Señalización No. 7 SS7 o Sistema por Canal Común está normada fundamentalmente por la recomendación ITU-T Q.705 (13-5).

SS7 ofrece un enlace de 64 Kbits y es el componente básico en la red de señalización para la gestión de la información de los 30 canales de voz de una trama de 2 Mbits que van de un punto de señalización de origen a un punto de señalización destino.

Un solo enlace de señalización es capaz de manejar hasta un máximo de 1,950 canales de voz, equivalentes a 65 circuitos E1.

El enlace de señalización es el encargado de iniciar la gestión de una llamada telefónica y su ciclo inicia desde que la central de conmutación origen solicita a la central de conmutación destino la asignación de un canal de voz para establecimiento de la llamada.

Tiene la información del número de A y del número de B, la temporización, el timbrado y los mensajes para establecer el enrutamiento de la llamada, inclusive cuando hay otras centrales de conmutación de tránsito antes de llegar al punto destino. Lleva el control hasta cuando se concluye la llamada o ésta se interrumpe por acciones externas.

Para efectos de red, la señalización está constituida por un punto de señalización de origen y un punto de señalización de destino conectado por un solo enlace de señalización.

Para satisfacer los requisitos de disponibilidad o redundancia, puede complementarse dicho enlace por otro adicional, dentro del mismo circuito E1 o en paralelo en otros circuitos E1, con la capacidad de compartir la carga.

Los componentes y las consideraciones de la red SS7 son:

A) Puntos de Señalización

Los enlaces de señalización conectan puntos de señalización en los cuales se ejecutan funciones de encaminamiento de mensajes.

B) Estructura de Señalización

La red de señalización mundial está estructurada para tener redes de señalización nacional y redes de señalización internacional, para dividir de manera clara las responsabilidades de la gestión de señalización y permite establecer planes de numeración de puntos de señalización nacional NSP y puntos de señalización internacional ISP.

C) Control de la secuencia de los mensajes

Para los mensajes de una misma transacción, por ejemplo una llamada telefónica, la parte de transferencia de mensajes MTP, mantendrá el mismo encaminamiento cuando utilice el mismo código de punto de señalización.

3.1.1.2 Aplicación

La red de conmutación de TEM utiliza una red SS7 para las transacciones de intercambio de tráfico local e internacional.

Cada central de conmutación de TEM y de los operadores nacionales e internacionales tiene configurados los parámetros normados por la UIT para la red de señalización:

- Códigos de Punto de Señalización Nacional;
- Códigos de Punto de Señalización Internacional;
- Enlace de señalización primario;
- Enlace de señalización redundante.

3.1.2 Red Digital de Servicios Integrados

3.1.2.1 Descripción

El concepto de RDSI se caracteriza esencialmente por el hecho de que permite una amplia gama de aplicaciones vocales y no vocales en la misma red. Está normada fundamentalmente para su descripción por las recomendaciones I.120 (11-5) e I. 241 (12-5), y específicamente para circuitos accesos primarios por la recomendación G.962 (9-5).

La RDSI ha sido diseñada, como sucesor de las actuales redes telefónicas públicas, respecto de las que ofrece:

- Audio de 7 KHz, frente a los 3,1 KHz de la telefonía básica
- Comunicaciones digitales a 64 Kbits, frente a los 14,4 Kbps.
- Un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes.
- Retraso menor a 800 milisegundos de retraso.

La RDSI está definida por las normas en 2 estructuras:

A) Acceso básico BRI:

Acceso simultáneo a 2 canales de 64 Kbps., denominados canales B, para voz o datos.

Un canal de 16 Kbps., o canal D, para la realización de la llamada y otros tipos de señalización entre dispositivos de la red.

En conjunto se denomina 2B+D, y proporciona 144 Kbps.

B) Acceso primario PRI

Acceso simultáneo a 30 canales tipo B, de 64 Kbps para voz y datos.

Un canal de 64 Kbps o canal D para la realización de la llamada y la señalización entre dispositivos de la red.

En conjunto se denomina como 30B+D y proporciona 1.984 Kbps.

3.1.2.2 Aplicación

TEM utiliza y comercializa servicios de ISDN:

- A) Accesos básicos BRI, que consta de 2 líneas telefónicas y acceso a Internet de 128 Kbps.

Los puertos BRI están configurados en la central de conmutación y existe una conexión de la central a un equipo interfaz que permite el acceso a la red pública de Internet.

El servicio BRI se presta a través de pares de cobre de 50 Ohms distribuidos en la planta externa de TEM.

- B) Accesos primarios PRI, que consta de un circuito E1, básicamente para la interconexión con PBX propias y de clientes.

Los puertos PRI están configurados en la central de conmutación y el servicio se presta convencionalmente a través de 2 pares de cobre o en el caso de varios circuitos el transporte es por fibra óptica para terminar en un equipo multiplexor en la casa del cliente donde el interfaz final es coaxial de 75 Ohms.

3.1.3 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

3.1.3.1 Descripción

La Jerarquía Digital Síncrona SDH está fundamentalmente normada por las recomendaciones G.707 (3-11), G.780 (6-6), G.784 (7-8) y G.957 (8-5).

Estas recomendaciones especifican:

- las velocidades binarias de las señales STM-N;
- las estructuras de tramas de las señales STM-N;
- los equipos de multiplexación;
- la gestión de los equipos demultiplexación.

La SDH es un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digitales, normalizadas para el transporte, por redes de transmisión físicas de cabidas útiles correctamente adaptadas.

Algunos conceptos básicos son:

A) Módulo de Transporte Síncrono STM

Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de tara de sección SOH, organizados en una estructura de trama de bloque se repite cada 125 μ s. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red.

El STM básico se define a 155 520 kbit/s. Se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica. Se han definido capacidades de STM para N=4, N=16 y N=64; están en estudio valores superiores.

El STM-1 incluye un solo grupo de unidades administrativas AUG, así como la tara de sección SOH. El STM-N contiene N AUG así como la SOH.

B) Contenedor Virtual-n VC-n

Un contenedor virtual es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de trayecto en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de la tara de trayecto (POH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 ó 500 μ s. La capa de red servidora proporciona la información de alineación para identificar el comienzo de la trama de VC-n.

3.1.3.2 Aplicación

La red de transporte de TEM utiliza equipos multiplexores ADM y radio enlaces SDH para el envío del tráfico de voz a la red de otro operador. Asociados a esta red de multiplexores están los medios de transmisión:

- Microondas
- Fibra Óptica

El uso de estos equipos permite manejar gran cantidad de circuitos E1 de conmutación multiplexados en circuitos STM-1 para el transporte de la red internacional. Internamente, para la red local de servicios móviles y de interconexión se utilizan circuitos STM-4 y STM-16.

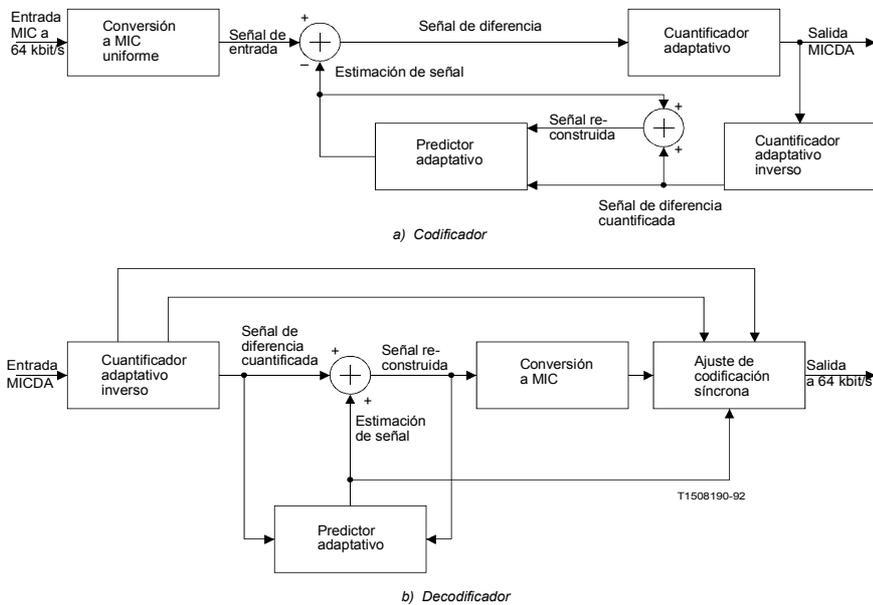
3.1.4 Compresión de Voz

3.1.4.1 Descripción

La compresión de voz está normada fundamentalmente por las recomendaciones G.726. (4-3)

Se recomiendan las características que se señalan a continuación para la conversión de un canal MIC de ley A a 64 kbits a un canal 40, 32, 24 ó 16 kbits y viceversa. Para la conversión del tren de bits MIC se aplica una técnica de transcodificación. La figura 8 muestra el esquema de codificación y decodificación de un canal de 64 Kbps.

Figura 8 Esquema de codificación y decodificación de 64 Kbps



Fuente: ITU-T. Recomendación G726. Modulación por Impulsos Codificados a 40, 32, 24 y 16 Kbps. Página 4

3.1.4.2 Aplicación

La red de TEM internacional utiliza equipos multiplicadores normalmente con una compresión de 4:1, es decir que se utiliza un codificador de 16 Kbps.

Cada operador en su contraparte tiene su réplica de multiplicación. Se utiliza únicamente una portadora de transporte por cada 4 circuitos E1 de conmutación.

3.1.5 Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP)

3.1.5.1 Descripción

Voz sobre IP está normada por la recomendación H.323. (10-11)

Esta recomendación se define como el estándar que permite que tráfico multimedia, en tiempo real sea intercambiado sobre una red de paquetes, con interoperabilidad para acceder y ser accedida por dispositivos RDSI.

La técnica que utiliza H.323 para la compresión de voz está determinada por las recomendaciones G.726 y G.729, las cuales aportan los elementos del muestreo de la voz y lo retardos permitidos para una calidad aceptable.

Una red H.323 define una serie de elementos con las siguientes funcionalidades:

A) Guardianes de Puerta

Los Guardianes de Puerta o *Gatekeepers* actúan de monitor de red, proporcionando los servicios de resolución de direcciones, por ejemplo, asignación de la dirección IP a su alias, ya sea número telefónico o nombre, y de conceder permisos de llamadas.

B) Terminales

Son los dispositivos que se pueden conectar directamente a IP y soportan el protocolo H.323.

C) Gateways

Son los sistemas encargados de permitir que los equipos H.323 puedan operar con otras redes y tienen interfaces abiertos, es decir que no son propietarios del fabricante.

El protocolo H.323 predefine un número de dispositivos, los actualmente definidos son terminales de red RDSI y terminales de videoconferencia sobre telefonía.

Los parámetros más influyentes en el comportamiento de una transmisión de voz son los siguientes:

D) Retardos de los paquetes

La recomendación define que el límite de retardo en un canal unidireccional de voz sea de 400 ms.

E) Pérdida de paquetes

El oído humano es mucho más sensible a la pérdida de datos que al retardo. La pérdida de paquetes también afecta a la calidad de la voz. El límite generalmente aceptado como máximo se sitúa alrededor del 8-10%.

F) Ancho de Banda para un canal de voz

Habitualmente un canal de voz necesita un ancho de banda garantizado de 12-15 Kbits que normalmente se logra con una red IP privada y no por la Internet, sin embargo ello representa un mayor costo.

3.1.5.2 Aplicación

La utilización de *Gateways* de VoIP tiene una amplia aplicación en los servicios de voz internacionales sobre redes de datos, puesto que se optimizan los recursos de transporte internacional permitiendo reducir los costos.

Actualmente las redes de TEM no cuentan con servicios propios de VoIP, sin embargo se planea implementarlos en el corto plazo.

3.2 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización y está formada por ingenieros de telecomunicaciones, ingenieros electrónicos, ingenieros en informática, biomédicos y otros profesionales enfocados al desarrollo de nuevas tecnologías.

Su trabajo también es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general para beneficio de la humanidad y de los mismos profesionales.

Su creación se remonta al año 1,884. (18-1)

3.2.1 Ethernet

3.2.1.1 Descripción

Ethernet es un protocolo de comunicación y está especificado por el estándar IEEE 802.3. (20-1)

Cuando la interfaz de un servidor informático conectado a una red tiene en su memoria un paquete de información para transmitir, detecta si hay mensajes que están siendo transmitidos. Si no detecta transmisión, la interfaz comienza a enviar.

La información que se emite en una transmisión se denomina trama *Ethernet*, y tiene los siguientes campos:

A) Cabecera o preámbulo de 7 byte

Todas las tramas empiezan por una cabecera que contiene en todos los casos un patrón fijo de 7 byte seguidos compuestos por los bits 10101010 con el fin de que las estaciones o servidores nodales se sincronicen.

B) Delimitador de trama de 1 byte

Se compone de un byte fijo con los bits 1010101011 que indica el comienzo de la información propia de la trama.

- C) Dirección de destino y de origen de 6 byte cada una
Se las denomina direcciones de acceso al medio MAC y cada tarjeta de comunicaciones tiene una dirección unívoca asignada.

- D) Longitud del campo de datos de 2 byte
Especifica la cantidad de datos que se transfieren en la trama. Como mucho puede tener un valor de 1500.

- E) Datos de 0-1500 byte
Es la información transmitida de interés.
Cuando se retransmiten menos de 46 byte, se debe rellenar la trama con el campo de relleno, puesto que una trama *Ethernet* no puede tener menos de 64 byte de longitud.

- F) Suma de verificación o *checksum* de 4 byte
Es la información redundante que se usa para detectar si ha habido algún tipo de interferencia o pérdida de la información de la trama.

El estándar 802.3 soporta varios tipos de medios físicos, como el par trenzado 10/100BaseT o el cable coaxial 10base5, y tiene variantes según la velocidad de transferencia *Ethernet*, *Fast Ethernet* y *Gigabit Ethernet*.

3.2.1.2 Aplicación

Las redes de datos de TEM utilizan este estándar para la comunicación de los servidores informáticos y como medio de transporte a través de cableado estructurado.

3.3 Otros

3.3.1 Protocolo de Internet

3.3.1.1 Descripción

El Protocolo de *Internet* es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. (16-1)

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o data gramas. En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

Para garantizar la fiabilidad de los paquetes de IP, se utiliza el Protocolo de Control de Transferencia TCP, debido a que IP no provee ningún mecanismo para garantizar el envío o recepción del paquete.

Una de las características del Protocolo de *Internet* es que si la información a transmitir supera el tamaño máximo en el

tramo de red por el que va a circular, ésta puede ser dividida en paquetes más pequeños, y reensamblada luego cuando sea necesario. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de la congestión de las rutas en cada momento.

Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino, direcciones IP, direcciones que serán usadas por los conmutadores de paquetes y los enrutadores para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes.

Los aspectos más complejos de IP son el direccionamiento y el enrutamiento. El direccionamiento se refiere a la forma como se asigna una dirección IP y como se dividen y se agrupan subredes de equipos.

El enrutamiento consiste en encontrar un camino que conecte una red con otra es llevado a su destino por enrutadores que no son más que computadores especializados en recibir y enviar paquetes por diferentes interfaces de red, así como proporcionar opciones de seguridad, redundancia de caminos y eficiencia en la utilización de los recursos. (17-2)

3.3.1.2 Aplicación

Las redes de datos de TEM utilizan tecnología IP para la comunicación interna y externa de sus servidores informáticos. Ello permite reconocer y gestionar a cada máquina con una identidad independiente, creando rutas y asegurando la perfecta comunicación de los usuarios internos y externos.

4. DISEÑO DEL PROYECTO

4.1 Descripción actual de la Topología de Red de Voz y Datos

El objeto de este apartado es describir esquemáticamente los elementos que componen las redes que intervienen en el diseño del proyecto de VoIP para la comunicación corporativa de Telefónica Móviles en la región Norte.

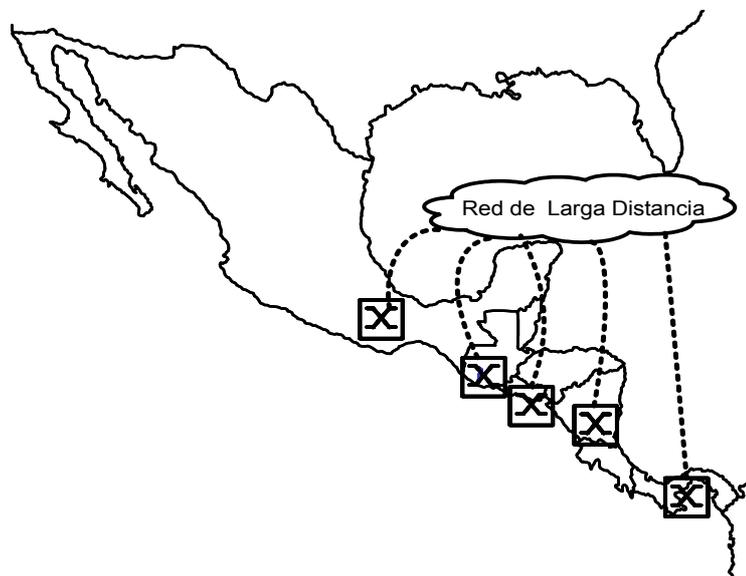
4.1.1 Red de Conmutación

Los elementos que intervienen en esta red son:

- Centrales de conmutación de TEM;
- Centrales de conmutación de Operadores Internacionales.

La figura 9 muestra la topología de la red de conmutación.

Figura 9 Topología de la Red de Conmutación de la Región Norte

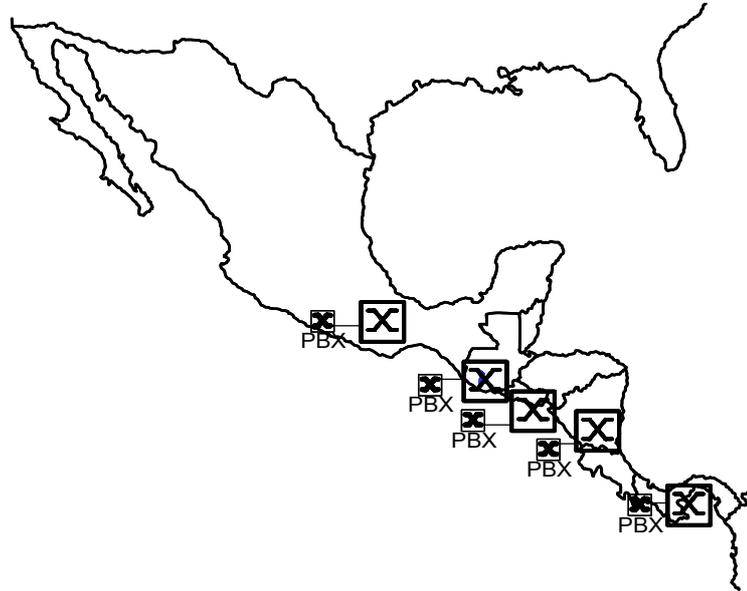


4.1.2 Red de PBX

Las PBX están conectadas a la central de conmutación de cada país.

La figura 10 muestra la topología de conexión.

Figura 10 Esquema de conexión de las PBX de la región Norte



4.1.3 Red de Datos

El esquema de la red de datos internacional se muestra en la figura 11.

Figura 11 Esquema de la conexión de la red de datos de la región.



4.2 Estimación de Tráfico Mensual

En la tabla II se muestran los minutos estimados cursados entre oficinas de cada país.

Tabla II Tráfico en minutos originado desde y hacia las oficinas TEM

| Origen/Destino | *Guatemala | Nicaragua | Panamá | México | Total |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| México | 90,000 | 70,000 | 80,000 | 0 | 240,000 |
| Nicaragua | 4,500 | 0 | 15,000 | 15,000 | 34,500 |
| *Guatemala | 0 | 25,000 | 40,000 | 120,000 | 185,000 |
| Panamá | 22,000 | 50,000 | 0 | 90,000 | 162,000 |
| Totales | 116,500 | 145,000 | 135,000 | 225,000 | 621,500 |

*Guatemala: El tráfico de Telefónica El Salvador está contenido en esta celda.

4.3 Cálculo de la Capacidad de los circuitos de Voz Internacionales

Existe la posibilidad de interconectar físicamente a través de la red internacional de transporte las PBX de las oficinas de cada país.

Un circuito E1 de 30 canales de voz, puede cursar mensualmente hasta 350,000 minutos.

Este dato se obtiene calculando el tráfico medio diario equivalente y durante un mes de la tabla de Erlang B con un grado de servicio del 1%. (Véase Tabla XI).

Estadísticamente el tráfico diario es proporcional a 12 veces el tráfico de hora pico.

Dados los minutos cursados entre países, sería necesario interconectar 1 E1 de la central de conmutación a la central de conmutación de otro país.

De acuerdo a la comparación de los datos de la tabla II, las ocupaciones medias bidireccionales de cada circuito E1 están dadas en la tabla III:

Tabla III Utilización del circuito E1 por tráfico bidireccional entre países

| País | % de Ocupación (Bidireccional) |
|---------|--------------------------------|
| Mx - Gt | 60% |
| Mx - Ni | 21% |
| Mx - Pa | 49% |
| Gt - Ni | 8% |
| Gt - Pa | 18% |
| Ni - Pa | 19% |

El dimensionamiento de la capacidad necesaria a conectar entre las centrales de conmutación de cada país es el siguiente:

| | | |
|-------------|-------------------|-------------------------|
| TEMM – TEMG | 18 Canales de Voz | Equivalentes a 1.2 Mbps |
| TEMM – TEMN | 6 Canales de Voz | Equivalentes a 384 Kbps |
| TEMM – TEMP | 15 Canales de Voz | Equivalentes a 960 Kbps |
| TEMG – TEMN | 3 Canales de Voz | Equivalentes a 192 Kbps |
| TEMG – TEMP | 6 Canales de Voz | Equivalentes a 384 Kbps |
| TEMN – TEMP | 6 Canales de Voz | Equivalentes a 384 Kbps |

4.4 Cálculo de la capacidad de Ancho de Banda para llamadas de voz sobre la red de Datos utilizando VoIP

Con la adición de equipos de VoIP a la red de datos y las PBX localizadas en cada país de la región TEM, a excepción de TEMG y TEMS que comparten un mismo *Gateway* y una misma red de transporte, se obtiene un medio de transporte que economiza el ancho de banda necesario.

De acuerdo con el enunciado 3.1.5.1 inciso F, el ancho de banda necesario para una llamada de voz utilizando el estándar H.323 es de 15 Kbps, es decir que existe una relación media de 4:1 cuando es comparada con un circuito de voz convencional de 64 Kbps.

Recalculando los anchos de banda necesarios obtenemos:

| | |
|-------------|----------|
| TEMM – TEMG | 300 Kbps |
| TEMM – TEMN | 96 Kbps |
| TEMM – TEMP | 240 Kbps |
| TEMG – TEMN | 48 Kbps |
| TEMG – TEMP | 96 Kbps |
| TEMN – TEMP | 96 Kbps |

4.5 Descripción de la Topología Final de la Red de Voz y Datos

Con la ventaja técnica de reducir la capacidad de ancho de banda a utilizar entre cada país de la región se propone utilizar equipos de VoIP para economizar en el transporte internacional.

4.5.1 Adición de los equipos de VoIP

Los equipos de VoIP a utilizar son *Access Servers* Cisco 2800 y utilizan tecnología IP para el intercambio de información.

A cada *Acces Server* los países de la región le asignarán una dirección IP pública para ser reconocido por el resto de equipos.

Estos equipos tienen la facilidad de conectarse a los *routers* de la red corporativa de la región a través de un enlace IP, utilizando la red interna de transporte *Ethernet* LAN, con un cable UTP categoría 5.

El ancho de banda requerido es de 100 Mbps entre el *Acces Server* y el *router* de red corporativa.

El *Acces Server* cuenta con un interfaz ISDN con capacidad de E1 Primario que es el que se conectará a la PBX.

La PBX se programará para que las llamadas originadas con destino a las oficinas de TEM de otro país de la región sean enrutadas por el nuevo equipo de VoIP.

Cada país de la región decidirá que código de escape programará en su PBX para el enrutamiento de las llamadas hacia los equipos de VoIP.

El código de escape está sujeto a la disponibilidad en la PBX, por lo que se permite utilizar hasta dos dígitos para conservar el resto de códigos para utilización de servicios futuros en la PBX.

Adicionalmente, la gestión de los equipos y los enrutamientos de las llamadas se hace a través de un servidor informático con su respectivo *software*. Este servidor se le denominará *Call Manager*. El *Call Manager* gestionará las llamadas a través de un prefijo que se asigna a cada país.

Para la marcación directa entre oficinas de la región se propone utilizar prefijos desde cada país seguidos de los los últimos 4 dígitos que corresponden a la extensión del usuario a contactar.

Los prefijos a utilizar se presentan en la tabla IV:

Tabla IV Tabla de marcación

| Pais | Ext. |
|-------------|---------------|
| NICARAGUA | 3 XXXX |
| SALVADOR | 4 XXXX |
| PANAMA | 5 XXXX |
| MEXICO | 6 XXXX |
| GUATEMALA | 7 XXXX |

La marcación a una extensión de otro país será:

Código de escape + prefijo de país + número de extensión,

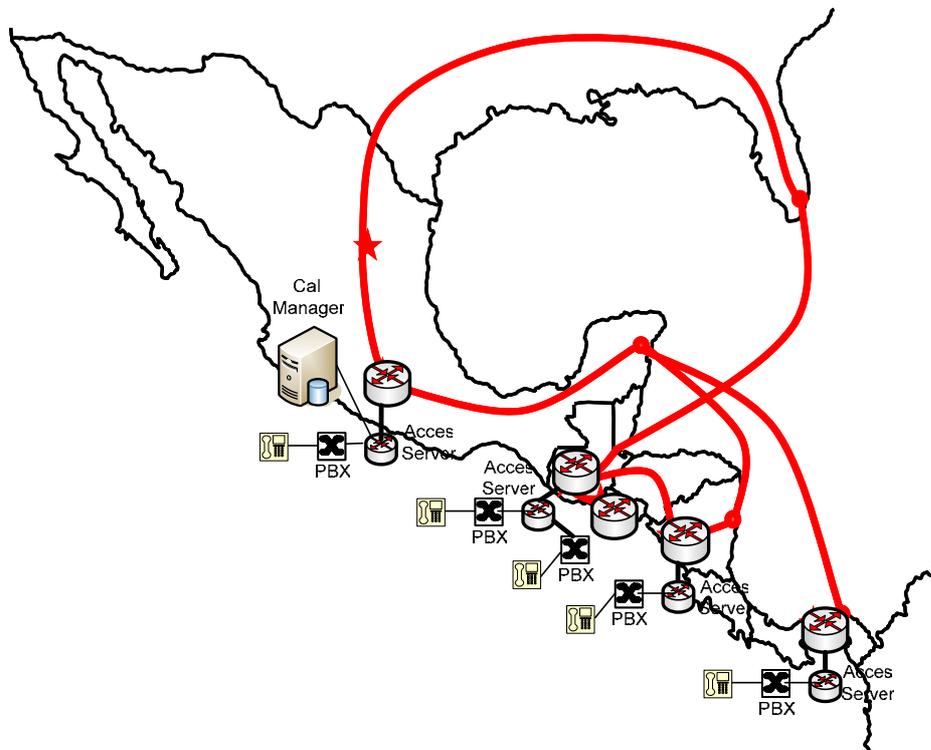
donde:

código de escape es un número de 1 ó 2 dígitos;
prefijo de país es 3 para Ni, 4 para Sv, 5 para Pa, etc.;
número de extensión es un número de 4 dígitos.

4.5.2 Diagrama Unificado de red de Voz sobre IP

En la figura 12 se muestra el esquema final a implementar para la gestión de las llamadas desde oficinas

Figura 12 Diagrama Integrado de la red de voz sobre IP



5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

5.1 Estimación de los Costos mensuales de Larga Distancia Internacional desde las oficinas de cada país a otro país de la Región.

A partir de la tabla II, se construye el modelo del costo mensual total de la región en concepto de llamadas internacionales.

El costo medio por minuto entre los países de la región es de US\$ 0.05.

En la tabla V se muestran los costos asociados:

Tabla V **Costos Mensuales por llamadas internacionales en la región**

| Origen/Destino | *Guatemala | Nicaragua | Panamá | México | Total |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| México | \$ 4,500 | \$ 3,500 | \$ 4,000 | \$ - | \$ 12,000 |
| Nicaragua | \$ 225 | \$ - | \$ 750 | \$ 750 | \$ 1,725 |
| *Guatemala | \$ - | \$ 1,250 | \$ 2,000 | \$ 6,000 | \$ 9,250 |
| Panamá | \$ 1,100 | \$ 2,500 | \$ - | \$ 4,500 | \$ 8,100 |
| Totales | \$ 5,825 | \$ 7,250 | \$ 6,750 | \$ 11,250 | \$ 31,075 |

*Guatemala: El tráfico de Telefónica El Salvador está contenido en esta celda.

El costo medio por minuto incluye los costos de red asociados.

5.2 Estimación de los Costos Mensuales de Red Internacional de Transporte para interconectar a los países de la Región.

A partir de los cálculos de circuitos del inciso 4.3, en el caso que se hiciera una interconexión directa entre los países de la región, se puede determinar que es necesario instalar un circuito E1 por tramo de país, a partir que las Compañías que prestan en servicio de alquiler de circuitos internacionales, por ejemplo los cables submarinos Emergia, Arcos, y Maya I, el mínimo que ofrecen son circuitos E1 de 30 canales.

1 E1 tiene un costo medio mensual de US\$ 2,000.

La renta mensual incluye los costos de red asociados.

1 E1 tiene un costo de instalación de única vez de US\$ 500.00

El costo estimado mensual para interconectar a los países de la región es de US\$ 9,000.00.

El costo estimado de instalación de única vez es de US\$ 2,000.

5.3 Cálculo de la inversión de los equipos de VoIP y otros elementos a instalar en cada país.

Los equipos a adquirir e instalar son *Acces Server* Cisco de la serie 2800 y 2821.

El precio por equipo puesto en sitio es de US\$ 10,900.

Los equipos necesarios serán 4 puesto que Guatemala y El Salvador por tener infraestructura de transporte propia compartirán un mismo *Acces Server*.

Se adquirirá el servidor informático y el *Software* propietario de Cisco que gestionará los enrutamientos y registros de las llamadas. El software se conoce como *Call Manager* Versión 4.0

El costo de este equipamiento es de US\$ 63,000.

A las PBX de cada país será necesario instalarle la tarjeta con la interfase E1 ISDN. El costo de esta tarjeta es de US\$ 700.00

La transmisión del circuito E1 entre Guatemala y El Salvador para la conexión de la PBX de El Salvador al equipo *Acces Server* puede estimarse en US\$ 500 mensuales.

El costo mensual por concepto de operación y mantenimiento se estima en US\$ 250.00.

Se prevé un costo mensual a partir del tercer año en concepto de ampliaciones futuras sobre la red de datos por el uso de esta con la gestión de las llamadas de la región.

El costo mensual estimado es de 2 circuitos E1 equivalente a US\$ 4,000.

5.4 Comparación de costos e inversión obtenidos para determinar la factibilidad del proyecto.

Con base a los datos obtenidos en los incisos anteriores, se plantea un análisis de la inversión y los costos anuales en el tiempo, comparando las opciones para el momento actual con el objeto de comprobar la opción técnica y económicamente factible.

Para ello se utilizará la fórmula de Valor Actual.

En la Tabla VI se tabulan las inversiones y los costos de la Opción 1

Tabla VI Inversiones y Costos Opción 1

| 1 | Costo actual por interconexión indirecta | Inversión | Costo Mes | Costo Anual |
|----------|---|------------------|------------------|--------------------|
| | Costo medio por minuto de US\$ | \$ - | \$ 31,075 | \$ 372,900 |
| | Total Anual | \$ - | \$ 31,075 | \$ 372,900 |

La Opción 1 contempla los costos de la interconexión convencional, es decir estos costos están directamente ligados a los operadores internacionales con los que se hace tránsito para alcanzar recíprocamente los países de la región.

En la Tabla VII se tabulan las inversiones y costos de la Opción 2.

Tabla VII Inversiones y Costos Opción 2

| 2 | Costo utilizando interconexión | Inversión | Costo Mes | Costo Anual |
|----------|--|------------------|------------------|--------------------|
| | Instalación y renta de los circuitos internacionales | \$ 2,000 | \$ 12,000 | \$ 144,000 |
| | Total Anual | \$ 2,000 | \$ 12,000 | \$ 144,000 |

La Opción 2 contempla la inversión y costos de realizar una interconexión directa entre los países de la región utilizando los diversos cables submarinos.

En la Tabla VIII se tabulan las inversiones y costos de la Opción 3.

Tabla VIII Inversiones y Costos Opción 3

| 3 | Costo utilizando equipos VoIP | Inversión | Costo Mes | Costo Anual |
|----------|---|------------------|------------------|--------------------|
| | Equipos | \$ 43,600 | | |
| | Call Manager | \$ 53,000 | | |
| | Operación y Mantenimiento estimado de los equipos | | \$ 250 | \$ 3,000 |
| | Tarjetas E1 ISDE para las PBX | \$ 2,800 | | |
| | Ampliación de 2 circuitos E1 en el tercer año | | \$ 4,000 | \$ 48,000 |
| | Instalación de E1 GT - SV | \$ 500 | \$ 500 | \$ 6,000 |
| | Total Anual | \$ 99,900 | \$ 4,750 | \$ 57,000 |

Las consideraciones tomadas para el análisis son las siguientes:

- el análisis será hecho para 5 años que es el tiempo de vida útil en libros contables de los equipos;
- los costos de larga distancia internacional tienen una reducción del 5% anual;
- se estima una tasa del 5% anual de incremento por concepto del alquiler de circuitos internacionales de acuerdo a las condiciones contractuales pactadas con el suministrador de los cables submarinos como compensación a los índices inflacionarios promedios internacionales;
- se estima un incremento del 5% anual en los costos de operación y mantenimiento.

En la Tabla IX se muestra de la fórmula de Valor Actual, la cual toma en cuenta el valor futuro de las rentas anuales y la inversión inicial y las proyecta al

valor actual de acuerdo a los índices de crecimiento o decrecimiento y de la cantidad de períodos (14-12).

Tabla IX **Fórmula de Valor Futuro**

$$VA = VF / (1 + i)^n$$

VF: Valor Futuro
 VA: Valor Actual
 i: Tasa de interés
 n: Número de Períodos

En la tabla X se realiza el cálculo de la fórmula de valor actual:

Tabla X **Comparación de las opciones utilizando Valor Actual**

| | | Períodos | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Calculando los costos en 5 años | Valor Actual | Inversión | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Costo Actual por Interconexión | \$ 2,065,928 | \$ - | \$372,900 | \$354,255 | \$336,542 | \$319,715 | \$303,729 |
| 2 | Costo por Interconexión Directa | \$ 654,966 | \$ 2,000 | \$144,000 | \$151,200 | \$158,760 | \$166,698 | \$175,033 |
| 3 | Costo utilizando equipos de VoIP | \$ 227,217 | \$ 99,900 | \$ 3,000 | \$ 3,150 | \$ 51,308 | \$ 53,873 | \$ 56,567 |

De la Tabla X se puede observar que comparando los montos de Valor Actual, la Opción 3 es la opción más económica para realizar el proyecto.

6. PLANEACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

6.1 Etapa de Planificación

TEM utiliza como metodología para la ejecución del proyecto una etapa de planificación, realizada por un departamento del mismo nombre, en el que sus miembros se especializan en las distintas redes que componen la operación de la empresa.

Como registro de inicio del proyecto se tiene una solicitud comercial o la detección de la mejora de un servicio, en el que se identifica un ahorro económico y de recursos materiales.

El área de Planificación está dentro de la misma estructura organizativa que el área de Ingeniería, dependiendo ambas áreas de un Gerente de Planificación e Ingeniería.

6.1.1 Documentación de la descripción del Diseño del Proyecto

Como principio del proyecto, para determinar la viabilidad de su ejecución se necesita hacer una evaluación técnica. Para ello es necesario elaborar un documento en el cual se recopilen y describan las ideas que sustentan el desarrollo del nuevo diseño, que se plantea de manera general, es decir que no se entra en detalles de ingeniería, y se realiza partiendo de un estado inicial de un proyecto en funcionamiento, o que éste sea completamente nuevo.

Los puntos que componen el documento son los siguientes:

- carátula de Nombre del Proyecto, Versión, Elaboración, Revisión, Aprobaciones y Fechas;
- cuadro de modificaciones;
- índice;
- introducción;
- objetivo específico;
- descripción de la Situación Actual;
- descripción de las Opciones con las que se puede sustituir la situación actual en una evaluación técnico económicamente viable;
- conclusiones;
- recomendaciones;
- matriz de responsabilidades;
- cronograma de trabajo;
- anexos.

El documento con la solución propuesta es trasladado al área de Ingeniería para la determinación y cuantificación de los recursos materiales.

6.1.2 Determinación y Cuantificación de los Recursos Materiales

En el área de ingeniería se hacen las estimaciones del costo de los equipos, renta de circuitos, costo de materiales de cableados y conectores, costo de configuración de otros equipos realizado por contratistas, garantías, soporte técnico por parte del proveedor y demás temas asociados.

Este proceso de cuantificación se repetirá por cada opción planteada en la parte de planificación.

Dentro de la empresa a este proceso se le llama determinación del Alcance de Obras, ALCO.

Al tener los costos de cada opción, éstos serán enviados nuevamente al área de Planificación para la determinación de cuál de las opciones es la técnica y económicamente viable.

Esta información también quedará registrada en el documento de la Descripción del Diseño del Proyecto.

6.1.3 Matriz de Responsabilidades

Queda registrado dentro del documento todas las tareas que será obligación de las áreas involucradas:

Áreas Internas:

- planificación;
- ingeniería;
- compras;
- logística;
- operación y mantenimiento.

Áreas Externas:

- suministrador de equipos;
- contratistas.

6.1.4 Cronograma de Trabajo

En coordinación con el área de Ingeniería, el área de Planificación propondrá un cronograma de trabajo, identificando todas las tareas a realizar de las áreas internas y externas hasta la conclusión del proyecto.

El cronograma será realizado utilizando el modelo de *Gant*.

El documento queda finalmente completado con las conclusiones, recomendaciones, matriz de responsabilidades, cronograma de trabajo y anexos si aplicaran.

Este documento será aprobado por el Gerente del área de Planificación e Ingeniería y por el Director del área de Tecnología luego que se verifique que existe presupuesto por el control de gestión del área para la realización del proyecto.

6.2 Etapa de Ingeniería

6.2.1 Diseño detallado del Proyecto

En sus registros internos, el área de Ingeniería contará con un detalle de los elementos activos y pasivos del diseño del proyecto:

- ofertas;
- contactos de Fabricante/Proveedor de Equipos;
- modelos de Equipos;
- manuales de Configuración de los Equipos;
- versiones de *Software*;
- actualizaciones de *Software*;
- cantidad de materiales;
- elementos de red asociados a ser integrados;
- configuraciones;
- órdenes de trabajo al área de Operaciones;
- matrices de pruebas de equipos;
- matrices de pruebas de circuitos internacionales.

6.2.2 Coordinación actividades con el Proveedor de Equipos

En esta etapa el área de Ingeniería acordará con el proveedor de los equipos:

- fecha de Internación de los equipos;
- fecha y requisitos de Instalación de los equipos;

- fecha de configuración e inicio de pruebas;
- soporte técnico local o remoto.

6.2.3 Instalación e Integración a la Red de los Equipos

Luego de acordar con el proveedor de los equipos los detalles de los requisitos, se procede a realizar la instalación propia de los equipos. Para ello es necesario:

- estructura de Soporte, *Racks*, bandejas u otro soporte;
- alimentación eléctrica, 110/220 V AC, 24/-48 V DC y *Breakers*;
- tierra física, cableado, varillas, anillo y barra de tierras;
- conexión a otros elementos de red para integración;
- encendido.

6.2.4 Pruebas

La etapa de pruebas se realizará en conjunto con el proveedor de los equipos y con el área de Operación y Mantenimiento.

Ambas áreas harán las configuraciones necesarias para que los equipos trabajen de manera adecuada y se realizarán protocolos temporales de pruebas para verificar la continuidad del servicio:

- Analizador de protocolos de señalización:
- Programas de monitoreo de desempeño

6.2.5 Aceptación y Puesta en Servicio

Luego de la verificación que los parámetros de red son satisfactorios en el desempeño del funcionamiento de los equipos, el área de Ingeniería por medio de un Acta, entregará al área de Operación y Mantenimiento el proyecto con la respectiva documentación de soporte y contactos técnicos en caso de fallas, y recomendará la puesta en servicio de los nuevos elementos de red.

El área de Operación y Mantenimiento hará la aceptación de los equipos y desde ese momento éstos se dejarán en servicio a responsabilidad de esta área.

CONCLUSIONES

1. Técnicamente, es posible elaborar un diseño de red, Opción 3, que proporcione una solución al intercambio de llamadas entre los países de la Región Norte y utilizarlo para sustituir al escenario de intercambio actual, Opción 1, y otro escenario de intercambio propuesto, Opción 2.
2. Económicamente, la evaluación de los tres escenarios permite identificar que la propuesta de hacer el desarrollo de un proyecto de VoIP en la Región Norte, permite tener un ahorro del del 900% sobre el escenario de intercambio de llamadas actual y un 288% sobre la segunda opción propuesta.
3. Intercambiar las llamadas entre los países de la Región Norte, utilizando VoIP reduce los costos de ampliación de capacidad internacional futura en un cuarto de su valor comparado contra la Opción 2.
4. Competitivamente, para la Corporación, desarrollar este proyecto le significará un nuevo producto para colocarlo a la venta, ofreciendo a entidades lucrativas y no lucrativas un servicio que ahorrará costos en los países de la Región donde los clientes tengan presencia.

RECOMENDACIONES

1. Promover la ejecución del proyecto de VoIP, Opción 3, como alternativa para la mejora técnica y económica en la originación y terminación de las llamadas entre oficinas de los países de la Región Norte.
2. Verificar con el área de control de presupuesto de cada país de la Región Norte la existencia del presupuesto para la compra de los equipos y ejecución del proyecto de VoIP, Opción 3, justificándolo con el ahorro calculado en el análisis económico.
3. Realizar reuniones de trabajo con las áreas involucradas en la ejecución del proyecto para determinar las responsabilidades, acordando los tiempos necesarios para cada actividad dejándolos documentados en el documento elaborado por el área de Planificación e Ingeniería.
4. Evaluar la posibilidad de extender este diseño a las llamadas realizadas no solo desde las oficinas de la Corporación en la Región Norte, sino, también, implementar una solución similar para atender a los usuarios de red fija y de red móvil asociados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Telefónica Móviles Guatemala, S.A. "Plan Técnico 2004". (Guatemala) 346.2,004.
2. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Conceptos del Grado de Servicio en la Red Digital de Servicios Integrados.** (E.720) Ginebra, Suiza: s.e. 1,993. 5pp.
3. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Interfaz de Nodo de red para Jerarquía Digital Síncrona.** (G.707) Ginebra, Suiza: s.e. 1,996. 142pp.
4. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Modulación por Impulsos Codificados Diferencial Adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24 y 16 Kbps.** (G.726) Ginebra, Suiza: s.e. 1,990. 59pp.
5. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Codificación de la voz a 8 Kbps mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de la estructura conjugada.** (G.729) Ginebra, Suiza: s.e. 1,996. 39pp.
6. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Vocabulario de Términos de las redes y equipo de la Jerarquía Digital Síncrona.** (G.780) Ginebra, Suiza: s.e. 1,994. 8pp.

7. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Gestión de la Jerarquía Digital Síncrona.** (G.784) Ginebra, Suiza: s.e. 1,994. 37pp.
8. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en Jerarquía Digital Síncrona.** (G.957) Ginebra, Suiza: s.e. 1,995. 30pp.
9. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Sección Digital de acceso a la velocidad primaria de 2048 Kbps a la Red Digital de Servicios Integrados.** (G.962) Ginebra, Suiza: s.e. 1,993. 55pp.
10. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Sistemas de Comunicación multimedios basados en paquetes.** (H.323) Ginebra, Suiza: s.e. 1,998. 135pp.
11. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Red Digital de Servicios Integrados.** (I.120) Ginebra, Suiza: s.e. 1,993. 6pp.
12. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Teleservicio a 7 KHz de Telefonía.** (I.241) Ginebra, Suiza: s.e. 1,993. 9pp.
13. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T. **Sistema de Señalización No. 7 – Estructura de Red de Señalización.** (Q.705) Ginebra, Suiza: s.e. 1,993. 27pp.
14. Sapag Chain, Nassir. **Conceptos Generales de Evaluación de Proyectos.** Editorial McGraw Hill 2000.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

1. “Delay in Packet Voice Networks”. [En línea]. [3 de septiembre de 2,005]. Disponible en Web: <http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_white_paper09186a00800a8993.shtml>.
2. “Protocolo de Enrutamiento o Protocolo de Internet”. [En línea]. [6 de octubre de 2,005]. Disponible en Web: <<http://www.solont.com/Z-net/tcp-04>>.
3. “Protocolo de Internet”. [En línea]. [10 de octubre de 2,005]. Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/IP>>.
4. “IEEE”. [En línea]. [10 de octubre de 2,005]. Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE>>.
5. “RDSI”. [En línea]. [6 de octubre de 2,005]. Disponible en Web: <<http://www.consulintel.es/HTML/Tutoriales/Articulos/rdsi.html>>.
6. “Introducción a las normas IEEE 802.3 y 802.11”. [En línea]. [10 de octubre de 2,005]. Disponible en Web: <<http://gsync.escet.urjc.es/esoriano/memoria/node5.html>>.
7. Santa Cruz, Oscar. “Conceptos Básicos Plantel Telefónico”. [En archivo electrónico formato PDF]. [13 de agosto de 2,005].

8. "ITU-T". [En línea]. [12 de octubre de 2,005]. Disponible en Web:
<<http://www.itu.int>>.

9. "Telefónica Móviles". [En línea]. [26 de agosto de 2,005]. Disponible en Web:
<<http://www.telefoniamoviles.com.mx>>;
<<http://www.telefonica.com.gt>>;
<<http://www.telefonica.com.sv>>;
<<http://www.telefonica.com.ni>>;
<<http://www.telefonica.com.pa>>.

ANEXOS

Tabla XI Erlang B.

| Circuitos | 0.001 | 0.002 | 0.005 | 0.01 | 0.02 | 0.05 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Erlang | Erlang | Erlang | Erlang | Erlang | Erlang |
| 1 | 0.001 | 0.002 | 0.005 | 0.01 | 0.02 | 0.05 |
| 2 | 0.05 | 0.07 | 0.11 | 0.15 | 0.22 | 0.38 |
| 3 | 0.19 | 0.25 | 0.35 | 0.46 | 0.6 | 0.9 |
| 4 | 0.44 | 0.53 | 0.7 | 0.87 | 1.09 | 1.52 |
| 5 | 0.76 | 0.9 | 1.13 | 1.36 | 1.66 | 2.22 |
| 6 | 1.15 | 1.33 | 1.62 | 1.91 | 2.28 | 2.96 |
| 7 | 1.58 | 1.8 | 2.16 | 2.5 | 2.94 | 3.74 |
| 8 | 2.05 | 2.31 | 2.73 | 3.13 | 3.63 | 4.54 |
| 9 | 2.56 | 2.85 | 3.33 | 3.78 | 4.34 | 5.37 |
| 10 | 3.09 | 3.43 | 3.96 | 4.46 | 5.08 | 6.22 |
| 11 | 3.65 | 4.02 | 4.61 | 5.16 | 5.84 | 7.08 |
| 12 | 4.23 | 4.64 | 5.28 | 5.88 | 6.62 | 7.95 |
| 13 | 4.83 | 5.27 | 5.96 | 6.61 | 7.41 | 8.83 |
| 14 | 5.45 | 5.92 | 6.66 | 7.35 | 8.2 | 9.73 |
| 15 | 6.08 | 6.58 | 7.38 | 8.11 | 9.01 | 10.63 |
| 16 | 6.72 | 7.26 | 8.1 | 8.87 | 9.83 | 11.54 |
| 17 | 7.38 | 7.95 | 8.83 | 9.65 | 10.66 | 12.46 |
| 18 | 8.05 | 8.64 | 9.58 | 10.44 | 11.49 | 13.38 |
| 19 | 8.72 | 9.35 | 10.33 | 11.23 | 12.33 | 14.31 |
| 20 | 9.41 | 10.07 | 11.09 | 12.03 | 13.18 | 15.25 |
| 21 | 10.11 | 10.79 | 11.86 | 12.84 | 14.04 | 16.19 |
| 22 | 10.81 | 11.53 | 12.63 | 13.65 | 14.9 | 17.13 |
| 23 | 11.52 | 12.27 | 13.42 | 14.47 | 15.76 | 18.08 |
| 24 | 12.24 | 13.01 | 14.2 | 15.29 | 16.63 | 19.03 |
| 25 | 12.97 | 13.76 | 15 | 16.12 | 17.5 | 19.99 |
| 26 | 13.7 | 14.52 | 15.8 | 16.96 | 18.38 | 20.94 |
| 27 | 14.44 | 15.28 | 16.6 | 17.8 | 19.26 | 21.9 |
| 28 | 15.18 | 16.05 | 17.41 | 18.64 | 20.15 | 22.87 |
| 29 | 15.93 | 16.83 | 18.22 | 19.49 | 21.04 | 23.83 |
| 30 | 16.68 | 17.61 | 19.03 | 20.34 | 21.93 | 24.8 |
| 31 | 17.44 | 18.39 | 19.85 | 21.19 | 22.83 | 25.77 |
| 32 | 18.2 | 19.18 | 20.68 | 22.05 | 23.73 | 26.75 |
| 33 | 18.97 | 19.97 | 21.51 | 22.91 | 24.63 | 27.72 |
| 34 | 19.74 | 20.76 | 22.34 | 23.77 | 25.53 | 28.7 |
| 35 | 20.52 | 21.56 | 23.17 | 24.64 | 26.43 | 29.68 |
| 36 | 21.3 | 22.36 | 24.01 | 25.51 | 27.34 | 30.66 |
| 37 | 22.03 | 23.17 | 24.85 | 26.38 | 28.25 | 31.64 |
| 38 | 22.86 | 23.97 | 25.69 | 27.25 | 29.17 | 32.63 |
| 39 | 23.65 | 24.78 | 26.53 | 28.13 | 30.08 | 33.61 |
| 40 | 24.44 | 25.6 | 27.38 | 29.01 | 31 | 34.6 |
| 41 | 25.24 | 26.42 | 28.23 | 29.89 | 31.92 | 35.59 |
| 42 | 26.04 | 27.24 | 29.08 | 30.77 | 32.84 | 36.58 |
| 43 | 26.84 | 28.06 | 29.94 | 31.66 | 33.76 | 37.57 |
| 44 | 27.64 | 28.88 | 30.8 | 32.54 | 34.68 | 38.56 |
| 45 | 28.45 | 29.71 | 31.66 | 33.43 | 35.61 | 39.55 |
| 46 | 29.26 | 30.54 | 32.52 | 34.32 | 36.53 | 40.54 |
| 47 | 30.07 | 31.37 | 33.38 | 35.21 | 37.46 | 41.54 |
| 48 | 30.88 | 32.2 | 34.25 | 36.11 | 38.39 | 42.54 |
| 49 | 31.69 | 33.04 | 35.11 | 37 | 39.32 | 43.54 |
| 50 | 32.51 | 33.88 | 35.98 | 37.9 | 40.25 | 44.53 |

Fuente: Oscar Santa Cruz. Conceptos Básicos Plantel Telefónico. Página 12