

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Modelo para el estudio técnico de factibilidad en la adopción de la
tecnología de voz sobre IP (VoIP) en Guatemala.

Irene Prieto Contreras

Guatemala

2005

**Modelo para el estudio técnico de factibilidad en la adopción
de la tecnología de voz sobre IP (VoIP) en Guatemala.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Modelo para el estudio técnico de factibilidad en la adopción de la
tecnología de voz sobre IP (VoIP) en Guatemala.

Trabajo profesional presentado por Irene Prieto Contreras para
optar al grado académico de Ingeniera en
Ciencias de la Computación

Guatemala

2005

Vo.Bo.

Licenciado Roger Sandoval

Tribunal

Licenciado Roger Sandoval

Licenciado Adrian Licht

MSc. María Mercedes Zaghi

Fecha de aprobación: Guatemala, 4 de noviembre de 2005

PREFACIO

El Internet es una tecnología que brinda a sus usuarios, alrededor del mundo, una gran variedad de servicios. Muchas aplicaciones han revolucionado la manera en que se llevan a cabo los negocios y un ejemplo que considero de gran importancia, es el aprovechamiento de la infraestructura de datos para el transporte de tráfico de voz.

Me pareció necesario comprender cómo se llevaba a cabo esta comunicación (es decir, sus fundamentos técnicos), pero al mismo tiempo me llamó la atención conocer el punto de vista y la reacción de las empresas telefónicas, que se han encontrado con un nuevo competidor que, aparentemente, ofrece los mismos servicios pero a un menor costo. En fin, quería determinar si el paradigma de la telefonía está siendo reemplazado por el de VoIP.

Por otra parte, como lo aprendí de mi asesor, Roger Sandoval, en el mundo de los negocios, las decisiones tecnológicas se basan en los resultados de análisis financieros, por lo que me pareció interesante conocer bajo qué circunstancias se alcanzan las ventajas económicas que esta tecnología promete.

Finalmente quiero enfatizar en el hecho de que no existen estudios ni publicaciones previas que resuelvan estas inquietudes en Guatemala. Además, los textos que tratan de esta tecnología, abordan los temas planteados anteriormente de manera general. Es por ello, que agradezco especialmente el apoyo brindado por Adrian Licht y María Mercedes Zaghi; ellos me introdujeron al medio de las telecomunicaciones en el país y me dieron la oportunidad de comunicarme directamente con personas conocedoras de las distintas implicaciones de la tecnología de VoIP.

ÍNDICE

PREFACIO.....	vi
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. FUNDAMENTOS DE VOIP	3
A. Estandarización.....	3
B. Telefonía tradicional	4
1. Inicios de la PSTN	4
2. Representación digital de la voz	5
3. Infraestructura telefónica	7
4. Señalización	10
5. Servicios y aplicaciones de la PSTN	12
6. Telefonía empresarial.....	13
7. Desventajas de las redes PSTN.....	13
C. Introducción a la VoIP	14
1. Definición	15
2. Comparación entre las redes basadas en circuitos y las redes basadas en paquetes.....	15
3. Implementaciones de VoIP	16
D. Telefonía IP.....	19
E. Protocolos de señalización en VoIP.....	20
1. H.323.....	21
2. SIP.....	23
3. Comparación entre H.323 y SIP	25
4. SGCP, MGCP y MeGaCo.....	27
F. Protocolos de transporte en VoIP	28
1. RTP	28
2. RTCP.....	29
G. Equipo para redes de VoIP	29
1. Gateways.....	30
2. Gatekeepers.....	30
3. Servidores de telefonía IP y PBX IP.....	30
4. Teléfonos IP y <i>softphones</i> para computadoras personales.....	31
5. Equipo de respaldo eléctrico.....	32
H. Integración de VoIP con nuevas tecnologías	33

I.	Beneficios y aplicaciones con VoIP	35
1.	Reducción de costos.....	35
2.	Nuevos servicios y aplicaciones	37
J.	Retos técnicos para VoIP	38
1.	Medidas para cuantificar la calidad de la voz	38
2.	Retrasos y estados latentes.....	39
3.	<i>Jitter</i>	40
4.	Eco	41
5.	Pérdida de paquetes.....	41
6.	Calidad de servicio.....	41
7.	Compatibilidad.....	43
8.	Seguridad	43
III.	VOIP EN GUATEMALA.....	47
A.	Estadísticas en Guatemala.....	47
1.	Telefonía fija.....	47
2.	Llamadas internacionales.....	49
B.	Llamadas internacionales por Internet	51
C.	Restricciones legales.....	53
1.	Servicios de telefonía internacional	53
2.	<i>Bypass</i> internacional	55
D.	Tratados internacionales	56
1.	TLC	57
2.	Plan Puebla-Panamá.....	57
E.	Proveedores de servicios y equipo de VoIP.....	58
1.	Proveedores de equipo de telecomunicaciones.....	58
2.	Empresas telefónicas.....	59
3.	Desventajas para la implementación de VoIP en Guatemala	59
F.	Usuarios de VoIP en Guatemala.....	59
1.	<i>Carriers</i> de larga distancia.....	60
2.	Corporaciones	61
3.	Clientes particulares.....	62
IV.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	63
A.	Consideraciones en un proyecto de VoIP	63
1.	Análisis de la red de datos existente	63
2.	Análisis de la red de telecomunicaciones existente	65
3.	Requerimientos de QoS y de seguridad	66
4.	Requerimientos de disponibilidad.....	67
5.	Resumen de los distintos análisis.....	68
B.	Flujo de efectivo para un proyecto de adopción de VoIP	69
1.	Estimación de la inversión inicial	69
2.	Estimación de gastos recurrentes	71

3.	Estimación de retornos.....	72
C.	Modelo para el caso de negocios	74
1.	Alcance del proyecto.....	74
2.	Desarrollo del proyecto.....	74
3.	Modelo para el estudio técnico de factibilidad.	75
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
A.	Este estudio describe la tecnología de VoIP hasta la fecha.	81
B.	Alcance de este estudio.....	81
C.	La telefonía IP para llamadas internacionales representa una ventaja económica para muchas organizaciones.	82
D.	El tema de las regulaciones en la tecnología de VoIP es de gran importancia a nivel internacional.....	82
E.	El proyecto de migración a una red de VoIP es económicamente viable y favorable para muchas organizaciones.	82
F.	La adopción de VoIP es una alternativa a la telefonía al momento de considerar crear una nueva red de telecomunicaciones.	83
G.	La VoIP aporta varios beneficios no cuantificables, que favorecen la productividad.	83
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	84
VII.	GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS	88
VIII.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN EXCEL	105
A.	Ventana principal.....	105
B.	Estudio de factibilidad para pequeñas empresas.....	106
C.	Estudio de factibilidad para la migración a VoIP	108
D.	Estudio de factibilidad para la creación de una red convergente.....	121

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Estándares de codificación.....	6
Cuadro 2: Tarifas que ofrecen los operadores más importantes de redes fijas.....	49
Cuadro 3: Tarifas internacionales.....	51
Cuadro 4: Tarifas de llamadas de teléfono a teléfono utilizando servicios de telefonía por Internet.....	52
Cuadro 5: Tarifas de llamadas de PC a teléfono.....	52
Cuadro 6: Fabricantes de equipo de VoIP.....	71

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Conmutadores en una red PSTN.	8
Figura 2: Empresa conectada a la PSTN vía PBX.	9
Figura 3: Señalización SS7 en una red PSTN.	11
Figura 4: Sistema telefónico tradicional.	16
Figura 5: <i>Toll bypass</i>	18
Figura 6: Solución total en IP.	18
Figura 7: Elementos de una red H.323.	21
Figura 8: Componentes de una red de VoIP.	33
Figura 9: Red de VoIP con respaldo de la PSTN.	34
Figura 10: Correspondencia entre el E-Model y MOS.	39
Figura 11: Variación del tiempo de llegada de los paquetes.	40
Figura 12: Crecimiento de la telefonía fija en Guatemala.	48
Figura 13: Representación gráfica de la distribución de líneas fijas por operador de red local en Guatemala.	48
Figura 14: Representación gráfica del tráfico saliente por operador.	50
Figura 15: Representación gráfica del tráfico entrante por operador.	50
Figura 16: Llamada internacional a través de los servicios de telefonía por Internet.	54
Figura 17: Bypass internacional.	56
Figura 18: Conexiones punto a punto para carriers de larga distancia.	60
Figura 19: Enlaces de carriers con VoIP.	60
Figura 20: Estudio de factibilidad en instituciones pequeñas.	76
Figura 21: Estudio de factibilidad en instituciones medianas o grandes con redes existentes.	77
Figura 22: Estudio de factibilidad en instituciones que implementarán una nueva red.	79

RESUMEN

Una de las tecnologías más prometedoras de los últimos años es la voz sobre IP, o VoIP. Su éxito se debe a la reducción de costos y nuevas aplicaciones que ofrece. Este documento propone un método para evaluar la factibilidad de implementar o migrar a este tipo de red. Para justificarlo, en primer lugar se describen los fundamentos técnicos, los beneficios y los retos de la convergencia de redes. Luego, se menciona la situación en Guatemala para esta tecnología, es decir que se discuten las restricciones legales, los servicios de los que se dispone y algunos ejemplos de implementaciones en el país. Finalmente, se presenta un modelo de estudio técnico de factibilidad, en donde, según las características tecnológicas y económicas de la institución interesada en ser evaluada, se genera un análisis financiero que indica la viabilidad de adoptar esta tecnología.

ABSTRACT

One of the most promising technologies of the last years is VoIP, or voice over IP. Its success is due to the cost savings and the new applications it offers. This document proposes a scheme to evaluate the feasibility of implementing or migrating to this technology. To justify this study, first we discuss the fundamentals, the benefits and the technical challenges of network convergence. Then we state the importance and impact of this technology in Guatemala (legal considerations, available services and some examples of implementations in the country). Lastly, we present a model for a technical feasibility study, where according to the technical and economical characteristics of the organization that wants to be evaluated, a financial analysis that indicates if the implementation of this technology is viable or not, is generated.

I. INTRODUCCIÓN

Las redes de voz sobre IP (VoIP por sus siglas inglesas de *Voice over IP*) representan la convergencia de las redes de telecomunicaciones y de datos. Dicha unión favorece económicamente a las organizaciones que la adoptan ya que aprovecha la infraestructura de las segundas para el transporte de voz. Sin embargo, para lograr estos beneficios, es preciso que la organización interesada en implementarla analice su capacidad y sus expectativas ante esta tecnología. Debe considerar de qué infraestructuras de comunicación (de voz y de datos) dispone, el uso que se les da y aspectos tales como Calidad de servicio (también se refiere a este concepto como QoS, por sus siglas inglesas de *Quality of Service*; ambos términos serán utilizados indistintamente a lo largo del documento) y seguridad. En otras palabras, debe realizar un estudio técnico y económico de su caso de negocios.

En este documento, se presenta un modelo de estudio técnico de factibilidad para las instituciones que estén interesadas en adoptar la tecnología de VoIP. El mismo está dirigido a toda persona que desee comprender las implicaciones de la convergencia de las redes de datos y de voz, desde un punto de vista técnico y administrativo. Es importante resaltar que para poder tomar decisiones acerca de la adopción de nuevas tecnologías, los administradores se deben apoyar en los resultados de análisis financieros.

De acuerdo a la investigación realizada, previa a la propuesta de este estudio, no existe una publicación formal para Guatemala que guíe a las organizaciones a planificar y evaluar la factibilidad de embarcarse en un proyecto de tecnología que implique la adopción de VoIP. La información que se presenta fue obtenida de libros, artículos de revistas científicas, publicaciones especializadas de empresas que se dedican a la investigación y a la planificación de proyectos de tecnología, correos electrónicos con proveedores de servicios de telefonía por Internet y entrevistas en instituciones líderes en la adopción de nuevas tecnologías en Guatemala.

En la primera parte del trabajo se detalla el funcionamiento de la tecnología de voz sobre IP y se identifican las ventajas y retos técnicos asociados. Se describen los protocolos, equipos, tipos de implementación más utilizados y se abordan los temas de

Calidad de servicio y seguridad. Seguidamente, se menciona cómo esta tecnología está siendo integrada en las redes inalámbricas y celulares y su importancia en el proyecto de Internet2.

En la segunda parte del documento, se manifiesta la situación de Guatemala ante esta relativamente nueva corriente, es decir, se mencionan los servicios a los que se tiene acceso en el país y se dan algunos ejemplos de implementaciones. También se presentan las regulaciones establecidas y el impacto de tratados internacionales (como el TLC y el Plan Puebla-Panamá) sobre esta tecnología.

Por último, se propone un modelo de caso de negocios que permitirá, a los diferentes tipos de instituciones, determinar la factibilidad de involucrarse en un proyecto de adopción de VoIP. Esta parte del documento, que es en sí el modelo para el estudio técnico de factibilidad, se apoya en la información presentada en las dos primeras secciones y, a través de un análisis financiero implementado sobre una hoja de cálculo en Excel, presenta los resultados del estudio.

Con este trabajo se busca continuar con la característica pionera de la Universidad del Valle de Guatemala, que ha logrado impulsar la implementación de nuevas tecnologías en el país, tal y como lo ha sido el Internet. Se espera que este documento sirva de guía y motivador para estudios posteriores del tema, ya sean técnicos, económicos, legales o específicos a ciertas regiones, sectores o instituciones.

II. FUNDAMENTOS DE VOIP

Debido a la influencia de la telefonía tradicional sobre las redes de VoIP, antes de presentar los fundamentos técnicos de esta tecnología, se mencionará brevemente la estructura y el funcionamiento de la primera. Luego, se procederá a explicar la segunda, los protocolos que involucra, el equipo necesario para su implementación y su relación con nuevas tecnologías.

Posteriormente, se discutirán los beneficios que, para muchas organizaciones, la convierten en una opción más atractiva y rentable que la telefonía tradicional. Por último se señalarán los retos técnicos que deben ser resueltos para que las redes de VoIP alcancen la calidad y aceptación de las redes telefónicas convencionales.

A. Estandarización

Antes de discutir los fundamentos teóricos y técnicos de la VoIP, es importante mencionar los dos organismos internacionales más influyentes en la estandarización y regulación de protocolos para telecomunicaciones y redes de datos: la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y el Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet (IETF por sus siglas inglesas de *Internet Engineering Task Force*).

En primer lugar, la UIT, que forma parte de las Naciones Unidas, es el organismo que se encarga de estandarizar y regular la radio y las telecomunicaciones. Dentro de este ente, está el sector de normalización de las telecomunicaciones, conocido como UIT-T, que se especializa en los estándares para las telecomunicaciones.

Los estándares internacionales producidos por la UIT-T son agrupados en lo que se conoce como Recomendaciones. Para este documento, las dos más relevantes son: la Recomendación G, que trata de los sistemas y medios de transmisión y de los sistemas y redes digitales y la Recomendación H, que trata de los sistemas audiovisuales y multimedia.

De la misma manera que la UIT ha sido influyente en la creación de estándares para la telefonía, el IETF ha encabezado la estandarización para las redes de datos. Su enfoque principal en la actualidad son las redes IP, que son precisamente la base de la tecnología que se discute en el presente documento. Para más información, referirse al sitio web de la UIT-T: <http://www.itu.int/ITU-T/> y al de la IETF: <http://www.ietf.org/>.

B. Telefonía tradicional

Debido a la ubicuidad de la red telefónica tradicional, para ser aceptado, el nuevo paradigma de telefonía sobre IP debe interactuar y ser equivalente al anterior. En esta sección se realiza una breve descripción del funcionamiento de la red telefónica conmutada, o PSTN (por sus siglas inglesas de *Public Switched Telephone Network*), y de su servicio telefónico, POTS (por sus siglas inglesas de *Plain Old Telephone Service*).

1. Inicios de la PSTN. Es importante discutir los inicios de la PSTN para entender cómo ha evolucionado hasta llegar al estado en el que se encuentra actualmente, estado desde donde es capaz de proveer gran calidad de servicio y llevarlo a cualquier punto del planeta.

La primera transmisión de voz, realizada por Alexander Graham Bell, se remonta a 1876, en donde un cable físico conectaba dos dispositivos. No había marcación de números ni sonido que avisara que una llamada estaba entrando. En este diseño, en donde la transmisión era de sólo una vía, únicamente un usuario podía hablar a la vez (Davidson, y Peters, 2000:5).

El esquema evolucionó y pasó a ser una transmisión de voz de dos vías, en donde ambos usuarios podían hablar. Sin embargo, seguía requiriéndose un cable físico entre las localidades a las que el usuario quería llamar; el concepto de marcar un número para alcanzar un destino aún no existía. Debido a las preocupaciones de costo y a la imposibilidad de cablear físicamente a todos los teléfonos, otro mecanismo fue desarrollado. Este podía conectar cualquier pareja de teléfonos a través de un dispositivo llamado conmutador. De esta manera, los usuarios sólo necesitaban un cable a la oficina

del conmutador central para poder comunicarse a cualquier otro teléfono (Davidson, y Peters, 2000:5).

Al principio, un operador humano actuaba como conmutador y su trabajo era preguntar a los que llamaban con qué teléfono se deseaban comunicar y, manualmente, conectaba ambos caminos de voz. Ahora, aproximadamente cien años después, el conmutador humano ha sido reemplazado por conmutadores electrónicos (Davidson, y Peters, 2000:7). La infraestructura telefónica utilizada hoy en día será detallada más adelante.

2. Representación digital de la voz. Sin embargo, no solamente la infraestructura para la transmisión de voz ha evolucionado sino que también la forma de transmitir la comunicación. Como se mostrará en los siguientes párrafos, la transmisión de la voz ha pasado de ser análoga a digital.

A pesar que la comunicación análoga es ideal para la interacción humana, ya que los sonidos que el oído percibe están en este formato, no es robusta ni eficiente para recuperarse del ruido, que es una interferencia causada, generalmente, por estática en la línea de voz. En las primeras redes telefónicas, la transmisión análoga ocurría a través de amplificadores para alzar la señal. Sin embargo, esta práctica no sólo amplificaba la voz, sino también el ruido de la línea, lo cual volvía inutilizable la conexión.

Esta desventaja de la comunicación análoga, fue la principal causa de que la red telefónica migrara a una representación digital. En este tipo de comunicación, el ruido no es problema ya que los repetidores no sólo amplifican la señal sino que también la limpian, de manera que llegue a su condición original (Davidson, y Peters, 2000:8). Esto es posible porque las comunicaciones digitales están basadas en 1 y 0.

Al dispositivo que muestrea el sonido análogo y lo convierte en bits digitales se le conoce como *codec*. Su nombre es una abreviatura de codificador-decodificador o de compresor-descompresor. En el siguiente cuadro, basado en la Tabla 2.2 del libro *Configuring Cisco Voice Over IP* (Sinclair, et al., 2002), se listan algunos de los estándares de codificación más importantes de la UIT.

Cuadro 1: Estándares de codificación.

Estándar UIT	Descripción	Ancho de Banda (Kbps)
G.711	PCM	64
G.726	ADPCM	32
G.728	LD-CELP	16
G.729	CS-ACELP	8
G.729 a	CS-ACELP	8
G.723.1	MP-MLQ	6.3
G.723.1	ACELP	5.3

El estándar G.711, conocido como Modulación por Impulsos Codificados (o PCM por sus siglas inglesas de *Pulse Code Modulation*), es el método más utilizado en la red telefónica para codificar señales análogas de voz, en un flujo digital.

El proceso es el siguiente: primero se colocan las ondas análogas a través de un filtro de frecuencia de voz para descartar cualquier frecuencia que sobrepase los 4,000Hz; de esta manera se limita la cantidad de interferencia en la red de voz. Luego se realiza un muestreo de 8,000 veces por segundo (8KHz) para determinar las amplitudes instantáneas de la señal análoga en intervalos fijos. Finalmente se toman 8 bits por muestra, dando como resultado una señal digital de 64 Kbps de alta calidad. Cabe mencionar que la base de la infraestructura telefónica es de 64 Kbps.

Otro método de compresión es el DPCM (por sus siglas inglesas de *Differential Pulse Code Modulation*), que se apoya en los patrones vocales para predecir el valor de la siguiente muestra, a partir de las anteriores. De esta manera, no se cuantifica la señal PCM directamente, sino la diferencia entre las señales predichas y las recibidas (Sinclair, *et al.*, 2002:66).

Mejoras a esta técnica pueden ser realizadas si se logra adaptar el algoritmo según las características de la voz codificada, para minimizar el error de predicción. ADPCM (por sus siglas inglesas de *Adaptive Differential Pulse Code Modulation*) utiliza esta optimización, resultando en una tasa de transmisión de 32 Kbps (lo que duplica la capacidad del canal ya que se utiliza la mitad del ancho de banda que con PCM) (Sinclair, *et al.*, 2002:66).

3. Infraestructura telefónica. En el apartado anterior, se discutió someramente la evolución de la red telefónica y algunos procesos de digitalización de la voz. En esta división se describen los componentes y el equipo que proveen la infraestructura necesaria para la PSTN. Como se verá más adelante, en las redes de VoIP se tienen dispositivos equivalentes para proveer la misma funcionalidad de la telefonía tradicional.

Antes de describir estos componentes, cabe mencionar que la infraestructura telefónica comienza con un par de cables de cobre que conecta a cada teléfono. Este cableado físico se conoce como bucle local (en la documentación inglesa se refiere a este término como *local loop*), y por medio de él, la línea telefónica conecta un teléfono al conmutador de la oficina central, también conocido como conmutador Clase 5 (Davidson, y Peters, 2000:10).

a. Conmutadores. Los conmutadores son el pilar de la PSTN y generalmente están implementados en jerarquías (ver Figura 1). El término que se utiliza para referirse al camino de comunicación lógico basado en circuitos, entre varios conmutadores, es *trunk* (Walker, y Hicks, 2004).

Como se mencionó anteriormente, para conectar un teléfono a la PSTN, el primer punto de entrada es un conmutador Clase 5, usualmente operado por compañías telefónicas locales. Lo que este dispositivo hace es recibir, de forma análoga, una entrada de la conexión telefónica y digitalizarla para su transmisión al siguiente conmutador dentro de la PSTN, a través de las líneas del *trunk* (Walker, y Hicks, 2004).

Otro tipo de conmutador que la señal digital encuentra es conocido como conmutador tándem u oficina tándem (este es un término que en telefonía se refiere a la conexión en serie de circuitos o redes). Generalmente es operado por una compañía de larga distancia y transporta volúmenes masivos de llamadas por lo que está diseñado para ser muy escalable y confiable (Walker, y Hicks, 2004).

Figura 1: Conmutadores en una red PSTN.

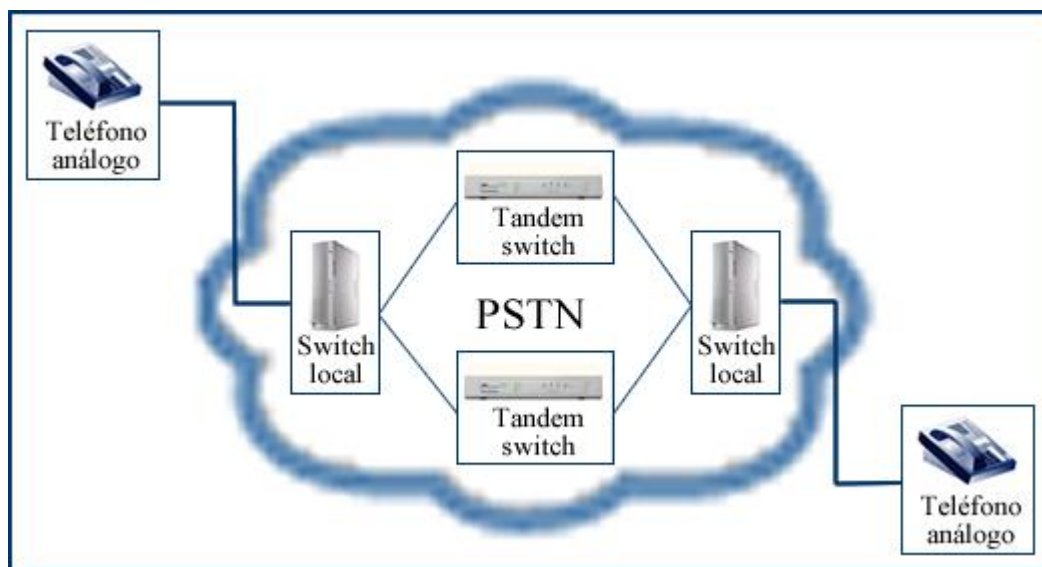


Diagrama basado en la Figura 1.3 del libro *Taking Charge of Your VoIP Project* (Walker, y Hicks, 2004)

La comunicación entre los conmutadores de la PSTN generalmente se lleva a cabo a través de los siguientes medios de transmisión:

- Enlaces T1/E1 sobre par trenzado (T1 es un enlace de transmisión digital de 1.544 Mbps normalmente utilizado en Norte América y Japón. E1 es un enlace de transmisión digital de 2.048 Mbps normalmente utilizado en Europa).
- Enlaces T3/E3 sobre cable coaxial (T3 transporta 28 enlaces T1, es decir 672 conexiones de 64 Kbps y llega a 44.736 Mbps. E3 transporta 16 enlaces E1, es decir 512 conexiones de 64 Kbps y llega a 34.368 Mbps).
- Enlaces T4 sobre cable coaxial (T4 maneja 168 circuitos T1, es decir que llega hasta 274.176 Mbps).
- Enlaces T3 y T4 sobre microondas.
- Enlaces SONET sobre fibra óptica (SONET normalmente se implementa con tasas de 155.52 Mbps, 622.08 Mbps y 2.488 Gbps).

b. PBX. Los sistemas telefónicos residenciales deben asignar una línea telefónica externa para cada usuario. En cambio, los sistemas de conmutación PBX (por sus siglas inglesas de *Private Branch Exchange*) permiten compartir un número limitado de líneas externas (conocidas como *trunk lines*), lo que provee ahorros en llamadas a las compañías que los utilicen. Varias corporaciones conectan sus PBX por medio de líneas de acoplamiento (en la documentación inglesa se refiere a este término como *tie lines*), lo que permite a los usuarios realizar llamadas entre ellos sin colocarlas en la PSTN (Walker, y Hicks, 2004).

Los PBX son la base de la mayoría de las redes de voz corporativas (en la Figura 2 se muestra un PBX dentro de una red telefónica empresarial). En este tipo de ambiente, la red debe servir a varios usuarios que necesitan algunas funciones avanzadas, como correo de voz, identificación de llamadas, transferencia de llamadas, *call forwarding*, *follow me*, llamada en espera y servicios de directorio (Walker, y Hicks, 2004). Los servicios mencionados en este párrafo serán explicados más adelante.

Figura 2: Empresa conectada a la PSTN vía PBX.

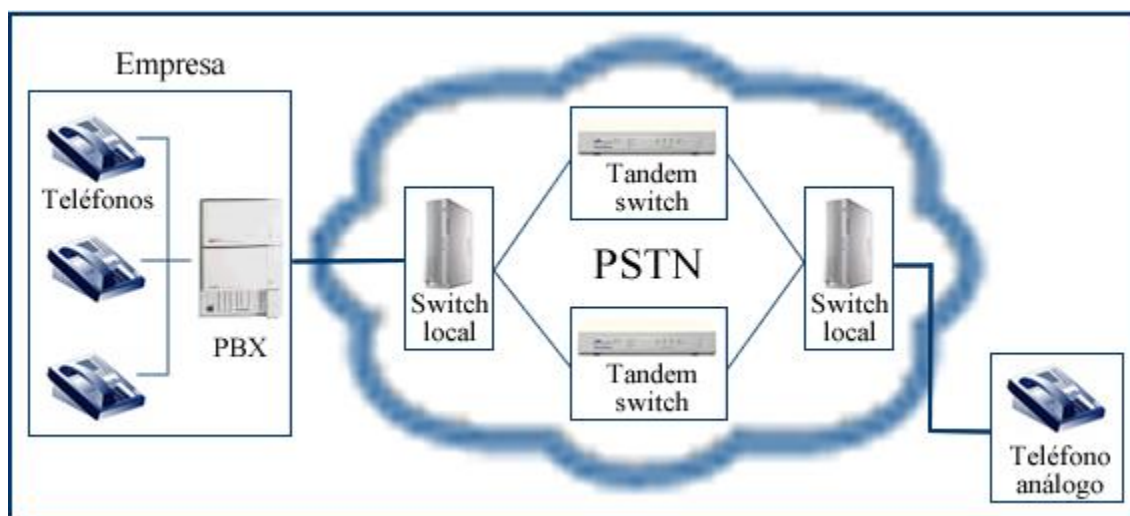


Diagrama basado en la Figura 1.4 del libro *Taking Charge of Your VoIP Project* (Walker, y Hicks, 2004)

c. Teléfonos. Los teléfonos que se conectan a la PSTN pueden ser análogos o digitales. Los teléfonos análogos son los que se conectan a través de líneas telefónicas tradicionales. Los digitales son los que se conectan a un PBX (Walker, y Hicks, 2004).

4. Señalización. Señalización es la acción de coordinar los dispositivos necesarios para el establecimiento de una llamada. En este apartado, se presentan los tipos de señalización en la red PSTN que permiten la comunicación a través de los dispositivos mencionados anteriormente. No se profundizará en este tema ya que no forma parte del objetivo del presente estudio. Su exposición servirá como punto de referencia cuando se explique la señalización en las redes VoIP.

a. Señalización entre el usuario final y la PSTN. Generalmente, los usuarios se conectan a la PSTN ya sea de forma análoga, o bien a través de la red digital de servicios integrados (ISDN por sus siglas inglesas de *Integrated Services Digital Network*).

La técnica más común de señalización para la comunicación análoga es la marcación por tonos (DTMF por sus siglas inglesas de *Dual Tone Multi-Frequency*). En este método se envían, a través del camino de la voz, tonos de distinta frecuencia relacionados con los dígitos pulsados en el teclado del teléfono (Davidson, y Peters, 2000:12). De esta manera, los tonos llegan al conmutador de la oficina central, en donde son descodificados y los dígitos marcados son identificados.

Por otra parte, ISDN utiliza otro método de señalización en donde ésta se transporta en un canal diferente al de la voz. El canal sobre el que la voz es transportada se conoce como portador (se conoce como canal B, debido a la palabra inglesa *bearer*) y es de 64 Kbps. El canal sobre el que las señales son transportadas se conoce como canal de datos (o canal D) y es de 16 Kbps.

b. Señalización entre los conmutadores de la PSTN. Cuando se realiza una llamada telefónica, los protocolos de señalización buscan la ruta hacia la persona llamada, establecen la conexión entre conmutadores y las liberan luego de terminar la llamada (Walker, y Hicks, 2004).

El método conocido como *Signaling System 7 (SS7)* es el estándar de la UIT para señalización. Este define que la señalización no ocurre en el mismo camino que la llamada. La ventaja al separar los caminos de señalización y de transporte es que se libera la actividad de la red durante los períodos de congestión (Carden, 2000). A continuación se muestran los componentes de una red SS7.

Figura 3: Señalización SS7 en una red PSTN.

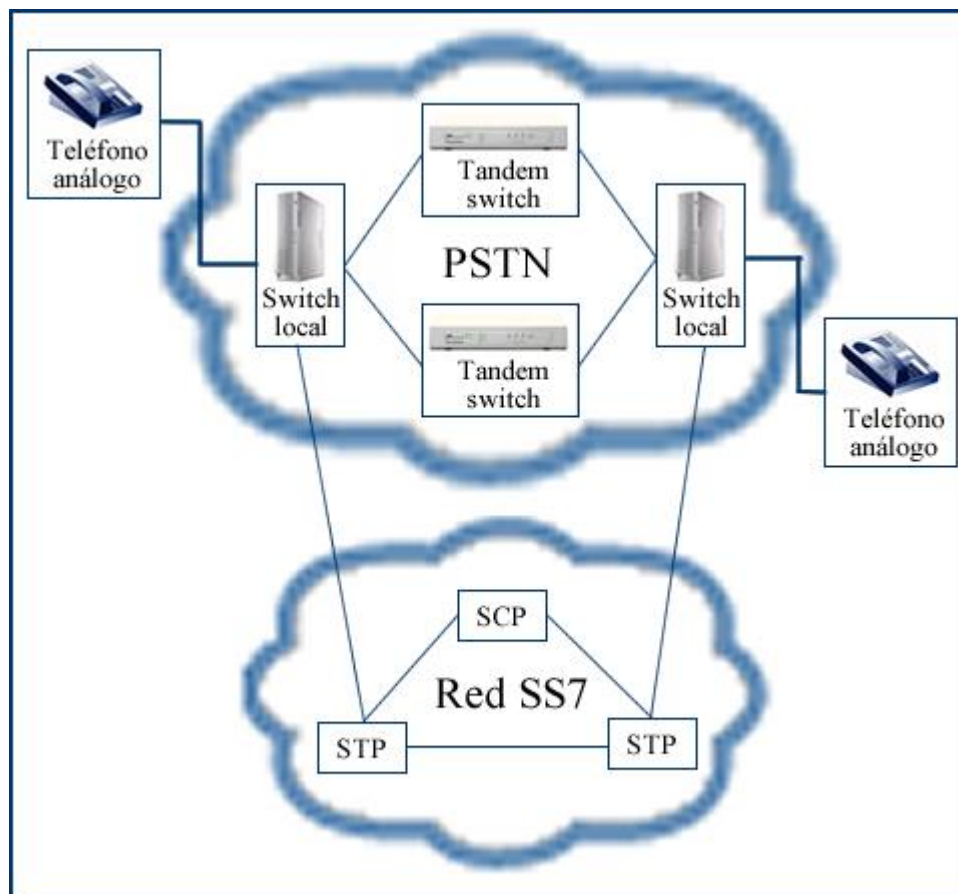


Diagrama basado en la Figura 1.5 del libro *Taking Charge of Your VoIP Project* (Walker, y Hicks, 2004)

Los dos componentes clave de la red SS7 son el punto de transferencia de la señal (STP por sus siglas inglesas de *Signal Transfer Point*), que provee el encaminamiento de los mensajes de señalización a través de la red SS7 y el punto de control de la sesión (SCP por sus siglas inglesas de *Session Control Point*) que provee opciones de administración (Walker, y Hicks, 2004).

Los STP se comunican con los conmutadores locales y tándem para reservar capacidad entre los conmutadores que se encuentran en el camino de los interlocutores. Luego que la llamada termina, los STP se vuelven a comunicar con los conmutadores para liberar las conexiones reservadas y habilitarlas para otras llamadas (Walker, y Hicks, 2004).

Los SCP son sistemas que proveen acceso a bases de datos para información adicional de encaminamiento. De esta manera, una de las ventajas que se logran es mantener los números telefónicos aunque se cambie de compañía telefónica. Esto significa que los números ya no están asociados permanentemente a un puerto físico de un conmutador, sino que es el SCP quien indica por dónde debe ser encaminada la llamada (Carden, 2000).

5. Servicios y aplicaciones de la PSTN. A continuación se presentan algunos servicios de los que se dispone hoy en día con la red de telefonía tradicional:

a. Llamada en espera (*call waiting*). Permite recibir una segunda llamada, diferente de la que ya se está atendiendo.

b. Transferencia de llamadas. Esta función permite mover una llamada en proceso de un teléfono a otro.

c. *Call forwarding*. Este servicio redirige temporalmente y de forma automática las llamadas entrantes para que puedan ser recibidas en otro teléfono.

d. *Follow me*. Este servicio permite seleccionar un teléfono alternativo temporal para recibir las llamadas redirigidas. Es una versión del anterior, pero configurándolo desde la extensión de destino.

e. Llamadas tripartitas. Este es el servicio de conferencias, en donde varias personas participan en una misma llamada.

Con la implementación de la red SS7, se tienen servicios adicionales, a través de lo que se conoce como *Intelligent Network*. Por ejemplo recuperar llamadas perdidas (*69), bloquear llamadas (no admitir llamadas de números específicos), identificación de

llamadas y llamadas automáticas, que permiten poner en pausa el último número marcado si una señal de ocupado es recibida y establecer el contacto cuando la línea se libere (Davidson, y Peters, 2000:16).

6. Telefonía empresarial. Hasta el momento, se han discutido los fundamentos y generalidades de la telefonía tradicional. En este apartado, se presta atención a la telefonía empresarial. A pesar de compartir ciertas características con la PSTN, este sistema telefónico orientado a negocios, difiere en ciertos aspectos que serán detallados a continuación. El motivo por el que se discute este tema es por su relación con lo que más adelante se definirá como Telefonía IP.

En primer lugar, la similitud entre la PSTN y la telefonía empresarial radica en que ambas se basan en la conmutación de circuitos de 64 Kbps, en modelos de infraestructura común, en el bucle local y en los servicios ofrecidos. Sin embargo, su principal diferencia es la escala de operación. Mientras que la PSTN utiliza conmutadores Clase 5 que soportan cientos de miles de bucles locales, la telefonía empresarial utiliza PBX que soportan de cinco a algunos cientos de bucles locales (Davidson, y Peters, 2000:35).

Otra diferencia entre estas redes es la señalización que se lleva a cabo en cada una. En la PSTN se utilizan estándares (desarrollados por los cuerpos industriales como SS7 e ISDN), sin embargo, los fabricantes de PBX utilizan protocolos propios que permiten a sus PBX intercomunicarse y proveer servicios únicos (Davidson, y Peters, 2000:36). Esta falta de estandarización entre los protocolos utilizados generalmente obliga a las empresas a utilizar una sola marca de PBX, para evitar problemas de compatibilidad en los sistemas existentes.

7. Desventajas de las redes PSTN. A pesar de la evolución y mejoras en la red telefónica tradicional, ésta aún tiene ciertas desventajas que hacen más atractiva la posibilidad de transmitir voz sobre las redes de datos. En el siguiente apartado se mencionarán algunos de los puntos en contra de esta tecnología.

En primer lugar, la PSTN no puede crear nuevas funciones rápidamente. Ante la creciente competencia en el mercado de las telecomunicaciones, los proveedores de

telefonía deben brindar nuevas aplicaciones, atractivas y rentables para los usuarios. Sin embargo, la PSTN está construida sobre una infraestructura en la que sólo los fabricantes de equipo desarrollan las aplicaciones para sus productos. Una infraestructura más abierta, facilitaría a los fabricantes soluciones y aplicaciones más creativas (Davidson, y Peters, 2000:20).

También es importante notar que cada llamada telefónica requiere un circuito dedicado y permanente de 64 Kbps. Esto significa que la compañía telefónica no puede utilizar este ancho de banda para otros propósitos. Como se explicará más adelante, esto es una gran desventaja frente las redes voz basadas en paquetes, ya que estas aprovechan mejor el ancho de banda.

Por otra parte, cabe mencionar que los datos han alcanzado a la voz como el tráfico primario en varias redes que fueron construidas inicialmente para transportar voz. Sin embargo, estas comunicaciones tienen diferentes requerimientos y características de transporte. Debido a la utilización variable y a la mayor necesidad de ancho de banda para las redes de datos, la arquitectura construida para voz no es lo suficientemente eficiente para su transporte. Es por ello que se está buscando aprovechar las redes de alta capacidad construidas para datos (como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet y las redes ópticas) para transportar tráfico de voz adicional.

En conclusión, se puede decir que la PSTN ofrece varios servicios a los subscriptores y su utilización es crítica para la operación de pequeñas, medianas y grandes empresas. Sin embargo, muchos de sus clientes están confiando cada vez más en la flexibilidad y valor de las redes de datos, entre ellas el Internet, para el transporte de voz.

C. Introducción a la VoIP

Una vez conocidos los fundamentos y servicios que provee la red telefónica tradicional, se puede abordar el tema de voz sobre IP. Dentro de las generalidades que cubre esta sección, se encuentran, la definición de la tecnología en cuestión, la comparación entre las redes basadas en circuitos (como la PSTN) y las redes basadas en

paquetes (como la VoIP) y los tipos de implementación más comunes en donde se adopta esta solución.

1. Definición. El interés por integrar las redes de datos y de voz ha dado como resultado varias soluciones. Entre ellas, se encuentran voz sobre ATM, voz sobre Frame Relay y voz sobre IP. Las dos primeras implementaciones pertenecen a la capa 2 del modelo OSI, mientras que la última pertenece a la capa 3. Esto le da más ventajas que a las dos anteriores ya que le permite encaminamiento y además puede ser transportada sobre Internet o cualquier infraestructura de red, incluyendo ATM y Frame Relay.

En pocas palabras, se puede definir la voz sobre IP, o VoIP, como la transferencia de conversaciones de voz, en forma de paquetes de datos comprimidos, sobre una red IP.

2. Comparación entre las redes basadas en circuitos y las redes basadas en paquetes. En este apartado se discuten las diferencias entre las redes basadas en circuitos (en la documentación inglesa se refiere a ellas como *circuit-switched networks*) y las redes basadas en paquetes (a las que se refiere como *packet-switched networks* en la literatura inglesa).

La primera diferencia es el transporte del tráfico de voz. Las comunicaciones basadas en circuitos pueden ser clasificadas como redes TDM que dedican canales, reservando ancho de banda conforme se vaya necesitando. El problema de reservar un canal para cada conversación es la ineficiencia en la utilización de recursos. En cambio, en las redes basadas en paquetes, los recursos de la red no son invariantes durante la comunicación. Es por ello que, como se explicará en la sección II.J.6 de Calidad de servicio, es necesario asegurar que los paquetes de las aplicaciones de VoIP no sean afectados por otros flujos de tráfico.

Por otra parte, en las redes basadas en paquetes, los datos, así como la voz, se envían, como su nombre lo indica, por medio de paquetes que pueden ir escogiendo entre diferentes caminos, ya que contienen las direcciones de origen y destino. De esta manera, en caso de falla en una de las conexiones, el paquete puede ser encaminado por otra vía para llegar a su objetivo. En la red telefónica tradicional, no se incluye la dirección de

destino en la señal y la transmisión debe seguir un camino específico (Kelly, 2005:9). En este tipo de red, si una línea falla, no hay manera de llevar a cabo la comunicación.

3. Implementaciones de VoIP. El primer producto comercial en el que se aplicó la VoIP salió al mercado en 1995, y se trataba de un teléfono de software para Internet de la compañía VocalTec (Koistinen, y Haeggström, 1998). Esto hizo posible la comunicación de voz entre dos computadoras personales (o PC por sus siglas inglesada de *Personal Computer*) sobre una red IP. Luego, varios otros paquetes de software fueron lanzados al mercado. Actualmente, la voz sobre IP es aplicada con teléfonos o con computadoras personales, lo que permite varios modos de operación: de PC a PC, de PC a teléfono y de teléfono a teléfono. En este apartado se presentan algunas de las implementaciones más utilizadas para redes VoIP.

Antes de discutir las arquitecturas más comunes de VoIP, se muestra un ejemplo de la implementación de un sistema telefónico tradicional. Este servirá de referencia para comprender cómo ambas tecnologías de telefonía se relacionan e interactúan.

Figura 4: Sistema telefónico tradicional.

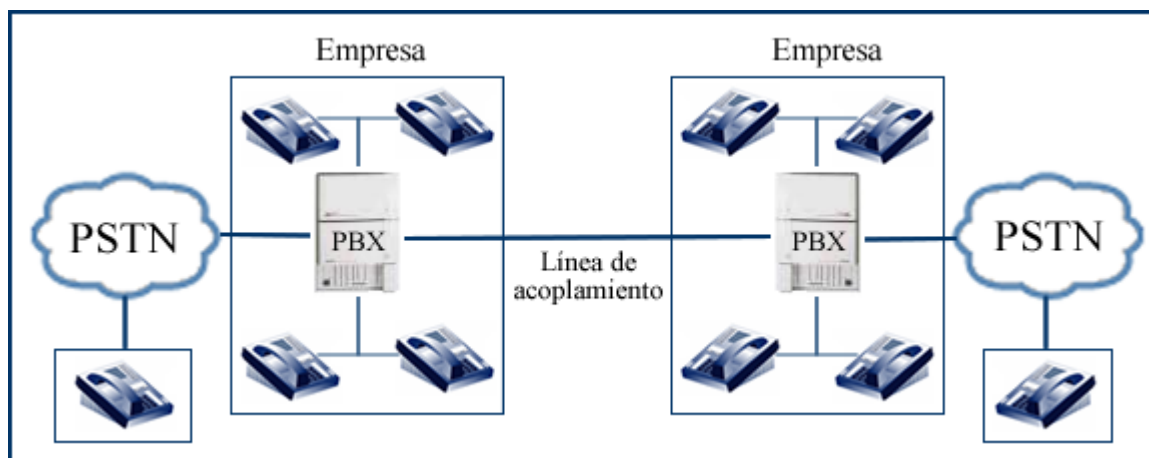


Diagrama basado en las figuras del artículo *Building Voice over IP* (Carden, 2000)

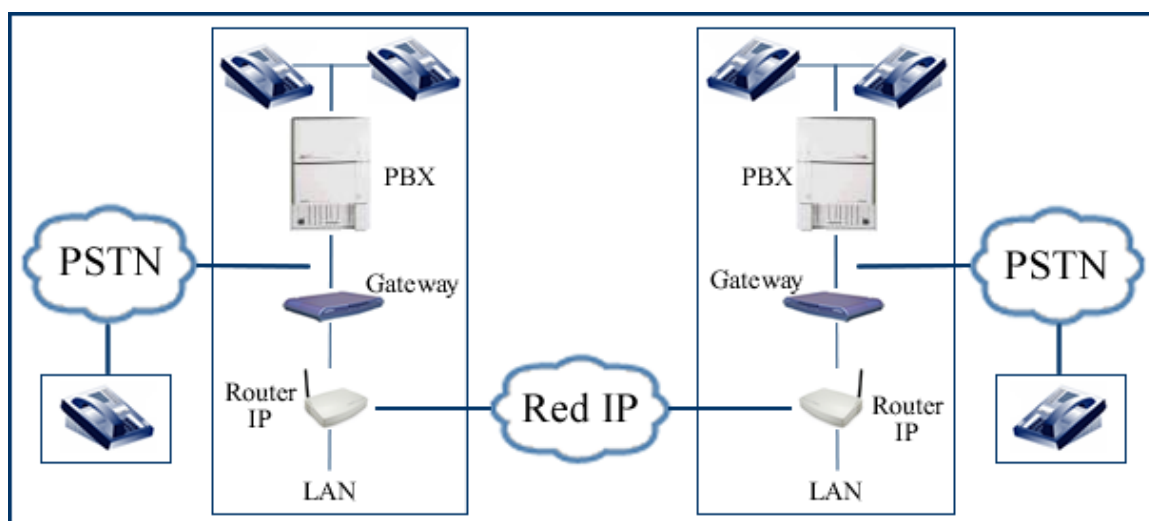
La primera forma de implementación de VoIP se conoce como *toll bypass* que busca evitar el paso por la PSTN (y por lo tanto los cargos de llamada correspondientes), utilizando redes de datos para transportar conversaciones de voz (Sinclair, *et al.*, 2002:6). En esta implementación, como lo ejemplifica la Figura 5, se substituye la línea de

acoplamiento que conecta una pareja de PBX, por una red IP. Es decir, una llamada que se origina desde un teléfono en la LAN de una compañía, es encaminada a través del *gateway* de VoIP (a lo largo del documento este término se referirá a las puertas de enlaces entre redes de telefonía y redes IP), luego atraviesa la red IP (ya sea nacional o internacional) y finalmente es encaminada hasta llegar a su destino (Carden, 2000).

Una ventaja adicional con el *toll bypass* es que para realizar llamadas internacionales dirigidas fuera de la red de la compañía, se puede contratar un servicio de telefonía que, a través de un operador autorizado, reciba la llamada como paquetes de voz y, por medio de un *gateway*, se encargue de colocarla en la PSTN del país destino. De esta manera, en vez de realizar una llamada de larga distancia, se realiza una llamada local, puesto que es colocada en la red telefónica hasta que llega al país destino. Estos servicios ayudan a reducir significativamente los costos de telefonía de la corporación. Cabe mencionar que en muchos países y dadas ciertas circunstancias, esta práctica no es considerada legal (esto será detallado en el siguiente capítulo).

Para tener acceso a estos servicios de llamadas internacionales, es necesario adquirir teléfonos IP o conectar los teléfonos análogos a adaptadores telefónicos (ATA, por sus siglas inglesas de *Analog Telephony Adapter*), que son dispositivos con un puerto Ethernet y uno o más puertos telefónicos y cuya función es traducir los pulsos eléctricos del teléfono a paquetes IP. Las compañías más importantes que ofrecen dichos servicios de telefonía, a través de Internet son: AT&T CallVantage, BroadVoice, Global Village, Lingo, Verizon VoiceWing y Vonage.

Otra implementación de VoIP es la solución total IP (ver Figura 6), donde todos los dispositivos del usuario final (teléfonos IP de hardware o *softphones*) se conectan a la red local, generalmente a través del estándar Ethernet. En este diseño, se requiere de un servidor de telefonía IP para proveer la funcionalidad de un PBX tradicional. Cuando los dispositivos IP se comunican entre ellos, utilizan la red IP, y solamente las llamadas fuera de la red utilizan el *gateway* para conectarse con la PSTN (Carden, 2000).

Figura 5: *Toll bypass*.

Toll Bypass

Diagrama basado en las figuras del artículo *Building Voice over IP* (Carden, 2000)

Figura 6: Solución total en IP.

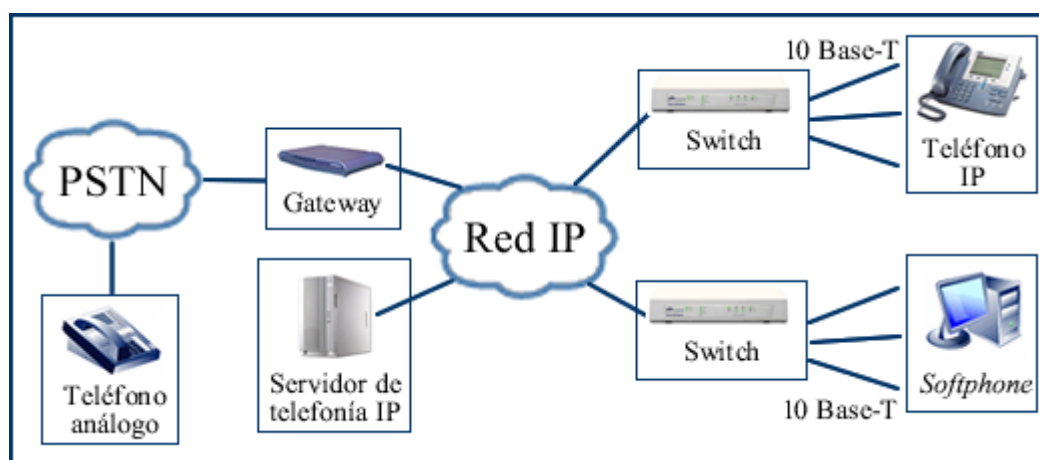


Diagrama basado en las figuras del artículo *Building Voice over IP* (Carden, 2000)

La tercera implementación es la solución convergente, que es la más rentable para aquellas organizaciones que deseen adoptar la voz sobre IP pero que aún no estén dispuestas a descartar los sistemas tradicionales de voz o a modificar el cableado existente. En esta solución, se hace una mejora del PBX, para permitir a los teléfonos tradicionales ser presentados como puntos de telefonía IP a redes externas y para poder integrar productos de telefonía IP. Esta es posiblemente la estrategia más utilizada para

VoIP ya que no involucra entrenamiento extensivo ni la obsolescencia repentina de infraestructura y equipo (Carden, 2000).

Por último, para algunas empresas la alternativa más barata para adoptar VoIP, es la utilización de los servicios gratuitos de PC a PC, como los provistos por Skype y NetMeeting; o los servicios de llamadas internacionales de bajo costo de PC a teléfono como: Dialpad, Net2Phone y Skype. Sin embargo, estas son soluciones para pequeñas compañías ya que la falta de confiabilidad y de seguridad de la voz sobre el Internet no es una opción para muchas empresas (Carlson, 2004). Además, para poder utilizar las soluciones de PC a PC, se debe convencer a ambos interlocutores de adquirir el mismo software.

D. Telefonía IP

Muchas veces se utilizan los términos VoIP y Telefonía IP indistintamente. Como se verá más adelante, su diferencia radica en el alcance de la llamada telefónica. La telefonía IP, que es una aplicación de VoIP, busca crear sistemas telefónicos que ofrezcan las características de los sistemas PBX tradicionales (Abbasi, 2003). Es decir que provee una funcionalidad similar a la de la telefonía empresarial, definida en la sección II.B.6 de este documento.

Para comprender la diferencia entre estos conceptos, es necesario explicar cómo se conectan los teléfonos IP a la red de la corporación. Al igual que las PC, estos dispositivos, tienen una tarjeta NIC (*Network Interface Card*) incorporada para obtener una dirección física (conocida como dirección MAC por sus siglas inglesas de *Media Access Control*) dentro de una LAN. Por otra parte, para administrar todas las llamadas, se debe tener un servidor con una base de datos que almacene todas las direcciones MAC correspondientes a las extensiones de los teléfonos IP (Kelly, 2000:10).

Cuando se realiza una llamada con telefonía IP, primero se marca el número telefónico, y las señales son empaquetadas y enviadas al servidor de llamadas, en donde se resuelve la dirección MAC del teléfono de la persona llamada. Luego, se establece una

conexión virtual entre los entes involucrados y de esta manera se puede llevar a cabo la comunicación (Kelly, 2000:11).

El proceso varía cuando se realiza una llamada a otra LAN. En este caso, la llamada se inicia de la misma manera pero en vez de que el servidor la envíe a un conmutador de la LAN, la dirige al dispositivo fronterizo que conecta la LAN de telefonía IP a la WAN de la compañía. Es en este punto en el que la telefonía IP pasa a ser VoIP (Kelly, 2000:12).

Este dispositivo fronterizo está programado para volver a empaquetar la llamada y codificar los paquetes de VoIP, que son más largos que los de telefonía IP, con la información adicional necesaria, tal como la dirección para la LAN destino (Kelly, 2000:13). Una vez los paquetes llegan a la LAN, el dispositivo fronterizo reenvía los paquetes de VoIP, ya reducidos a paquetes de telefonía IP, al servidor que maneja los servicios de telefonía, que a su vez indica la dirección del teléfono IP destino en la LAN.

E. Protocolos de señalización en VoIP

Realizar una llamada de VoIP implica dos fases. La primera es el establecimiento de la llamada y la segunda es la conversación en sí. A lo largo de las siguientes dos secciones se describirán algunos de los protocolos que se requieren en ambas fases. En este apartado, se discuten los protocolos de señalización y en el siguiente, los de transporte. Pero antes, hay que recordar que en el protocolo IP se transportan principalmente dos tipos de tráfico: UDP (*User Datagram Protocol*) y TCP (*Transmission Control Protocol*). En general, se utiliza TCP cuando se necesita una conexión confiable y UDP cuando se requiere simplicidad.

Los dos protocolos más importantes de señalización y de control de llamadas para las redes de voz sobre IP son: el protocolo H.323, que es el más antiguo y utilizado, y el protocolo SIP, que es más reciente y simple. Otros protocolos, menos conocidos, que se discutirán en esta sección son: SGCP, MGCP y MeGaCo.

1. H.323. Este es un conjunto de estándares que definen los componentes, protocolos y procedimientos necesarios para proveer comunicación multimedia (audio, video y datos) sobre redes de datos no confiables, como las redes IP. Las capacidades de video son opcionales y no serán tratadas en este estudio.

Se trata de un estándar bastante complejo que trabaja sobre los protocolos de transporte UDP y TCP. El protocolo UDP es utilizado para transportar audio, video y paquetes de registro, mientras que el protocolo TCP (la parte confiable de la comunicación) es utilizado para transmitir datos y paquetes de control en la señalización de llamadas.

En la siguiente figura, se ilustran los elementos del sistema H.323. Estos incluyen terminales, *gateways*, *gatekeepers* (a lo largo del documento, este término se referirá a los dispositivos de administración de llamadas en redes H.323) y unidades de control (MCU por sus siglas inglesas de *Multipoint Control Units*).

Figura 7: Elementos de una red H.323.

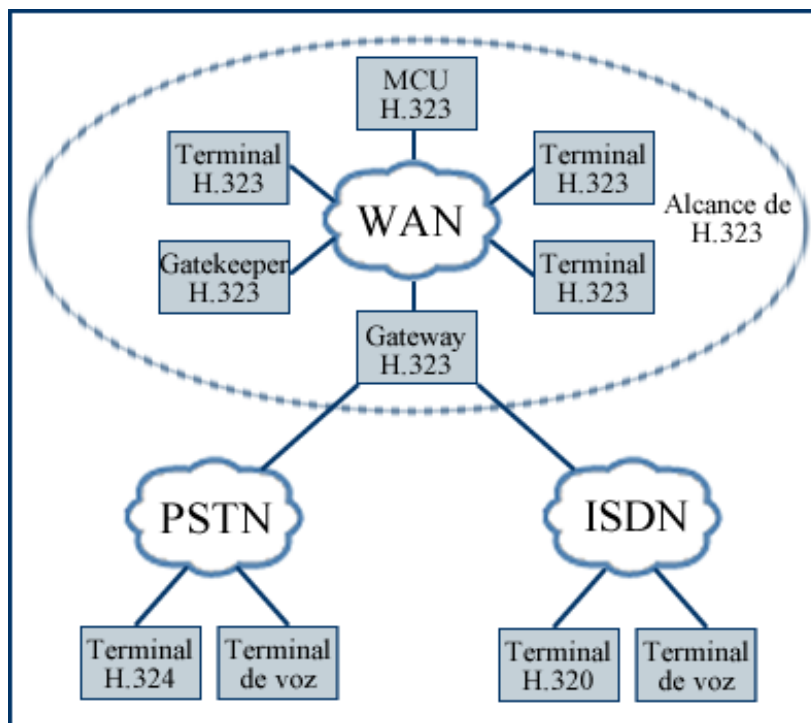


Diagrama basado en la Figura 10-1 del libro *Voice over IP Fundamentals* (Davidson, y Peters, 2000)

Las terminales proveen conferencias punto a punto y multipunto para audio y opcionalmente video y datos. Debido a que el audio es el servicio mínimo provisto por el estándar H.323, todas las terminales que lo utilicen deben tener soporte para al menos un *codec* de audio. También deben soportar los protocolos H.245 (para negociar el uso del canal), H.225 (para establecimiento de la llamada y control de toda la señalización necesaria para establecer una conexión entre dos puntos), RAS (*Registration Admission Status*) que es utilizado por la terminal para interactuar con el *gatekeeper* y el protocolo de transporte RTP, que será descrito más adelante (Sinclair, *et al.*, 2002:128). En la figura anterior, H.320 es el estándar de la UIT para conferencias sobre ISDN (incluye audio, video, datos y control) y H.324 es el estándar para videoconferencias sobre redes telefónicas análogas, es decir, sobre POTS.

Los *gateways* son puntos finales que, en vez de proveer una interfaz para los usuarios, proveen un medio para que la red H.323 pueda comunicarse con otras redes, por ejemplo la PSTN o sistemas de PBX tradicionales (Sinclair, *et al.*, 2002:128). Estos dispositivos serán detallados en la sección II.G, que trata del equipo para redes de VoIP.

Los *gatekeepers* realizan las funciones de control de llamadas y administración de las políticas para puntos finales. Son opcionales, pero si están presentes, es obligatorio que estos puntos utilicen sus servicios. Hay cuatro servicios que estos dispositivos deben brindar (Sinclair, *et al.*, 2002:129):

- Resolución de direcciones: los *gatekeepers* deben ser capaces de traducir una dirección alias (por ejemplo pc1@empresa.com) o un número telefónico, a una dirección IP.
- Control de accesos: H.323 define los mensajes de registro, admisión y estado (RAS) necesarios para autorizar el acceso a la red pero no define las reglas para autorizar el acceso a los recursos de la red. Para lograrlo, el *gatekeeper* debe operar junto con el mecanismo de autenticación existente para proveer este servicio.

- Control y administración de ancho de banda: se debe poder determinar la disponibilidad de este recurso, así como del ancho de banda adicional en caso se solicite para una llamada.
- Administración de zonas: una zona en H.323 es la colección de todos los componentes administrados por un *gatekeeper*. Dentro de la zona, este dispositivo debe proveer los servicios mencionados anteriormente a todos los puntos registrados con él.

Por otra parte, los MCU proveen un método para que H.323 pueda transmitir voz y videoconferencias entre tres o más puntos. Todas las terminales que participan en la conferencia establecen una conexión con el MCU y éste administra los recursos y las negociaciones entre los puntos, para determinar qué *codec* de audio o video utilizar (Sinclair, *et al.*, 2002:130).

Finalmente, existen servidores *proxy*, diseñados para H.323, que aseguran la red, ya que sólo permiten el paso de tráfico H.323. Además, liberan la carga de los cortafuegos, limitándolos a que sólo revisen el tráfico de datos y no el de voz (Davidson, y Peters, 2000:234).

2. SIP. El protocolo SIP (por sus siglas inglesas de *Session Initiation Protocol*) está descrito en el RFC 2543 de la IETF, en donde se establece que es un protocolo de control y señalización de capa de aplicación para crear, mantener y terminar sesiones multimedia con uno o más participantes. Estas sesiones incluyen aplicaciones como audio, video, datos y telefonía IP (Handley, *et al.*, 1999).

Como se puede ver en el RFC, la arquitectura de SIP es similar a la del protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). Ambas son del tipo cliente-servidor, en donde el cliente envía mensajes de petición y el servidor de respuesta. Además, los dos son protocolos basados en texto, con sintaxis y campos de encabezado idénticos.

Los dos componentes básicos en un sistema SIP son los agentes del usuario (*user agents*) y los servidores de red (*network servers*). Los agentes del usuario son aplicaciones que realizan y reciben las llamadas. El cliente, que inicia las peticiones SIP,

es llamado UAC (*User-Agent Client*) y el servidor, que recibe las peticiones, UAS (*User-Agent Server*). Por otra parte, hay dos tipos de servidores de red: los servidores de *proxy* y los *redirect servers*. Los *proxy* interpretan y reescriben encabezados de petición antes de pasarlos al siguiente servidor, mientras que los *redirect servers* envían al cliente la dirección del siguiente servidor y de esta manera, el agente del usuario se comunica directamente con él.

Otro aspecto muy importante en este protocolo, es la manera en que se lleva a cabo el direccionamiento de las llamadas. Tradicionalmente, las redes telefónicas no distinguían entre direcciones y nombres. Utilizaban números como direcciones para acceder a las terminales. Según la recomendación E.164 de la UIT-T, la asignación de los números es jerárquica: a cada país se le asigna un código único y las autoridades de cada país se encargan de delegar el resto de los números y asignar códigos a las regiones geográficas o a diferentes operadores (Fernández, *et al.*, 2001).

Al contrario, en las redes IP sí existe una distinción clara entre los nombres y las direcciones. Los nombres toman la forma jerárquica de dominios separados por puntos. Las direcciones constan de 32 bits (o 128 bits en el caso de IPv6) que identifican una interfaz o un *host* conectado a una red IP. La asignación de nombres a direcciones IP la realizan los protocolos y servicios DNS (*Domain Name System*) (Fernández, *et al.*, 2001).

Las direcciones SIP, también llamadas URL SIP, debido a que el direccionamiento está basado en los nombres URL (por sus siglas inglesas de *Universal Resource Locators*), existen en la forma de `sip:usuario@host` (Therelius, 2000). Un cliente puede enviar una petición SIP ya sea directamente a un servidor *proxy* o a la dirección IP y puerto del correspondiente URL SIP. Los siguientes ejemplos representan dos posibles direcciones:

sip:pc1@empresa.com

sip:4185262222@10.1.1.100

Todas las peticiones y respuestas entre el cliente y el servidor son consideradas como parte de una transacción SIP (esta puede ser transmitida ya sea sobre UDP o sobre TCP), en ambos casos, SIP provee confiabilidad) (Davidson, y Peters, 2000:253).

3. Comparación entre H.323 y SIP. Como se mencionó en secciones anteriores, ambos son protocolos que permiten la transmisión de aplicaciones multimedia sobre redes IP. Sin embargo, tienen ciertas diferencias, como complejidad, capacidad de extenderse y de escalar.

Debido a que H.323 fue diseñado inicialmente teniendo en cuenta las redes ATM e ISDN, las primeras versiones son complejas e ineficientes para controlar el tráfico de voz sobre redes IP. Por su parte, SIP fue diseñado tomando en cuenta el Internet, y ha sido capaz de superar los problemas de complejidad y capacidad de extenderse de H.323. De hecho, es considerado la nueva generación de H.323 (Wexler, 2002).

Esta diferencia de complejidad se puede observar, en primer lugar, por el tamaño de las especificaciones de ambos protocolos. Para H.323, la suma de las especificaciones es de 736 páginas. SIP, por su parte, junto con sus extensiones de control de llamadas y protocolos de descripción de la sesión, ocupa 128 páginas. Otra muestra de la complejidad de H.323 es que define cientos de elementos, mientras que SIP sólo tiene 37 encabezados, cada uno con un pequeño número de valores y parámetros, pero que contienen más información (Schulzrinne, y Rosenberg, 1998).

Además. H.323 utiliza varios protocolos y no hay una separación clara entre ellos, lo cual complica el diseño de los servicios. Un ejemplo es el reenvío de llamadas que requiere componentes de H.450 (este conjunto de protocolos es utilizado para señalización de servicios adicionales en la LAN, como transferencia y reenvío de llamadas), H.225 y H.245 (Schulzrinne, y Rosenberg, 1998).

Otro aspecto que demuestra la complejidad de H.323 es la duplicación de algunas de las funciones. En particular, H.323 usa los protocolos RTP y RTCP (que serán descritos más adelante), y a pesar de que este último fue diseñado para proveer funciones de control de conferencias (referirse al RFC 1890) de una manera que escala de dos a miles

de participantes, H.323 utiliza el protocolo H.245, que provee sus propios mecanismos para un control simple de conferencias (por ejemplo el de obtener la lista de los participantes) (Schulzrinne, y Rosenberg, 1998). Estos mecanismos de H.245 son redundantes y fueron diseñados para conferencias de pequeña a mediana escala.

Acerca de la capacidad de extenderse, SIP tiene muchas funciones que se lo permiten. Por ejemplo, los valores y encabezados desconocidos de los paquetes son ignorados. Además, con el encabezado *Require*, los clientes pueden indicar qué características y funciones debe entender el servidor. Por otra parte, como SIP es similar a HTTP, mecanismos, como el protocolo PEP (por sus siglas inglesas de *Protocol Extension Protocol*), desarrollados para la extensión de HTTP también pueden ser usados en SIP (Schulzrinne, y Rosenberg, 1998).

H.323 también tiene capacidad de extenderse a través del uso de parámetros dentro de los paquetes, y que contienen el código del fabricante seguido de un valor que sólo tiene significado para él. Esto permite que diferentes fabricantes desarrollen sus propias extensiones. Sin embargo H.323 no tiene mecanismos para permitir a las terminales intercambiar información acerca de qué extensiones soporta cada una, lo cual dificulta la capacidad de interactuar entre terminales de diferentes fabricantes (Schulzrinne, y Rosenberg, 1998).

Por otra parte, acerca de la capacidad de escalar, con SIP, una transacción a través de varios servidores y *gateways* puede guardar estado (*stateful*) o no (*stateless*). En el modelo *stateless*, el servidor recibe una petición de llamada, realiza las operaciones, reenvía la petición y luego la olvida. Los mensajes SIP guardan suficiente estado para permitir que la respuesta pueda volverse a enviar correctamente. Además como SIP puede ser transportado sobre UDP, y como en este protocolo no se requiere un estado en la conexión, los servidores pueden operar de una manera *stateless*, reduciendo los requerimientos de memoria y mejorando su capacidad de escalar. H.323, por su parte, requiere que los *gatekeepers*, si son utilizados, sean *stateful*. Además las conexiones están basadas en TCP, lo que significa que el *gatekeeper* debe mantener sus conexiones y

el estado durante la duración de la llamada, lo cual dificulta la capacidad de escalar de los servidores (Schulzrinne, y Rosenberg, 1998).

4. SGCP, MGCP y MeGaCo. En el presente apartado se describen más protocolos de señalización, también utilizados en redes de VoIP, pero de menor impacto que los detallados anteriormente. Estos protocolos fueron desarrollados para permitir a un dispositivo central, conocido como el *Media Gateway Controller*, controlar los puntos finales o *Media Gateways*, que convierten la voz en paquetes IP.

El protocolo SGCP (por sus siglas inglesas de *Simple Gateway Control Protocol*) se utiliza para establecer, mantener y desconectar llamadas a través de una red IP. Permite a los elementos de control de llamada (también llamados agentes) manejar las conexiones entre diferentes *gateways*. En este modelo, uno o más agentes pueden participar en la realización de una llamada. SGCP no provee mecanismos de seguridad para el establecimiento de llamadas no autorizadas y asume que las transacciones se realizan sobre conexiones seguras (Davidson, y Peters, 2000:263).

El protocolo MGCP (por sus siglas inglesas de *Media Gateway Control Protocol*), descrito en el RFC 2705, es una mezcla de los protocolos SGCP e IPDC (*Internet Protocol Device Control*, que fue diseñado para comunicar las redes de VoIP con las de telefonía tradicional). MGCP es un protocolo que define el control de los *gateways* y que busca incrementar la confiabilidad e interoperabilidad para los teléfonos IP. Además mejora la seguridad ya que almacena la información crítica en servidores confiables y trata a los dispositivos de MGCP como elementos no confiables de la red (Mehta, y Udani, 2001).

Finalmente el protocolo MeGaCo, definido en el RFC 3015, es una mejora del estándar MGCP. Fue construido bajo la premisa de centralizar el control de llamadas en un *Media Gateway Controller* y tener varios *Media Gateways* realizando las conexiones y terminaciones de bajo nivel (Mehta, y Udani, 2001). Además de trabajar con VoIP, lo puede hacer con redes VoATM y VoFR y provee mecanismos de traducción entre tipos distintos de redes.

F. Protocolos de transporte en VoIP

A continuación se presentan los dos protocolos que permiten el transporte de tráfico en tiempo real sobre redes IP. Ambos son utilizados por los protocolos descritos en la sección anterior.

1. RTP. El intercambio de voz codificada ocurre luego del establecimiento de la llamada, y utiliza dos flujos de datos de tiempo real, lo que permite a ambos participantes hablar al mismo tiempo. Para estos flujos, no se aceptan retransmisiones ya que tomaría demasiado tiempo pedir a la fuente que reenvíe el paquete y que la copia llegue. Una solución para el caso del audio, es extrapolar el sonido de muestras anteriores para compensar los paquetes perdidos. Otra solución es ignorar los datos perdidos, lo cual es válido, ya que la duración del audio en un paquete es relativamente corta (entre 20 y 60 ms). El tema de la retransmisión es una razón importante para no utilizar TCP ya que este es un protocolo confiable, orientado a conexiones, que utiliza retransmisiones para garantizar la entrega de los datos.

El Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP por sus siglas inglesas de *Real-time Transport Protocol*), especificado en el RFC 1889) utiliza UDP como protocolo de transmisión ya que no provee confiabilidad, y este, a su vez, utiliza el protocolo IP, que hace el mejor esfuerzo para entregar los datos. De esta manera, los encabezados de los paquetes de voz son: RTP/UDP/IP.

RTP reserva una porción del ancho de banda para tráfico UDP. Cuando se configura para tráfico de VoIP (RTP puede ser configurado para todo tipo de tráfico UDP), se debe especificar exactamente el rango de puertos que se utilizarán, si no, hará reservaciones para puertos no utilizados por VoIP y esto reducirá el ancho de banda disponible para la comunicación.

Dos importantes bits de información que se encuentran en el encabezado del paquete son: la secuencia y el *timestamp* (este es el término inglés utilizado para describir un valor con el momento exacto en el que el paquete fue enviado). El dispositivo receptor del flujo de audio utiliza la información de la secuencia para saber si el paquete llegó en

orden y utiliza la información de *timestamping* para determinar el tiempo entre las llegadas de los paquetes (Davidson, y Peters, 2000:182).

Esta información ayuda al receptor a decidir cómo sintonizar su propia configuración para enmascarar cualquier problema potencial, tal como retrasos (la UIT-T recomienda un retraso de una vía de no más de 150 ms), *jitter* (diferencia de tiempo entre el momento en el que el paquete debía ser recibido y el momento en el que realmente llegó) y pérdida de paquetes que afecten la calidad de la voz. Estos problemas serán detallados en la sección de II.J, que trata de los retos técnicos de VoIP.

2. RTCP. Por otra parte, RTCP (por sus siglas inglesas de RTP *Control Protocol*), también definido en el RFC 1889, es, como su nombre lo indica, un protocolo de control que trabaja junto con RTP. Generalmente, los flujos RTP son asignados a números de puertos pares y los reportes RTCP son enviados sobre el siguiente puerto (impar) (Therelius, 2000).

Mientras que RTP provee monitoreo a través de secuencias y *timestamps*, RTCP revisa el rendimiento y el comportamiento del flujo. Este protocolo está basado en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participantes en la sesión y su función es la de proveer retroalimentación sobre la calidad de distribución de los datos. Es particularmente útil para monitorear si la entrega de datos está ocurriendo, por lo que permite a los puntos finales conocer si se están perdiendo partes del flujo RTP, en caso de un mal funcionamiento de la red (Mehta, y Udani, 2001).

G. Equipo para redes de VoIP

En secciones anteriores se discutieron los tipos de implementación y los protocolos más utilizados en redes de VoIP. A continuación se presenta el equipo necesario para poder transmitir voz sobre estas redes y su relación con los protocolos mencionados anteriormente. Se discutirá únicamente el equipo específico para VoIP, no los componentes generales de redes IP, tales como *routers*, cortafuegos, concentradores y conmutadores.

1. *Gateways*. Como se adelantó en secciones anteriores, los *gateways* de VoIP son dispositivos que proveen un medio de comunicación entre redes diferentes, tales como las redes de VoIP y la PSTN. Además de convertir la voz de formato análogo a digital y crear paquetes IP de voz, tienen funciones opcionales como: compresión, cancelación del eco, supresión de silencio y recopilación de estadísticas.

Para reducir el ancho de banda utilizado, estos dispositivos tienen la capacidad de detectar las pausas en la conversación y no transmitir paquetes durante estas pausas; se refiere a esta funcionalidad como Supresión de silencio. Sin embargo, este proceso tiene la desventaja de resultar en un silencio total, el cual puede incomodar a la mayoría de los usuarios, por lo que se recomienda no activarlo a no ser que el ancho de banda sea restringido (Hes, y Van Teeffelen, 2001).

Los *gateways* también tienen la ventaja de proveer redundancia. Cuando la red de VoIP está congestionada o cuando no hay manera de transportar el tráfico de VoIP (por si la red falló) el *gateway* desvía la llamada hacia la PSTN. En este caso, los paquetes son convertidos en un flujo de voz tradicional.

2. *Gatekeepers*. Como se detalló en la sección II.E.1, que trata del estándar H.323, los *gatekeepers* son dispositivos opcionales que realizan funciones de control y administración, cuando se trabaja con redes H.323.

3. Servidores de telefonía IP y PBX IP. En la PSTN, los PBX son sistemas cerrados que proveen funciones que sólo el fabricante puede administrar y actualizar. En cambio, en redes de VoIP, los PBX IP además de ser dispositivos de hardware, pueden ser servidores construidos sobre plataformas de computadoras personales y ejecutados con un sistema operativo como Windows, Linux o Solaris. En este caso, las plataformas pueden ser administradas a través de los API provistos por el sistema operativo y no únicamente por el fabricante (Walker, y Hicks, 2004).

Estos servidores, que cuentan con software de telefonía, además de proveer la misma funcionalidad que los PBX tradicionales (tono de marcado, correo de voz, transferencia,

reenvío de llamadas y conferencia) pueden soportar uno o más teléfonos análogos, digitales o IP.

Se pueden utilizar *tie lines* IP para interconectar los PBX IP en diferentes localidades geográficas y de esta manera proveer a todos los usuarios las mismas características de telefonía. Esta implementación también permite evitar cargos telefónicos en llamadas de larga distancia ya que se utiliza la infraestructura de datos de la corporación (Khasnabish, 2003:71).

Otro tipo de servidor de telefonía IP es el de unificación de mensajes (que permite la convergencia del correo de voz, del correo electrónico y del fax). Estos servidores también se ejecutan sobre una computadora personal y se comunican con servidores de correo y PBX IP para proveer el acceso a los mensajes (Walker, y Hicks, 2004).

4. Teléfonos IP y *softphones* para computadoras personales. Los teléfonos IP pueden estar implementados ya sea en software (*softphones*) o en hardware, y son utilizados para acceder a servicios de comunicaciones de voz en tiempo real a través de señales de voz sobre redes IP. Estos dispositivos generalmente soportan las codificaciones G.711, G.729 y G.726.

Los *softphones* son aplicaciones de software que operan como clientes de telefonía IP. Para poder acceder a los servicios de VoIP y de telefonía IP, las PC (o PDA) deben estar equipadas con una tarjeta de audio, una tarjeta de red (NIC), un altavoz, un micrófono y un módem (Khasnabish, 2003:2).

Algunas de las funciones de los teléfonos IP son: transferencia de llamadas, llamadas en espera, control de volumen, marcación del último número, navegador interno del teléfono, música en espera, bloqueo de números telefónicos, reenvío de llamada, directorios, servicio de DNS, indicador de mensaje de llamada, bitácora de llamadas y llamada en pausa (Khasnabish, 2003:70).

Los teléfonos IP también pueden ser usados con una red PSTN tradicional utilizando tarjetas adaptadoras que convierten los paquetes IP en señales de voz y mensajes de control.

Una diferencia fundamental entre los teléfonos IP y los teléfonos tradicionales es que los primeros deben estar conectados a la corriente eléctrica y los segundos no necesariamente. Sin embargo, con la tecnología de PoE que será descrita a continuación, hay conmutadores que proveen poder a través de cable UTP categoría 5 o superior para los teléfonos IP (Carden, 2000).

5. Equipo de respaldo eléctrico. En la actualidad, si se va la luz, la red telefónica no deja de operar y se espera que siempre esté disponible. Es por ello que se debe considerar un respaldo de energía para proteger los equipos de telefonía IP y mantenerlos accesibles mientras no haya luz (Desmond, y Hebert, 2005).

Recientemente, fue ratificado el estándar conocido como PoE (por sus siglas inglesas de *Power over Ethernet*), que define un método para que conmutadores, *routers* y concentradores distribuyan energía a dispositivos como teléfonos IP, sistemas de seguridad y puntos de acceso para redes inalámbricas (Walko, 2005). Con este método, el transporte de energía ocurre sobre el mismo cable de cobre utilizado para transportar los datos y la voz, en redes Ethernet; lo que reduce la necesidad de instalar cableado de poder separado. El cableado que se requiere debe ser categoría 5, 5e ó 6, con conectores RJ-45.

La ventaja con esta tecnología es que no se requiere de un enchufe de energía local para cada teléfono y además centraliza la administración de la energía. Hay dos maneras de llevar a cabo esta distribución. La primera es conocida como *inline power*, que utiliza los pines 4,5,7 y 8 para transmitir poder desde el conmutador de Ethernet. Este método requiere que el conmutador tenga una tarjeta habilitada para energía. Si no la tiene y no hay ninguna disponible para él, está la segunda opción, en donde se inserta un panel de energía externo entre el conmutador de Ethernet y el teléfono IP. Cabe mencionar que la combinación de estas opciones provee redundancia de energía a los equipos de telefonía IP.

Para esquematizar la interacción del equipo descrito a lo largo de esta sección, en las siguientes figuras se mostrarán instalaciones de redes de VoIP. En la Figura 8 se presentan los componentes de una red de VoIP para comunicar dos oficinas remotas y en la Figura 9, se diagrama una red de VoIP que utiliza la PSTN como respaldo.

Figura 8: Componentes de una red de VoIP.

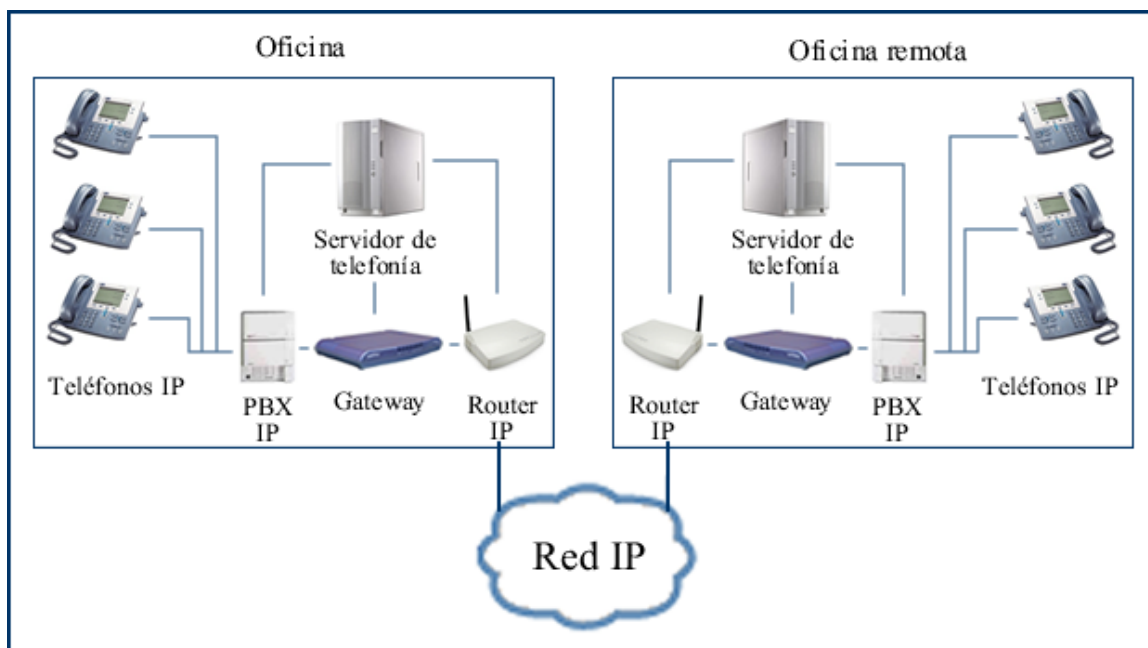


Diagrama basado en la Figura 1.11 del libro *Taking Charge of Your VoIP Project* (Walker, y Hicks, 2004)

H. Integración de VoIP con nuevas tecnologías

En esta sección se discuten tres tecnologías recientes con las que existe interés de integrar VoIP. Estas son las redes inalámbricas, la telefonía celular y el proyecto del Internet2.

En primer lugar, una tendencia emergente debido a su conveniencia, es la de implementar VoIP sobre redes inalámbricas. Una red de área local inalámbrica (WLAN por sus siglas inglesas de *Wireless Local Area Network*) es un sistema de transmisión de datos, diseñado para proveer acceso utilizando ondas de radio, en vez de una infraestructura de cable. Actualmente, los protocolos más utilizados para redes de VoIP inalámbricas son 802.11b y Bluetooth. Sin embargo existen preocupaciones en el uso de esta tecnología con VoIP, porque hay mayor frecuencia de paquetes descartados o perdidos, mayor latencia y más *jitter* que en las redes cableadas (Mehta, y Udani, 2001). Hay varios fabricantes trabajando sobre estándares para evitar estos problemas de

Calidad de servicio, y se estima que para el año 2006, muchas organizaciones habrán logrado integrar ambas tecnologías (Senia, 2005).

Figura 9: Red de VoIP con respaldo de la PSTN.

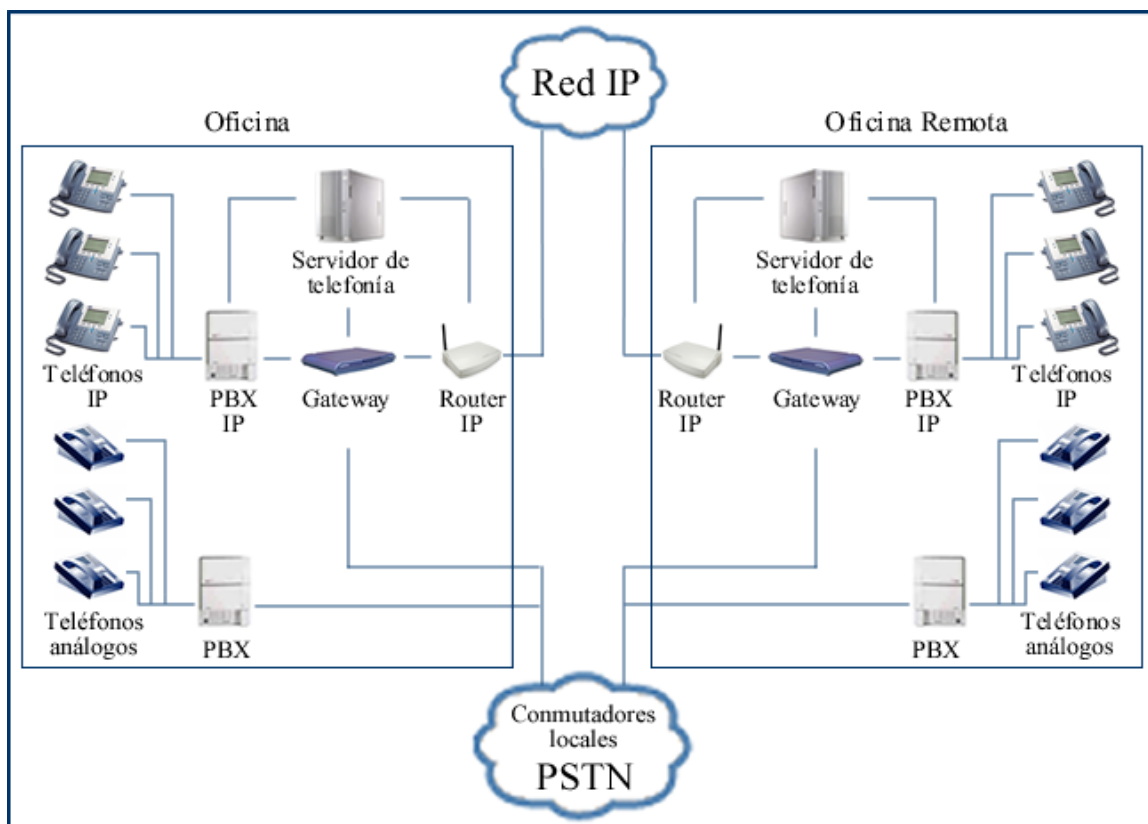


Diagrama basado en la Figura 1.12 del libro *Taking Charge of Your VoIP Project* (Walker, y Hicks, 2004)

Otra tecnología con la que la VoIP está interactuando, es la telefonía celular. En la actualidad se está discutiendo la implementación de teléfonos celulares que puedan realizar VoIP sobre WiFi, es decir, voz sobre IP utilizando una conexión inalámbrica de alta velocidad al Internet. La idea es que este tipo de teléfono celular se convierta en teléfono inalámbrico cuando entre al rango de una conexión de Internet inalámbrica. En el mercado Japonés ya se liberaron las primeras versiones de lo que se llama teléfono híbrido celular-VoIP (Howe, 2005).

Por último, en el proyecto de Internet2 también existe un gran interés por la VoIP. Según lo especifica el sitio web oficial del Internet2 <http://www.internet2.edu/>, este es un

consorcio encabezado por 207 universidades en conjunto con la industria y el gobierno de Estados Unidos para desarrollar aplicaciones y protocolos que luego puedan aplicarse al Internet. Los objetivos principales del Internet2 son: crear una red de alto rendimiento para la comunidad de investigadores, crear aplicaciones revolucionarias para el Internet y asegurar la rápida transferencia de estas tecnologías al Internet.

Hay varios comités, o grupos de trabajo, que desarrollan las actividades del Internet2, y entre ellos se encuentra el de VoIP, que busca entender las implicaciones de la convergencia de redes y demostrar cómo puede mejorar la capacidad de escalar y la funcionalidad de las comunicaciones de voz. Por otra parte, el grupo de trabajo SIP.edu, busca incentivar la experimentación con nuevos servicios de comunicación de tiempo real, que utilizan el protocolo SIP y facilitar la convergencia de las comunicaciones, promoviendo el uso de las direcciones de correo electrónico para comunicaciones de voz y multimedia.

I. Beneficios y aplicaciones con VoIP

Una vez conocidos los fundamentos técnicos de la tecnología de voz sobre IP, es importante comprender los beneficios y aplicaciones que la convierten en una opción rentable para muchas organizaciones. En esta sección se discute cómo esta tecnología ayuda a reducir costos, habilitar nuevas aplicaciones, incrementar productividad y mejorar la imagen de la institución que la adopte.

1. Reducción de costos. En este inciso se indica cómo las características de las redes de VoIP logran reducir los costos de las comunicaciones de datos y de voz.

En primer lugar, a lo largo de este documento se ha referido a la convergencia de redes como el hecho de transferir sobre una misma red, diferentes tipos de comunicaciones (voz, video y datos). Esto favorece la reducción de costos, porque sólo hay que administrar una infraestructura de red y únicamente se debe mantener un departamento de servicios de información que la soporte.

Por otra parte, una conversación sobre la PSTN, ocupa un canal de dos vías de 64 Kbps, aunque sólo una persona o nadie esté hablando; esto significa que al menos 50% del ancho de banda total está siendo desperdiciado. Además, hay que recordar que en una línea T1 se pueden hacer únicamente 24 llamadas simultáneas, mientras que convirtiendo las comunicaciones análogas a digitales, se pueden transmitir hasta 72 llamadas sobre el mismo enlace (dependiendo del *codec*) (Reimers, 2003).

Como se mencionó anteriormente en el documento, debido al empaquetamiento de la voz, y al uso eficiente del ancho de banda, VoIP no tiene las desventajas mencionadas en el párrafo anterior. Para empresas como *carriers* (que transportan servicios de telecomunicaciones) este es el principal motivador de migrar a VoIP.

Por otra parte, se puede reducir el costo de llamadas internacionales al utilizar los servicios de VoIP de bajo costo, o gratuitos, que permiten la comunicación a través de Internet. Muchos se preguntan si para reducir costos de llamada es necesario implementar redes de VoIP o si basta con usar estas otras alternativas. Uno de los más claros ejemplos es Skype, que, al igual que otros servicios de este tipo, conectan dos PC utilizando una aplicación cliente de software y proveyendo, generalmente buena calidad de servicio. Con estas aplicaciones, las llamadas por Internet son gratis y, como se introdujo en la sección II.C.3 (Implementaciones de VoIP), las llamadas internacionales iniciadas por Internet (o en una red IP), pero dirigidas a la PSTN, tienen menor costo que utilizando los operadores tradicionales.

Sin embargo, para las soluciones de PC a PC, estos programas deben ser descargados y registrados, por lo que se debe convencer a los interlocutores a hacerlo. Esto, prácticamente sólo es posible con amigos y familia ya que, generalmente, para instalar cualquier aplicación en la mayoría de las empresas, se debe conocer si las políticas lo permiten; en particular para aplicaciones que abren puertos y pueden afectar la seguridad de las redes (Ellison, 2005).

Para soluciones de PC a teléfono o de teléfono a teléfono, se logran reducir los costos de las llamadas internacionales (en el siguiente capítulo se mostrará esta diferencia de costos). Sin embargo sí es necesario mantener el acceso a la red telefónica para las

llamadas locales, ya que con estos servicios, las llamadas locales generalmente son más costosas que con los de telefonía tradicional (como se explicará en el siguiente capítulo, esto se debe a que, para países como Guatemala, estas llamadas son cobradas como internacionales, puesto que con estos servicios se obtiene una línea telefónica norteamericana).

2. Nuevos servicios y aplicaciones. A pesar de que la reducción de costos en operaciones e infraestructura es el motivador principal para incorporar los servicios de VoIP, hay otros factores que contribuyen igualmente a la decisión de utilizar esta tecnología. Entre ellos está el uso de una plataforma uniforme (IP) en la corporación y flexibilidad en la creación y mantenimiento de servicios. Además, dentro de las aplicaciones disponibles, están las que proveen los servicios de telefonía tradicional, como correo de voz, indicador de correo de voz, transferencia de llamadas, reenvío de llamadas, llamadas en espera, llamadas múltiples, marcación rápida; y nuevas aplicaciones, como fax basado en IP, conferencias, unificación de mensajes, grupos de proyecto interactivos, entrenamiento a distancia, *find-me*, *follow-me*, comercio electrónico, entre otros.

Adicionalmente, con la convergencia de redes de datos y de voz, los usuarios tienen un lugar centralizado para almacenar mensajes. Hoy en día, se puede contactar a alguien por teléfono, fax, correo electrónico y celular. Buscar mensajes en todos estos lugares por separado puede consumir mucho tiempo. Con VoIP todos estos medios de comunicación pueden ser unificados utilizando un solo buzón de mensajes, lo cual ayuda a aumentar la productividad de los empleados.

Claramente hay varias razones por las cuales una compañía adoptaría una solución de VoIP, sin embargo, existen algunos retos técnicos que deben ser solucionados para que esta tecnología alcance la calidad y aceptación de la red telefónica tradicional.

J. Retos técnicos para VoIP

Dentro de los retos técnicos que aún se deben resolver se encuentran la Calidad de servicio, la compatibilidad entre equipos y la seguridad de la red. A lo largo de esta sección se discuten estas deficiencias y se proponen algunas soluciones a las mismas.

1. Medidas para cuantificar la calidad de la voz. Antes de discutir las debilidades de esta tecnología, se deben conocer algunas técnicas que permiten medir la calidad de la voz transmitida sobre redes de voz (IP o PSTN). En primer lugar, están los métodos subjetivos (en donde personas prueban el sonido y le dan una puntuación a la voz escuchada) y luego los métodos objetivos (en donde se determina la calidad del sonido según las características y el equipo de la red).

La técnica más utilizada para cuantificar el rendimiento del *codec* de voz es la prueba MOS (*Mean Opinion Score*). Para llevarla a cabo, se selecciona un grupo de oyentes para que escuchen varios patrones de voz y le den a cada uno una calificación entre 1 (mala) y 5 (excelente), según la calidad de la voz que perciban (Davidson, y Peters, 2000:173). Este criterio es ampliamente aceptado para determinar la calidad de la voz, aunque es un método subjetivo.

Por otra parte, el método PSQM (por sus siglas inglesas de *Perceptual Speech Quality Measurement*) permite determinar objetivamente la calidad de la voz. En esta técnica, se compara la señal de voz recibida con la enviada. Se utiliza principalmente para percibir los efectos de la compresión y descompresión de los paquetes (no por retrasos ni por pérdidas).

Otro método para medir objetivamente la calidad de la voz, es el *E-Model*, definido en la recomendación G.107 de la UIT. El resultado de esta prueba es una puntuación entre 0 (pobre) y 100 (excelente), llamada Factor R. En este método, se estudian los efectos de los atrasos y de los daños en el equipo (Walker, 2002). Se puede calcular un valor MOS directamente a partir de este Factor R. A continuación, se muestra la correspondencia entre ambas medidas.

Figura 10: Correspondencia entre el E-Model y MOS.

R	Satisfacción del usuario	MOS
100	Muy satisfecho	5.0
90	Satisfecho	4.3
80	Algunos usuarios insatisfechos	4.0
70	Varios usuarios insatisfechos	3.6
60	Casi todos los usuarios insatisfechos	3.1
50		2.6
0	No recomendado	1.0

Diagrama basado en la Figura 1 del documento *A Handbook for Successful VoIP Deployment: Network Testing, QoS, and more* (Walker, 2002)

2. Retrasos y estados latentes. El estado de latencia (o el retraso) en VoIP es el tiempo que le toma a la voz salir del emisor y llegar al oído del receptor. Como una conversación involucra tráfico de tiempo real, el retraso la altera, hasta el punto de volverla irreconocible e incomprensible. A continuación se describen los cuatro tipos de retrasos en las redes de voz (Davidson, y Peters, 2000:167).

a. Retraso por propagación o *propagation delay*. Este retraso es proporcional al tiempo que le toma a la señal llegar de un punto de la red a otro. Es decir que depende de la distancia física entre los interlocutores y del medio de transmisión utilizado (eléctrico u óptico). Las señales ópticas viajan más rápido que las eléctricas, por lo que se recomienda enlaces de fibra óptica para transmisiones de tiempo real de larga distancia.

b. *Serialization delay*. Este retraso se debe a la cantidad de tiempo que toma colocar un bit o byte en una interfaz. Es proporcional al tamaño de la trama e inversamente proporcional a la velocidad del medio.

c. Retraso por procesamiento o *handling delay*. Los dispositivos que transmiten las tramas dentro de la red causan retrasos por manejo debido a la cantidad de tiempo que les toma decidir si reenvían el paquete, a qué interfaz enviarlo o si debe ser descartado. Para las dos primeras opciones, también se debe contar el tiempo que toma colocarlo en

la interfaz. Otros causantes del retraso por procesamiento, son los *codec*, al momento de crear los paquetes.

d. Retraso por encolamiento o *queuing delay*. Este es el retraso causado por mantener los paquetes en una cola de espera, debido a la congestión en una de las interfaces. Para algunos equipos, como los concentradores, este tipo de retraso es relativamente constante, sin embargo, para dispositivos como *routers* y cortafuegos, puede incrementar si la cantidad de tráfico y congestiones aumentan en la red.

3. *Jitter*. Un problema que únicamente existe en las redes basadas en paquetes es el *jitter*, que es la diferencia de tiempo entre el momento en que se espera un paquete y en el que realmente llega. El problema se debe al retraso causado por la red, ya que puede ser diferente para cada paquete enviado, resultando en llegadas irregulares de los paquetes. Esta anomalía se puede identificar estudiando intervalos regulares en los que se espera enviar y recibir paquetes, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 11: Variación del tiempo de llegada de los paquetes.

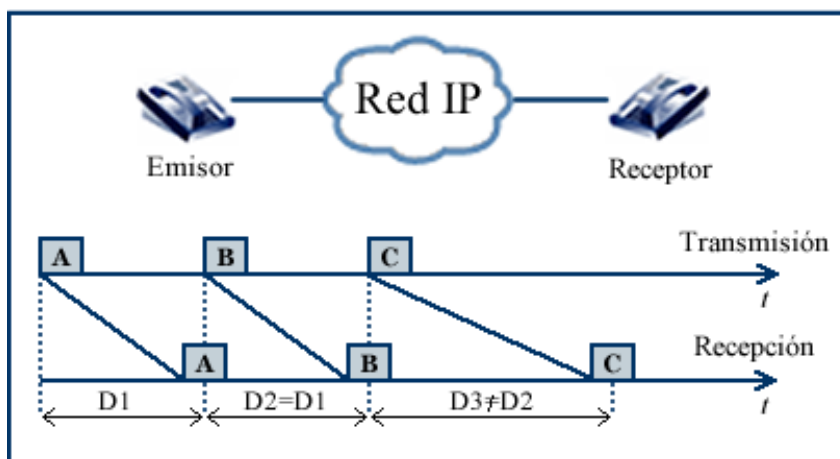


Diagrama basado en la Figura 8-2 del libro *Voice over IP Fundamentals* (Davidson, y Peters, 2000)

En la figura anterior, se puede ver el tiempo que toma enviar y recibir los paquetes A, B y C. Este último encuentra una anomalía en la red, y es recibido más tarde de lo que se esperaba (el tiempo de espera es D_1 , que es lo que les toma a los paquetes A y B en llegar, pero el paquete C llega en un tiempo D_3 , mayor a D_1). Para solucionar este

problema, es necesario un medio de almacenamiento temporal en los *gateways*, conocido como *jitter buffer*, que encubra la variación del tiempo de llegada del paquete (Davidson, y Peters, 2000:170).

4. Eco. En redes de voz, el eco es un problema que daña la comprensibilidad de la conversación. Este sonido reflejado es causado por una falta de concordancia entre la impedancia del conmutador (sistema de cuatro cables) y la del bucle local (de dos cables). Este problema es solucionado con la ayuda de canceladores de eco. En VoIP, son los *gateways* los que realizan cierta cancelación de eco, almacenando los últimos milisegundos de voz y substrayéndolos de la señal que regresa (Hes, y Van Teeffelen, 2001).

5. Pérdida de paquetes. La pérdida de paquetes reduce la calidad de la señal de audio. Hay dos razones principales por las que los paquetes se pierden en una red de datos: la primera es que hay mucho tráfico, por lo que son descartados durante la congestión o bien, porque hay mucha variación de retraso, por lo que llegan muy tarde o muy temprano al *jitter buffer* del receptor. A pesar de que cada paquete de voz tiene un número de secuencia, como se mencionó anteriormente (en la sección II.F.1), no hay suficiente tiempo para retransmitir los paquetes perdidos.

6. Calidad de servicio. La calidad de la comunicación es un concepto subjetivo que depende de las expectativas del usuario en aspectos como volumen, inteligibilidad y naturalidad de la voz (Estepa, *et al.*, 2001). Debido a la confiabilidad de la PSTN, las personas raramente están dispuestas a tolerar menor calidad de la voz en nuevos sistemas, por ello, se debe buscar mantenerla en las redes VoIP (Desmond, y Hebert, 2005).

Por otra parte, el concepto de Calidad de servicio se refiere a la capacidad de una red de proveer mejor servicio a cierto tráfico seleccionado. En el caso de la VoIP, su objetivo es maximizar la disponibilidad y rendimiento del servicio al mismo tiempo que proveer buena calidad en la voz transmitida.

Dos elementos que conforman la Calidad de servicio son la clase de servicio (CoS por sus siglas inglesas de *Class of Service*) y el tipo de servicio (ToS por sus siglas inglesas

de *Type of Service*). CoS, que trabaja sobre la capa 2 del modelo de referencia OSI, permite agrupar diferentes flujos según sus requerimientos de latencia y ancho de banda (Davidson, y Peters, 2000:189). ToS, que es un campo en el encabezado del paquete IP, utiliza principalmente 3 bits para definir la prioridad o precedencia de los paquetes. Para que esta información pueda ser utilizada, es necesario que los *routers* reconozcan el campo ToS y provean diferentes clases de servicio (Carden, 2000).

Para lograr mejorar la calidad de una red de datos, se puede recurrir a soluciones tales como: agregar ancho de banda (ya sea comprimiendo los encabezados de RTP, suprimiendo el silencio o controlando la admisión de llamadas), actualizar o reemplazar equipo de red existente y configurar la red de manera que soporte QoS (Walker, 2002).

Una herramienta para agregar ancho de banda es el protocolo cRTP (*Compressed Real-Time Transport Protocol*), descrito en el RFC 2508, y que comprime el encabezado del paquete RTP/UDP/IP de 40 bytes a 2 o 4 bytes. Sin embargo, se sugiere utilizar cRTP sólo si el ancho de banda es una preocupación y si existe una gran porción del tráfico RTP. No se recomienda utilizarlo en interfaces de alta velocidad (T1, E1 o aún 512 Kbps) ya que, al igual que con otros métodos de compresión, se incurre en más procesamiento para comprimir el paquete (Davidson, y Peters, 2000:192).

Hay tres estrategias para proveer QoS. La primera es la del mejor esfuerzo en donde no precisamente se garantiza Calidad de servicio, sino que los elementos de la red tratarán de distribuir los paquetes a sus destinos sin ninguna limitante de retraso. En esta estrategia se seguirán transmitiendo los mismos paquetes mientras no se reciban notificaciones del receptor.

La segunda estrategia es la reserva de recursos (también llamada estrategia de servicios integrados) en donde las aplicaciones solicitan cierta calidad de servicio y de esta manera se sujetan los recursos de red a una política de administración de ancho de banda. El protocolo RSVP, de Cisco, implementa esta estrategia y lo que hace es que al inicio de la sesión (o de la conversación de voz), envía paquetes de control a través de la red para reservar recursos para la conexión. Si los recursos apropiados no están

disponibles (por ejemplo no hay suficiente ancho de banda), se rechaza la conexión (Carden, 2000).

La tercera estrategia es la de servicios diferenciados, en donde el tráfico de red es clasificado y los recursos de red son repartidos según la política de administración de ancho de banda. En este caso, los *routers* dan tratamiento preferencial al tráfico con requerimientos más demandantes (Estepa, *et al.*, 2001).

7. Compatibilidad. La compatibilidad del equipo de red es necesaria para proteger el capital invertido en las infraestructuras existentes. Las compañías desean ver su inversión durar y al mismo tiempo, recuperarla. Esto significa que la decisión de los protocolos y equipos a utilizar en la red de VoIP debe ser realizada cuidadosamente, de manera que la implementación de esta tecnología pueda interactuar y no afectar las infraestructuras ya existentes.

Los fabricantes y las organizaciones de estándares están proponiendo una gran variedad de arquitecturas, plataformas y protocolos. La ventaja es que se logra la compatibilidad entre fabricantes; sin embargo, debido a que la interoperabilidad entre protocolos (como H.323 y SIP) no está establecida, lograr la compatibilidad entre los dispositivos tiene una incidencia directa en los costos de implementación del proyecto, debido a que se restringen las opciones de equipo que se puede adquirir.

Por otra parte, también se debe planificar la compatibilidad de los planes de marcado, que se refieren a los patrones numéricos de la PSTN. Por ello, los números telefónicos que se utilicen dentro de la red VoIP deben ser compatibles con el esquema de la PSTN. Si no se planifica correctamente, pueden suceder varios problemas, como asignar números telefónicos que pertenezcan a otras entidades o habilitar la recepción de llamadas sólo de usuarios de VoIP pero no de usuarios externos (Sinclair, *et al.*, 2002:384).

8. Seguridad. El primer paso en cualquier implementación de red es establecer una política de seguridad. Este tópico no será cubierto en el presente documento, ya que es

específico a cada organización; lo que sí se hará, es una discusión de las amenazas y vulnerabilidades de las redes de VoIP y se propondrán algunas soluciones.

Antes de iniciar la discusión, cabe mencionar que un nuevo grupo llamado *VoIP Security Alliance*, o VOIPSA, cuyos miembros incluyen fabricantes, proveedores de servicios, instituciones de investigación y consultoras, se encarga de promover información actualizada acerca de la seguridad en redes VoIP (Poe, 2005).

En el pasado, los usuarios no tenían que preocuparse de la instalación ni del mantenimiento de sus sistemas telefónicos y dejaban estas tareas a los proveedores de servicio. El resultado de esta actitud (relativamente negligente) eran algunos fraudes en llamadas y abusos de parte de los empleados. Con VoIP, esta situación ha cambiado y es responsabilidad de la corporación planear, asegurar, implementar y mantener su infraestructura de red (Steinklauber, 2003).

A continuación se mencionan las vulnerabilidades de las redes de VoIP y algunas soluciones para reducir los riesgos de ataques. Como se destacará en el cuarto capítulo de este documento (ESTUDIO DE FACTIBILIDAD), asegurar la red está directamente relacionado al costo de implementación del proyecto.

a. Vulnerabilidades de protocolos. Un problema de seguridad asociado con las aplicaciones que trabajan sobre el protocolo H.323 es que éste utiliza *sockets* asignados dinámicamente sobre el puerto 1024 para audio, video y canales de datos. Por lo tanto, los cortafuegos deben estar configurados para permitir el tráfico H.323, de una manera selectiva. Por ejemplo, algunos cortafuegos analizan los encabezados H.323, descifran qué puerto está utilizando la sesión y lo abren durante la duración de la llamada. Esto es más seguro que dejar todos los puertos arriba del 1024 abiertos (Wexler, 2002).

De la misma manera, SIP es un servicio que trabaja sobre el puerto 5060 (tanto para TCP como para UDP). Sin embargo, los puertos que se asignan para el flujo de datos son, al igual que en H.323, dinámicos y arriba el puerto 1024. Otra solución, es la utilización de un *gateway* de nivel de aplicación que analice los mensajes SIP e indique a los

cortafuegos que habiliten el paso de los paquetes de voz según la dirección y el puerto asignado (Thernelius, 2000).

b. Vulnerabilidades de la infraestructura. Al diseñar redes de VoIP, hay que tener presente de que la red de datos ya no es independiente de la de voz. Esta situación puede convertirse en motivo de ataque, por lo que se debe tener un gran cuidado para mantener su disponibilidad.

Como se mencionó anteriormente, algunos protocolos transmiten varias veces el mismo paquete si no llega. Esto hace las redes vulnerables a los ataques de negación de servicio (DoS por sus siglas inglesas de *Denial of Service*), en donde, debido a la convergencia de las redes, no sólo se interrumpe el servicio de telefonía sino también el de datos (Steinklauber, 2003).

Para evitar esta doble falla, se sugiere implementar redes virtuales de área local (VLAN) que separen los dispositivos de datos de los de VoIP. Esto limita la amenaza de los *sniffers* y minimiza las interrupciones en caso de ataques (Vijayan, 2002). Otra solución es la redundancia en la red, es decir, mantener alternativas para proveer servicio telefónico; sin embargo esta opción puede ser demasiado costosa para algunas empresas.

Por otra parte, al igual que en telefonía tradicional, la interceptación de llamadas es una preocupación para las organizaciones que utilizan VoIP. Los atacantes pueden utilizar herramientas para identificar, modificar y almacenar tráfico de voz que atraviesa la red (Vijayan, 2002). De esta manera, el intruso puede recopilar los paquetes deseados y reconstruir las llamadas. En el párrafo anterior, se propuso el uso de VLAN para reducir el alcance de intrusos que utilicen herramientas como *sniffers*. Sin embargo, para prevenir estos ataques, se sugiere cifrar el tráfico de voz (interno y externo) utilizando métodos de seguridad y cifrado como por ejemplo IPSec, Secure RTP y VPN (la descripción de estas herramientas está fuera del alcance del presente estudio) (Vijayan, 2002). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que cuando se trabaja direcciones IP privadas y se traducen con NAT (por sus siglas inglesas de *Network Address Translation*), se imposibilita el cifrado y autenticación directamente entre los interlocutores debido al reemplazo de direcciones a nivel de los cortafuegos (Thernelius, 2000).

Adicionalmente, los *gateways* son puntos débiles potenciales, ya que pueden ser atacados para realizar llamadas telefónicas gratuitas (es decir, fraude). La solución a esta amenaza es mantener estrictas listas de control de acceso y configurar el *gateway* de manera que sólo las personas en la lista tengan permiso de realizar y recibir llamadas entre la red de VoIP y la PSTN (Vijayan, 2002).

c. Virus. Al igual que otras aplicaciones que utilizan Internet, los teléfonos IP y los servidores que hacen posibles las llamadas digitales, son susceptibles a los virus y gusanos que han plagado los sistemas de datos por años.

Hay que recordar que muchos de los servidores y teléfonos de software se ejecutan en computadoras de propósito general; por lo que abren brechas a la seguridad, debido a las potenciales vulnerabilidades de los sistemas operativos sobre los que se ejecutan (Steinklauber, 2003). Para evitar ataques sobre estos sistemas, se deben practicar estrictas normas de seguridad. Otra recomendación es utilizar teléfonos IP de hardware; sin embargo hay que tomar en cuenta que estos dispositivos son más costosos que los de software.

III. VOIP EN GUATEMALA

Para VoIP, al igual que para otras tecnologías, como el Internet, la falta de regulaciones ha favorecido su desarrollo y difusión. Actualmente, muchas organizaciones a nivel mundial, aprovechan los beneficios técnicos y económicos que ofrece. En el siguiente capítulo, se discutirá el impacto y la importancia de esta corriente en Guatemala.

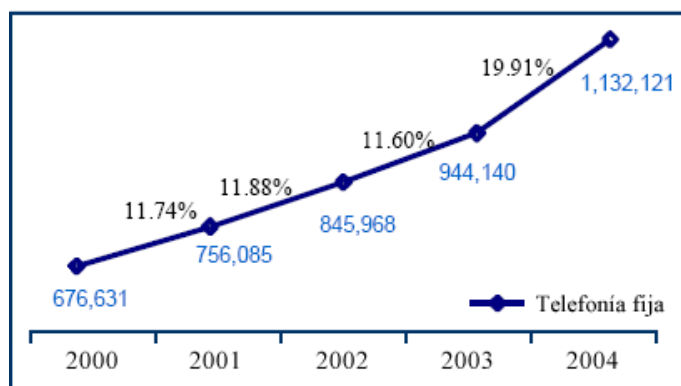
En primer lugar se describirá el mercado de telecomunicaciones para la telefonía fija y la telefonía internacional en Guatemala. Luego se mencionarán algunos servicios de telefonía por Internet y se compararán los costos que ofrecen para las llamadas de larga distancia, con los de telefonía convencional. Posteriormente se discutirán las regulaciones en el país para esta tecnología y se mencionará el debate a nivel internacional acerca de este tema. Igualmente, se discutirá cómo dos tratados internacionales, que involucran a la región, afectarán la tecnología estudiada. Por último se darán algunos ejemplos de implementaciones en el país y de proveedores de equipo y de servicios de VoIP.

A. Estadísticas en Guatemala

A continuación se presentan algunas estadísticas del sector de telecomunicaciones en Guatemala. Esta información fue descargada del sitio web de la Superintendencia de Telecomunicaciones del país, (<http://www.sit.gob.gt/estadisticasdelsector.html>). A no ser que se especifique lo contrario, se trata de datos actualizados al 31 de diciembre del año 2004. Desafortunadamente, aún no se cuenta con documentación oficial de los servicios de Internet en el país.

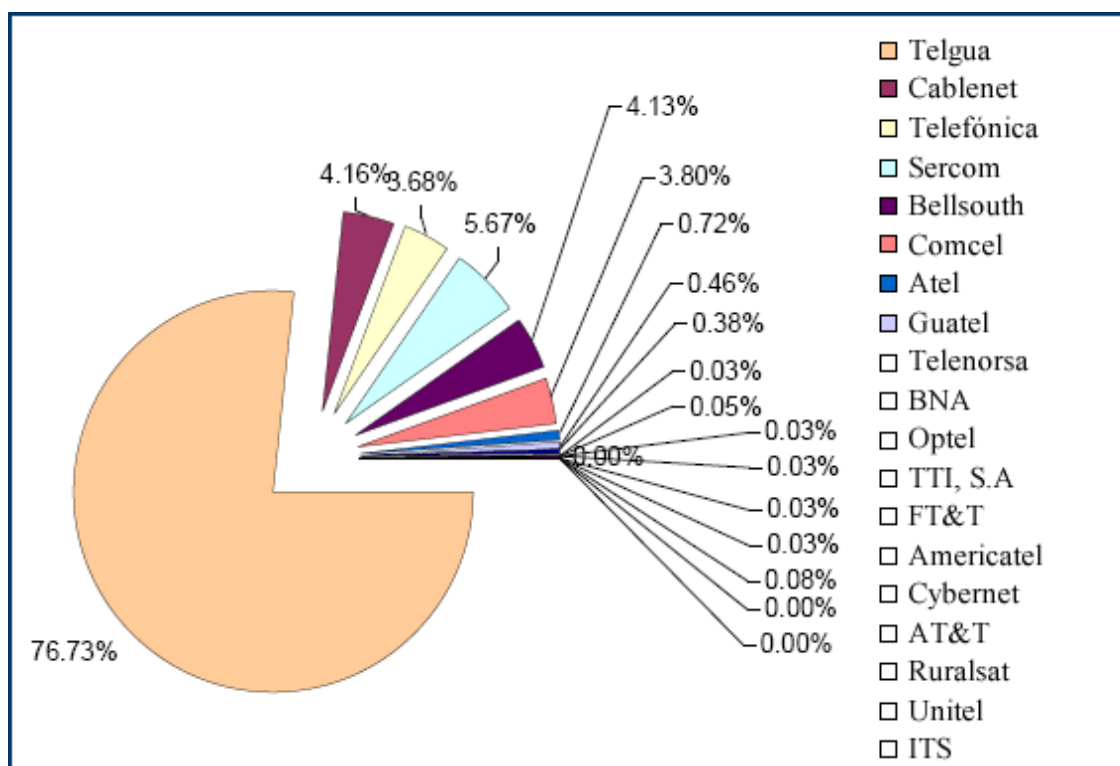
1. Telefonía fija. En Guatemala, el 31 de diciembre del año 2004, había 1,132,121 líneas fijas. Como se puede ver en la siguiente gráfica, la tasa de crecimiento promedio de la telefonía fija en los últimos 4 años es del 13.78% anual.

Figura 12: Crecimiento de la telefonía fija en Guatemala.



En la siguiente gráfica se muestra la distribución de líneas fijas por operador de red local. El objetivo es conocer los operadores de redes fijas más importantes del país.

Figura 13: Representación gráfica de la distribución de líneas fijas por operador de red local en Guatemala.



En el Cuadro 2, se presentan las tarifas oficiales (expresadas en minutos) para los servicios telefónicos de líneas convencionales de los tres operadores de redes fijas más

importantes del país. Esta información será útil para estimar los gastos en llamadas en el estudio de factibilidad del siguiente capítulo.

Cuadro 2: Tarifas que ofrecen los operadores más importantes de redes fijas.

Operador	Cuota de instalación	Cuota básica	Minutos incluidos	Llamada dentro de la red ¹	Llamada a otras redes ²	Llamadas interurbanas
Telgua	Q625.00	Q44.80	200 min	Q0.2036	Q0.3564 ³	Q0.36
Cablenet	Q625.00	Q85.00	510 min	Q0.13	Q0.16	Q0.32
Telefónica	Q2,640.00	Q64.00	200 min	Q0.224	Q0.224	Q0.326

2. Llamadas internacionales. Como se mencionó anteriormente, la principal ventaja de la tecnología de VoIP se debe a la reducción de costos en llamadas internacionales. En la Figura 14 se presentan los operadores que brindan el servicio de llamadas de larga distancia en Guatemala.

El total de tráfico telefónico internacional saliente durante el cuarto trimestre del año 2004 fue de 71,778,994 minutos. En la siguiente gráfica se muestra la distribución de este tráfico, por operador de puerto internacional. Esta información permitirá comparar las tarifas de los operadores más importantes del país con las de algunos proveedores de telefonía por Internet.

El total del tráfico internacional entrante durante el cuarto trimestre del 2004 fue de 443,762,726 minutos y los cinco corresponsales más importantes fueron AT&T Corp. (con 46%), IDT (con 18%), Latinode (con 9%), Americatel USA (con 7%) y Bellsouth Long Distance (con 7%).

En la Figura 15 se muestra la distribución de tráfico internacional entrante por operador de puerto internacional durante el mismo período.

¹ Esta columna se refiere a las llamadas que se realizan entre teléfonos de un mismo operador.

² Se refiere a llamadas entre diferentes operadores. Por ejemplo una llamada de una línea fija a una celular o de una línea de Telgua a una de Telefónica.

³ Q0.3564 es el costo de llamadas desde el área metropolitana. Desde el área departamental, es de Q0.5091.

Figura 14: Representación gráfica del tráfico saliente por operador.

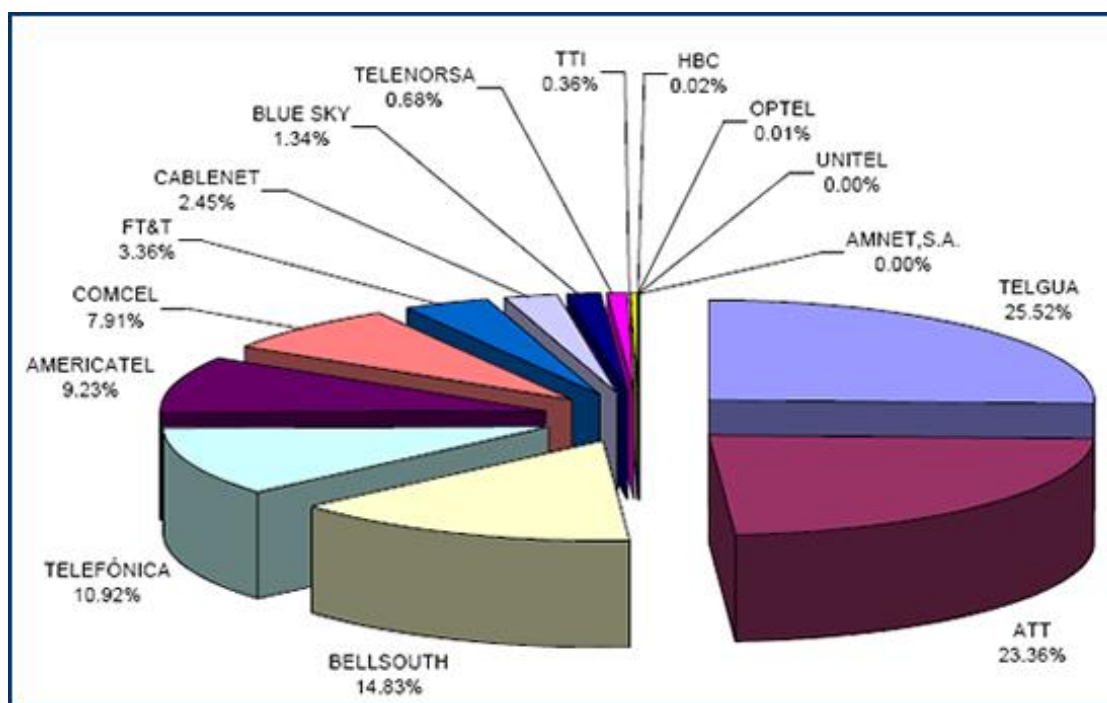
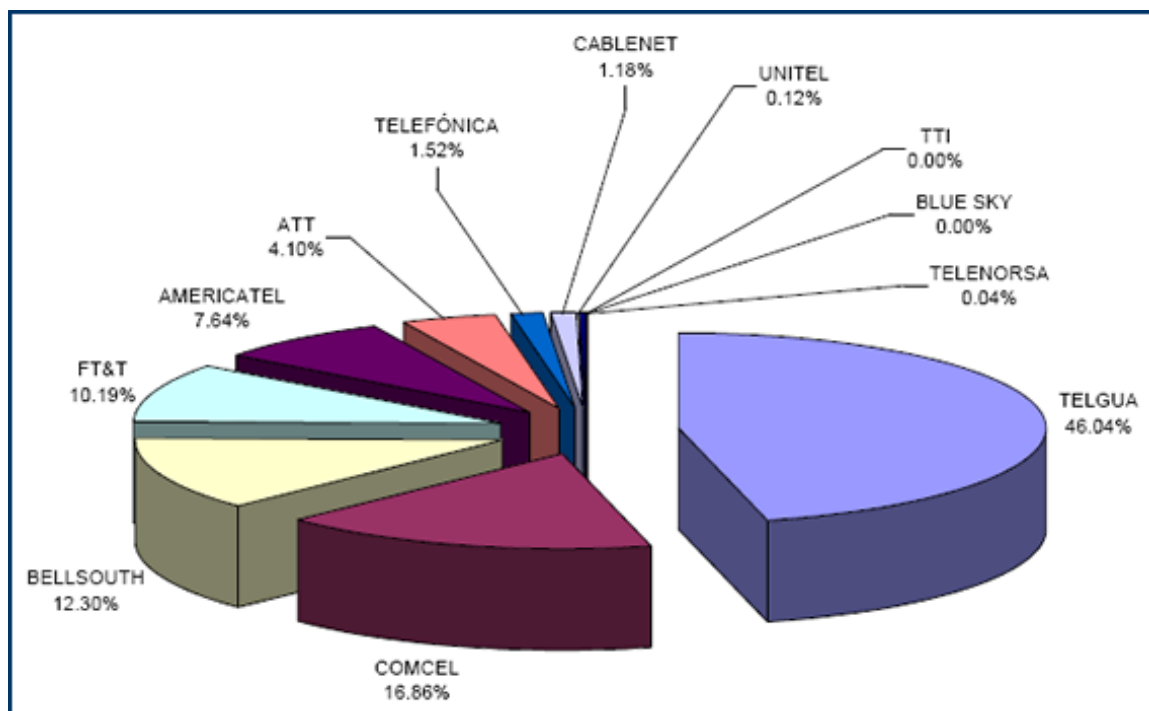


Figura 15: Representación gráfica del tráfico entrante por operador.



En el siguiente cuadro, se muestran las tarifas para llamadas internacionales que ofrecen tres de los operadores de redes fijas más importantes del país: Telgua, Americatel y Cablenet (no fue posible obtener información oficial de otros operadores para el período de estudio indicado). Las tarifas que se presentan son hacia los dos destinos de mayor tráfico internacional: Estados Unidos (63.23%) y Centro América (el 22.62% del tráfico internacional está dirigido hacia Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá).

Cuadro 3: Tarifas internacionales.

Destino	Telgua	Americatel	Cablenet
USA	\$0.4032	\$0.25	\$0.10
Centro América	\$0.2912	Q3.15	\$0.15

B. Llamadas internacionales por Internet

En la sección anterior se señalaron los operadores de telefonía fija y de llamadas internacionales más importantes del país. A continuación se presentan los servicios de telefonía por Internet, para llamadas internacionales, de PC a Teléfono o de Teléfono a Teléfono (las llamadas de PC a PC son gratuitas). Como no hay estadísticas oficiales del uso de esta tecnología en Guatemala, la información que se presenta fue obtenida el día 11 de agosto del 2005, de las páginas web de los servicios mencionados.

En los cuadros 4 y 5 se presentan los costos por minuto de llamadas internacionales a líneas fijas (no a teléfonos móviles). En los servicios de teléfono a teléfono, que se listan en el Cuadro 4, el cliente recibe un número telefónico norteamericano (aunque se solicite el servicio desde otro país) y paga las tarifas internacionales al llamar a países fuera de Estados Unidos. Únicamente las llamadas que se realicen a Estados Unidos (y dependiendo del servicio, a Canadá y Puerto Rico) son consideradas locales y, según el plan que se adquiera, estas pueden ser ilimitadas, por lo que en el siguiente cuadro se presentan con costo de \$0.00⁴. Esto significa que si se requiere el servicio fuera de Norte América, se cobran como llamadas internacionales aún aquellas que estén dirigidas al

⁴ Esta información fue obtenida vía correo electrónico, del departamento de ventas de Vonage y del departamento de servicio al cliente de BroadVoice, el día 17 de agosto de 2005.

país desde el que se inicia la conversación. Es por ello que no se recomienda utilizar estos servicios para realizar llamadas locales (en Guatemala) ya que, en este caso, las tarifas son más altas que las de los servicios locales de telefonía.

Cuadro 4: Tarifas de llamadas de teléfono a teléfono utilizando servicios de telefonía por Internet.

Destino	BroadVoice ⁵	Vonage ⁶	iConnectHere ⁷
USA	\$0.00	\$0.00	\$0.0
Belice	\$0.27	\$0.21	\$0.206
El Salvador	\$0.15	\$0.12	\$0.120
Honduras	\$0.48	\$0.35	\$0.384
Nicaragua	\$0.27	\$0.20	\$0.236
Costa Rica	\$0.07	\$0.11	\$0.073
Panamá	\$0.09	\$0.12	\$0.117

Cuadro 5: Tarifas de llamadas de PC a teléfono.

Destino	Skype ⁸	Dialpad ⁹
USA	\$0.022	\$0.017
Belice	\$0.227	\$0.23
El Salvador	\$0.130	\$0.168
Honduras	\$0.375	\$0.299
Nicaragua	\$0.223	\$0.220
Costa Rica	\$0.066	\$0.099
Panamá	\$0.087	\$0.168

Cabe mencionar que la información presentada en esta sección es para los servicios de telefonía por Internet. Para empresas que cuenten con infraestructura de larga distancia verán que el costo de llamadas internacionales dentro de sus mismas oficinas, utilizando las redes de datos existentes para transmitir voz, será aún menor (puede llegar a ser prácticamente nulo) ya que las llamadas no serán colocadas en la PSTN.

⁵ Sitio web: <http://www.broadvoice.com/>

⁶ Sitio web: <http://www.vonage.com/>

⁷ Sitio web: <http://www.icconnecthere.com/>

⁸ Sitio web: <http://www.skype.com/products/skypeout/>

⁹ Sitio web: <http://www.dialpad.com/>

C. Restricciones legales

A nivel internacional, el debate respecto de la regulación de VoIP está puesto en primera línea. Lo que se busca es hacer posible la introducción de esta tecnología en el ambiente público, resguardando los incentivos para el desarrollo de redes, generando beneficios a los consumidores y sin causar distorsiones en el ambiente de regulaciones. Es decir que al momento de redactar regulaciones que afecten a esta tecnología, se deberán considerar los tipos de servicios IP que se proveerán, la calidad y el precio de los mismos, de manera que permitan satisfacer las necesidades de los usuarios, con las mínimas barreras posibles.

En Guatemala, las restricciones legales que existen están dirigidas a los servicios, no a la tecnología; y la sanción que más influye en la implementación de VoIP, es la referente al *bypass* del tráfico telefónico internacional.

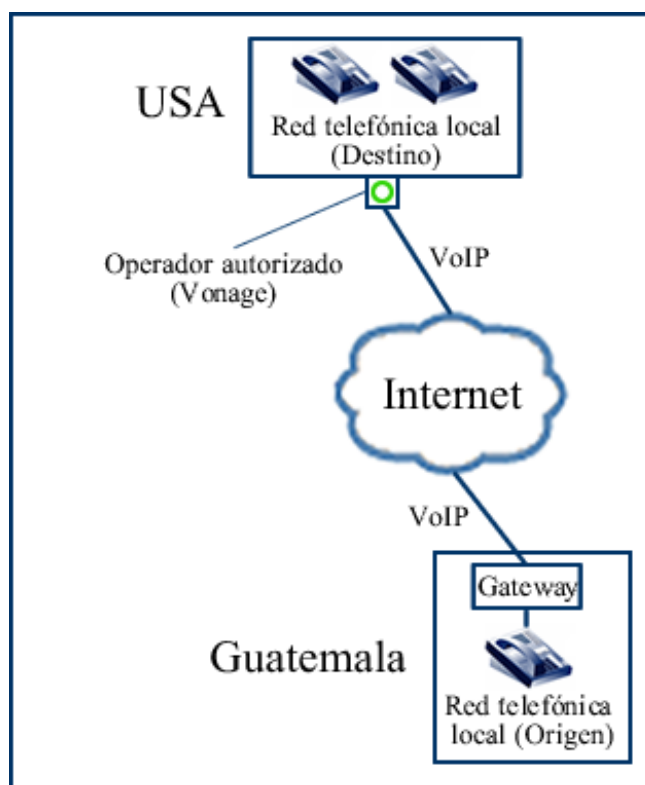
1. Servicios de telefonía internacional. Para poder comprender el concepto de *bypass*, primero se debe conocer el proceso para proveer legalmente servicios de telefonía de larga distancia.

El Reglamento para la prestación de servicio telefónico internacional, que puede ser descargado del sitio web de la Superintendencia de Telecomunicaciones, tiene por objeto establecer las reglas a las que deberán sujetarse las entidades que ofrezcan dicho servicio. El documento establece que los operadores de red local serán responsables de entregar las llamadas de sus usuarios al operador de puerto internacional de su elección. Por su parte, corresponderá al operador de puerto internacional realizar las funciones de transmisión y conmutación, para encaminar las llamadas desde y hacia la red extranjera que corresponda. Esto puede llevarse a cabo a través de circuitos establecidos entre éste y el operador de red local en el que termina la comunicación, o a través de uno o varios operadores de tránsito que encaminan las llamadas al operador de red extranjera. Entre todos los operadores involucrados, existe un convenio para liquidar el costo de las llamadas.

Sin embargo, las llamadas que utilizan los servicios de telefonía sobre la red global de Internet (que tampoco está regularizada), se inician como tráfico de datos, y es con este formato que salen del país origen. Es hasta que llegan al país destino que son colocadas en la red telefónica, por los *gateways* de un operador autorizado. En Guatemala, la ley no restringe los servicios sobre las redes de datos, por lo que actualmente, ningún reglamento está en capacidad de prohibir el uso de estos servicios.

En la siguiente figura se diagrama una llamada iniciada en Guatemala y dirigida a una línea telefónica convencional en Estados Unidos, utilizando servicios de telefonía por Internet. Como se mencionó en el capítulo anterior, para tener acceso a estos servicios, el que llama debe conectar un *gateway* (o ATA) al teléfono para poder transmitir la conversación. En Estados Unidos, un operador autorizado (por ejemplo Vonage) recibe la voz empaquetada y la coloca sobre la red telefónica local, por lo que el receptor de la llamada no necesariamente debe tener acceso a VoIP.

Figura 16: Llamada internacional a través de los servicios de telefonía por Internet.



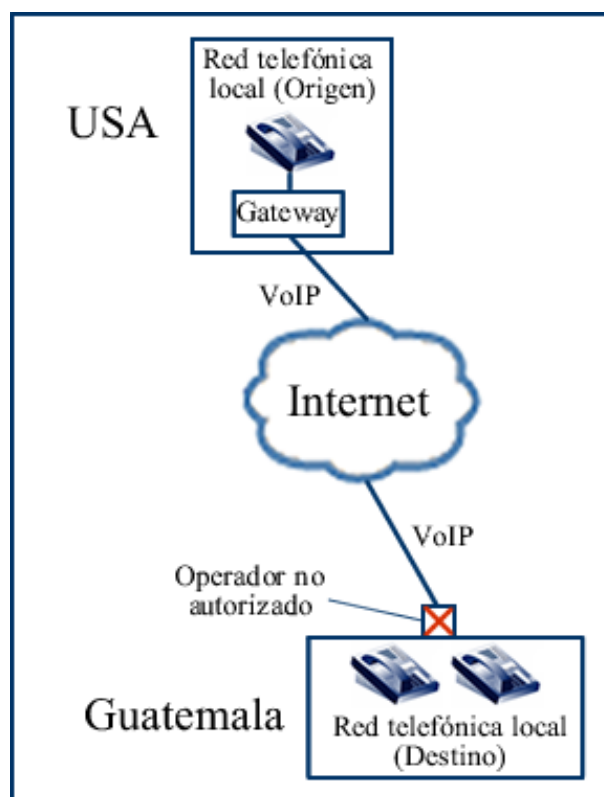
2. *Bypass* internacional. En la investigación realizada previa a este documento, no se encontró una definición oficial del concepto de *bypass*, por lo que se recurrió a varias entidades para comprenderlo, entre ellas, la Superintendencia de Telecomunicaciones, distribuidores de equipo y servicios de telecomunicaciones, usuarios de VoIP y legisladores. A continuación se presenta, lo que se considera, una definición objetiva e imparcial de *bypass* internacional.

Como se mencionó en el apartado anterior, los servicios de telefonía a través de Internet ofrecen tarifas de llamadas internacionales más baratas que las convencionales. Esto se debe a que las conversaciones inician sobre una red IP (no como llamadas telefónicas), y son colocadas en la PSTN hasta que llegan a un operador en el país destino. De esta manera, la llamada no es cobrada como internacional, sino como local (posiblemente con algunos cargos adicionales), ya que únicamente cursa la red telefónica de un país. Para poder proveer estos servicios, debe existir un operador autorizado que se encargue de recibir las llamadas que entren por redes IP y colocarlas sobre las líneas telefónicas locales.

En Guatemala este servicio se considera ilegal (se refiere a *bypass* internacional), si se trata de una llamada internacional que llega al país como datos y un operador no autorizado se encarga de colocarla en la red telefónica y cobrarla como llamada local.

Es importante resaltar que la SIT únicamente tiene jurisprudencia en Guatemala, por lo que no puede controlar los operadores en los países que reciben las conversaciones. Es responsabilidad del país destino regular el tráfico telefónico, para proteger a los operadores de telefonía ya autorizados. Sin embargo, como se mencionó al inicio de esta sección, la redacción de estos reglamentos es crítica, ya que no deben impedir el crecimiento y desarrollo de esta tecnología, que bajo muchos aspectos, es favorable para sus usuarios.

Figura 17: Bypass internacional.



Las empresas que estén interesadas en brindar este tipo de servicio en Guatemala, deben solicitar autorización. Sin embargo, en la actualidad, no resultaría rentable, ya que la llamada no sólo debe ser cobrada como local sino que se le debe agregar el costo de terminación (este es cobrado por los operadores de redes telefónicas locales). Un ejemplo es Telgua, que actualmente cobra \$0.09 por minuto para la terminación de llamadas. Comparado con los costos mencionados en la sección anterior, esto ya no representa una ventaja en precio para la empresa que desee brindar este servicio, ya que con otros servicios, como los presentados en los Cuadros 4 y 5, se logran tarifas de llamadas internacionales significativamente menores.

D. Tratados internacionales

Recientes tratados internacionales, como el CAFTA y el plan Puebla-Panamá abordan los temas de telecomunicaciones en el Istmo, aunque no se refieren

específicamente a la tecnología de VoIP. En la siguiente sección se discuten los aspectos que beneficiarán a esta tecnología.

1. TLC. En el capítulo 13 de este tratado, que puede ser descargado del sitio web del Ministerio de Economía de Guatemala: <http://www.mineco.gob.gt/mineco/cafta/textos.php>, se menciona que se deben realizar mejoras y cumplir ciertas obligaciones en el área de las telecomunicaciones. Dentro de estos compromisos está la desagregación de redes y el reglamento de interconexión.

Interconexión es la función mediante la cual se asegura la interoperabilidad entre redes, de tal modo que se pueda cursar tráfico de telecomunicaciones entre ellas. El reglamento de interconexión establece que los proveedores de servicios públicos de telecomunicaciones en el territorio de una parte deberán permitir la interconexión, directa o indirectamente, con proveedores de servicios de telecomunicaciones de la otra parte.

Por desagregación de redes se entiende que aquellos que tengan infraestructura, deben arrendar una parte para que otros proveedores de servicio también puedan llegar al usuario. En el tratado se menciona que debe haber un trato ecuánime, no discriminatorio, con los operadores que vengan y con los que ya estén instalados. Es decir, se debe otorgar a los proveedores de servicio acceso a los elementos de red de manera desagregada y a tarifas basadas en costos, que sean razonables, no discriminatorias y transparentes.

Estos compromisos favorecerían el desarrollo de las telecomunicaciones ya que ampliarían la competencia en este mercado, a nivel regional, por lo que los usuarios tendrían la opción de escoger más y mejores servicios y proveedores.

2. Plan Puebla-Panamá. El objetivo de este tratado es aumentar la competitividad económica y reducir los costos de las telecomunicaciones en la región. Además, busca la integración centroamericana a través de una armonización de las infraestructuras y de los servicios de telecomunicaciones.

Actualmente, los países del Istmo están construyendo en forma independiente e inconexa, redes de fibra óptica, de acuerdo a las necesidades nacionales, a través de inversiones tanto públicas como privadas. La Autopista Mesoamericana de la

Información busca articular estos esfuerzos integrando, a nivel regional, los sistemas existentes y en construcción.

Este proyecto busca la interconexión de más de 40 ciudades importantes (capitales, principales puertos y aeropuertos) entre Colombia y Puebla. La espina dorsal de esta red de comunicación utiliza cables de fibra óptica y tecnologías complementarias de alta capacidad para soportar la transmisión de información a velocidades de hasta 2.5 Gbps. Además, la Autopista Mesoamericana permitirá aprovechar mejor la infraestructura existente de cables submarinos que tocan la región en ciertos puntos, ampliando su alcance hacia el interior de la región.

Con este plan, se busca promover una sociedad mesoamericana de información, mediante la conectividad y el aprovechamiento de las tecnologías de información y comunicación (entre ellas la tecnología estudiada en este documento, VoIP).

E. Proveedores de servicios y equipo de VoIP

En las siguientes secciones se exponen algunos ejemplos de proveedores y de usuarios de la tecnología de VoIP en Guatemala. Esta información fue obtenida de entrevistas realizadas a varias instituciones líderes en la adopción e investigación de nuevas tecnologías, con el objetivo de fundamentar el modelo de caso de negocios propuesto en el siguiente capítulo.

Para respetar la confidencialidad y por motivos de estrategia de las instituciones que proveyeron información, se mantendrá el anonimato de las mismas. Cabe mencionar que no se busca obtener un significado estadístico con estas entrevistas, debido a la pequeña cantidad de entidades que han adoptado esta tecnología y a su relativamente reciente aceptación en el país.

1. Proveedores de equipo de telecomunicaciones. En Guatemala, hay varios proveedores de equipo de telecomunicaciones para empresas, operadores y *carriers*. Muchos de ellos tienen agencias distribuidas a nivel internacional, por lo que el equipo y

los servicios que proveen, son tan modernos y variados como los que se pueden obtener en el mercado global de telecomunicaciones.

Los productos que ofrecen estas empresas oscilan desde adaptadores telefónicos para acceder a servicios de telefonía por Internet, hasta dispositivos para implementar redes completas y seguras de VoIP.

2. Empresas telefónicas. Los operadores telefónicos entrevistados enfatizan en las desventajas aún existentes de la VoIP, y acentúan la buena calidad de la telefonía actual. Sin embargo, sí se muestran interesados en esta nueva tecnología, debido a su gran impacto y a las amenazas que promueve contra el paradigma de la telefonía tradicional. Es por ello que están empezando a reaccionar ante ella, sin mencionar cómo, ya que hasta la fecha, este es un tema estratégico para estas empresas.

Actualmente es difícil pensar que la telefonía vaya a ser reemplazada por la tecnología de VoIP, debido a la gran cantidad de inversiones a nivel mundial en el cableado de cobre. De hecho, algunos esperan regulaciones para esta tecnología y de esta manera proteger sus inversiones ya existentes. En algunos países, los operadores locales están adoptado la VoIP para brindar servicios de llamadas internacionales más baratas, utilizando sus líneas para terminar las llamadas entrantes.

3. Desventajas para la implementación de VoIP en Guatemala. En Guatemala, al igual que en muchos países, los mayores problemas que pueden encontrar los usuarios de esta tecnología, son la calidad de los enlaces (en particular los de Internet) y el ancho de banda disponible. La solución a la que muchas organizaciones recurren para asegurarse un buen servicio, es establecer la calidad de los enlaces y del ancho de banda que deben ser mantenidos, dentro del contrato con sus proveedores de Internet.

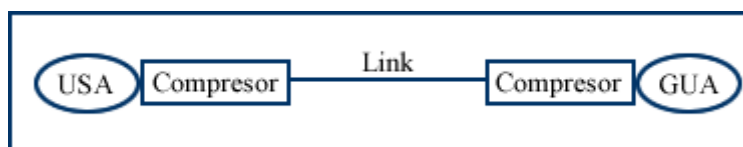
F. Usuarios de VoIP en Guatemala

Como lo menciona Mariana Maza en su artículo del diario Prensa Libre, en Guatemala, seis de cada 10 empresas están migrando hacia esta tecnología. A continuación se ejemplifican algunas implementaciones de VoIP en el país.

1. *Carriers* de larga distancia. En esta sección se explica por qué algunos *carriers* en Guatemala están desarrollando redes de voz basadas en paquetes, en vez de redes basadas en circuitos.

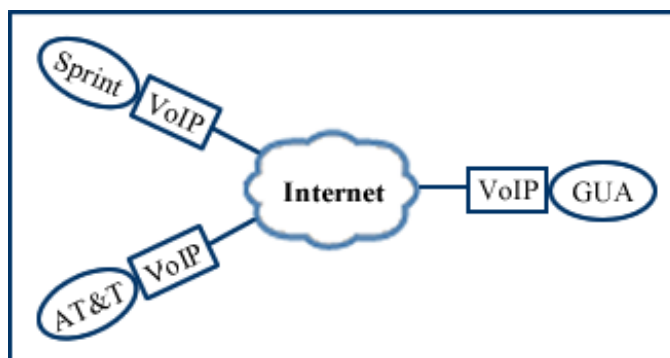
Antiguamente, los *carriers* de larga distancia, se basaban en conexiones punto a punto en las que se necesitaba un compresor de cada lado del enlace. Ambos compresores tenían que ser iguales y eran costosos: por 240 llamadas concurrentes, cada uno costaba aproximadamente \$250,000. En la siguiente figura se representa esta conexión.

Figura 18: Conexiones punto a punto para carriers de larga distancia.



Luego el precio de los enlaces bajó: los canales E1 pasaron de costar alrededor de los \$8,000 en 1998 a \$5,000. Los compresores de VoIP también son más baratos que los anteriores ya que cuestan aproximadamente \$50,000. Otra ventaja para los *carriers* es que, con esta tecnología, los enlaces ya no deben ser punto a punto, sino que un compresor puede conectar a varios destinos a través del Internet, lo que da más flexibilidad a las comunicaciones. La siguiente figura representa esta nueva implementación.

Figura 19: Enlaces de carriers con VoIP.



Acercas de la seguridad a nivel de los *carriers*, se mencionó en las entrevistas que la transmisión puede ser cifrada para evitar interceptaciones de llamadas, pero en la práctica,

esto no es necesario, ya que los paquetes no siempre pasan por el mismo camino y además son muchas las conversaciones simultáneas. En este caso, es más difícil interceptar y rastrear una conversación que en una LAN, en donde son pocas las llamadas simultáneas.

2. Corporaciones. En este apartado se explica por qué y cómo varias corporaciones en Guatemala han implementado la transmisión de conversaciones telefónicas sobre redes basadas en paquetes en vez de redes basadas en circuitos.

En primer lugar, se recurre a la VoIP para aprovechar la infraestructura de datos ya existente. De esta manera, se ahorra en costos de infraestructura así como de llamadas dentro de la red, ya que al no pasar por la PSTN, estas tienen un costo prácticamente nulo. Otro motivo por el cual implementar esta tecnología, sobre todo para instituciones bancarias, es la falta de confiabilidad o falta de infraestructura de telefonía para llegar a las agencias (sobre todo departamentales). Es por ello que en Guatemala todos (o al menos la gran mayoría) los bancos utilizan redes basadas en paquetes, no en circuitos, para transportar voz. A continuación se describe cómo dos de las instituciones bancarias más importantes del país han llevado a cabo la implementación de sus redes de VoIP.

El primer grupo financiero, cuyo nombre no será mencionado, tiene implementada su red de VoIP desde hace tres años y con ella, aprovecha los enlaces que ya existían para la red de datos. Además, cuenta con equipo propio, incluyendo la planta telefónica que soporta VoIP. El ancho de banda con el que cuenta actualmente es de 128 Kbps y es suficiente para mantener una buena calidad de la voz.

Para aprovechar las facilidades de la tecnología y brindar un mejor servicio a sus clientes, se utiliza un sistema de numeración de cuatro dígitos para los teléfonos fijos y celulares de la institución. Esto es ventajoso para el cliente ya que para comunicarse a cualquier agencia, solamente debe marcar un número telefónico, y de aquí es redirigido al destino que desee. Otra ventaja, desde el punto de vista de la empresa, es que se tiene un mejor control de llamadas, y rastreo de las mismas, en caso sea necesario.

Para mantener la disponibilidad de la red, se tienen tres enlaces redundantes con diferentes operadores. Para asegurar las conversaciones, se utilizan técnicas de cifrado y se está planificando transmitir video para autenticar a los interlocutores. La única dificultad con la que se ha encontrado esta institución, ha sido la degradación de la calidad de la voz cuando se cifra la comunicación y se transmite en enlaces inalámbricos.

En la segunda institución bancaria visitada, también se tiene una infraestructura de VoIP pero esta es diferente de la mayoría de las implementaciones, ya que esta corporación cuenta con una red de telecomunicaciones propia (es decir que tiene sus propios enlaces), lo cual es una facilidad que no tiene la gran mayoría de las organizaciones, excepto las telefónicas.

La migración a VoIP fue llevada a cabo también hace tres años y el principal motivador para ello fue la reducción de costos, puesto que se utiliza la infraestructura ya existente para transportar voz (el costo de cada llamada resulta prácticamente nulo). El otro motivador para implementar esta red, fue el de volver más eficientes los procesos, ya que esta tecnología permite administrar mejor los recursos, utilizando anchos de banda más pequeños y brindando los mismos beneficios.

El ancho de banda que utilizan las llamadas de VoIP es de 8 Kbps y los enlaces son de 2 Mbps (entre agencias), por lo que la calidad de la voz no se ve afectada. Como medio para proveer seguridad, se utilizan VPN y salió a relucir el hecho que nunca han tenido ningún tipo de ataque a estas redes.

3. Clientes particulares. En este apartado se explica por qué varias empresas de pequeña escala en Guatemala utilizan la telefonía por Internet para realizar llamadas internacionales. Como se describió en el capítulo anterior, con un teléfono IP o con un adaptador para un teléfono análogo, se pueden realizar llamadas por Internet, en donde un operador se encarga de llevar a cabo la comunicación, a bajo costo. No sólo se logra ahorrar en llamadas internacionales, sino que se aprovecha la flexibilidad de algunos servicios que provee la telefonía IP. Por ejemplo, *follow-me*, que es una herramienta útil para las personas que viajan constantemente, ya que siempre pueden ser localizadas en el mismo número telefónico.

IV. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

En el siguiente capítulo se propondrá un modelo de estudio de factibilidad para determinar la viabilidad de implementar VoIP, en cualquier organización interesada en la convergencia de redes para el transporte de sus comunicaciones de datos y de voz. En primer lugar, se detallarán los aspectos que se deben tomar en consideración al momento de planificar este tipo de proyecto. Luego se señalarán las características tecnológicas que deben evaluarse para poder realizar el análisis financiero, que permitirá determinar la factibilidad o no, de embarcarse en un proyecto que involucre esta tecnología.

Debido a la naturaleza técnica del presente estudio, y a que se pretende que el mismo sea útil para cualquier tipo de organización, se decidió no realizar una segmentación del mercado por tamaño o función, sino proponer un resultado según las características y la capacidad tecnológica de la empresa que se evalúe.

A. Consideraciones en un proyecto de VoIP

Para lograr una implementación de VoIP donde se obtengan beneficios no sólo económicos sino que también se cumplan las expectativas técnicas de la organización, se necesita realizar una planificación cuidadosa del proyecto. Entre los aspectos que se deben tomar en cuenta en esta etapa, están las características y la capacidad tecnológica de la institución así como los objetivos que se desean lograr al adoptar esta tecnología. A continuación se presentan las consideraciones técnicas que deben ser evaluadas antes de implementar este tipo de proyecto.

La presente sección está dirigida a aquellas instituciones que deseen implementar una nueva red de voz y datos o actualizar una red de datos para que soporte tráfico de VoIP. Las evaluaciones que se sugieren no son necesarias para aquellas empresas que únicamente deseen adquirir algunos teléfonos IP o adaptadores telefónicos para reducir sus costos en llamadas internacionales.

1. Análisis de la red de datos existente. Para determinar si la red de datos es capaz de soportar el tráfico de VoIP, es necesario evaluar su infraestructura, así como el uso que se

le da. Con este análisis se pretende identificar las mejoras y actualizaciones necesarias y poder evitar problemas potenciales que afectarían la calidad y disponibilidad de los servicios de la red al momento de agregar el tráfico de voz.

a. Análisis de dispositivos y del software. En primer lugar, se debe realizar un inventario y un análisis del software y de los dispositivos de red existentes. De esta manera, se identificará el equipo del que ya se dispone y que podrá ser utilizado en la red de VoIP (por ejemplo, conmutadores que soporten QoS, *routers*, servidores, cortafuegos...) y el equipo y software que deben ser adquiridos. Luego se deben determinar las configuraciones existentes (por ejemplo QoS en los *routers*), las velocidades y el ancho de banda en las diferentes interfaces (como se discutió en el segundo capítulo, estos son factores que afectan directamente la Calidad de servicio).

También se debe especificar el medio sobre el que está construida la red (LAN y WAN, en caso se cuente con una), es decir el cableado y los protocolos de red. De preferencia, se busca Ethernet en la LAN, por su relativo bajo costo, las velocidades que brinda y para tener acceso a tecnologías como PoE.

b. Uso de los dispositivos. Además de comprender la estructura y la configuración de la red, se deben evaluar las estadísticas de utilización de los dispositivos y de los enlaces para conocer si tienen suficiente capacidad para soportar el tráfico de VoIP que se agregará al tráfico de datos actual.

En primer lugar, se debe monitorear la utilización del ancho de banda. Es decir, conocer qué porcentaje está siendo utilizado en promedio y durante los picos. Habiendo seleccionado el *codec* que será aplicado al tráfico de voz, se podrá determinar cuántas llamadas simultáneas será posible realizar sobre el enlace.

Luego se debe evaluar la utilización de los procesadores en promedio y en los picos (en particular de los *routers* y de los cortafuegos). Debido a que son requeridos para tareas como actualización de rutas, procesamiento de tráfico y administración de la red, se sugiere que si están siendo utilizados más del 50% en los picos o más del 30% en

promedio, sean mejorados para no causar cuellos de botella cuando se agregue más tráfico en la red.

Por último, se debe estimar la latencia, el *jitter* y la pérdida de paquetes en la red de datos actual, con la ayuda de analizadores de tráfico. Con la información recopilada, se podrá determinar si las condiciones actuales afectarán la calidad de la voz (como se mencionó en el segundo capítulo, la UIT-T no recomienda retrasos de una vía de más de 150 ms).

c. Análisis de la infraestructura de poder y cableado existente. En los ambientes de voz tradicionales, generalmente la energía está bien distribuida, puesto que los teléfonos reciben el poder del PBX. De la misma manera, los sistemas de telefonía IP deben trabajar constantemente, aunque temporalmente no haya luz.

Para hacer esto posible, es necesario, ya sea un dispositivo UPS (por sus siglas inglesas de *Uninterruptible Power Supply*) de respaldo eléctrico, para cada elemento que participa en el flujo del tráfico de voz, o bien implementar la tecnología de PoE (esta es una solución que estructura mejor la distribución de la energía en redes de tamaño medio o grande). Como se mencionó en el capítulo de FUNDAMENTOS DE VOIP, con esta segunda solución, la electricidad es suministrada al teléfono a través de un conmutador de Ethernet o por medio de un panel de energía externo. Además, como se necesita cableado categoría 5 ó superior, es necesario revisar la categoría del cableado existente; en caso no sea compatible, evaluar si es económicamente más favorable reemplazarlo o implementar la primera solución.

2. Análisis de la red de telecomunicaciones existente. Para conocer el tráfico de voz que será agregado a la red de datos, es necesario evaluar y documentar la infraestructura de telecomunicaciones existente y su uso.

a. Análisis de la infraestructura. Este análisis debe ser llevado a cabo para todas las agencias u oficinas de la organización en las que se desee implementar la tecnología de VoIP. Debe involucrar el equipo, los servicios y las características de la red. También debe incluir el total de teléfonos por sitio, la cantidad que se convertirá a VoIP y el

número de teléfonos que permanecerán análogos (para respaldo o emergencias). De esta manera, se identificará el equipo que será reemplazado, el que deberá ser mejorado y las actualizaciones que habrá que realizar para que la red de datos soporte telefonía IP.

b. Utilización de la red. Los registros de telefonía son necesarios para conocer el perfil del tráfico de voz en promedio y en horas pico y para estimar la carga adicional que la red de datos deberá soportar.

La información que se debe obtener, de todos los sitios de la organización, es el volumen, la frecuencia y la duración de las llamadas; todo ello en promedio y en los picos. También se debe identificar la cantidad de llamadas concurrentes y el flujo de las mismas (destinos).

Con la información de los destinos, se podrá determinar qué cantidad de las llamadas (y el costo mensual de las mismas) ocurre en cada sitio (dentro de cada oficina), dentro de la organización (entre oficinas locales e internacionales) y cuántas salen de la red (llamadas departamentales y de larga distancia).

Otro dato relevante es el porcentaje de llamadas bloqueadas debido a la falta de líneas disponibles en horas de mayor tráfico. Esto permitirá conocer hasta qué punto se busca lograr Calidad de servicio y disponibilidad para la voz en la red de VoIP.

De esta manera, lo que este análisis busca es facilitar la determinación del ancho de banda necesario para soportar el volumen de llamadas esperadas (además del tráfico de aplicaciones de datos) en la red de VoIP. Existen varias herramientas para predecir los volúmenes de llamadas y la cantidad de líneas telefónicas necesarias para soportarlas. Una de ellas es la tabla Erlang, a la que se puede acceder desde el sitio web: <http://www.erlang.com> (Sinclair, *et al*, 2002:28).

3. Requerimientos de QoS y de seguridad. Para la red de voz existente, se debe identificar la calidad de las llamadas (por ejemplo realizando la prueba MOS descrita en el capítulo de FUNDAMENTOS DE VOIP) y de esta manera definir la calidad de la voz esperada para la red de VoIP.

Para lograr que la voz alcance una calidad similar a la provista por la red telefónica existente, se deben resolver los problemas mencionados en la sección de Calidad de servicio del capítulo de FUNDAMENTOS DE VOIP. En primer lugar, se debe determinar si el equipo existente soporta mecanismos de QoS o si puede ser configurado para ello, si no, habrá que considerar reemplazarlo. Luego se debe estudiar la localización y el uso de los concentradores, ya que generalmente crean cuellos de botella en las redes LAN. Esto se debe a que al estar compartidos, todos los dispositivos que se conecten a ellos terminan compitiendo por el ancho de banda, lo cual no garantiza Calidad de servicio. Se sugiere reemplazarlos por conmutadores.

Por otra parte, se deben cumplir los requerimientos de seguridad en la red, dictados por las políticas de la institución. Generalmente las redes de datos ya cumplen con estas políticas, así que se debe asegurar que al transportar tráfico de voz, sigan respetándose.

Cabe mencionar que la implementación de VLAN favorece la Calidad de servicio y la seguridad de la red, por lo que es importante revisar que se tenga soporte en los conmutadores. En caso negativo, evaluar la necesidad de reemplazarlos por dispositivos que sí soporten este tipo de red virtual.

4. Requerimientos de disponibilidad. Se debe asegurar la disponibilidad del servicio en una red de VoIP, en particular para el transporte de voz. Ello se logra por una combinación de varios factores: disponibilidad del hardware, del software, de los enlaces, de la distribución de energía (mencionada en el inciso anterior), del diseño de la red y por el manejo del sistema de parte de los usuarios.

En primer lugar, la disponibilidad de hardware, se evalúa según la redundancia en la red y el tiempo estimado de espera para reparar daños en el equipo. Una forma de proveer redundancia, es utilizando el método de balanceo de carga, en donde varios servidores se alternan para compartir la carga de la red. También se pueden tener *clusters* (término inglés que en este caso se refiere al agrupamiento de estos equipos), en donde se tiene un dispositivo primario y otro de respaldo.

Por otra parte, debido a que la calidad del software es responsabilidad del fabricante, se sugiere que sea probado para determinar su impacto en el ambiente de red, antes de implementarlo formalmente. Esto permitirá asegurarse que no afectará la disponibilidad de la red. Es necesario tener un inventario de las versiones del software que se ha adquirido y utilizar aquellas que hayan demostrado confiabilidad.

Luego, la disponibilidad del *carrier* y de los enlaces está determinada por factores como calidad de la instalación, redundancia, tiempo de restauración del servicio en caso de fallas y diversidad geográfica. En una implementación de VoIP se desea que los usuarios estén tan satisfechos con el servicio, como lo están actualmente con el de la PSTN. Aquí es importante definir los acuerdos SLA (por sus siglas inglesas de *Service-Level Agreements*) que precisan las expectativas acordadas entre la empresa con el proveedor de servicio (enlaces) acerca del rendimiento y la disponibilidad del mismo (Walker, y Hicks, 2004).

Otra consideración es la disponibilidad provista por el diseño de la red. Se sugiere que éste sea modular y jerárquico, de manera que pueda eliminar problemas de disponibilidad de la red al fallar un punto y evitar cuellos de botella que afecten su rendimiento.

Finalmente, para evitar que los errores cometidos por los usuarios de los nuevos servicios de VoIP degraden la calidad de la red, es necesaria su capacitación.

5. Resumen de los distintos análisis. En los apartados anteriores se presentaron los análisis que deben ser realizados por la empresa que se embarque en el proyecto de implementación de una red de VoIP. Con la información obtenida, se podrán determinar los requerimientos, mejoras y actualizaciones necesarios para acomodar esta tecnología, tomando en cuenta aspectos como interoperabilidad, QoS, seguridad, disponibilidad, servicios a proveer y efectos sobre las aplicaciones ya existentes.

B. Flujo de efectivo para un proyecto de adopción de VoIP

Dentro del análisis económico que se debe realizar para determinar la factibilidad de implementar VoIP, dadas las características técnicas de una organización, el primer paso es realizar un flujo de efectivo en el que se representen los costos de inversión, los gastos y los ahorros mensuales estimados. El objetivo de esta sección es señalar las consideraciones necesarias para la elaboración de dicho flujo de efectivo y en la siguiente sección, se describirá la realización del estudio financiero completo.

1. Estimación de la inversión inicial. En el siguiente apartado se describen los gastos iniciales para la implementación de una red de VoIP, de manera que provea, entre otras cualidades, calidad de servicio comparable a la de la red de voz.

a. Costos de planificación y diseño. En caso de que la misma compañía se encargue de implementar y administrar sus redes, es necesario capacitar a sus equipos técnicos acerca de las implicaciones de la tecnología de VoIP. Se necesita entrenamiento del equipo de datos para que aprendan las habilidades de telecomunicaciones y/o del equipo de telefonía para aprender de redes de datos; de esta manera, se tendrá únicamente un equipo técnico, encargado de administrar la red convergente de VoIP. En esta etapa de planificación y diseño, también es posible que se requiera de asesorías y consultorías que aclaren la manera en que debe llevarse a cabo la implementación del proyecto.

b. Costos de evaluación y compra. Antes de adquirir el equipo, se deben evaluar soluciones de diferentes fabricantes para encontrar las que cumplan mejor con los requerimientos de la organización, tomando en cuenta que los productos que se adquieran deben funcionar correctamente sobre la red existente (deben ser compatibles), y que si se consideran equipos de varios fabricantes, deben poder trabajar en conjunto. Antes de implementar el sistema, se sugiere simular un ambiente a pequeña escala de la red, para estimar su rendimiento y funcionamiento y de esta manera validar la implementación.

Por otra parte, es posible que no sea necesario descartar completamente el equipo de telecomunicaciones y de datos existente, sino que sea suficiente, realizar algunas mejoras o actualizaciones, para algunos dispositivos:

- Decidir si se van a actualizar los sistemas PBX para que soporten VoIP o si se adquirirán PBX IP nuevos.
- Evaluar si es necesario actualizar los procesadores de los *routers* y de los cortafuegos (para evitar congestión cuando se agregue el tráfico de voz sobre las redes de datos).
- Evaluar si es posible actualizar los conmutadores para que soporten QoS, PoE y VLAN.
- Para asegurar el cumplimiento de las políticas de seguridad, determinar si es posible configurar los *routers* para que soporten QoS y VPN y los *proxys* y cortafuegos para que manejen correctamente el tráfico H.323 y/o SIP.

Además del equipo mencionado anteriormente, los dispositivos que deben ser adquiridos para estas redes son: teléfonos IP, ATA, *gateways*, *gatekeepers* (en caso se utilice el protocolo H.323) y servidores. Si se implementará PoE en la red, asegurarse que el cableado sea categoría 5, 5e ó 6.

Por otra parte, el *software* que debe adquirirse incluye los servidores (de conferencias y unificación de mensajes) y los clientes para aplicaciones de VoIP (*softphones*), en caso no se utilicen teléfonos de hardware.

Finalmente, para respaldo de energía en la red, instalar, como se mencionó en la sección II.G.5: UPS, conmutadores con capacidad de PoE y/o paneles de energía. Además, para asegurar la disponibilidad de la red, considerar proveer redundancia en la base de la misma y en los enlaces.

Debido a la variedad de soluciones, productos y fabricantes que existen en el mercado, no es posible realizar un estimado o presupuesto de los costos del equipo descrito a lo largo del documento. En el siguiente cuadro, se presentan algunos de estos fabricantes. Los mismos fueron seleccionados según su importancia en el mercado y según las marcas a las que los proveedores de equipo de VoIP en Guatemala brindan acceso.

Cuadro 6: Fabricantes de equipo de VoIP.

Descripción	Fabricantes
Analizador de tráfico, en particular de tráfico VoIP y simulador de tráfico	AppDancer/FA, Ethernal, Hammer Call Analyzer, RealStreamer
ATA	Cisco, Zoom, Zyxel
Conmutadores Ethernet con capacidad de QoS y PoE y VLAN	3Com, Cisco, Zyxel
<i>Gatekeeper</i>	Ericsson, OpenH323 Gatekeeper
<i>Gateway</i> de telefonía IP	Cisco, Lucent Technologies, Nortel Networks
PBX IP y servidores de telefonía	3Com, Alcatel, Avaya, Siemens
<i>Proxy</i>	Cisco
<i>Router</i> con QoS	Cisco, Linksys
<i>Softphone</i>	iPhone, Microsoft NetMeeting, Netscape CoolTalk y VocalTec
Teléfono IP	Cisco, Pingtel, Polycom, Siemens

c. Costos de capacitación. Para que los usuarios finales puedan utilizar los servicios de VoIP, aprovechen las ventajas de productividad que ofrecen y para que eviten cometer errores que afecten la disponibilidad de la red, deben ser capacitados.

d. Costos de verificación y monitoreo. Una vez implementado el sistema, se debe verificar constantemente su correcto funcionamiento. Para ello, adquirir herramientas de monitoreo y administración, tales como generadores de tráfico y analizadores de protocolos.

2. Estimación de gastos recurrentes. Anteriormente se mencionaron los costos iniciales (de inversión) para el proyecto de implementación de una red VoIP. Dentro de los gastos recurrentes que deben ser estimados, se encuentran: mantenimiento y administración del equipo y de la red, renovación de licencias, movimientos, cambios y agregados de usuarios (o teléfonos) y ancho de banda adicional (que permita cumplir con las expectativas y el volumen de llamadas de la empresa).

Si se planea realizar llamadas internacionales, considerar dentro de estos gastos, el costo mensual del servicio de telefonía a través de Internet y agregarle el costo de las llamadas adicionales que no estén contempladas en el contrato seleccionado (por ejemplo minutos excedidos y llamadas a países que no estén incluidos en el plan).

3. Estimación de retornos. Dentro del flujo de efectivo de la implementación de un proyecto de VoIP, además de los gastos indicados en la sección anterior, se deben estudiar los retornos que se esperan.

a. Reducción de gastos de telecomunicaciones. El objetivo principal al implementar VoIP es la reducción de los costos de las llamadas, y como se mencionó en el capítulo de FUNDAMENTOS DE VOIP, esto se logra principalmente a través del *toll bypass*. Es necesario identificar el volumen y el flujo de las llamadas que se realizarán para evaluar si realmente existirá un ahorro. Se propone la siguiente clasificación para el flujo de las llamadas:

- Llamadas dirigidas a oficinas dentro del país.
- Llamadas locales a otros puntos del país.
- Llamadas dirigidas a oficinas remotas (larga distancia).
- Llamadas internacionales a otras localidades (fuera de la corporación).

Sin embargo para la mayoría de las organizaciones, la transición a VoIP no es inmediata, por lo que los gastos a través de la PSTN no son automáticamente eliminados. Es posible que se necesiten las líneas PSTN durante algún tiempo durante la fase de migración o que se decida dejar la PSTN para respaldo y emergencias (Walker, y Hicks, 2004).

b. Ahorros en infraestructura. Como se mencionó anteriormente, con la convergencia de las redes de voz y de datos, el mantenimiento de una sola infraestructura y de un sólo equipo técnico favorece la reducción de costos (Spangler, 2004). Al contar con una sola infraestructura, se reducen los costos recurrentes de administración, y mantenimiento de la red así como los de movimientos, agregados y cambios de terminales.

Estos últimos urgen cada vez que la empresa debe mover un empleado, agregar nuevos usuarios o cuando hay que hacer cambios en los perfiles de usuarios de un sistema telefónico (Sturdevant, 2004). Con VoIP este costo se reduce ya que los técnicos pueden utilizar herramientas de configuración de la red ya conocidas, como el protocolo

DHCP (por sus siglas inglesas de *Dynamic Host Configuration Protocol*), para permitir a los teléfonos IP reconfigurarse automáticamente y recibir una dirección IP dinámica, donde sea que se conecten.

Para sistemas telefónicos tradicionales, se estima un costo promedio de \$25 por movimiento, agregado o cambio y según análisis publicados, se asume que la telefonía IP puede ahorrar aproximadamente el 50% de estos costos, lo que los reduce a \$12.50 (Sinclair, *et al*, 2002:35). Además, agregar un nuevo usuario al PBX puede requerir un nuevo sistema con mayor capacidad, y de esta manera se incrementa el costo por usuario; al contrario, la mayoría de las LAN tienen capacidad ilimitada (Walker, y Hicks, 2004).

Si se decide migrar a una red de VoIP, también se debe considerar el valor de salvamento, si es que existe, del equipo de telecomunicaciones que vaya a ser reemplazado.

c. Ganancias en productividad. Otros beneficios a tomar en cuenta y que deben ser cuantificados económicamente, son las ganancias debido al aumento en la productividad, de los usuarios del nuevo sistema. Un estudio reciente estableció que la unificación de mensajes (correo electrónico, correo de voz y fax) puede proveer de 25 a 40 minutos de productividad agregada cada día, para cada usuario. Esto se debe a que, al utilizar una sola interfaz, los empleados reducen el tiempo que les toma recuperar sus mensajes (Walker, y Hicks, 2004). También se puede ahorrar tiempo si se agrega aplicaciones como *follow me*, *find me* y «presencia» a los servicios, es decir que se tenga la posibilidad de saber si la persona a quien se va a llamar está disponible y en caso negativo, no realizar una llamada innecesaria.

Por otra parte, en algunas empresas, con un mejor y más variado servicio de telefonía, se logra aumentar la satisfacción del cliente (como se mencionó en el capítulo anterior, con el ejemplo del grupo financiero en Guatemala, que a través de un número telefónico de 4 dígitos, permite a los clientes comunicarse a todas las agencias) y por lo tanto las ventas. Estos beneficios también deben ser cuantificados dentro de las ganancias al adoptar esta tecnología.

C. Modelo para el caso de negocios

Como se mencionó a lo largo del documento, lo que se busca principalmente, al implementar VoIP es que los costos de telefonía (infraestructura y llamadas) se reduzcan. A continuación se presenta una guía para reconocer el caso de negocios y elaborar el estudio de factibilidad que permitirá evaluar si se alcanzarán los objetivos técnicos y económicos esperados al implementar este tipo de proyecto.

1. Alcance del proyecto. Según las necesidades y las expectativas que se presentan, se debe reconocer qué tipo de implementación conviene más a la organización. Se sugieren las siguientes tres alternativas:

- Utilizar servicios de telefonía a través del Internet para reducir costos de llamadas internacionales (generalmente para pequeñas empresas).
- Migrar a VoIP, con posibilidad de dejar la red de voz como respaldo.
- Construir una nueva red convergente de voz y de datos.

2. Desarrollo del proyecto. Cuando se trabaja con proyectos a gran escala, puede ser que la misma empresa se encargue del desarrollo del proyecto o bien prefiera contratar a especialistas externos para la realización de una (o varias) fases del mismo.

Con la primera alternativa, la empresa que desea implementar esta tecnología se encarga de planificar, implementar y administrar todas las fases del proyecto. En este caso, el costo de implementación no sólo involucra la inversión en equipo y servicios, sino que también incluye el costo de capacitación del equipo técnico y el costo de la instalación en sí, es decir la mano de obra. Además, se debe considerar adquirir herramientas de monitoreo y prueba del sistema (como generadores y analizadores de tráfico) para verificar y validar el funcionamiento de la red.

Con la segunda solución, también conocida como *outsourcing*, la organización contrata a especialistas externos para realizar parte o todas las tareas involucradas en el proyecto de implementación de la red de VoIP (por ejemplo llevar a cabo la instalación y/o administrar y monitorear las aplicaciones). Con esta delegación, se reducen los costos

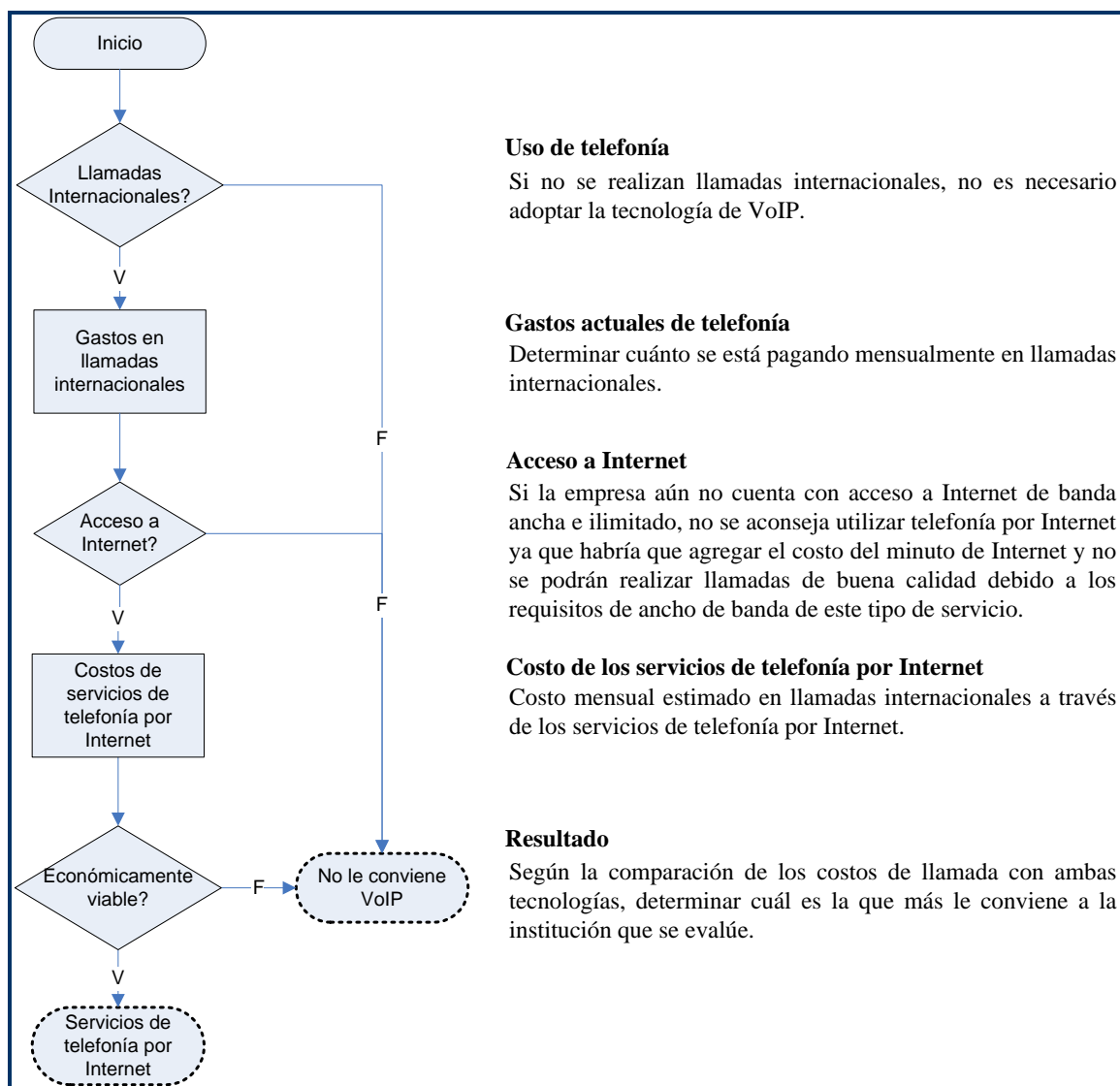
de oportunidad, en particular para los pequeños negocios, que generalmente no tienen acceso al conocimiento para implementar este tipo de proyectos por su cuenta (Walker, y Hicks, 2004). Sin embargo, se corre el riesgo de no tener control sobre la calidad del servicio ni sobre la tecnología implementada.

3. Modelo para el estudio técnico de factibilidad. En esta sección se propone un modelo para el estudio de factibilidad, que facilitará a la empresa que realice esta evaluación determinar si implementar VoIP le es más rentable que mantener las redes de voz y de datos independientes.

El estudio se presenta como un macro de Visual Basic para Excel (ver Anexo: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN EXCEL, en el que se muestran imágenes del programa) debido a las herramientas para análisis financieros que esta aplicación provee. La lógica y secuencia del programa se basa en las consideraciones mencionadas a lo largo de este capítulo, empezando por el alcance del proyecto.

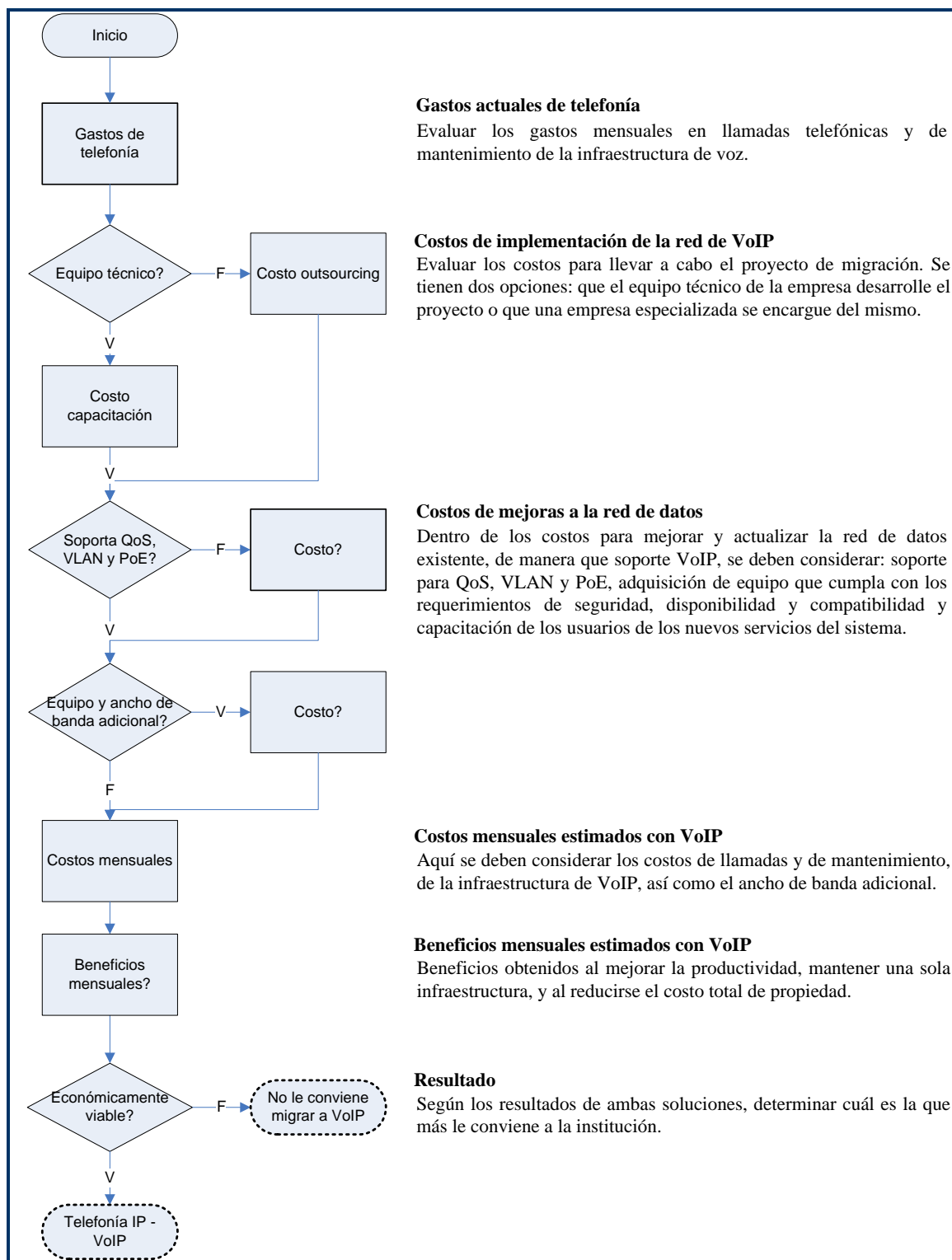
a. Pequeñas empresas. Para las empresas que solamente utilicen la tecnología de VoIP para realizar llamadas internacionales a través de Internet, se compara el costo mensual en llamadas para ambas soluciones (telefonía y telefonía IP) y se sugiere la solución con menor costo. El proceso para evaluar la factibilidad de implementar esta tecnología se representa en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 20: Estudio de factibilidad en instituciones pequeñas.



b. Empresas medianas o grandes que planeen migrar a VoIP. Para las organizaciones que ya cuentan con infraestructuras de datos y de voz independientes, se evalúa si les conviene mantenerlas en su estado actual o si les resulta económicamente favorable migrar a una red convergente de VoIP. El proceso para la toma de esta decisión se representa en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 21: Estudio de factibilidad en instituciones medianas o grandes con redes existentes.



El estudio financiero que se propone a continuación, permite decidir si seguir utilizando telefonía tradicional o migrar a VoIP, y está basado en las explicaciones del capítulo 8 del libro *Ingeniería económica* (Blank, y Tarquin, 2002). En dicho capítulo se detalla cómo debe realizarse el análisis de la tasa de rendimiento del flujo de efectivo incremental, para dos alternativas de servicio mutuamente excluyentes (es decir cuyos flujos de efectivo estimados son negativos), que es el caso estudiado en este apartado.

Este es el procedimiento para seleccionar la alternativa más rentable, empleando el método de tasa de rendimiento incremental, utilizando una hoja de cálculo:

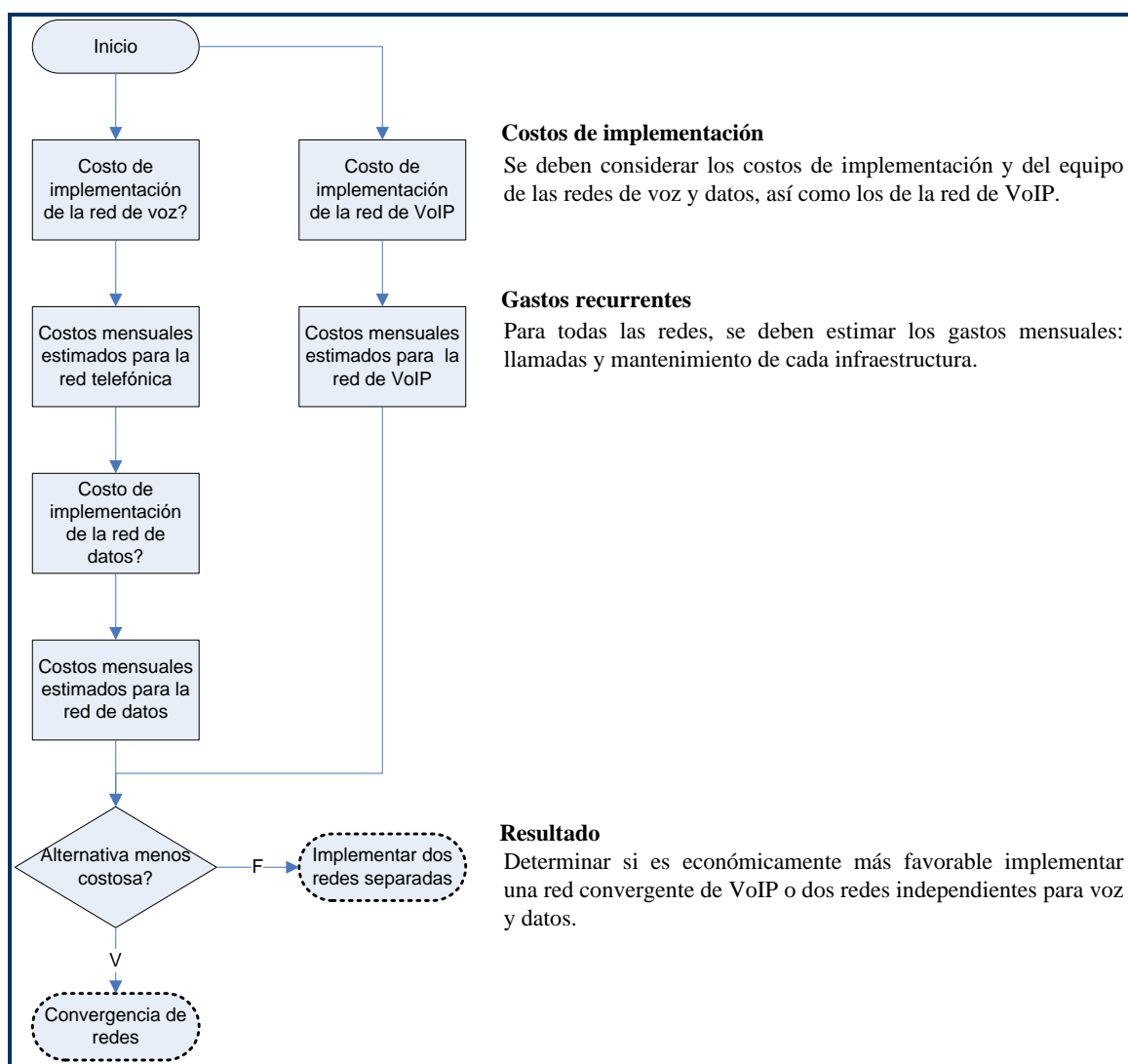
- Ordenar las alternativas por monto de la inversión o costo inicial, colocando la más baja en la columna izquierda. En este caso, como no se hace una inversión inicial de telefonía, puesto que el sistema ya está instalado, ésta se coloca en la columna de la izquierda.
- Desarrollar las series del flujo de efectivo y la del flujo de efectivo incremental (recordar que se está trabajando con períodos de un mes). En la sección IV.B se presentó cómo debe ser realizado el flujo de efectivo para una solución de VoIP. Para telefonía, en el caso de un proyecto de migración, en el flujo de efectivo solamente se deben ingresar los costos mensuales actuales en telefonía y el valor de salvamento del equipo de telecomunicaciones.
- Determinar la tasa de rendimiento incremental (con la función TIR de la hoja de cálculo).
- Si la tasa de rendimiento incremental es menor a la TMAR, seleccionar la alternativa de telefonía. Si no, significa que la inversión adicional está justificada y seleccionar la alternativa de VoIP.

A continuación se muestra la tabla con los flujos de efectivo del proceso descrito arriba:

Mes	Flujo de Efectivo		Flujo de Efectivo incremental
	Telefonía	VoIP	Telefonía - VoIP
0			
1			
...			

c. Empresas medianas o grandes que planeen implementar una nueva red de telecomunicaciones. Para las instituciones que aún no cuentan con una infraestructura de datos y de voz (por ejemplo porque están construyendo nuevas oficinas), se debe determinar cuál de las dos alternativas de implementación para su red de comunicación es más conveniente: una red convergente de VoIP o independencia de las redes de datos y de voz. El proceso para la toma de esta decisión se representa en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 22: Estudio de factibilidad en instituciones que implementarán una nueva red.



Para el estudio económico que facilita la decisión entre ambas alternativas, se siguió el mismo proceso que el mencionado en el apartado anterior, pero en este caso, no se

ordenan las alternativas por monto de la inversión o costo inicial sino que se coloca el proyecto de redes independientes en la columna de la izquierda y el de VoIP en la derecha. Sin embargo, la serie de flujo de efectivo incremental sí busca realizar la resta entre el proyecto de mayor costo de inversión menos el proyecto con menor costo de inversión.

En este caso, para obtener el flujo de efectivo de la alternativa de VoIP, también se siguen los pasos de la sección IV.B. Para las redes independientes, en el flujo de efectivo se deben considerar: el valor inicial, los gastos mensuales estimados y el valor de salvamento del equipo de telecomunicaciones y de datos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se trató el tema de la tecnología de VoIP; se describió su funcionamiento, su situación en Guatemala desde el punto de vista legal, algunos ejemplos de implementaciones en el país y finalmente se propuso un modelo de estudio de factibilidad para evaluar la viabilidad de implementar o no dicha tecnología.

A. Este estudio describe la tecnología de VoIP hasta la fecha.

A lo largo de este documento se describió la tecnología de VoIP hasta la fecha, desde los puntos de vista técnico, legal y económico. Debido a los grandes avances, en particular en el aspecto técnico, esta corriente está en constante evolución (por ejemplo desarrollos de nuevos protocolos y aplicaciones), por lo que se recomiendan estudios posteriores que muestren estas mejoras y su relación e interacción con la teoría expuesta aquí. De esta manera, se mantendrán informados y actualizados los usuarios de estos sistemas, para que conozcan de qué tratan y cómo deben aplicar estos perfeccionamientos en sus redes de VoIP.

B. Alcance de este estudio.

Para evaluar la factibilidad de implementar VoIP en alguna institución en particular, se recomienda seguir la metodología propuesta en este estudio. Cabe aclarar que en este documento se propuso un modelo de estudio de factibilidad, no una evaluación de la viabilidad de migrar a la tecnología de VoIP en una organización específica. Sin embargo, se tiene la certeza que el presente cuenta con características de análisis que han sido realizados en organizaciones guatemaltecas (para evaluar la implementación de esta tecnología), lo cual apoya la confiabilidad de esta propuesta.

C. La telefonía IP para llamadas internacionales representa una ventaja económica para muchas organizaciones.

Se debe reconocer que los servicios de telefonía internacional a través de Internet proveen tarifas más bajas por minuto que los servicios tradicionales de telefonía internacional. De hecho, existen planes que proveen una cantidad ilimitada de minutos a Estados Unidos, a un costo mensual relativamente bajo. Esto no sólo es ventajoso para empresas que tengan clientes u oficinas instaladas en aquel país, sino que también lo es para la gran cantidad de guatemaltecos que frecuentemente se comunican con sus familiares alrededor del mundo.

D. El tema de las regulaciones en la tecnología de VoIP es de gran importancia a nivel internacional.

La tecnología de VoIP está rompiendo el paradigma de telefonía tradicional, ya que el empaquetamiento de la voz y su transporte sobre redes de datos, dadas ciertas circunstancias, da las mismas (o más) ventajas y servicios, a un costo menor, que la telefonía convencional. Esto es particularmente válido para llamadas internacionales o entre oficinas en distintas localidades.

Es importante señalar que si se llegan a modificar las regulaciones existentes, se debe buscar favorecer el desarrollo de esta tecnología en el país, al mismo tiempo que proteger a sus usuarios y a los proveedores autorizados de este tipo de servicios, asegurando el acceso, con buena calidad y a costos razonables. Se recomienda un estudio posterior a éste, que detalle el punto de vista legislativo y en el que se amplíe el tema de *bypass* internacional.

E. El proyecto de migración a una red de VoIP es económicamente viable y favorable para muchas organizaciones.

Si una empresa ya cuenta con una red de voz y una de datos y desea migrar a VoIP, debe evaluar sus características actuales (capacidad tecnológica) y conocer sus

expectativas ante esta tecnología para evaluar si le es favorable este cambio. Es decir que debe realizar un estudio financiero en el que se determine si la inversión adicional para la convergencia de las redes de voz y de datos justifica las expectativas, que incluyen aspectos como: nuevas aplicaciones, Calidad de servicio, disponibilidad, interoperabilidad y seguridad.

F. La adopción de VoIP es una alternativa a la telefonía al momento de considerar crear una nueva red de telecomunicaciones.

Si una empresa está evaluando la creación de una red de voz independiente de la de datos o bien la implementación de una red convergente, debe realizar un estudio financiero basándose en la inversión inicial y en los gastos mensuales estimados para ambas soluciones. De esta manera, se comparan ambas alternativas y se selecciona aquella que produzca la tasa de rendimiento mayor.

G. La VoIP aporta varios beneficios no cuantificables, que favorecen la productividad.

Como se indicó en el cuarto capítulo del estudio, esta tecnología no sólo es capaz de reducir los costos de telefonía, sino que incrementa la productividad de sus usuarios. En este documento no se amplió la cuantificación económica de dichas mejoras, ya que cada empresa debería realizar un análisis del tiempo que ahorra cada usuario del sistema al realizar llamadas a personas que no se encuentran disponibles y el tiempo que se ahorra en revisar todos sus correos, al utilizar una sola interfaz para ello.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, Arsalan. 2003. *Voice over IP A Discussion of Business and IT Challenges*. Stevens Institute of Technology. 24 págs. [En línea, citado el 8 de Julio de 2005; 12:37 PM]. Disponible en Internet: <<http://searchnetworking.techtarget.com/searchNetworking/Downloads/VoIP-A-Discussion-of-Business-and-IT-Challenges.pdf>>.
- Arango,M, et al. 1999. *Media Gateway Control Protocol (MGCP) version 1.0. RFC 2705*. Internet Engineering Task Force. 134 págs. [En línea, citado el 2 de Julio de 2005; 1:12 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2705.txt>>.
- Blank, Leland; Tarquin, Anthony. 2002. *Ingeniería económica*. 5° ed. México, D.F., McGraw-Hill Interamericana. 796 págs.
- Carden, Philip. 2000. *Building Voice over IP. Network Computing*. [En línea, citado el 3 de Julio de 2005; 12:32 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.networkcomputing.com/netdesign/1109voipfull.html>>.
- Carlson, Caron. 2004. *Hold on a Minute... Checking Out the IP Marketplace*. *eWeek*. 21 (28): 52-53.
- Cuervo,F, et al. 2000. *MeGaCo Protocol Version 1.0. RFC 3015*. Internet Engineering Task Force. 179 págs. [En línea, citado el 9 de Julio de 2005; 8:15 AM]. Disponible en Internet: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3015.txt>>.
- Davidson, Jonathan; Peters, James. 2000. *Voice over IP Fundamentals*. Indianapolis, Cisco Press. 408 págs.
- Desmond, Michael; Hebert, Amy. 2005. *Cheaper chats*. *Kiplinger's Personal Finance*. 59 (3): 113-114.

Ellison, Craig. 2005. *Talk is Cheaper*. *PC Magazine*. 24 (2): 107 – 114.

Estepa, Antonio, *et al.* 2001. *Parameters Affecting QoS in Voice over Packet Networks*. *Upgrade*. 2 (3): 4-9. [En línea, citado el 7 de julio de 2005; 6:50 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.upgrade-cepis.org/issues/2001/3/upgrade-vII-3.pdf>>.

Fernández, David, *et al.* 2001. *Naming and Addressing in Voice over IP Networks*. *Upgrade*. 2 (3): 18 – 23. [En línea, citado el 8 de julio de 2005; 3:27 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.upgrade-cepis.org/issues/2001/3/upgrade-vII-3.pdf>>.

Handley, M, *et al.* 1999. *SIP: Session Initiation Protocol*. RFC 2543. Internet Engineering Task Force. 153 págs. [En línea, citado el 2 de Julio de 2005; 1:12 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>>.

Hes, André; Van Teeffelen, Ronald. 2001. *Implementing Voice over IP*. *Upgrade*. 2 (3): 29-32. [En línea, citado el 7 de julio de 2005; 6:50 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.upgrade-cepis.org/issues/2001/3/upgrade-vII-3.pdf>>.

Howe, Peter. 2005. *Hybrid phones hold promise of cellular, VoIP*. *The Boston Globe* [Estados Unidos]. 7 de marzo de 2005. [En línea, citado el 9 de julio de 2005; 3:43 PM]. Disponible en Internet: <http://www.boston.com/business/globe/articles/2005/03/07/hybrid_phones_hold_promise_of_cellular_voip>.

Kelly, Timothy. 2005. *VoIP for Dummies*. Indianapolis, Wiley. 384 págs.

Khasnabish, Bhumip. 2003. *Implementing Voice over IP*. Massachusetts, Wiley. 224 págs.

- Koistinen, Tommi; Haeggström Johan. 1998. *IP Telephony*. Nokia Telecommunications. [En línea, citado el 2 de agosto de 2005; 5:55 PM]. Disponible en Internet: <http://keskus.hut.fi/opetus/s38130/s98/ip_tel/ip_tel.html>.
- Maza, Mariana. 2005. *Su voz a través de Internet*. Prensa Libre [Guatemala]. 9 de mayo de 2005. [En línea, citado el 7 de julio de 2005; 5:10 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.prensalibre.com/pl/2005/mayo/09/113871.html>>.
- Mehta, Princy; Udani, Sanjay. 2001. *Overview of Voice over IP*. University of Pennsylvania. [En línea, citado el 7 de Julio de 2005; 3:55 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.cis.upenn.edu/~udani/papers/OverviewVoIP.pdf>>.
- Poe, Robert. 2005. *VoIP Industry Moves to Bolster Network Security*. *America's Network*. 109 (5): 13.
- Reimers, Barbara DePompa. 2003. *Wringing Savings From VoIP*. *Computerworld*. 37 (3): 36-37.
- Schulzrinne, H, et al. 1996. *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. RFC 1889. Internet Engineering Task Force. 75 págs. [En línea, citado el 2 de Julio de 2005;1:12 PM]. Disponible en Internet: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>>.
- Schulzrinne, Henning; Rosenberg, Jonathan. 1998. *A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony*. Proc. International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, Cambridge, Inglaterra. pp. 83–86 [En línea, citado el 8 de julio de 2005; 3:52 PM]. Disponible en Internet: <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Schu9807_Comparison.pdf>.
- Senia, Al. 2005. *Expanding VoIP*. *America's network*. 109 (5): 30-32.

- Sinclair, Jason, *et al.* 2002. *Configuring Cisco Voice Over IP*. 2° ed. Massachusetts, Syngress. 543 págs.
- Spangler, Todd. 2004. *Internet Telephony: A Sound Move?*. *eWeek*. 21 (28): 43.
- Steinklauber, Klaus. 2003. *VoIP Security in Small Businesses*. SANS Institute. 11 págs. [En línea, citado el 7 de julio de 2005; 7:02 PM]. Disponible en Internet: <http://www.giac.org/certified_professionals/practicals/gsec/2958.php>.
- Sturdevant, Cameron. 2004. *How to Make the Move to IP Telephony*. *eWeek*. 21 (28): 44-45.
- Thernelius, Fredrik. 2000. *SIP, NAT and Firewalls*. Tesis Royal Institute of Technology. 69 págs.
- Vijayan, Jaikumar. 2002. *VOIP: Don't Overlook SECURITY*. *Computerworld*. 36 (41): 27-28.
- Walker, John. 2002. *A Handbook for Successful VoIP Deployment: Network Testing, QoS, and More*. NetIQ Corporation. [En línea, citado el 7 de julio de 2005; 6:32 PM]. Disponible en Internet: <http://download.netiq.com/CMS/NetIQ_Handbook_for_Successful_VoIp_Deployment.pdf>.
- Walker, John; Hicks, Jeffrey. 2004. *Taking Charge of Your VoIP Project*. Indianapolis, Cisco Press. 312 págs.
- Walko, John. 2005. *Poised for power*. *Power Engineer*. 19 (1): 38-40.
- Wexler, Joanie. 2002. *Over the hurdles*. *Packet magazine*. 14 (1): 35-38.

VII. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

ACELP (*Algebraic Code Excited Linear Predictor*): Estándar G.723.1 de la UIT-T, que define un método para codificar señales análogas de voz, en un flujo digital.

ADPCM (*Adaptive Pulse Code Modulation*): Estándar G.726 de la UIT-T, que define un método para codificar señales análogas de voz, en un flujo digital con menor tasa que la del estándar PCM.

Ancho de banda (en inglés *bandwidth*): Para señales digitales, describe la cantidad de datos que pueden ser transmitidos en cierta cantidad de tiempo.

API (*Application Program Interface*): Conjunto de rutinas, protocolos y herramientas utilizadas en la construcción de aplicaciones de software, que garantizan aplicaciones consistentes con el ambiente e interfaces de usuarios similares.

ATA (*Analog Telephony Adapter*): Dispositivo utilizado para conectar uno o más teléfonos análogos a una red IP. Generalmente consta de un adaptador de energía, un puerto Ethernet y uno o más puertos telefónicos.

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*): Tecnología de red de la capa 2 del modelo de referencia OSI, basada en la transferencia de datos en paquetes de tamaño fijo, o celdas.

Bluetooth: Especificación para redes personales inalámbricas que opera en la banda de los 2.45 GHz. Provee un mecanismo para conectar e intercambiar información entre una gran variedad de dispositivos (por ejemplo, PDAs, teléfonos móviles, PCs, impresoras, cámaras digitales).

Bucle local (en inglés *local loop*): En telecomunicaciones, es el cableado entre la oficina central y el teléfono del usuario.

CAFTA (*Central America Free Trade Agreement*): Acuerdo de libre comercio entre los países centroamericanos, la República Dominicana y Estados Unidos.

Calidad de servicio (en inglés *Quality of service* o QoS): Capacidad de una red para proveer mejor servicio a cierto tráfico seleccionado.

Carrier: Empresa que transporta servicios de telecomunicaciones.

Circuit switching: Proceso en donde se establece una conexión dedicada (circuito o canal) entre dos nodos antes de empezar a comunicarse. Esta conexión sólo puede ser utilizada por los mismos nodos durante la comunicación, y cuando ésta termina, la conexión debe ser cancelada explícitamente.

Codec (Compresor-Descompresor o Codificador-Decodificador): Dispositivo o programa utilizado para transformar señales análogas a bits digitales, y viceversa, con cierto nivel de compresión.

Código de operador: Según la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala, combinación numérica de 3 o 4 dígitos que identifican a un operador de puerto internacional, de acuerdo al Plan Nacional de Numeración (documento que puede ser descargado del sitio web de la Superintendencia de Telecomunicaciones). Algunos ejemplos de códigos de operador son el 130 de Telefónica, el 132 de Cablenet, el 143 de Americatel y el 147 de Telgua.

Concentrador (en inglés *hub*): Dispositivo que actúa sobre la capa física del modelo de referencia OSI y utilizado para conectar varios dispositivos de manera que pertenezcan a un mismo segmento de la red. Además de proveer conectividad, amplía la señal y la repite en todos sus puertos.

Conmutador (en inglés *switch*): Dispositivo que conecta varios segmentos de red. Generalmente reemplazan a los concentradores ya que no repiten la señal en todos los

puertos sino que la dirigen al destinatario según su dirección MAC (este dispositivo almacena una tabla de direcciones MAC). Trabaja sobre la capa 2 del modelo de referencia OSI.

Conmutador Clase 5: Tipo de conmutador utilizado en una oficina telefónica local para conectarse a los usuarios.

Conmutador tándem u oficina tándem: Centro de conmutación telefónica que no se conecta directamente al usuario sino que conecta oficinas en la misma red o en redes diferentes.

Cortafuegos (en inglés *firewall*): Dispositivo de hardware o de software que protege una red de atacantes externos.

CoS (*Class of Service*): Es un mecanismo utilizado para asignar diferentes prioridades a los flujos de datos.

Costo: Sacrificio económico para la adquisición de un bien o servicio.

Costo de oportunidad: Representa utilidades que se derivan de opciones que fueron rechazadas al tomar una decisión.

cRTP (*Compressed Real-Time Transport Protocol*): Protocolo especificado en el RFC 2508, que describe un método para comprimir los encabezados de los paquetes IP/UDP/RTP a 2 o 4 bytes.

CS-ACELP (*Conjugate-Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction*): Método definido en la Recomendación G.729 de la UIT-T para codificar señales análogas de voz, en un flujo digital de 8 Kbps.

Delay: Latencia o retraso incurrido cuando los paquetes son transmitidos de una localidad a otra.

Dirección MAC (*Media Access Control*): También conocida como dirección de hardware, identifica de forma única a un dispositivo dentro de una red.

DNS (*Domain Name System*): Arquitectura de base de datos utilizada en el Internet para traducir nombres de nodos a direcciones IP.

DoS (*Denial of Service*): Ataque en un sistema computarizado o en una red, que busca degradar el servicio ofrecido a usuarios finales, consumiendo el ancho de banda de la red o sobrecargando los recursos computacionales del sistema.

DPCM (*Differential Pulse Code Modulation*): Método para codificar los valores PCM como diferencias entre el valor actual y al anterior. Para audio, este tipo de codificación reduce en un 25%, el número de bits requeridos por muestra.

DTMF (*Dual-Tone Multi-Frequency*): Sistema utilizado por los teléfonos de tono, en donde se asigna una frecuencia alta y una baja (o tono) a cada botón numérico del teléfono.

E.164: Recomendación establecida por la UIT-T, que define el formato de los números telefónicos y el plan de numeración internacional en la PSTN.

E-Model: Modelo computacional, establecido en la recomendación G.107 de la UIT-T, para planificación de transmisiones. Predice la calidad de voz esperada, como si fuese percibida por un usuario de teléfono, tomando en cuenta una gran variedad de debilitaciones que ocurren en la red telefónica.

Eco: Distorsión que ocurre cuando una señal es reflejada. Esto se debe a una falta de concordancia entre la impedancia del conmutador (sistema de cuatro cables) y la del bucle local (de dos cables).

Encaminamiento (en inglés *Routing*): Es el medio para determinar los caminos en una red por los que los paquetes serán enviados.

Enlace E1: Esquema de transmisión digital de área amplia, utilizado predominantemente en Europa y que transporta datos a una tasa de 2.048 Mbps. Está compuesto por 32 conexiones de 64 Kbps.

Enlace E3: Circuito que soporta 16 enlaces E1, es decir 512 conexiones de 64 Kbps, y que provee una capacidad de 34.368 Mbps.

Enlace T1: Enlace de transmisión digital de 1.544 Mbps, normalmente utilizado en Norte América y Japón.

Enlaces T3: Circuito que transporta 28 enlaces T1, es decir 672 conexiones de 64 Kbps, y que provee una capacidad de 44.736 Mbps.

Enlaces T4: Enlace que transporta 168 circuitos T1, es decir que provee una capacidad de hasta 274.176 Mbps.

Ethernet: Estándar (IEEE 802.3) para redes LAN que define la forma en que los elementos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido y que se comporta como un bus lógico.

Frame Relay: Tecnología de capa 2 del modelo de referencia OSI, utilizada para conectar dispositivos en una WAN. Transmite los datos a través de tramas de tamaño variable, asegura la confiabilidad de la red subyacente, provee mecanismos de

notificación de congestión de la red y asegura un límite inferior para la tasa de transporte.

Gasto: Costo que ha producido un beneficio y que ya no es vigente.

Gatekeeper: Dispositivo de control y administración de llamadas en redes H.323.

Gateway: Dispositivo que provee un medio de comunicación entre redes diferentes, tales como las redes de VoIP y la PSTN.

Gbps: Medida de velocidad que representa una transmisión de un billón de bits por segundo.

GHz: Medida de frecuencia que representa un billón de ciclos por segundo.

H.225: Estándar de la UIT-T que define los mensajes de señalización de la llamada y empaquetamiento del flujo, en sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes.

H.245: Protocolo de control para comunicaciones multimedia.

H.323: Recomendación de la UIT-T que especifica cómo el tráfico de voz y video en tiempo real, debe ser establecido y transportado sobre redes IP.

H.324: Recomendación de la UIT-T que define videoconferencias sobre enlaces telefónicos análogos.

H.450: Protocolos de servicios adicionales para H.323. Por ejemplo, transferencia y reenvío de llamadas y llamadas en espera.

HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*): Protocolo especificado en el RFC 1945, que articula los intercambios de información entre los clientes y los servidores a través del Internet.

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*): Organización internacional, no lucrativa que busca estandarizar y promover el desarrollo de las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general.

IETF (*Internet Engineering Task Force*): Organismo internacional que consiste en varios grupos de trabajo responsables de desarrollar estándares y contribuir a la ingeniería de Internet.

Internet: Red pública global que conecta miles de redes (comerciales, académicas, domésticas y gubernamentales) que transmiten datos por medio de la tecnología de *packet switching* y utilizando, entre otros, el protocolo IP.

Internet2: Consorcio encabezado por 207 universidades en conjunto con la industria y el gobierno de Estados Unidos para desarrollar aplicaciones y protocolos que luego puedan aplicarse al Internet.

IP (*Internet Protocol*): Protocolo de capa 3 del modelo de referencia OSI y definido en el RFC 791, que provee un servicio no fiable (es decir del mejor esfuerzo) y sin conexión entre redes de paquetes conmutados.

IPSec (*IP security*): Extensión al protocolo IP que busca asegurar las comunicaciones a nivel de capa de red por medio de autenticación y cifrado de todos los paquetes IP.

IPv6 (*Internet Protocol versión 6*): Estándar de capa de red que gobierna el direccionamiento y encaminamiento de los paquetes de datos a través de una red. Está destinado a sustituir el actual estándar, IPv4.

ISDN (*Integrated Services Digital Network*): Red digital de circuitos conmutados capaz de transmitir simultáneamente una variedad de servicios, como voz, datos y video, sobre cableado telefónico tradicional, con una mejor calidad y a velocidades mayores que los sistemas análogos.

Jitter: Es la variación en el retraso incurrido en un flujo de paquetes, en particular de voz.

Kbps: Medida de velocidad que representa una transmisión de mil bits por segundo.

LAN (*Local Area Network*): Red compartida por dispositivos de comunicación, usualmente en un área geográfica pequeña.

LD-CELP (*Low Delay – Code Excited Linear Prediction*): Estándar G.728 de la UIT-T que define un método para codificar señales análogas de voz, en un flujo digital a una tasa de 16 Kbps.

Líneas de acoplamiento (en inglés *tie lines*): Enlace telefónico que conecta directamente dos PBX.

Mbps: Medida de velocidad que representa una transmisión de un millón de bits por segundo.

MCU (*Multipoint Control Units*): Unidades de control en el protocolo H.323, para la administración de la transmisión de voz y videoconferencias entre tres o más puntos.

MeGaCo (*Media Gateway Control*): Recomendación H.248, también definida en el RFC 3525, que establece el mecanismo de señalización necesario para permitir a los agentes de llamada controlar los *gateways*, para soportar llamadas de voz entre la PSTN y una red IP o entre redes IP.

MGCP (*Media Gateway Control Protocol*): Descrito en el RFC 2705, es un protocolo para el establecimiento y transporte de tráfico VoIP. Asume una arquitectura en donde el control de las llamadas se lleva a cabo fuera de los *gateways*.

MOS (*Mean Opinión Store*): Esquema de medición subjetivo de la calidad de la voz que llega al receptor.

MP-MLQ (*Multi Pulse – Multi Level Quantization*): Estándar G.723.1 que define un método para codificar señales análogas de voz, en un flujo digital con tasas de 6.3 Kbps. Generalmente es utilizado para codificar voz en aplicaciones de videoconferencia. Forma parte de la familia de estándares H.324.

Multiplexación: Proceso en el que se transmite de más de un canal de información sobre el mismo medio de comunicación.

NAT (*Network Address Translation*): Técnica en la que las direcciones de los paquetes IP fuente y/o destino son rescritas cuando pasan a través de un *router* o de un cortafuegos. Una implementación común, es que varios dispositivos en una red privada tienen acceso al Internet utilizando una sola dirección IP pública.

NIC (*Network Interface Card*): Pieza de hardware que permite a un dispositivo comunicarse a través de una red, almacenando una dirección única (dirección MAC) para ese dispositivo.

Operador: Persona individual o jurídica que posee y/o administra una red de telecomunicaciones.

OSI (*Open Systems Interconnection*): Modelo de referencia para las comunicaciones y para el diseño de los protocolos de red en los sistemas computarizados. Divide las funciones de un protocolo en una serie de capas, de manera que cada una pueda utilizar únicamente las funciones de la capa inferior. Capa 1: física, Capa 2: enlace,

Capa 3: red, Capa 4: transporte, Capa5: sesión, Capa 6: presentación y Capa 7: aplicación.

Outsourcing: Delegación de ciertas operaciones o trabajos a una entidad externa. Esta decisión generalmente permite que la empresa contratante se enfoque en sus competencias.

Packet switching: Proceso en donde los mensajes son divididos en paquetes antes de ser enviados. Cada paquete es luego transmitido individualmente y puede seguir diferentes rutas para llegar a su destino.

Paquete: Agrupamiento lógico de información, que incluye un encabezado y datos, para su transmisión sobre canales de comunicación.

PBX (*Private Branch eXchange*): Conmutador telefónico empresarial que permite conectar llamadas telefónicas.

PBX IP: Solución empresarial de telefonía, en donde se intercambia voz principalmente utilizando VoIP. Tiene características similares a las de un PBX tradicional.

PCM (*Pulse Code Modulation*): Definido en el estándar G.711, es un proceso para codificar señales análogas de voz en un flujo digital a una tasa de 64 Kbps y viceversa.

PDA (*Personal Digital Assistant*): Es una computadora de mano diseñada como terminal de adquisición de datos y organizador personal.

PEP (*Protocol Extension Protocol*): Mecanismo de extensión para el protocolo HTTP.

PoE (*Power over Ethernet*): Tecnología que permite transmitir energía eléctrica, así como datos, a dispositivos remotos a través de cable de par trenzado, sobre una red Ethernet. Está descrito en el estándar 802.3af de la IEEE.

POTS (*Plain Old Telephone Service*): Término general para describir un servicio de telefonía tradicional provisto por la PSTN.

Proxy: Un servidor de *proxy* es una aplicación que permite a los clientes realizar conexiones de red indirectas a otros servicios de red.

PSQM (*Perceptual Speech Quality Measurement*): Método que permite determinar objetivamente la calidad de la voz, comparando la señal de voz recibida con la enviada.

PSTN (*Public Switched Telephone Network*): Término que se refiere a la variedad de redes y servicios telefónicos tradicionales.

Puerto: Conexión para la comunicación a una PC o a un dispositivo de red.

Puerto internacional: Equipo de conmutación y medios asociados de transmisión, ubicados dentro del territorio nacional, que permiten el origen y terminación de comunicaciones internacionales.

QoS (*Quality of Service*): Ver Calidad de servicio.

RAS (*Registration Admission Status*): Protocolo de administración para puntos finales (terminales y *gateways*) y *gatekeepers*.

Red extranjera: Según la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala, red de telecomunicaciones cuya infraestructura se localiza fuera del territorio guatemalteco.

Red local: Según la Superintendencia de Telecomunicaciones de Guatemala, red comercial de telecomunicaciones que permite a los usuarios finales, originar y terminar tráfico telefónico dentro del territorio guatemalteco.

RFC (*Request For Comments*): Documento formal de la IETF que resulta de un borrador elaborado por un comité y revisado por partidos interesados.

Riesgo: Es el daño potencial que puede surgir de procesos presentes o eventos futuros. Combina la probabilidad de que un evento negativo ocurra con el daño que el mismo ocasionaría.

RJ-45 (*Registered Jack – Type 45*): Interfaz física usualmente utilizada para terminar cables de par trenzado. Cada conector consta de ocho conexiones eléctricas.

ROI (*Return on Investment*): Cálculo utilizado para determinar si una inversión propuesta es viable y de qué manera pagará al inversor.

Router: Dispositivo que determina el siguiente punto de red al que un paquete debe ser enviado para llegar a su destino final. El *router* debe estar conectado al menos a dos redes y decide por qué camino enviar el paquete basándose en su conocimiento del estado de las redes a las que está conectado.

RSVP (*Resource Reservation Protocol*): Protocolo descrito en el RFC 2205, que especifica las reglas de comunicación que permiten reservar conexiones o recursos del Internet y de esta manera, permitir a las aplicaciones obtener QoS según sus flujos de datos.

RTCP (*RTP Control Protocol*): Protocolo descrito en el RFC 1889 que monitorea la entrega de los datos. Permite al receptor detectar si hubo pérdida de paquetes y compensar los retrasos.

RTP (*Real-time Transport Protocol*): Estándar descrito en el RFC 1889 que define la manera en que las aplicaciones deben manejar la transmisión de tiempo real de datos multimedia.

SCP (*Session Control Point*): Punto de control que provee opciones de administración y funciones avanzadas en redes SS7.

Señalización: Intercambio de información para el establecimiento y control de la comunicación.

Servicio telefónico internacional: Servicio que permite a los usuarios cursar su tráfico telefónico internacional, a través de puertos internacionales registrados en la Superintendencia de Telecomunicaciones.

SGCP (*Skinny Gateway Control Protocol*): Protocolo para el establecimiento, mantenimiento y terminación de llamadas a través de una red IP.

SIP (*Session Initiation Protocol*): Protocolo descrito en el RFC 2543 para iniciar, modificar y terminar sesiones interactivas que involucran elementos multimedia como voz, video, conferencias, notificación de eventos y mensajería instantánea, sobre redes IP.

SIT (Superintendencia de Telecomunicaciones): Organismo técnico del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala.

SLA (*Service Level Agreement*): Acuerdo formal entre el proveedor de servicios y el cliente, acerca del entendimiento de ambos partidos para la distribución del servicio.

Sniffer: Aplicación de software que puede ver el tráfico (paquetes) que pasa sobre una red o parte de una red.

Socket: Enlace de comunicación de dos vías entre dos aplicaciones, sobre una red computarizada.

Softphone: Software que simula un teléfono real y que se ejecuta sobre una computadora de propósito general.

Softswitch: Software que realiza las funciones de un conmutador telefónico.

SONET (*Synchronous Optical Network*): Estándar para transmisión de comunicaciones sobre fibra óptica, normalmente opera con tasas de 52.840 Mbps, 155.52 Mbps, 622.08 Mbps y 2.488 Gbps

SRTP (*Secure RTP*): Versión del protocolo RTP que provee confidencialidad, autenticación de mensajes, cifrado e integridad al tráfico RTP y RTCP.

SS7 (*Signaling System Number 7*): Conjunto de protocolos de telefonía digital. Es utilizado para establecer y negociar las rutas para las llamadas telefónicas en la PSTN.

STP (*Signal Transfer Point*): Punto de transferencia que habilita el encaminamiento de los mensajes de señalización a través de la red SS7.

Tándem: Término que se refiere a la conexión en serie de circuitos o redes.

TCP (*Transmission Control Protocol*): Protocolo de Internet de capa de transporte, que provee un servicio orientado a conexión y que garantiza que los datos enviados serán recibidos en el mismo orden y sin pérdidas.

TDM (*Time-Division Multiplexing*): Técnica utilizada en sistemas de transmisión digital, que provee acceso al medio de transmisión a través de fracciones de tiempo.

Telefonía IP: Término general para las tecnologías que utilizan las conexiones basadas en paquetes del protocolo IP para intercambiar voz, fax y otras formas de información, que tradicionalmente habían sido transportadas sobre las conexiones basadas en circuitos de la PSTN.

Timestamp: Valor que representa el momento exacto en el que un paquete fue enviado.

TLC (Tratado de Libre Comercio): Ver CAFTA.

TMAR (Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento): Pronóstico de tasa de rendimiento utilizada para la elección de criterios en un estudio de ingeniería económica. Este valor es superior a la tasa que ofrece un banco o alguna inversión segura que implique un riesgo mínimo.

Toll bypass: Implementación de VoIP que busca evitar el paso de la voz por la PSTN.

ToS (*Type of Service*): Campo (8 bits) en el encabezado del protocolo IP para proveer indicaciones de la calidad de servicio para un flujo de paquetes dado.

Tráfico entrante: Tráfico telefónico internacional facturado y pagado en el extranjero.

Tráfico saliente: Tráfico telefónico internacional facturado y pagado en Guatemala.

Trama (*en ingles Frame*): Bloque de datos de tamaño fijo para la transmisión; generalmente se refiere a la capa 2 del modelo de referencia OSI.

Trunk: Canal de transmisión para comunicar conmutadores.

Trunk line: En un sistema PBX, líneas telefónicas que permiten hacer y recibir llamadas externas a la red.

UAC (*User-Agent Client*): Agente del usuario que inicia las peticiones SIP.

UAS (*User-Agent Server*): Agente del usuario que recibe las peticiones SIP.

UDP (*User Datagram Protocol*): Protocolo de Internet de capa de transporte, que no provee confiabilidad ni garantiza que los paquetes lleguen en orden o que lleguen todos; lo que lo caracteriza como un protocolo más rápido y eficiente que TCP para varias aplicaciones sensibles a retrasos.

UIT (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*): Organismo que se encarga de estandarizar y regular la radio y las telecomunicaciones.

UIT-T: Sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT.

UPS (*Uninterruptible Power Supply*): Fuente de alimentación que incluye una batería para mantener el poder en caso de un corte de energía o que esta baje a un nivel de voltaje inaceptable.

URL (*Universal Resource Locators*): También conocida como dirección web, es una cadena de caracteres (cuyo formato está estandarizado en el RFC 1738) con la cual se asigna una dirección única a los recursos disponibles en el Internet.

UTP (*Unshielded Twisted Pair*): Cable de cobre, y por lo tanto, conductor de electricidad, que se utiliza para telecomunicaciones. El cableado UTP categoría 5 consta de cuatro pares trenzados y soporta frecuencias de hasta 100 MHz y velocidades de hasta 1000 Mbps.

VLAN (*Virtual LAN*): Es una red lógicamente independiente que opera sobre la capa 2 del modelo de referencia OSI. Se utiliza para reducir el tamaño del dominio de difusión (*broadcast*) según las direcciones MAC de los dispositivos.

VoATM (Voz sobre ATM): Tecnología que permite transportar el tráfico de voz sobre una red ATM.

VoFR (*Voz sobre Frame Relay*): Tecnología que permite transportar el tráfico de voz sobre una red de Frame Relay.

VoIP (*Voice over Internet Protocol*): Tecnología que permite el encaminamiento de la voz sobre el Internet o cualquier otra red IP.

VPN (*Virtual Private Network*): Red de comunicaciones privada, en donde los nodos se comunican a través de una red pública. La privacidad se mantiene a través de túneles y procedimientos de seguridad.

WAN (*Wide Area Network*): Red que provee comunicación de datos a un gran número de usuarios distribuidos sobre una región geográfica más amplia que la de una LAN; generalmente consiste en varias LAN conectadas entre ellas.

Wi-Fi (*Wireless Fidelity*): Conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11. Asegura la interoperabilidad de los productos que la utilicen, aunque sean de distintos fabricantes.

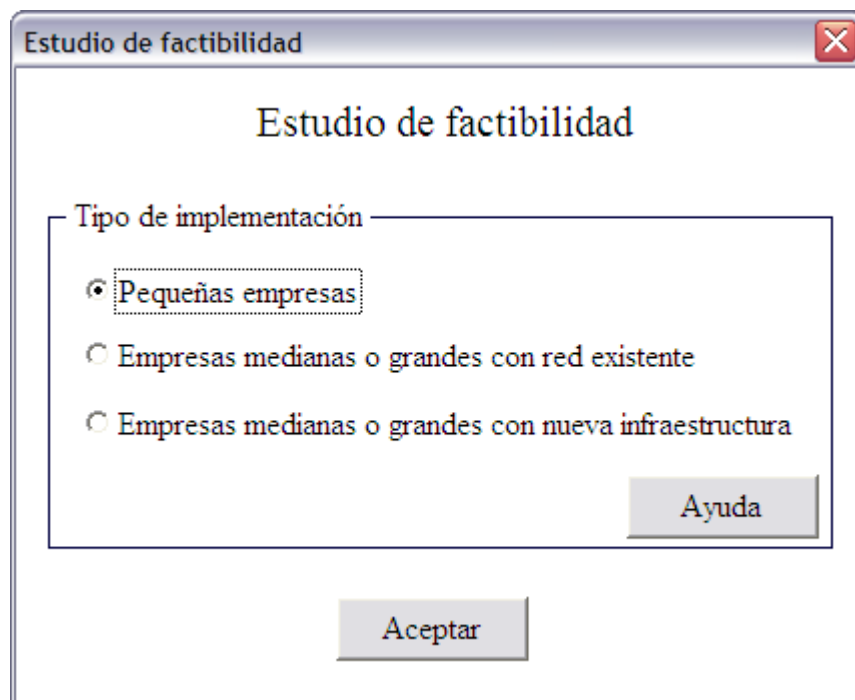
WLAN (*Wireless Local Area Network*): Sistema de comunicación de datos que utiliza tecnologías de radio frecuencia y que es implementado como alternativa a la LAN cableada o como una extensión de ésta. Algunos ejemplos son Wi-Fi y Bluetooth.

VIII. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN EXCEL

A continuación se muestra la ejecución del macro implementado en Visual Basic para Excel, con el análisis financiero para el estudio de factibilidad descrito en el capítulo IV de este documento.

A. Ventana principal

Esta es la ventana que se abre al iniciar el macro.



B. Estudio de factibilidad para pequeñas empresas

Esta es la ventana en la que se comparan los gastos en telefonía y los gastos estimados de VoIP. El proceso seguido está descrito en la Figura 20 del cuarto capítulo.

Estudio de factibilidad

Factibilidad de implementación de telefonía sobre Internet en una empresa pequeña

Características de telefonía y de Internet

¿Realiza llamadas internacionales?

Gasto mensual en llamadas internacionales (\$)

¿Tiene acceso a Internet ilimitado?

Ayuda

Servicios de telefonía por Internet

Costo mensual del servicio de telefonía por Internet (\$)

Costos adicionales en llamadas internacionales (\$)

Otros costos (\$)

Ayuda

Aceptar Regresar

Esta es la ventana con el resultado de la comparación mencionada en el párrafo anterior.

Estudio de factibilidad

Factibilidad de implementación de telefonía sobre Internet en una empresa pequeña

Costo mensual (actual) en llamadas internacionales (\$)	95.00
Costo estimado en llamadas internacionales con servicios de telefonía sobre Internet (\$)	40.00

Si le conviene esta solución de VoIP

Regresar

c. Estudio de factibilidad para la migración a VoIP

Esta es la ventana en la que se comparan los gastos actuales en telefonía con los gastos estimados de VoIP. El proceso seguido está descrito en sección C.3.b del cuarto capítulo.

The screenshot shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. The window is divided into two main sections:

- Gastos de telefonía**: This section contains three input fields, each with a "Calcular" button to its right:
 - Gastos mensuales en llamadas (\$) with a value of 0.00
 - Gastos mensuales en telefonía (\$) with a value of 0.00
 - Valor de salvamento del equipo (\$) with a value of 0.00A "Ayuda" button is located at the bottom right of this section.
- Implementación de VoIP**: This section starts with a radio button selection box containing two options:
 - La misma empresa se encargará
 - Contratará a otra empresaBelow this are four input fields, each with a "Calcular" button to its right:
 - Costo de implementación (\$) with a value of 0.00
 - Gastos mensuales con VoIP (\$) with a value of 0.00
 - Beneficios mensuales con VoIP (\$) with a value of 0.00
 - Valor de salvamento del equipo (\$) with a value of 0.00A "Ayuda" button is located at the bottom right of this section.

At the bottom of the window, there are two buttons: "Aceptar" and "Regresar".

Esta es la ventana en la que se ingresan los gastos mensuales en llamadas, con el sistema de telefonía tradicional.

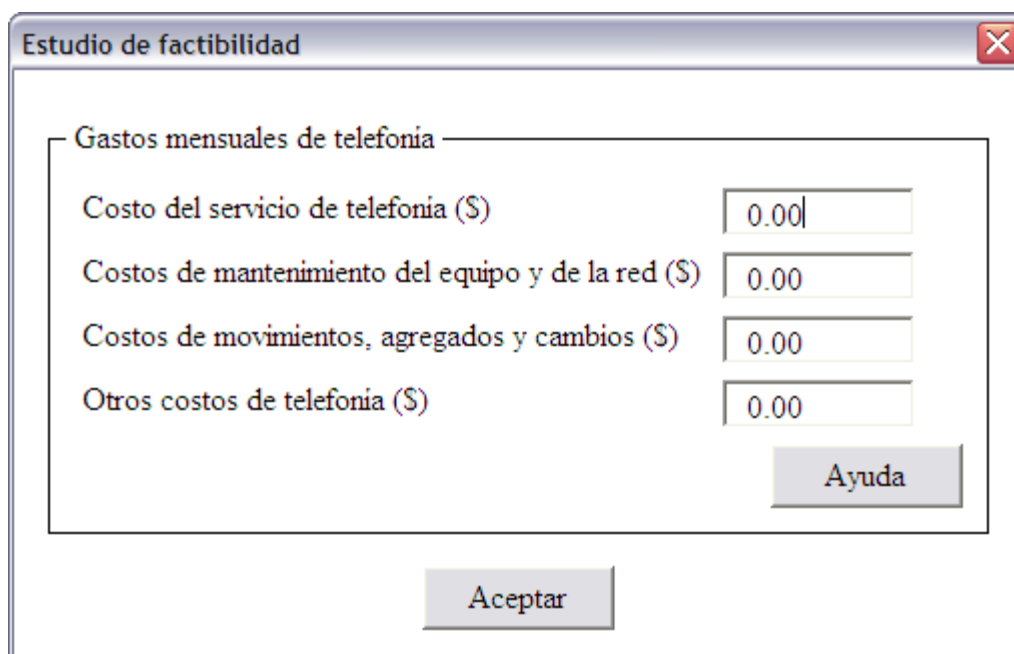
The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. Inside the window, there is a section titled "Gastos mensuales en llamadas" which contains five input fields, each with the value "0.00". The labels for these fields are: "Gastos en llamadas dentro de las oficinas (\$)", "Gastos en llamadas entre oficinas de una misma región (\$)", "Gastos en llamadas de larga distancia entre oficinas (\$)", "Gastos en llamadas internacionales a otros destinos (\$)", and "Otros gastos en llamadas (\$)". There are two buttons: "Ayuda" (Help) located to the right of the input fields, and "Aceptar" (Accept) located at the bottom center of the window.

Gastos mensuales en llamadas	
Gastos en llamadas dentro de las oficinas (\$)	0.00
Gastos en llamadas entre oficinas de una misma región (\$)	0.00
Gastos en llamadas de larga distancia entre oficinas (\$)	0.00
Gastos en llamadas internacionales a otros destinos (\$)	0.00
Otros gastos en llamadas (\$)	0.00

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en la que se ingresan los gastos de mantenimiento de la red telefónica actual.



The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. Inside the window, there is a section titled "Gastos mensuales de telefonía" which contains four input fields, each with the value "0.00":

Descripción	Valor
Costo del servicio de telefonía (\$)	0.00
Costos de mantenimiento del equipo y de la red (\$)	0.00
Costos de movimientos, agregados y cambios (\$)	0.00
Otros costos de telefonía (\$)	0.00

Below the input fields, there are two buttons: "Ayuda" (Help) and "Aceptar" (Accept).

Esta es la ventana en la que se estima el costo de implementación de la red de VoIP, en caso de que la misma empresa que vaya a beneficiarse de esta tecnología sea quien se encargue de su implementación.

The screenshot shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. The window is divided into two main sections, each with a sub-header and a list of cost items with input fields.

Costos de planificación y diseño

- Capacitación del equipo técnico (\$)
- Asesorías y consultorías (\$)
- Otros costos de planificación y diseño (\$)

Costos de implementación y capacitación

- Mejoras al equipo existente (\$)
- Adquisición de equipo nuevo (\$)
- Costo de instalación de la red (\$)
- Herramientas de monitoreo (\$)
- Herramientas para pruebas (\$)
- Capacitación de los usuarios finales (\$)
- Otros costos de implementación (\$)

Esta es la ventana en la que se estima el costo de implementación de la red de VoIP, en caso de que se contrate a otra empresa para que se encargue del proyecto de migración.

The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" (Feasibility Study). The window contains a form for estimating the cost of implementing a VoIP network using outsourcing. The form includes five input fields, each with a "0.00" value, and two buttons labeled "Evaluar" (Evaluate) and "Ayuda" (Help). The "Evaluar" buttons are located to the right of the second and third input fields. The "Ayuda" button is located at the bottom right of the form area. Below the form area is a large "Aceptar" (Accept) button.

Costo de implementación de la red de VoIP con outsourcing	
Contrato de Instalación (\$)	0.00
Mejoras al equipo existente (\$)	0.00 <input type="button" value="Evaluar"/>
Adquisición de equipo nuevo (\$)	0.00 <input type="button" value="Evaluar"/>
Capacitación de los usuarios finales (\$)	0.00
Otros costos de implementación (\$)	0.00

Esta es la ventana en la que se estima el costo de las mejoras al equipo, de manera que se cumpla con los requerimientos de calidad y seguridad al transmitir tráfico de voz sobre la red de datos existente.

The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" (Feasibility Study). It contains two main sections for cost estimation:

- Ancho de banda** (Bandwidth):
 - Field: "Ancho de banda adicional (\$)" with a value of "0.00".
 - Button: "Ayuda" (Help).
- Equipo** (Equipment):
 - Field: "Actualización del PBX para soporte de tráfico de VoIP (\$)" with a value of "0.00".
 - Field: "Soporte de QoS, PoE y VLAN en los conmutadores (\$)" with a value of "0.00".
 - Field: "Configuración de QoS en los routers (\$)" with a value of "0.00".
 - Field: "Seguridad en los cortafuegos (\$)" with a value of "0.00".
 - Field: "CPU adicional en routers y/o cortafuegos (\$)" with a value of "0.00".
 - Field: "Otros costos de actualización (\$)" with a value of "0.00".
 - Button: "Ayuda" (Help).

At the bottom center of the window is a large "Aceptar" (Accept) button.

Esta es la ventana en la que se estima el costo del equipo a adquirir para completar la red de VoIP.

Estudio de factibilidad

Equipo nuevo y cableado

ATA (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Teléfonos IP (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
PBX IP (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Gateways (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Gatekeepers (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Conmutadores con PoE, QoS y VLAN (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Routers con VPN y QoS (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Servidores (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Cableado categoria 5 (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Otros dispositivos (\$)	<input type="text" value="0.00"/>

Ayuda

Seguridad

Firewalls con VPN (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Proxys (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Otros dispositivos de seguridad (\$)	<input type="text" value="0.00"/>

Ayuda

Disponibilidad

UPS (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Paneles de energia PoE (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Redundancia de los enlaces (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Otros (\$)	<input type="text" value="0.00"/>

Ayuda

Software

Servicios (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Softphones (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Otras aplicaciones de software (\$)	<input type="text" value="0.00"/>

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en la que se estima el costo de las herramientas para el monitoreo de la red.

The image shows a dialog box titled "Estudio de factibilidad" with a close button (X) in the top right corner. Inside the dialog, there is a section titled "Herramientas para pruebas" which contains three input fields for monetary values:

- Generadores de tráfico (\$) with the value 0.00
- Analizadores de tráfico (\$) with the value 0.00
- Otras herramientas (\$) with the value 0.00

Below these fields, there is a button labeled "Ayuda". At the bottom center of the dialog box, there is a button labeled "Aceptar".

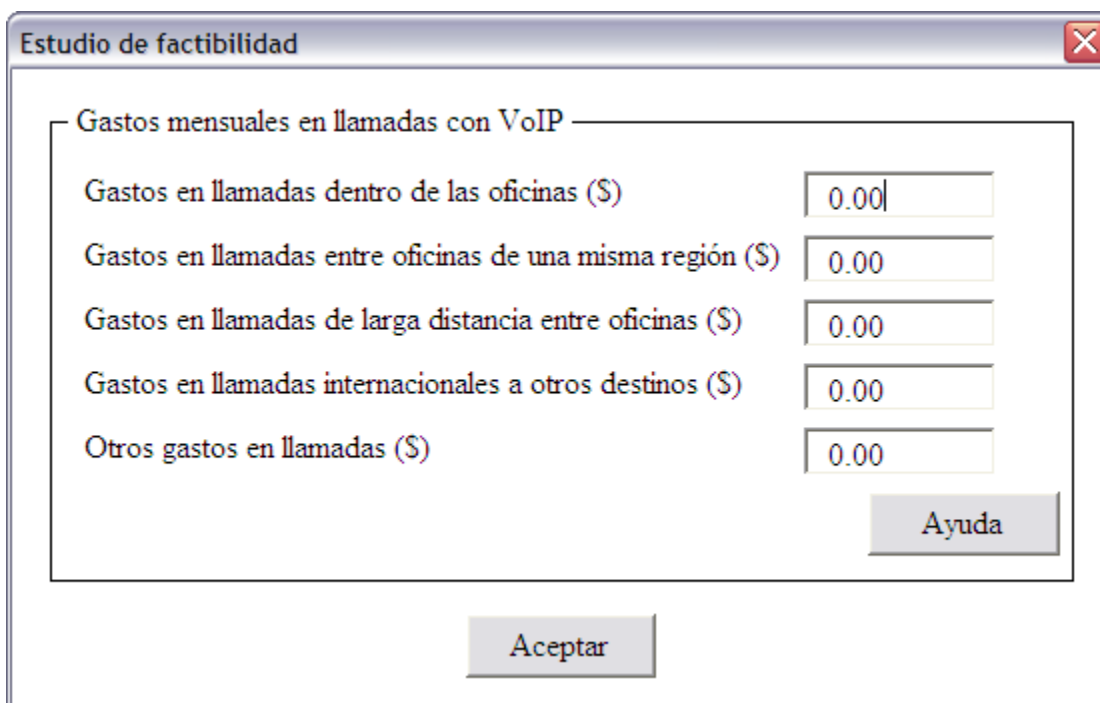
Esta es la ventana en la que se estiman los costos de mantenimiento y de uso de la red de VoIP.

The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" (Feasibility Study). Inside the window, there is a section titled "Costos mensuales de la red de VoIP" (Monthly VoIP network costs). This section contains seven rows, each with a label and a text input field. The input fields contain the value "0.00". To the right of the input fields, there are two buttons: "Calcular" (Calculate) and "Ayuda" (Help). Below the "Costos mensuales de la red de VoIP" section, there is a large "Aceptar" (Accept) button.

Costos mensuales de la red de VoIP	
Ancho de banda adicional (\$)	0.00
Servicio de telefonía internacional (\$)	0.00
Gastos en llamadas (\$)	0.00
Mantenimiento del equipo y software (\$)	0.00
Actualización del software y licencias (\$)	0.00
Movimientos, agregados y cambios (\$)	0.00
Otros gastos mensuales (\$)	0.00

Buttons: Calcular, Ayuda, Aceptar

Esta es la ventana en la que se estiman los gastos en llamadas con VoIP.



The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. Inside the window, there is a section titled "Gastos mensuales en llamadas con VoIP" which contains five input fields, each with the value "0.00". The input fields are for: "Gastos en llamadas dentro de las oficinas (\$)", "Gastos en llamadas entre oficinas de una misma región (\$)", "Gastos en llamadas de larga distancia entre oficinas (\$)", "Gastos en llamadas internacionales a otros destinos (\$)", and "Otros gastos en llamadas (\$)". There are two buttons: "Ayuda" (Help) located to the right of the input fields, and "Aceptar" (Accept) located at the bottom center of the window.

Gastos mensuales en llamadas con VoIP	
Gastos en llamadas dentro de las oficinas (\$)	0.00
Gastos en llamadas entre oficinas de una misma región (\$)	0.00
Gastos en llamadas de larga distancia entre oficinas (\$)	0.00
Gastos en llamadas internacionales a otros destinos (\$)	0.00
Otros gastos en llamadas (\$)	0.00

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en la que se estiman los beneficios mensuales con VoIP. La casilla de costo de oportunidad se habilita solamente si se contrata a otra empresa para que implemente la red.

The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. The window contains a form for estimating monthly VoIP benefits. The form is divided into two main sections: "Beneficios mensuales con VoIP" and "Costos de oportunidad (\$)".

Beneficios mensuales con VoIP	
Ahorro por mantener un solo equipo técnico (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Ganancias en productividad (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Ganancias por satisfacción del cliente (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
	<input type="button" value="Ayuda"/>

Costos de oportunidad (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Otros beneficios mensuales (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
	<input type="button" value="Ayuda"/>

Esta es la ventana en la que se presenta el resumen del flujo de efectivo para ambas alternativas.

Estudio de factibilidad

Resultado del estudio de factibilidad

Flujo de efectivo

Gastos mensuales en telefonía (\$)	1,900.00
Salvamento del equipo de telecomunicaciones (\$)	150.00
Costo de implementación de la red de VoIP (\$)	12,000.00
Gastos mensuales con la red de VoIP (\$)	80.00
Beneficios mensuales con la red de VoIP (\$)	0.00
Salvamento del equipo de VoIP (\$)	100.00
Tasa de interés anual (%)	13.0
Periodo de estudio (meses)	8

Resultado

Ayuda

Regresar

Salir

Esta es la hoja de cálculo con el resultado del análisis financiero.

	A	B	C	D	E	F
2	Tasa de interés (mensual)= 1.08%					
3	Período (meses) = 8					
4						
5	Tabla 1: Costos					
6			<u>Telefonía</u>	<u>VoIP</u>		
7		Inversión inicial	\$0.00	-\$12,000.00		
8		Mensualidades	-\$1,900.00	-\$80.00		
9		Valor Salvamento	\$150.00	\$100.00		
10						
11	Tabla 2: Flujos de efectivo incremental y acumulado					
12		<u>Mes</u>	<u>Telefonía</u>	<u>VoIP</u>	<u>VoIP-Tel</u>	<u>Acumulado</u>
13		0	\$0.00	-\$12,000.00	-\$12,000.00	-\$12,000.00
14		1	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	-\$10,180.00
15		2	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	-\$8,360.00
16		3	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	-\$6,540.00
17		4	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	-\$4,720.00
18		5	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	-\$2,900.00
19		6	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	-\$1,080.00
20		7	-\$1,900.00	-\$80.00	\$1,820.00	\$740.00
21		8	-\$1,750.00	\$20.00	\$1,770.00	\$2,510.00
22						
24	i* Incremental (mensual): 4.44%					
25	¿Incremento justificado? Sí					
26	Alternativa seleccionada: VoIP					
27	Recuperación de la inversión: 7 meses					

D. Estudio de factibilidad para la creación de una red convergente

Esta es la ventana en la que se comparan los costos de los proyectos de implementación de una nueva red de voz y una de datos o de una red convergente de VoIP. El proceso seguido está descrito en sección C.3.c del cuarto capítulo del documento.

Estudio Factibilidad ✕

Redes de voz y de datos separadas

Costo de implementación de la red de voz (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costo de implementación de la red de datos (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costos mensuales en llamadas (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costos mensuales para la red de voz (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costos mensuales para la red de datos (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costo mensual de ambos equipos técnicos (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	
Valor de salvamento para ambas redes (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	

Red de VoIP

La misma empresa se encargará
 Contratará a otra empresa

Costo de implementación de la red de VoIP (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costos mensuales para la red de VoIP (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Beneficios mensuales con la red de VoIP (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
Costo mensual del equipo técnico de VoIP (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	
Valor de salvamento del equipo(\$)	<input type="text" value="0.00"/>	

Esta es la ventana en donde se estiman los costos de implementación de la red de telefonía. Debido a que no es el objetivo de este estudio evaluar el costo de este tipo de proyecto, la información requerida es más general que anteriormente.

Estudio de factibilidad

Costos de planificación y diseño

Capacitación del equipo técnico (\$) 0.00

Otros costos de planificación y diseño (\$) 0.00

Ayuda

Costos de implementación y capacitación

Adquisición de equipo nuevo (\$) 0.00

Costo de instalación de la red (\$) 0.00

Herramientas de monitoreo y pruebas (\$) 0.00

Capacitación de los usuarios finales (\$) 0.00

Otros costos de implementación (\$) 0.00

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en donde se estiman los costos de implementación de la red de datos. Debido a que tampoco es el objetivo de este estudio evaluar el costo de este tipo de proyecto, la información requerida es general.

Estudio de factibilidad

Costos de planificación y diseño

Capacitación del equipo técnico (\$) 0.00

Otros costos de planificación y diseño (\$) 0.00

Ayuda

Costos de implementación y capacitación

Adquisición de equipo nuevo (\$) 0.00

Costo de instalación de la red (\$) 0.00

Herramientas de monitoreo y pruebas (\$) 0.00

Capacitación de los usuarios finales (\$) 0.00

Otros costos de implementación (\$) 0.00

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en la que se estiman los gastos mensuales en llamadas telefónicas.

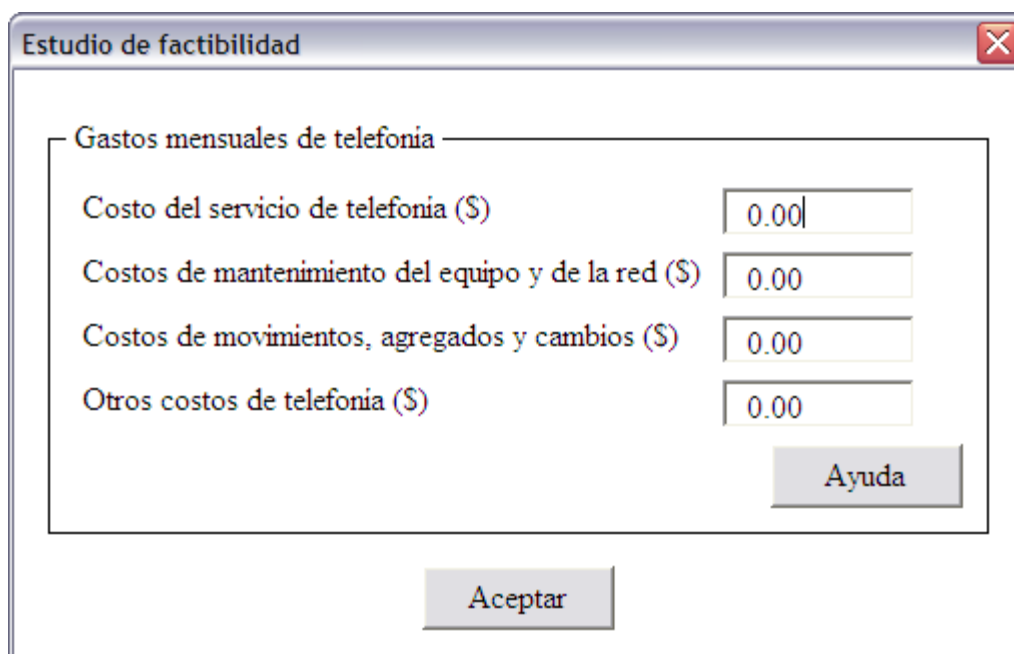
The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. Inside the window, there is a section titled "Gastos mensuales en llamadas" which contains five input fields, each with the value "0.00". The labels for these fields are: "Gastos en llamadas dentro de las oficinas (\$)", "Gastos en llamadas entre oficinas de una misma región (\$)", "Gastos en llamadas de larga distancia entre oficinas (\$)", "Gastos en llamadas internacionales a otros destinos (\$)", and "Otros gastos en llamadas (\$)". There are two buttons: "Ayuda" (Help) located to the right of the input fields, and "Aceptar" (Accept) located at the bottom center of the window.

Gastos mensuales en llamadas	
Gastos en llamadas dentro de las oficinas (\$)	0.00
Gastos en llamadas entre oficinas de una misma región (\$)	0.00
Gastos en llamadas de larga distancia entre oficinas (\$)	0.00
Gastos en llamadas internacionales a otros destinos (\$)	0.00
Otros gastos en llamadas (\$)	0.00

Ayuda

Aceptar

En esta ventana se estiman los costos mensuales de mantenimiento y uso de la red de VOZ.



The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. Inside the window, there is a section titled "Gastos mensuales de telefonía" which contains four input fields, each with the value "0.00":

Descripción	Valor
Costo del servicio de telefonía (\$)	0.00
Costos de mantenimiento del equipo y de la red (\$)	0.00
Costos de movimientos, agregados y cambios (\$)	0.00
Otros costos de telefonía (\$)	0.00

Below the input fields, there are two buttons: "Ayuda" (Help) and "Aceptar" (Accept).

En esta ventana se estiman los costos mensuales de mantenimiento y uso de la red de datos.

Estudio de factibilidad

Costos mensuales para la red de datos

Mantenimiento del equipo y software (\$)	0.00
Actualización del software y licencias (\$)	0.00
Enlaces WAN (\$)	0.00
Conexión a Internet (\$)	0.00
Otros costos mensuales (\$)	0.00

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en la que se estima el costo de implementación de la red de VoIP, en caso de que la misma empresa que vaya a beneficiarse de esta tecnología sea quien se encargue de su implementación. En este caso, como no hay equipo de red existente que deba ser mejorado, se deshabilita esta casilla.

The screenshot shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. The window is divided into two main sections, each with a title and a list of cost categories, each with a corresponding input field and a "Ayuda" button.

Costos de planificación y diseño

- Capacitación del equipo técnico (\$)
- Asesorías y consultorías (\$)
- Otros costos de planificación y diseño (\$)

Costos de implementación y capacitación

- Mejoras al equipo existente (\$)
- Adquisición de equipo nuevo (\$)
- Costo de instalación de la red (\$)
- Herramientas de monitoreo (\$)
- Herramientas para pruebas (\$)
- Capacitación de los usuarios finales (\$)
- Otros costos de implementación (\$)

At the bottom center of the window is a large "Aceptar" button.

Esta es la ventana en la que se estima el costo de implementación de la red de VoIP, en caso de que se contrate a otra empresa para que se encargue del proyecto de migración.

Estudio de factibilidad

Costo de implementación de la red de VoIP con outsourcing

Contrato de Instalación (\$)	<input type="text" value="20000"/>	
Mejoras al equipo existente (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Evaluar"/>
Adquisición de equipo nuevo (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="button" value="Evaluar"/>
Capacitación de los usuarios finales (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	
Otros costos de implementación (\$)	<input type="text" value="0.00"/>	

En esta ventana se estima el costo del equipo a adquirir para implementar la red convergente. Sólo se detalla del equipo para VoIP y el equipo adicional para datos está incluido en la casilla general (Otros).

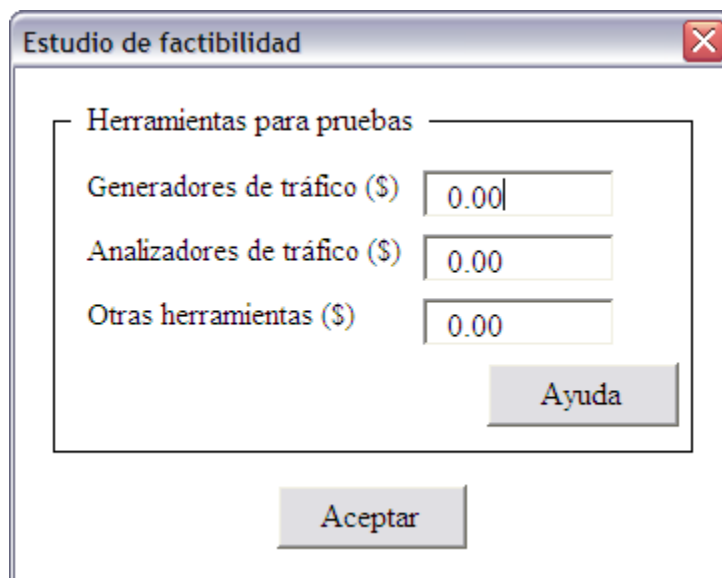
Equipo nuevo y cableado	
ATA (\$)	0.00
Teléfonos IP (\$)	0.00
PBX IP (\$)	0.00
Gateways (\$)	0.00
Gatekeepers (\$)	0.00
Conmutadores con PoE, QoS y VLAN (\$)	0.00
Routers con VPN y QoS (\$)	0.00
Servidores (\$)	0.00
Cableado categoría 5 (\$)	0.00
Otros dispositivos (\$)	0.00

Software	
Servicios (\$)	0.00
Softphones (\$)	0.00
Otras aplicaciones de software (\$)	0.00

Seguridad	
Firewalls con VPN (\$)	0.00
Proxys (\$)	0.00
Otros dispositivos de seguridad (\$)	0.00

Disponibilidad	
UPS (\$)	0.00
Paneles de energía PoE (\$)	0.00
Redundancia de los enlaces (\$)	0.00
Otros (\$)	0.00

Esta es la ventana en la que se estima el costo de las herramientas para el monitoreo de la red de VoIP.



The image shows a dialog box titled "Estudio de factibilidad" (Feasibility Study). It contains three input fields for cost estimation, each with a value of 0.00. The fields are labeled "Generadores de tráfico (\$)", "Analizadores de tráfico (\$)", and "Otras herramientas (\$)". There are two buttons: "Ayuda" (Help) and "Aceptar" (Accept).

Herramientas para pruebas	
Generadores de tráfico (\$)	0.00
Analizadores de tráfico (\$)	0.00
Otras herramientas (\$)	0.00

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en donde se estiman los costos mensuales de mantenimiento y uso de la red convergente de VoIP, por lo que se debe agregar el costo de los enlaces de banda ancha para Internet y para las oficinas remotas (WAN).

Estudio de factibilidad

Costos mensuales de la red de VoIP

Costo de los enlaces WAN y de Internet (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Servicio de telefonía internacional (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Gastos en llamadas (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Mantenimiento del equipo y software (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Actualización del software y licencias (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Movimientos, agregados y cambios (\$)	<input type="text" value="0.00"/>
Otros gastos mensuales (\$)	<input type="text" value="0.00"/>

Calcular

Ayuda

Aceptar

Esta es la ventana en donde se estiman los beneficios mensuales por el uso de la red de VoIP.

The image shows a software window titled "Estudio de factibilidad" with a close button in the top right corner. The window contains a form for estimating monthly benefits and costs. The form is divided into two main sections. The first section, titled "Beneficios mensuales con VoIP", includes three input fields: "Ahorro por mantener un solo equipo técnico (\$)" with a value of 0.00, "Ganancias en productividad (\$)" with a value of 0.00, and "Ganancias por satisfacción del cliente (\$)" with a value of 0.00. Below these fields is a button labeled "Ayuda". The second section includes two input fields: "Costos de oportunidad (\$)" with a value of 0.00 and "Otros beneficios mensuales (\$)" with a value of 0.00. Below these fields is another button labeled "Ayuda". At the bottom center of the window is a button labeled "Aceptar".

Beneficios mensuales con VoIP	
Ahorro por mantener un solo equipo técnico (\$)	0.00
Ganancias en productividad (\$)	0.00
Ganancias por satisfacción del cliente (\$)	0.00
Ayuda	
Costos de oportunidad (\$)	0.00
Otros beneficios mensuales (\$)	0.00
Ayuda	

Aceptar

Esta es la ventana en la que se presenta el resumen del flujo de efectivo para ambas alternativas.

Estudio de factibilidad

Resultado del estudio de factibilidad

Flujo de efectivo

Costo de implementación de las redes de datos y voz (\$)	10,000.00
Costos mensuales para las redes de datos y de voz (\$)	1,600.00
Salvamento del equipo de datos y voz (\$)	0.00
Costo de implementación de la red de VoIP (\$)	20,000.00
Costos mensuales para la red de VoIP (\$)	100.00
Beneficios mensuales para la red de VoIP (\$)	0.00
Salvamento del equipo de VoIP (\$)	0.00
Tasa de interés anual (%)	10
Cantidad de meses para el estudio	8

Resultado

Ayuda

Regresar

Salir

Esta es la hoja de cálculo con el resultado del análisis financiero.

	A	B	C	D	E	F
2	Tasa de interés (mensual)= 1.08%					
3	Periodo (meses) = 8					
4						
5	Tabla 1: Costos					
6			Telefonía	VoIP		
7		Inversión inicial	-\$10,000.00	-\$20,000.00		
8		Mensualidades	-\$1,600.00	-\$100.00		
9		Valor Salvamento	\$0.00	\$0.00		
10						
11	Tabla 2: Flujos de efectivo incremental y acumulado					
12		Mes	Telefonía	VoIP	VoIP-Tel	Acumulado
13		0	-\$10,000.00	-\$20,000.00	-\$10,000.00	-\$10,000.00
14		1	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	-\$8,500.00
15		2	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	-\$7,000.00
16		3	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	-\$5,500.00
17		4	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	-\$4,000.00
18		5	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	-\$2,500.00
19		6	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	-\$1,000.00
20		7	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	\$500.00
21		8	-\$1,600.00	-\$100.00	\$1,500.00	\$2,000.00
22						
24	i* Incremental (mensual): 4.24%					
25	¿Incremento justificado? Sí					
26	Alternativa seleccionada: VoIP					
27	Recuperación de la inversión: (No aplica)					