

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DISEÑO DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA PRIVADA IP/PBX 10/40
HÍBRIDA BASADA EN SOFTWARE DE FUENTE ABIERTA*

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

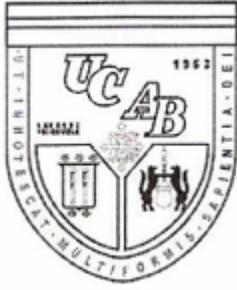
Rubén Darío Colmenárez García

PROFESOR GUÍA

Ing. Iñaki Mendizábal Arcas

FECHA

Caracas, Octubre de 2006.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DISEÑO DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA PRIVADA IP/PBX 10/40
HÍBRIDA BASADA EN SOFTWARE DE FUENTE ABIERTA*

REALIZADO POR

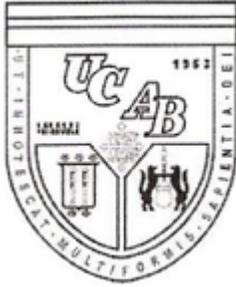
Rubén Darío Colmenárez García

PROFESOR GUÍA

Ing. Iñaki Mendizábal Arcas

FECHA

Caracas, Octubre de 2006.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DISEÑO DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA PRIVADA IP/PBX 10/40
HÍBRIDA BASADA EN SOFTWARE DE FUENTE ABIERTA*

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: _____

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:

Nombre: Luis Barroso

Firma:

Nombre: Miguel Contreras

Firma:

Nombre: Iñaki Mendizábal

REALIZADO POR

Rubén Darío Colmenarez Garcia

PROFESOR GUÍA

Ing. Iñaki Mendizábal Arcas

FECHA

Caracas, Octubre de 2006.

Agradecimientos

A todos aquellos quienes mediante sus acciones han formado parte de mi proceso de formación integral. Especialmente al Ing. Iñaki Mendizábal por su orientación y apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo.

Resumen

DISEÑO DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA PRIVADA IP/PBX 10/40 HÍBRIDA BASADA EN SOFTWARE DE FUENTE ABIERTA

Colmenárez García, Rubén Darío

ruben.colmenarez@gmail.com

El siguiente trabajo especial de grado, titulado “Diseño de una central telefónica privada IP/PBX 10/40 híbrida basada en software de fuente abierta”, consiste en el diseño de una central telefónica privada basada en la transmisión de voz sobre redes de conmutación de paquetes; específicamente redes que empleen protocolos de Internet, tecnología conocida como VoIP. En un principio serán comercializadas en pequeñas y medianas industrias del país, por lo que ésta tendrá como dimensionamiento máximo un total de diez (10) líneas troncales y cuarenta (40) líneas privadas. Para este proyecto se empleó *hardware* existente en el mercado, esbozándose una estructura para la consolidación del equipo, la cual permitiese en un futuro, el ensamble del mismo acorde con el dimensionamiento físico. En este trabajo, el *software* empleado se acoge a los lineamientos emanados por la *Open Source Initiative*, sobre el *software* de fuente abierta; la escogencia tanto del sistema operativo como la del manejador de la central se realizó basándose en las necesidades del proyecto, posteriormente se diseñaron los servicios a ser prestados. La solución planteada está basada en la premisa de un equipo autocontenido, flexible, escalable y de bajo costo, adecuado a los requerimientos del mercado meta.

Palabras Claves: Central Telefónica privada, VoIP, *Software* de Fuente Abierta, Equipo Autocontenido y de bajo costo

Índice General

| | |
|---|------|
| Dedicatoria | I |
| Agradecimientos | II |
| Resumen | III |
| Índice General | IV |
| Índice de Figuras | VIII |
| Índice de Tablas | X |
| Introducción | XI |
| I. Problema | 1 |
| I.1. Planteamiento del Problema..... | 1 |
| I.2. Objetivos Generales | 2 |
| I.3. Objetivos Específicos..... | 2 |
| I.4. Alcances y Limitaciones | 3 |
| II. Marco Teórico..... | 4 |
| II.1. Centrales Telefónicas..... | 4 |
| II.1.1. PBX..... | 4 |
| II.1.2. Arquitectura | 5 |
| II.1.2.1. Conmutador..... | 6 |
| II.1.2.2. Microprocesador | 6 |
| II.1.2.3. Generador de tonos de servicios | 6 |
| II.1.2.4. Decodificador de tonos DTMF | 6 |
| II.1.2.5. Gateways, Puertos de comunicaciones. | 7 |
| II.1.3. Tipos de PBX | 7 |
| II.1.3.1. Analógicas..... | 7 |
| II.1.3.2. Digitales | 7 |
| II.1.3.3. Híbridas..... | 7 |
| II.1.4. IP/PBX | 8 |
| II.1.4.1. Manejadores de PBX | 8 |
| II.1.5. Parámetros de la PSTN | 9 |

| | | |
|-------------|--|----|
| II.1.6. | Tipos de Teléfonos..... | 9 |
| II.1.6.1. | Analógicos | 10 |
| II.1.6.2. | Digitales | 10 |
| II.1.6.2.1. | Teléfonos IP..... | 10 |
| II.1.6.2.2. | Por software, <i>Softphone</i> | 10 |
| II.1.7. | Señalización | 11 |
| II.2. | VoIP | 12 |
| II.2.1. | Internet | 12 |
| II.2.1.1. | Modelo de Referencia TCP/IP | 12 |
| II.2.1.1.1. | Capa de Aplicación..... | 13 |
| II.2.1.1.2. | Capa de Transporte..... | 14 |
| II.2.1.1.3. | Capa de Red o de Internet | 15 |
| II.2.1.1.4. | Capa de Acceso a red | 17 |
| II.2.2. | Estándares y Protocolos | 17 |
| II.2.2.1. | H.323..... | 17 |
| II.2.2.2. | SIP..... | 18 |
| II.2.2.3. | MGCP | 18 |
| II.2.2.4. | IAX..... | 19 |
| II.2.3. | Codecs de Audio | 20 |
| II.2.4. | Funcionamiento General de VoIP..... | 21 |
| II.2.5. | Señalización VoIP..... | 22 |
| II.2.5.1. | Componentes..... | 22 |
| II.2.5.1.1. | <i>Media Gateway</i> , MG. | 22 |
| II.2.5.1.2. | <i>Media Gateway Controller</i> , MGC..... | 22 |
| II.2.5.1.3. | <i>Signaling Gateway</i> , SG. | 23 |
| II.3. | Acceso remoto..... | 23 |
| II.3.1. | VPN..... | 23 |
| II.3.2. | Protocolos de Acceso Remoto | 24 |
| II.3.2.1. | Telnet | 24 |
| II.3.2.2. | SSH | 24 |

| | | |
|---------|---|----|
| III. | Metodología | 26 |
| III.1. | Preparación..... | 26 |
| III.2. | Investigación y Estudio..... | 26 |
| III.3. | Evaluación de Mercado..... | 27 |
| III.4. | Diseño | 27 |
| III.5. | Desarrollo..... | 28 |
| IV. | Desarrollo..... | 29 |
| IV.1. | Preparación..... | 29 |
| IV.2. | Investigación y Estudio..... | 29 |
| IV.2.1. | Fase 1: PBX | 29 |
| IV.2.2. | Fase 2: Variables económicas..... | 30 |
| IV.2.3. | Fase 3: VoIP..... | 30 |
| IV.2.4. | Fase 4: Software..... | 30 |
| IV.2.5. | Fase 5: Acceso Remoto..... | 30 |
| IV.3. | Evaluación de Mercado..... | 31 |
| IV.3.1. | Fase 1: Definición de los objetivos del estudio y el alcance..... | 31 |
| IV.3.2. | Fase 2: Definición de la herramienta | 31 |
| IV.3.3. | Fase 3: Establecimiento de variables económicas a ser analizadas | 31 |
| IV.3.4. | Fase 4: Análisis del estudio..... | 32 |
| IV.3.5. | Fase 5: Resultados..... | 33 |
| IV.4. | Diseño | 33 |
| IV.4.1. | Fase 1: Especificación de elementos de hardware | 33 |
| IV.4.2. | Fase 2: Dimensionamiento y diagrama general de IP/PBX..... | 33 |
| IV.4.3. | Fase 3: Selección de manejador de IP/PBX..... | 33 |
| IV.4.4. | Fase 4: Definición de acceso remoto | 34 |
| IV.5. | Desarrollo..... | 34 |
| IV.5.1. | Fase 1: Instalación y configuración de <i>Software</i> | 34 |
| IV.5.2. | Fase 2: Configuración de parámetros generales..... | 34 |
| IV.5.3. | Fase 3: Configuración de la IP/PBX 10/40..... | 35 |
| IV.5.4. | Fase 4: Creación de servicios..... | 35 |

| | | |
|---------|---|-----|
| IV.5.5. | Fase 5: Instalación de componentes del sistema de acceso remoto | 35 |
| IV.5.6. | Fase 6: Pruebas..... | 35 |
| V. | Resultados | 36 |
| V.1. | Preparación..... | 36 |
| V.2. | Investigación y estudio..... | 36 |
| V.3. | Evaluación de Mercado..... | 37 |
| V.4. | Diseño | 38 |
| V.5. | Desarrollo..... | 43 |
| VI. | Conclusiones y Recomendaciones | 52 |
| VI.1. | Conclusiones | 52 |
| VI.2. | Recomendaciones..... | 54 |
| | Bibliografía | 56 |
| | Glosario de Acrónimos | 61 |
| | Apéndice A: Estudio de Mercado | 67 |
| | Apéndice B: Características, Estructura y Funcionamiento de H.323 | 86 |
| | Apéndice C: Características, Estructura y Funcionamiento de SIP | 99 |
| | Apéndice D: Virtual Private Networks | 120 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Arquitectura PBX | 5 |
| Figura 2. Ejemplo de ubicación de puntos terminales de señalización en PSTN | 11 |
| Figura 3. Modelo de referencia TCP/IP | 13 |
| Figura 4. Tarjeta de acople para adaptadores analógicos..... | 40 |
| Figura 5. Disposición de los elementos dentro de la IP/PBX | 41 |
| Figura 6. Solución de Acceso Remoto..... | 43 |
| Figura 7. Página principal de configuración de la IP/PBX 10/40..... | 44 |
| Figura 8. Página principal de configuración de los codificadores de voz Sipura. | 45 |
| Figura 9. Página principal de administración de la IP/PBX 10/40. | 46 |
| Figura 10. Ventana del sistema de Monitoreo en Tiempo Real, FOP..... | 49 |
| Figura 11. Ventana del sistema de Reporte de la IP/PBX. | 50 |
| Figura 12. Ventanas del sistema acceso remoto a la IP/PBX 10/40. | 50 |
| Figura 13. Diseño de la IP/PBX 10/40..... | 51 |
| Figura 14. Diagrama causa- efecto | 68 |
| Figura 15. EMBI+ de Venezuela, Diciembre 1998 – Enero de 2006. | 70 |
| Figura 16. Estimaciones del PIB a precios constantes del año 1997. | 72 |
| Figura 17. Variación Anual IPC y núcleo inflacionario. Año base 1997 | 74 |
| Figura 18. Tasa de cambio preferencial (Bs. / US \$)..... | 75 |
| Figura 19. Pila de protocolos del terminal H.323 | 88 |
| Figura 20. Pila de protocolos del gateway H.323 | 90 |
| Figura 21. Componentes del Gatekeeper H.323 | 92 |
| Figura 22. Establecimiento de llamada H.323 | 93 |
| Figura 23. Flujo de señalizaciones de control H.323 | 95 |
| Figura 24. Flujo de cadenas de datos y de control de datos H.323 | 96 |
| Figura 25. Finalización de llamada H.323 | 97 |
| Figura 26. Estructura del mensaje de solicitud SIP..... | 102 |
| Figura 27. Estructura del mensaje de respuesta SIP | 102 |
| Figura 28. Mensaje de registro SIP..... | 107 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29. Mensaje de respuesta de registro SIP | 108 |
| Figura 30. Mensaje de inicio de llamada SIP, Terminal 1 – Servidor | 109 |
| Figura 31. Mensaje de respuesta SIP, Trying, Servidor – Terminal 1 | 110 |
| Figura 32. Mensaje de inicio de llamada SIP, Servidor – Terminal 2 | 111 |
| Figura 33. Mensaje de respuesta SIP, Ringing, Terminal 2 – Servidor | 112 |
| Figura 34. Mensaje de respuesta SIP, Ringing, Servidor – Terminal 1 | 113 |
| Figura 35. Mensaje de respuesta SIP, OK, Terminal 2 – Servidor | 114 |
| Figura 36. Mensaje de respuesta SIP, OK, Servidor – Terminal 1 | 115 |
| Figura 37. Mensaje de aceptación SIP, ACK, Terminal 1 – Terminal 2 | 116 |
| Figura 38. Mensaje de fin de llamada SIP, Terminal 2 – Terminal 1 | 117 |
| Figura 39. Mensaje de respuesta fin de llamada, Terminal 1 – Terminal 2 | 118 |

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Manejadores de PBX | 9 |
| Tabla 2. Parámetros de la PSTN | 9 |
| Tabla 3. <i>Codec's</i> de audio por codificación forma de onda continua..... | 20 |
| Tabla 4. <i>Codec's</i> de audio por procesamiento de forma de onda | 21 |
| Tabla 5. Cuadro de estimación de costos del proyecto | 36 |
| Tabla 6. Componentes de la IP/PBX 10/40 | 39 |
| Tabla 7. Dimensionamiento Físico y Eléctrico de la IP/PBX 10/40..... | 39 |
| Tabla 8. <i>Software</i> de la IP/PBX 10/40 | 42 |
| Tabla 9. Estimación del PIB..... | 71 |
| Tabla 10. Variación del IPC y del núcleo inflacionario..... | 73 |
| Tabla 11. Tasa de cambio preferencial (Bs. / US \$) | 75 |
| Tabla 13. Cuadro de estimación de costos de producción de IP/PBX 10/40..... | 82 |
| Tabla 14. Cuadro de estimación de costos de producción de IP/PBX 3/8..... | 83 |
| Tabla 15. Código de estados SIP | 103 |

Introducción

El crecimiento vertiginoso de las redes de paquetes en la actualidad ha impulsado al uso de estas para el transporte de la voz en tiempo real. Esto está aumentando el auge de la telefonía IP a escala mundial, transformándolo en el concepto dominante para las comunicaciones del presente y del futuro. Actualmente en el país, se están generando los cambios en las plataformas de telecomunicaciones públicas que permitan adaptarse a este nuevo paradigma tecnológico. Por cuanto, las redes privadas están evolucionando simultáneamente lo que plantea el diseño de nuevos equipos orientados hacia las comunicaciones privadas.

El desarrollo de este Trabajo Especial de Grado presenta una solución al problema antes planteado, éste consistió en la especificación, diseño y puesta en servicio de una central telefónica privada basada en la transmisión de voz sobre redes de conmutación de paquetes que utilicen protocolos de Internet. Ésta integrará los servicios de una central privada analógica con los ofrecidos por las centrales digitales tradicionales e incorporando otros nuevos, bajo la premisa de un equipo autocontenido y de bajo costo. Estudiando a su vez la factibilidad del desarrollo de la misma en el mercado venezolano.

El objetivo de este trabajo es el estudiar la tecnología VoIP y el *software* de fuente abierta para desarrollar equipos telefónicos para aplicaciones privadas y conocer en detalle esta nueva tecnología mediante el desarrollo una PBX híbrida.

El presente Trabajo Especial de Grado el cual pretende explicar mediante un texto estructurado en capítulos y a través de numerosos ejemplos gráficos, la metodología seguida para el desarrollo del “Diseño de una Central Telefónica Privada IP/PBX 10/40 Híbrida Basada en Software de Fuente Abierta”. A continuación se describe el proceso de desarrollo siguiendo la estructura que se presenta a continuación:

En el capítulo I, se introduce al lector en el contexto del tema de investigación, estableciendo el planteamiento del problema y los objetivos que se buscan alcanzar con el desarrollo de este proyecto, así como el alcance y las limitaciones del mismo.

En el capítulo II, se exponen los fundamentos teóricos del contexto de la investigación, en donde se describen temas referidos a Centrales Telefónicas Privadas, como: definición, arquitectura general, tipos de PBX, parámetros generales de PSTN, tipos de teléfonos y señalización; Así como la tecnología VoIP, como: Internet, TCP/IP, estándares y protocolos de la tecnología, *codec's* de audio, fundamento general de la tecnología y señalización; También tópicos de acceso remoto como implementaciones de red y protocolos.

En el capítulo III, se define la metodología empleada para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo IV, se explica en detalle el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

En el capítulo V se presentan los resultados finales de este trabajo, demostrando a través de los productos la veracidad de las actividades realizadas.

El capítulo VI, presenta las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo realizado.

I. Problema

I.1. Planteamiento del Problema

El creciente uso de las redes de datos basadas en protocolos de Internet, ha impulsado la utilización de las mismas para el transporte de servicios de voz en tiempo real. Este avance permite el intercambio Interpersonal para las telecomunicaciones, lo cual optimiza la relación entre abonados ya que, en la mayoría de las veces la interpretación de lo que se comunica por escrito no es lo suficientemente adecuada como cuando se realiza oralmente. La comunicación escrita deja a un lado el calor humano y la interacción propia de una conversación.

En los años recientes, la telefonía IP ha tenido un gran auge a nivel mundial, gracias a la interconexión entre los usuarios y a sus bajos costos de operación, representando así una efectiva solución para mejorar las conexiones entre distintos puntos geográficos. El concepto VoIP se está transformando rápidamente en el nuevo paradigma para las telecomunicaciones del siglo XXI. Anteriormente, los datos se transmitían y soportaban en redes de voz o en redes independientes, sin embargo este nuevo paradigma explota una red de datos que también soporta voz. Los cambios requeridos para que sea una realidad se están haciendo en este momento y están siendo adoptados por todas las administraciones de telefonía pública. En consecuencia, las redes privadas van evolucionando a la par y se plantea el reto de desarrollo de nuevos equipos de comunicaciones privadas.

La solución al problema planteado es la especificación, diseño y puesta en servicio de una central telefónica privada basada en el protocolo IP. Esta central permitirá integrar los servicios de una central privada analógica con los servicios de voz en tiempo real basado en redes de conmutación de paquetes TCP/IP; como por ejemplo redes LAN e Internet; presentando una solución robusta, eficiente, confiable y económica a los usuarios finales. La central telefónica IP propuesta ofrecerá todos los servicios de las centrales digitales tradicionales, tales como: mensajería de voz,

rellamada, transferencia de llamada, extensión operadora, llamada en espera, música en espera, identificación de abonado A, entre otras. Además se incorporan nuevos servicios, tales como: extensiones remotas, grabación de llamadas, llamadas en conferencia con múltiples usuarios, mensajería de voz e integración con direcciones de correo electrónico, fax virtual, IVR's (*Interactive Voice Response*), entre otras funcionalidades. Algunos de estos servicios están disponibles en algunos modelos de Centrales existentes, pero su incorporación requiere adicionar equipos complementarios, por lo cual la solución es costosa. La nueva solución se desarrollará bajo la premisa de un equipo autocontenido y de bajo costo.

I.2. Objetivos Generales

Desarrollar una Central PBX híbrida de tecnología de VoIP basada en software de fuente abierta.

I.3. Objetivos Específicos

- Estudiar Centrales PBX digitales de fabricantes de renombre internacional.
- Identificar y estudiar los servicios ofrecidos por Centrales PBX digitales modernas.
- Conocer el Estado del Arte de la tecnología VoIP.
- Estudiar el *Software* de fuente abierta para desarrollo de Centrales PBX
- Realizar un estudio de mercado de Centrales telefónicas privadas, referente a los requerimientos generales de los consumidores.
- Especificar y dimensionar una central PBX híbrida para aplicaciones en PYMES.

- Diseñar el hardware y el *software* de la Central PBX híbrida, según dimensionamiento máximo requerido.
- Desarrollar aplicaciones y servicios que prestará la central telefónica IP PBX 10/40.
- Desarrollar una solución para brindar soporte técnico remoto a los clientes

I.4. Alcances y Limitaciones

Este trabajo de grado desarrollará un prototipo de Central PBX híbrida, de hasta 40 extensiones y 10 líneas de troncales, para ser utilizada en ambiente de oficina, de pequeñas y medianas empresas. Esta central implementará, tanto un sistema operativo como un manejador de la IP PBX híbrida, basado en *Software* libre, requiriendo del desarrollo e implementación de aplicaciones para adaptarlo a los servicios deseados por el consumidor; el hardware será desarrollado con interfaces estándar existentes en el mercado, tanto para el servidor como para los manejadores de extensiones y líneas externas.

Este trabajo especial de grado no diseñará: sistemas operativos; manejadores de centrales telefónicas; protocolos de comunicación o módulos para compresión y descompresión de voz.

El estudio de mercado de este proyecto se realizó de forma teórica, ya que realizarlo mediante el uso de encuestas requería una inversión de recursos que excedía la planificación realizada al inicio del proyecto. El número de PYMES y la dispersión geográfica de las mismas fueron factores que impidieron la realización de encuestas porque esta herramienta aumenta su precisión proporcionalmente al número de encuestados, por lo que se requería aplicar la herramienta a por lo menos el diez por cien (10%) de las pequeñas y medianas empresas existentes a lo largo y ancho del país.

II. Marco Teórico

II.1. Centrales Telefónicas

Debido al aumento de la cantidad de empleados en los espacios de oficinas y empresas, se construyeron las primeras tablas de *switch*/conmutación, este sistema permitía la conmutación manual de las extensiones entre sí, lo que permitiese la comunicación interna, o de las extensiones con las líneas externas para la comunicación con entes externos al área de oficina.

Con los avances tecnológicos apareció la automatización de las tablas de conmutación, las primeras centrales de conmutación automáticas fueron las electromecánicas o de conmutación paso a paso. Posteriormente, se diseñaron las centrales de conmutación electrónica o central por programa almacenado, las cuales existen hasta nuestros días.

II.1.1. PBX

Una central telefónica privada, también conocida como PABX, *Private Automatic Branch eXchange*, es un equipo electrónico donde el elemento fundamental es la conmutación. A este equipo se conectan las líneas troncales provistas por la compañía de la red pública nacional PSTN, las extensiones, que son las líneas internas, los faxes y los módems. Desde que las centrales fueron automáticas se adoptó el nombre de PBX.

Existen varios tipos de PBX según el tipo de conmutación de audio que llevan a cabo para establecer la comunicación entre dos puntos terminales. Estas presentan servicios variados dependiendo de las necesidades de la empresa donde se encuentre instalada o del fabricante de este equipo electrónico.

II.1.2. Arquitectura

La Arquitectura de una central telefónica privada consta de cinco (5) elementos fundamentales para su funcionamiento, como lo son:

- Conmutador
- Microprocesador
- Generador de tonos de servicios
- Decodificador de tonos DTMF, *Dual Tone Multi-Frequency*.
- *Gateways*, Puertos de comunicaciones.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura básica de una central telefónica y la interacción existente entre los elementos antes mencionados.

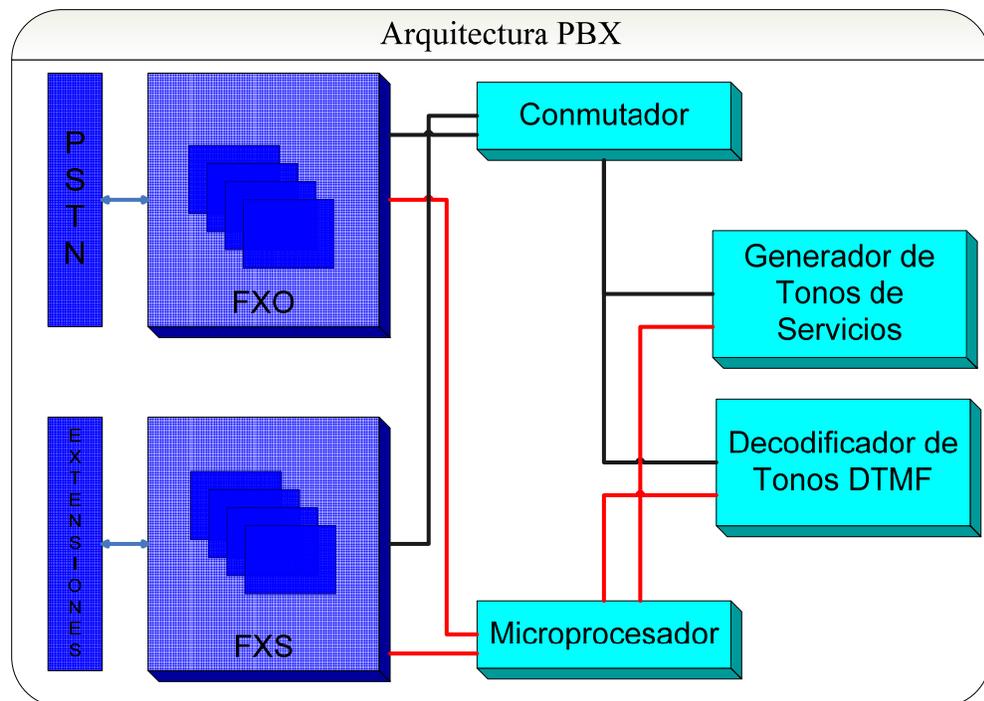


Figura 1. Arquitectura PBX
Autor: Elaboración Propia

En los siguientes apartados se describirán las características, funcionamiento e interacción de los elementos básicos de la arquitectura de la PBX.

II.1.2.1. Conmutador

Es el componente encargado de realizar la conmutación entre las líneas telefónicas, ya sea entre una línea externa y una extensión, entre dos extensiones o entre dos líneas externas. Esta conmutación puede ser llevada a cabo electromecánicamente, mecánicamente o digitalmente. Existen básicamente dos (2) tipos de conmutación: de circuitos o de paquetes.

II.1.2.2. Microprocesador

Es el elemento que se encarga de controlar el funcionamiento de los otros elementos del sistema. Recibe, decodifica y procesa las señales para establecer los diferentes tipos de llamadas, realiza las funciones especiales. Controla el conmutador. Puede encargarse del control del puesto de operadora y de los teléfonos digitales adscritos a ella.

II.1.2.3. Generador de tonos de servicios

Este bloque genera los tonos de servicio necesario para la señalización, establecimiento, curso y desconexión de las llamadas telefónicas. Interactuando tanto con el microprocesador como con el conmutador de la PBX.

II.1.2.4. Decodificador de tonos DTMF

Esta parte de la PBX se encarga de traducir los tonos multi-frecuenciales recibidos desde el microprocesador o del conmutador, el

decodificador luego de procesar la información la envía al componente que necesita de la misma.

II.1.2.5. Gateways, Puertos de comunicaciones.

Existen dos puertos de comunicaciones fundamentales, uno de los cuales tienen como función interconectar la central con las centrales públicas de la PSTN, conocidos como puertos FXO, *Foreign eXchange Office*, y otros que se encargan de interconectar la PBX con las distintas extensiones pertenecientes a la misma central, llamados FXS, *Foreign eXchange Station/Subscriber*. Estos puertos se comunican directamente tanto con el conmutador como con el microprocesador.

II.1.3. Tipos de PBX

A continuación se describirán los distintos tipos de centrales telefónicas existentes en la actualidad:

II.1.3.1. Analógicas

Son aquellas que utilizan conmutación electromecánica mediante relés, o mecánica, mediante las matrices de conmutación, conocida como conmutación de circuitos.

II.1.3.2. Digitales

Son aquellas que utilizan conmutación temporal, conmutan la señal modulada por codificación de pulsos. Digitalizando la voz y enviándola codificada a través de la red.

II.1.3.3. Híbridas

Son aquellas que muestran la combinación de elementos de las PBX antes expuestas, pudiendo utilizar control digital mediante un

microprocesador y conmutación analógica mediante matrices electrónicas o relés.

II.1.4. IP/PBX

Es una central telefónica basada en VoIP, el audio es llevado entre dos puntos terminales por conmutación de paquetes. La arquitectura de esta central telefónica se adapta a las características y componentes anteriormente mencionados. Existen componentes de *software* de alto nivel que permiten otro tipo de servicios y funcionalidades no presentes en las PBX convencionales, uno de estos programas son los manejadores de PBX.

II.1.4.1. Manejadores de PBX

Un manejador de PBX es un *software* que se encuentra instalado en la central. Entre algunas de sus funciones primordiales están:

- Almacena y gestiona los servicios prestados por el equipo.
- Realiza el registro de usuarios, tanto locales como remotos.
- Controla el tráfico de llamadas.
- Guarda los perfiles y privilegios de usuarios.
- Gestiona los *codec's* de voz por llamada y realiza el *transcoding*.

A continuación se muestra una tabla con los manejadores de PBX mas conocidos a nivel mundial.

| Manejador de PBX | Desarrollador | Características de Software |
|--------------------|---------------|------------------------------------|
| Asterisk | Digium | Software libre y de fuente abierta |
| SIP Express Router | Iptel.org | Software libre y de fuente abierta |
| sipX | SIPfoundry | Software de fuente abierta |

Tabla 1. Manejadores de PBX
Autor: Elaboración Propia

II.1.5. Parámetros de la PSTN

En la siguiente tabla se muestran parámetros básicos de la red telefónica existente en el país, los cuales deben tenerse en consideración para la interconexión de los puertos FXO de la central IP/PBX a desarrollar. (3)

| Característica | Valor Promedio | Característica | Valor Promedio |
|--|--|---|------------------------------|
| AdeB conmutado (Kbps) | 64 | Frecuencia vocal (Hz) | 300-3400 |
| AdeB analógico (Khz.) | 3.1 | Señalización en el CPE | Dedicada o DTMF |
| Conexión de circuitos | Duplex | Transmisión promedio de dígito desde abonado (seg.) | Dedicada → 1.5 DTMF → 0.7 |
| Modulación | PCM- G.711 Ley A | Conmutación | Digital |
| Subsistema de control | Control por programa almacenado (SPC) | Multiplexado | TDMA FDMA |
| Tensión de salida de central a abonado (V) | 48 | Impedancia de lazo abierto (KΩ) | 20 |
| Corriente de repique | 75 Vrms, 25 HZ. Tono = 1 seg. Pausa = 4 seg. | Impedancia de lazo cerrado (KΩ) | 1.2 |
| Tono de ocupado | 425 Hz. Tono = 0.5 seg. Pausa = 0.5 seg. | Tono de invitación a marcar | 425 Hz. Continuo |
| Tono de congestión | 425 Hz. Tono = 0.25 seg. Tono = 0.25 seg. | Dígitos por segundos | 10 o 20 |

Tabla 2. Parámetros de la PSTN
Autor: Elaboración Propia

II.1.6. Tipos de Teléfonos

En la actualidad existen en el mercado dos (2) tipos básicos de aparatos telefónicos según las funcionalidades provistas por los componentes internos del mismo. Estos son aparatos telefónicos analógicos y los digitales.

II.1.6.1. Analógicos

Un teléfono analógico, es un equipo electrónico conectado al extremo de un puerto FXS, el cual no posee ningún tipo de microprocesador, por ello no realiza operaciones adicionales de codificación de voz o de comunicación con otros entes.

II.1.6.2. Digitales

Un aparato telefónico digital es un equipo electrónico conectado al extremo de un puerto FXS, tiene un microprocesador interno que permite establecer comunicaciones paralelas con una PBX, además este componente adicional puede codificar y decodificar el audio de la conversación.

Estos surgieron por la necesidad de intercambiar información rápidamente con la PBX, desde los puestos de operadora hacia la central, permitiendo ejecutar otras aplicaciones en paralelo con la transmisión de voz.

II.1.6.2.1. Teléfonos IP

Es un teléfono digital basado en VoIP, que se encuentra conectado a una red de área local, con una dirección IP válida. El microprocesador contenido en el equipo está encargado, entre las funcionalidades más importantes, de manejar los protocolos de comunicaciones IP y los *codec's* de audio.

II.1.6.2.2. Por *software*, *Softphone*

Un teléfono por *software*, *softphone*, es un programa instalado y ejecutado en un *host*, que tiene algún tipo de conexión con la PBX, haciendo tareas similares a las de un teléfono digital convencional.

II.1.7. Señalización

Las redes telefónicas de conmutación de circuitos generalmente emplean sistemas de señalización de canal común número 7, mejor conocido como SSSC7, *Signaling System Common Channel 7*, o SS7, *Signaling System 7*. (19)

En las redes PSTN los puntos finales envían y reciben los mensajes de señalización SS7, existiendo tres (3) tipos de puntos terminales como lo son:

- SSP: *Service Switching Point*, Punto de conmutación de servicio.
- STP: *Signal Transfer Point*, Punto de transferencia de señalización.
- SCP: *Service Control Point*, Punto de control de servicios.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de ubicación de puntos terminales de señalización en una red PSTN.

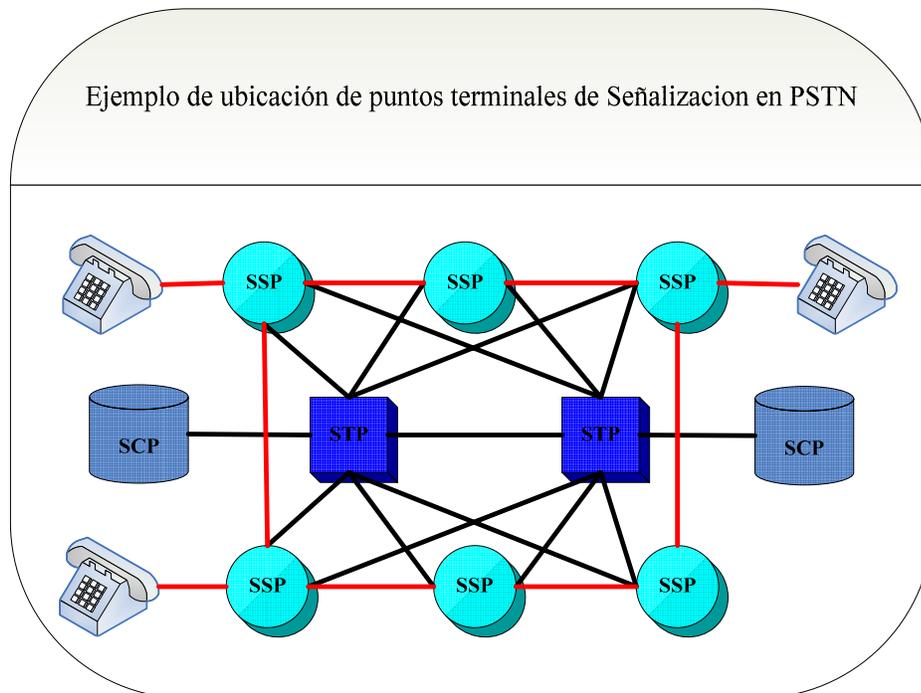


Figura 2. Ejemplo de ubicación de puntos terminales de señalización en PSTN
Autor: Elaboración Propia

II.2. VoIP

VoIP, es el acrónimo de *Voice over IP*, es una tecnología que permite la transmisión de señales de voz, mediante procesos de digitalización, codificación y compresión. La voz es encapsulada en paquetes IP y enviada a través de una red de conmutación de paquetes hacia su destino, en el cual es desencapsulada, descomprimida, decodificada y convertida a una señal analógica parecida a la señal digital para su reproducción y uso.

II.2.1. Internet

Es una red de conmutación de paquetes de acceso público mundial, la cual interconecta diversas redes de computadoras utilizando el estándar IP. Internet es la colección de las redes, tales como: comerciales, gubernamentales, educativas, militares; y que se encuentran conectadas mediante los pares trenzados de hilos de cobre, cables coaxiales, fibra óptica, enlaces de microondas y satelitales, entre otros.

La creación de Internet tuvo como objetivo principal el desarrollo de una red mundial que tuviese vigencia a través del tiempo, la cual fuese confiable, y que ésta, a pesar de cualquier circunstancia adversa, mantuviese conectados dos puntos geográficos distantes entre sí.

Para cumplir el objetivo planteado se debió establecer un modelo de referencia que permitiese la interconexión de las distintas redes sin tomar en cuenta variables como: tamaño, medio físico de transporte de datos y la información contenida en los paquetes.

II.2.1.1. Modelo de Referencia TCP/IP

El modelo de referencia utilizado consta, como se muestra a continuación, de cuatro (4) capas, conocidas como: aplicación, transporte, red o Internet y acceso al medio.

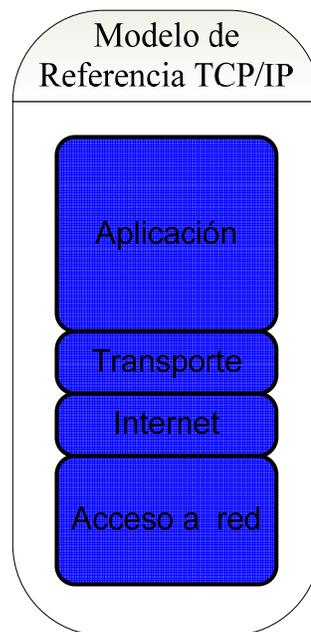


Figura 3. Modelo de referencia TCP/IP
Autor: Elaboración Propia

La suite de protocolos TCP/IP incluye no sólo las especificaciones de Internet y de la capa de transporte, tales como IP y TCP, sino también las correspondientes a las aplicaciones comunes.

Las características principales de las capas del modelo TCP/IP se detallan a continuación.

II.2.1.1.1. Capa de Aplicación

La capa de aplicación del modelo TCP/IP, conocida como capa cuatro (4), maneja protocolos de alto nivel, aspectos de representación, codificación y control de diálogo. Este modelo combina todos los aspectos relacionados con las aplicaciones en una sola capa, asegurando que los datos estén correctamente empaquetados antes de que pasen a la capa siguiente.

La capa de Aplicación, tiene asociado entre otros, los siguientes protocolos: FTP (*File Transfer Protocol*), TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*), NFS (*Network File System*), SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), Telnet, SSH (*Secure Shell*), SNMP (*Simple Network Management Protocol*), DNS (*Domain Name Server*) y HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*).

II.2.1.1.2. Capa de Transporte

La capa de transporte, también conocida como capa tres (3), proporciona servicios de transporte desde el *host* origen hacia el *host* destino. Esta capa forma una conexión lógica entre los puntos finales de la red, el *host* transmisor y el *host* receptor. Los protocolos de transporte segmentan y reensamblan los datos mandados por las capas superiores en el mismo flujo de datos, o conexión lógica entre los extremos.

El flujo de datos de la capa de transporte, brinda transporte de extremo a extremo y define la conectividad entre las aplicaciones de los hosts. Existen básicamente cuatro (4) protocolos en esta capa: TCP, UDP, RTP y RTCP.

II.2.1.1.2.1. TCP

TCP, *Transmission Control Protocol*, RFC – 793, es un protocolo de transporte orientado a la conexión, segmenta los datos provenientes de la capa superior, encargado del control de punta a punta, que se proporciona con las ventanas deslizantes y la confiabilidad de los números de secuencia y acuses de recibo. (6)

II.2.1.1.2.2. UDP

UDP, *User Datagram Protocol*, definido en el RFC – 768, es un protocolo de transporte no orientado a la conexión y no seguro, segmenta los datos provenientes de la capa superior y está encargado del envío de

los segmentos, desde un dispositivo de un extremo a otro dispositivo en otro extremo. (31)

II.2.1.1.2.3. RTP

RTP, *Real Time Protocol*, RFC – 3550, antes RFC – 1889, es el protocolo que se encarga de proveer los servicios de envío de audio y video en tiempo real. En tanto que, H.323 es el encargado de transportar la data a través de la red de conmutación de paquetes, RTP es el usado para transportar la información junto UDP. (37)

RTP conjuntamente con UDP son utilizados como protocolo de capa de transporte. RTP provee identificación del tipo de datos transportado, número de secuencia, *time-stamping* y monitoreo de envío, no lleva a cabo la reversa de recursos ni garantiza la QoS, *Quality of Service*.

II.2.1.1.2.4. RTCP

RTCP, *Real Time Control Protocol*, RFC – 3550, antes RFC – 1889. Este protocolo es la contraparte de RTP, el cual provee los servicios de control, es enviado periódicamente a todos los participantes de la sesión. La principal función del protocolo es la de brindar la retroalimentación sobre la calidad de la distribución de la información. Otras funciones son la de llevar un identificador de nivel de transporte desde la fuente RTP, el cual es utilizado por los receptores para la sincronización de las señales de audio y video. (37)

II.2.1.1.3. Capa de Red o de Internet

El propósito de la capa de Internet es seleccionar la mejor ruta para enviar paquetes por la red. La determinación de la ruta y la conmutación de paquetes ocurren en esta capa.

Los siguientes protocolos operan en la capa de Internet TCP/IP:

- IP, *Internet Protocol*, proporciona un enrutamiento de paquetes no orientado a conexión de máximo esfuerzo. Este no se ve afectado por el contenido de los paquetes, sino que busca una ruta hacia el destino.
- ICMP, *Internet Control Messages Protocol*, encargado de suministrar las capacidades de control y envío de mensajes.
- ARP, *Address Resolution Protocol*, este determina la dirección de la capa de enlace de datos, dirección MAC, para las direcciones IP conocidas.
- RARP, *Reverse Address Resolution Protocol*, el cual determina las direcciones IP cuando se conoce la dirección MAC.

El protocolo principal que funciona en esta capa es el Protocolo de Internet, el cual se describe a continuación.

II.2.1.1.3.1. IP

El protocolo de internet, definido en el RFC – 791, permite la comunicación a través de una colección amplia y heterogénea de redes basadas en tecnologías diferentes. IP define un paquete y el esquema de direccionamiento, también es el encargado de transferir los datos entre la capa Internet y las capas de acceso de red, también enruta los paquetes hacia los hosts remotos. (5)

Se considera a IP como protocolo poco confiable. Esto no significa que IP no envíe correctamente los datos a través de la red, significa que IP no realiza la verificación y la corrección de los errores. Dicha función la realizan los protocolos de la capa superior desde las capas de transporte o aplicación.

II.2.1.1.4. Capa de Acceso a red

La capa de acceso de red también se denomina capa de *host* a red ó capa uno (1). Esta capa maneja todos los aspectos que un paquete IP requiere para efectuar un enlace físico real con los medios de la red e incluye los detalles de la tecnología LAN, *Local Area Network*, y WAN, *Wide Area Network*, y todos los detalles de las capas físicas y de enlace de datos del modelo OSI.

La capa de acceso de red define los procedimientos para realizar la interfaz con el hardware de la red y para tener acceso al medio de transmisión. Los estándares del protocolo de los módem tales como el SLIP, *Serial Link Internet Protocol*, y el PPP, *Point-to-Point Protocol*, brindan acceso a la red.

Las funciones de la capa de acceso de red incluyen la asignación de direcciones IP a las direcciones físicas y el encapsulamiento de los paquetes IP en tramas. Basándose en el tipo de hardware y la interfaz de la red, la capa de acceso de red definirá la conexión con los medios físicos de la misma.

II.2.2. Estándares y Protocolos

Para implantar la comunicación entre distintos entes se deben establecer un conjunto de reglas que faciliten la interacción entre ellos. En los últimos años, diferentes organismo internacionales no gubernamentales se han dedicado a estandarizar los sistemas de comunicación multimedios, entre los estándares y protocolos existentes se encuentran los que se detallan a continuación:

II.2.2.1. Estándar H.323

Pertenece a la serie H de los estándares de la UIT, fue creado en el año 1996 y es considerado como uno de los primordiales en la transmisión de datos, audio o video en tiempo real sobre una red de conmutación de paquetes que no proporcionen una QoS garantizada. Este especifica los componentes, protocolos y

procedimientos para proveer comunicación multimedia. H.323 puede ser utilizada en comunicaciones punto-punto o punto-multipunto. (24)

En el apéndice B se especifican las características, estructura y funcionamiento de este protocolo.

II.2.2.2. SIP

El protocolo SIP, *Session Initiation Protocol*, es un protocolo simple de señalización de control de nivel de aplicación, utilizado para establecer, modificar y terminar sesiones multimedia o llamadas, entre uno o más participantes. (34)(35)

Es un protocolo basado en HTTP, *Hyper Text Transfer Protocol*, es un protocolo básico de texto cliente-servidor en la que todos los procesos intercambian mensajes en forma de peticiones y respuestas entre una entidad cliente y otra que funciona como servidor.

En el apéndice C se detallan las características, estructura y funcionamiento de este protocolo.

II.2.2.3. MGCP

Media Gateway Control Protocol, por sus siglas anglosajonas, es un protocolo utilizado en los sistemas de VoIP, está definido con un documento informativo de la IETF, actualmente RFC – 3435, la versión actual reemplazó a la versión inicial RFC – 2705. Este protocolo sustituyó al SGCP, *Single Gateway Control Protocol*. (2)

Es utilizado dentro de los sistemas distribuidos para que agentes externos visualicen un simple *gateway* de VoIP; está compuesto por un agente que realiza llamadas y varios *gateways*, entre ellas se encuentran, el *Media Gateway*,

encargada de las señales de paquetes a circuitos y viceversa, el *Signaling Gateway*, que se encarga del control de la red.

Los paquetes de este protocolo son diferentes a los paquetes de protocolos comúnmente empleados, son paquetes UDP usualmente asociados al puerto 2427. Los datagramas MGCP tienen como formato espacios en blanco, lo cual es comúnmente encontrado en segmentos TCP. Los paquetes MGCP pueden ser comando o respuesta, el paquete de comando comienza con 4 letras, en tanto que el de respuesta comienza con un código de 3 números.

II.2.2.4. IAX

Acrónimo de *Inter-Asterisk eXchange*, por sus siglas en inglés, es un protocolo de comunicación utilizado por los manejadores de PBX de fuente abierta, llamado Asterisk. Éste fue diseñado para manejar VoIP entre los servidores Asterisk, y entre servidores y clientes. Cuando se habla de IAX se refiere generalmente a IAX2, la segunda versión del protocolo. Ya que IAX quedó obsoleta con la aparición de IAX2. El desarrollo de este protocolo fue basado en estándares existentes como RTP, MGCP y SIP. (28)

El protocolo IAX2 es muy simple comparado con los vistos anteriormente, permite manejar una mayor cantidad de *codec's* al igual que una gran cantidad de *streams*, lo que permite el transporte de cualquier tipo de datos. El protocolo emplea un único puerto UDP, el número 4569, para la comunicación entre puntos terminales VoIP, señalización y datos. Fue diseñado para minimizar el ancho de banda utilizado en la transmisión de datos multimedios a través de redes basadas en Protocolos de Internet. Debido al uso de un único puerto de comunicación, IAX2 basa su estructura en la multiplexación de señalización y datos.

II.2.3. *Codec's* de Audio

La palabra *codec* viene del acrónimo de *compression-decompression module*, módulo de compresión-descompresión, éste puede ser realizado por un dispositivo o por *software*. Un *codec* puede colocar tanto la señal como el *stream*, en un formato cifrado y viceversa. Los *codec's* tienen como finalidad reducir el tamaño de los archivos, sacrificando así la calidad del audio.

PCM, *Pulse Code Modulation*, es uno de los procesos de digitalización de señales analógicas de voz más empleadas en la actualidad. Consiste en muestrear la amplitud de una señal analógica regularmente a intervalos uniformes y cuantificarlo en base de una serie de símbolos de digitales, usualmente binarios, los cuales tienen asociado un código, para luego ser codificada según el patrón con el cual ha sido comparado. En la siguiente tabla se muestran las características principales de los *codec's* G.711, G.722 y G.726, los cuales utilizan PCM o formas derivadas del mismo, métodos conocidos como codificación de forma de onda continua.

| <i>Codec</i> | Ente Desarrollador / Algoritmo | Bits de compresión por muestra | Frecuencia de Muestreo | Cadena de Bits a la salida del codificador por segundo |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| G.711 | UIT-T / PCM | 8 bits | 8 KHz | 64 Kbps |
| G.722 | UIT-T / SB-ADPCM | 2 bits | 16 KHz | 32 Kbps |
| | | 4 bits | | 64 Kbps |
| G.726 | UIT-T / ADPCM | 2 bits | 8 KHz | 16 Kbps |
| | | 3 bits | | 24 Kbps |
| | | 4 bits | | 32 Kbps |
| | | 5 bits | | 40 Kbps |

Tabla 3. *Codec's* de audio por codificación forma de onda continua
Autor: Elaboración Propia

Existen otros *codec's* de audio que utilizan métodos de Predicción Lineal. La Codificación por Predicción Lineal, LPC – *Linear Predictive Coding*, son herramientas que permiten representar la envolvente de una señal digital proveniente de una señal analógica de audio de forma comprimida, utilizando un modelo de predicción lineal de la información. Es una de las técnicas más robustas para análisis

de voz, y es uno de los métodos más comunes en la codificación de señales de audio con muy buena calidad y baja tasa de bits.

A continuación se muestra una tabla comparativa de *codec's* de audio por procesamiento de forma de onda, los cuales introducen retraso propio de la codificación, trabajan por tramas o bloques de información.

| <i>Codec</i> | Ente Desarrollador / Algoritmo | Bits de compresión por Trama | Tiempo de Trama | Frecuencia de Muestreo | Cadena de Bits a la salida del codificador por segundo |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------|--|
| G.722.1 | UIT-T / MLT | 480 bits | 20 ms. | 16 KHz | 24 Kbps |
| | | 640 bits | 20 ms. | | 32 Kbps |
| G.723.1 | UIT-T / MPC-MLQ | 160 bits | 30 ms. | 8 KHz | 5,2 Kbps |
| | UIT-T / ACELP | 208 bits | 30 ms. | | 6,4 Kbps |
| G.728 | UIT-T / LD-CELP | 80 bits | 2.5 ms. | 8 KHz | 32 Kbps |
| G.729 | UIT-T / CS-ACELP | 64 bits | 10 ms. | 8 KHz | 6,4 Kbps |
| | | 80 bits | 10 ms. | | 8 Kbps |
| | | 118 bits | 10 ms. | | 11,8 Kbps |
| GSM | ETSI / RPE-LTP | 260 bits | 20 ms. | 8 KHz | 13 Kbps |
| iLBC | IETF / LPC | 304 bits | 20 ms. | 8 KHz | 15,2 Kbps |
| | | 400 bits | 30 ms. | 16 KHz | 13,33 Kbps |

Tabla 4. Codec's de audio por procesamiento de forma de onda
Autor: Elaboración Propia

II.2.4. Funcionamiento General de VoIP

El funcionamiento de VoIP se puede describir de dos formas, la primera descripción esta relacionada a las funciones realizadas por las interfaces, *Gateways*, y la relación entre estos (*Media Gateway*, *Media Gateway Controller* y *Signaling Gateway*); La segunda descripción se relaciona a las funciones propias de los protocolos y su interrelación.

La descripción de funcionamiento según las interfaces se encuentra en la siguiente sección, señalización VoIP, en tanto que las descripciones de funcionamiento y establecimiento de llamadas relacionadas al estándar H.323 y el protocolo SIP, se encuentran en los apéndices B y C respectivamente.

II.2.5. Señalización VoIP

Las redes de VoIP utilizan SS7/IP como protocolo de señalización definido en el grupos de trabajo de señalización y transporte, SIGTRAN, de la IETF. (19)

II.2.5.1. Componentes

En las redes telefónicas basadas en protocolos de internet la información de señalización es intercambiada entre los elementos que se describen a continuación:

- *Media Gateway* (MG)
- *Media Gateway Controller* (MGC)
- *Signaling Gateway* (SG)

A continuación se describirán los tres elementos anteriormente mencionados.

II.2.5.1.1. *Media Gateway*, MG.

Este es un equipo que sirve de enlace entre las redes de conmutación de circuitos y las de conmutación de paquetes. Los *Media Gateways* se encargan de finalizar las llamadas de voz de las troncales provenientes de la PSTN, comprimiendo y empaquetando la voz, y enviando los paquetes de voz comprimidos a través de la red IP. Los *Media Gateway* realizan también la función inversa.

II.2.5.1.2. *Media Gateway Controller*, MGC.

Estos equipos registran y administran los recursos empleados por los *Media Gateways*. Controlan el funcionamiento de los *Signaling Gateways* como los *Media Gateways*. Estos se relacionan con los *Gatekeepers* H.323 y maneja señales H.225 y H.265, como se explicará en el Apéndice B. Los

Media Gateway Controller intercambian mensajes ISUP, *ISDN User Part*, mediante los *Signaling Gateways*, los cuales se describirán a continuación.

II.2.5.1.3. *Signaling Gateway*, SG.

Los *Signaling Gateways* son equipos que permiten la señalización de las redes de conmutación de circuitos y las redes IP de forma transparente. Estos equipos pueden finalizar los mensajes de señalización SS7 o traducirlos y reenviarlos sobre redes de conmutación de paquetes basadas en protocolos de internet hacia *Media Gateway Controllers* o hacia otros *Signaling Gateways*.

Estos tres (3) elementos descritos anteriormente, pueden estar separados físicamente o agrupados en cualquier combinación.

II.3. Acceso remoto

Para poder acceder desde un *host* a otro de manera distante mediante el uso de redes públicas, es necesario el uso de protocolos y programas o implementaciones de diseño de red que permiten realizar actividades en un *host* distante de una manera rápida y segura. Estos protocolos pertenecen a la capa de aplicación del modelo de Internet. A continuación se describen los principales protocolos empleados y una de las implementaciones de red más comunes en la actualidad.

II.3.1. VPN

Virtual Private Network, es una red privada que se construye dentro de una infraestructura de red pública, como la Internet, formando un túnel seguro entre dos *host*. (Cisco Systems, INC. Cisco Networking Academy, 2003). El significado de virtualidad de las VPNs se refiere a dinamismo, donde las conexiones pueden ser establecidas o canceladas cuando se requiera, la red se forma lógicamente dentro la red física que la transporta como es el caso de Internet. En el apéndice D se especifica esta implementación de red.

II.3.2. Protocolos de Acceso Remoto

Existen principalmente dos protocolos de acceso remoto, ambos operan en capa de aplicación del modelo TCP/IP, son Telnet y SSH, los cuales se describen a continuación.

II.3.2.1. Telnet

Es un protocolo el cual es utilizado para acceder a *host* remotos mediante una red, ya sea pública o privada, pudiendo así manejar el *host* o la red local de manera similar a que si el *host* que empleemos perteneciese a ese segmento de red. Está definido en el RFC-854 de Mayo del año 1983. La información del protocolo se encapsula en un segmento TCP. El puerto empleado para la comunicación es el número 23. (32)

Para poder realizar el acceso la máquina a la que se accede debe poseer una aplicación que gestione el protocolo, como en todas las aplicaciones basadas en TCP/IP.

El acceso al *host* remoto se hace sólo en modo terminal, también conocido como consola, el gran problema de este protocolo viene dado por su poca seguridad; su objetivo principal es la conectividad mas no la seguridad, ya que la información viaja por la red sin ningún tipo de cifrado, es decir, en texto plano.

II.3.2.2. SSH

Security Shell, es un protocolo de capa de aplicación del cual existen dos versiones, similar a Telnet. SSH2, definida en el RFC-4251 de Enero de este año, brinda mayor seguridad en las conexiones, por lo que es altamente recomendado su uso por sobre la primera versión. Este protocolo permite acceder a un *host* remoto, sólo en modo terminal, mediante un programa que maneje el protocolo en el terminal remoto, por el puerto número 22. La diferencia con Telnet es que SSH tiene una mayor seguridad ya que envía por la red texto cifrado, además de

prestar servicios como FTP y gestión de claves RSA, Rivest, Shamir & Adleman.
(44)

III. Metodología

En este capítulo se describirá la metodología empleada en la elaboración de este proyecto, dividida en cinco (5) etapas: Preparación, Investigación y estudio, Evaluación de mercado, Diseño y por ultimo Desarrollo.

III.1. Preparación

Esta es la etapa previa al inicio formal del proyecto en la cual se planificaron, se organizaron y estimaron los recursos necesarios para la obtención de resultados de cada una de las fases del proyecto.

III.2. Investigación y Estudio

La Investigación y el estudio es una etapa fundamental en el establecimiento del marco teórico y referencial del proyecto. Es ésta etapa se recopiló la información asociada a los temas relacionados con los objetivos y que permitiesen la realización de las actividades planteadas, luego esta información obtenida fue analizada. Esta etapa se dividió en cinco (5) fases:

- Fase 1: PBX.
- Fase 2: Variable económicas.
- Fase 3: VoIP.
- Fase 4: *Software*.
- Fase 5: Acceso remoto.

Cada una de estas fases pertenecientes a la etapa de investigación y estudio sirve de soporte a las demás etapas de la metodología empleada en el proyecto.

III.3. Evaluación de Mercado

La evaluación de mercado proporciona un modelo de referencia del lugar donde se comercializará el producto final, este modelaje se logró mediante el análisis de los principales parámetros económicos de la región obtenidos, en la etapa de investigación. Dividido en cinco (5) fases, enumeradas a continuación:

- Fase 1: Definición de los objetivos del estudio y el alcance
- Fase 2: Definición de la herramienta
- Fase 3: Establecimiento de variables económicas a ser analizadas
- Fase 4: Análisis del estudio
- Fase 5: Resultados

III.4. Diseño

El diseño consiste en la especificación y el dimensionamiento de la IP/PBX 10/40, luego se establecieron el *hardware* y *software* utilizados en la arquitectura de la Central Telefónica Privada, basándose en los objetivos iniciales planteados y en las necesidades del mercado meta. Esta etapa fue dividida en fases, las cuales son:

- Fase 1: Especificación de elementos de hardware
- Fase 2: Dimensionamiento y diagrama general de IP/PBX
- Fase 3: Selección de manejador de IP/PBX
- Fase 4: Definición de acceso remoto

III.5. Desarrollo

El desarrollo residió en la culminación del producto final, donde se crearon las aplicaciones y servicios a ser prestados, y se generó una solución para brindar soporte al cliente de manera remota. Se dividió en seis (6) fases como se enumera a continuación:

- Fase 1: Instalación y configuración de *Software*
- Fase 2: Configuración de parámetros generales
- Fase 3: Configuración de la IP/PBX 10/40
- Fase 4: Creación de servicios
- Fase 5: Instalación de componentes del sistema de acceso remoto
- Fase 6: Pruebas

IV. Desarrollo

IV.1. Preparación

En esta etapa previa al inicio formal del proyecto se planificaron, organizaron y estimaron los diversos recursos fundamentales para la elaboración del proyecto.

Uno de los recursos planificados fue el tiempo, esto se realizó mediante la planificación temporal de ejecución de las actividades para cumplir los objetivos asociados a estas acciones.

Posteriormente se estimaron los recursos económicos necesarios para el diseño y desarrollo tanto del hardware como del *software* de la IP/PBX.

IV.2. Investigación y Estudio

En esta segunda etapa se procedió a recopilar la información necesaria para el desarrollo del proyecto, ésta se obtuvo de diversas fuentes bibliográficas como libros, presentaciones, sitios de Internet, documentos preliminares y documentos electrónicos. Luego de recabar la información se procedió a estudiarla tomando en consideración los objetivos planteados y las próximas actividades a ser ejecutadas.

IV.2.1. Fase 1: PBX

En primera instancia, se ejecutó un estudio de las centrales telefónicas; definiéndose, caracterizando su arquitectura básica y clasificándolas. Al plantearse el proyecto se estableció el estudio de centrales digitales, pero el número de éstas en el mercado no es representativo, por lo que se decidió abarcar en el estudio las PBX analógicas, digitales e híbridas existentes en el mercado internacional. De igual forma estaba planteado sólo el estudio de los servicios, pero se expandió a la exploración de los parámetros de funcionamiento, la recolección de las características técnicas de la red de telefonía pública instalada en el país, la descripción de las IP/PBX y los

programas más importantes presentes en su estructura, la caracterización de los teléfonos existentes en el mercado.

IV.2.2. Fase 2: Variables económicas.

En segundo lugar, se recopiló la información de las variables económicas a ser analizadas en la evaluación de mercado.

IV.2.3. Fase 3: VoIP

Posteriormente se Investigó sobre Internet, describiendo el modelo de referencia TCP/IP, explicando el proceso de encapsulamiento IP y la metodología empleada para el direccionamiento IP. Se hizo una reseña del estándar H.323 y de los protocolos SIP, MGCP e IAX. Luego se investigaron y estudiaron los distintos *codec's* de audio utilizados en la transmisión de voz, el funcionamiento general de la tecnología VoIP y los protocolos de señalización empleados en esta tecnología. La facilidad de recolección de la información en Internet, la cual es abundante y veraz, permitió que esta fase fuese completada en menor tiempo del previsto en la planificación del proyecto.

IV.2.4. Fase 4: *Software*

Para finalizar se recabó la información de las distintas opciones tanto del sistema operativo y del manejador de PBX a utilizar, se investigaron y estudiaron las definiciones de *software* libre y *software* de fuente abierta, emanadas por la Free Software Foundation y Open Source Initiative, respectivamente.

IV.2.5. Fase 5: Acceso Remoto

Por último, se realizó recopiló información acerca de VPN como principal implantación de red para acceso remoto y de los protocolos SSH y TELNET.

IV.3. Evaluación de Mercado

La evaluación de mercado se desarrolló en varias fases, se comenzó por definir la herramienta de mercadeo y se crearon los objetivos generales de este estudio y se estableció a su vez el alcance del mismo. Posteriormente se establecieron las variables tanto macroeconómicas como microeconómicas a ser analizadas.

IV.3.1. Fase 1: Definición de los objetivos del estudio y el alcance

Al iniciar esta etapa del proyecto, existió la necesidad de establecer los objetivos del estudio así como el alcance del mismo. La finalidad de la evaluación de mercado es fijar el precio de venta al consumidor de la IP/PBX 10/40, mediante el análisis de las necesidades del mercado meta para el cual está siendo diseñado el producto y la exploración de las variables económicas de la región donde se hará la comercialización del equipo.

Este estudio de mercado se dirigió hacia las pequeñas y mediana industrias del país, la región geográfica estudiada fue Venezuela. Ésta evaluación de mercado no incluyó métodos de obtención de materias primas necesarias para el ensamblaje de la central telefónica privada, ni estrategias para publicitar el producto, tampoco incluyó tácticas para la comercialización del producto.

IV.3.2. Fase 2: Definición de la herramienta

Se utilizaron herramientas de mercadeo como diagrama de Causa-Efecto, además se proyectó el ciclo de vida del producto y se dividió la geografía nacional en las cuatro (4) regiones. Se analizó la oferta, la demanda, el consumo nacional aparente y precios.

IV.3.3. Fase 3: Establecimiento de variables económicas a ser analizadas

Las variables macroeconómicas utilizadas para la elaboración de esta evaluación fueron las siguientes:

- Producto Interno Bruto, esta variable económica permitió referenciar la inversión de las empresas en el sector de telecomunicaciones.
- Inflación, sirvió para observar la capacidad de adquisición y modernización de los sistemas de comunicaciones de las empresas, extrapolando al mercado meta deseado, en función de su capacidad de inversión en el área tecnológica.
- Tipo de cambio, esta variable macroeconómica sirvió de referencia para el establecimiento del precio de venta del producto.
- Oferta, ésta fue utilizada para definir los productos y fabricantes que se encuentran comercializando en el país.
- Demanda, esta información fue empleada para establecer los posibles consumidores dentro del mercado meta al cual esta destinado el producto final.
- Producción, ésta variable permitió definir los competidores en el sector de tecnología de la información que fabrican productos similares en Venezuela.

IV.3.4. Fase 4: Análisis del estudio

El análisis del estudio de mercado permitió examinar los factores más relevantes a ser considerados al momento de comercializar el producto, definidos en la creación de la herramienta y en el establecimiento de las variables económicas que fueron investigadas.

IV.3.5. Fase 5: Resultados

En esta actividad se concretó el precio de venta al consumidor de la IP/PBX 10/40 y se resumieron algunos parámetros adicionales a ser considerados en el diseño de la central telefónica privada.

IV.4. Diseño

El diseño consistió en la definición de las características físicas del producto y de la configuración de los servicios prestados por la IP/PBX 10/40. Esta etapa se dividió en varias fases. Las cuales se describirán a continuación.

IV.4.1. Fase 1: Especificación de elementos de hardware

En esta fase se definieron los elementos de hardware presentes en la central, como lo son tarjeta madre, procesador, memoria RAM (*Random Access Memory*), disco duro y tarjeta de red, mediante el análisis de la información de las IP/PBX recolectadas en la investigación, también analizando y decidiendo sobre el modelo físico de codificador de voz a emplear.

IV.4.2. Fase 2: Dimensionamiento y diagrama general de IP/PBX

Mediante los estudios realizados sobre las PBX existentes en el mercado, en esta fase se establecieron las dimensiones físicas y eléctricas del equipo. Luego se procedió a diseñar la tarjeta de acople para el tipo de codificador de voz seleccionado en la fase previa, para posteriormente definir la disposición de los elementos dentro del modelo final la central telefónica.

IV.4.3. Fase 3: Selección de manejador de IP/PBX

En base al análisis realizado de la información obtenida en la primera fase de la investigación acerca de los manejadores de IP/PBX, se escogió aquel manejador

que cumpliera con los objetivos propuestos, fuese altamente moldeable y escalable, además de poseer información documental para su programación y configuración.

IV.4.4. Fase 4: Definición de acceso remoto

Basándose en el análisis de la información obtenida en la fase de investigación y estudio acerca de los diversos métodos para acceder de manera remota a otros *host* segura y confiablemente, se definió cual iba a ser la solución que va a ser implementada en la IP/PBX 10/40.

IV.5. Desarrollo

El desarrollo consistió en la construcción, creación, instalación, configuración y pruebas de los elementos diseñados en la etapa previa, esta etapa está dividida en varias fases las cuales se describirán a continuación:

IV.5.1. Fase 1: Instalación y configuración de *Software*

Se procedió en primer lugar a instalar el sistema operativo que cumpliera con los requerimientos del manejador de PBX, luego se procedió a instalar el manejador de base de datos, el servidor WEB y los diferentes compiladores necesarios para la ejecución de los diversos programas. Luego se instaló el manejador de PBX seleccionado previamente. Adicionalmente se instaló un programa para resolución de nombres de dominio.

IV.5.2. Fase 2: Configuración de parámetros generales

En esta fase se procedió a configurar los parámetros de la IP/PBX 10/40, como lo son: dirección IP de las interfaces ethernet, configuración del *software* DNS para la ubicación y configuración de la central dentro de la red. Configuración de las direcciones IP de los codificadores de voz.

IV.5.3. Fase 3: Configuración de la IP/PBX 10/40

Posteriormente se procedió a configurar la central telefónica privada, registrando en la central telefónica las extensiones y líneas troncales a ser utilizadas en la IP/PBX. A estas troncales y extensiones les fueron configurados sus números, propiedades, prioridades, grupos de llamadas, entre otras opciones.

IV.5.4. Fase 4: Creación de servicios

En esta fase de desarrollo se editaron los archivos de configuración de la central telefónica, empleando la sintaxis propia del manejador de IP/PBX, agregando así las nuevas funciones a ser provistas por el equipo.

IV.5.5. Fase 5: Instalación de componentes del sistema de acceso remoto

Luego de haber definido cual era la solución de acceso remoto en la etapa de diseño, se instaló un *software* que pudiese establecer VPN's tipo cliente-servidor entre la IP/PBX y cualquier otro *host* que tuviese acceso a la central ubicado dentro de la red local o a través de Internet. También se instalaron los programas de soporte de los protocolos de acceso remoto investigados previamente.

IV.5.6. Fase 6: Pruebas

Al haber culminado las fases previas de la etapa de desarrollo, se probó el funcionamiento de la central telefónica IP/PBX 10/40. En la realización de las pruebas se hicieron simulación de congestión en la red local, utilización de los diversos *codec's* de audio en las pruebas, lo que permitió ajustar parámetros importantes como la QoS, el *jitter* y el *delay*.

Jitter es una variación abrupta y no deseada de una o más de las características de la señal. En tanto que, el *delay* es el tiempo transcurrido entre el final de la transmisión de la señal y el inicio de la recepción de la misma.

V. Resultados

Los resultados obtenidos de las diversas etapas de la metodología empleada en la realización de este Trabajo Especial de Grado se describen a continuación:

V.1. Preparación

En esta etapa se obtuvieron cuadros de estimaciones de los recursos del proyecto fundamentales, como lo son: el cronograma de trabajo y estimaciones de recursos económicos necesarios para la elaboración del proyecto.

| Cantidad | Producto | Precio Unitario | Precio Total |
|----------|------------------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | Servidor | Bs 450.000,00 | Bs 450.000,00 |
| 1 | Adaptador Analogico SPA-2002 | Bs 150.500,00 | Bs 150.500,00 |
| 1 | Adaptador Analogico SPA-3000 | Bs 258.000,00 | Bs 258.000,00 |
| 1 | Switch 24 Puertos | Bs 189.900,00 | Bs 189.900,00 |
| 4 | Cable de red UTP-6 | 13.690,00 | Bs 54.760,00 |
| 1 | Crimpping Tool | Bs 45.000,00 | Bs 45.000,00 |
| 50 | Cd's en blanco | Bs 750,00 | Bs 37.500,00 |
| 12 | Internet Banda Ancha | Bs 93.900,00 | Bs 1.126.800,00 |
| | | Total | Bs 2.312.460,00 |

Tabla 5. Cuadro de estimación de costos del proyecto
Autor: Elaboración Propia

V.2. Investigación y estudio

Los resultados más resaltantes de esta de esta etapa fueron resúmenes bibliográficos, tablas y gráficos.

El resumen bibliográfico de la fase correspondiente a la investigación y estudio de las PBX's se encuentra en la sección 1 del Capítulo II.

En el apéndice A se encuentran algunas definiciones, tablas y gráficos de las variables económicas, necesarias para la elaboración del estudio de mercado. En tanto que, en la sección 2 del Capítulo II de este documento se encuentra un resumen

bibliográfico de la tecnología de VoIP; Mientras que en los apéndices B y C de este Trabajo Especial de Grado se describe las características fundamentales, estructuras y funcionamientos del estándar H.323 y del protocolo SIP, respectivamente.

En la sección 1.4.1 del Capítulo II, se encuentra un cuadro resumen de los principales manejadores de IP/PBX existentes en la actualidad. El resumen bibliográfico de la fase relacionada con el acceso remoto se encuentra en la sección 3 del capítulo II y en el apéndice D se encuentra una breve reseña bibliográfica de la implementación de red investigada, VPN.

V.3. Evaluación de Mercado

En esta etapa se obtuvieron varios resultados presentes en el apéndice A de este Trabajo Especial de Grado. A continuación se referencian algunos de diferentes resultados obtenidos:

- El mercado meta es el de compañías que tengan entre 5 y 100 empleados e ingresos anuales menores de 1 millón de dólares y que no estén constituidas en más de un 25% por una compañía que no cumpla con los requisitos anteriormente expuestos, las cuales se encuentren geográficamente ubicadas en la República Bolivariana de Venezuela.
- El mercado local es de más de once mil (11.000) PYMES dividido en tres grandes sectores económicos como lo son: la industria manufacturera, el comercio y los servicios. A largo plazo el tamaño del mercado puede aumentar al exportar el producto a otros países de la región.
- Para la demanda y la oferta el estudio divide al país en cuatro (4) zonas geográficas bien definidas como lo son: Nor-central, nor-occidental, nor-oriental y sur. El ochenta por ciento (80 %) de la demanda se encuentra en las regiones nor-occidental y nor-central.

- El costo de producción de una central a plena capacidad es de cuatro mil cuatrocientos diez dólares americanos (\$ 4.410,00) lo que representa un costo por línea de ochenta y ocho dólares con veinte centavos (\$ 88,20), en tanto que, el costo de una central con capacidad 3/8 es de dos mil quinientos setenta dólares (\$ 2.570,00) y el costo por línea es de doscientos treinta y tres dólares con sesenta y cuatro centavos (\$ 233,64)
- El precio de venta de este producto debe ser aproximadamente treinta por ciento (30%) superior al costo de producción del mismo. El precio aproximado estaría entre cinco mil setecientos dólares americanos (\$ 5.700,00) y cinco mil novecientos dólares americanos (\$ 5.900,00), oscilando entre ciento catorce (\$ 114,00) y ciento dieciocho dólares (\$118,00) dólares por línea para una central 10/40, mientras que para una IP/PBX 3/8 estaría entre tres mil trescientos (\$ 3.300,00) y tres mil cuatrocientos dólares (\$ 3.400,00), a un equivalente por línea entre trescientos (\$ 300,00) y trescientos nueve dólares con nueve centavos (\$ 309,09).
- El proyecto es económicamente factible, por lo que se recomienda la ejecución del mismo en un breve periodo de tiempo.

V.4. Diseño

Esta etapa de la realización del proyecto produjo los siguientes resultados: Especificación de los componentes de hardware presentes en la central, dimensionamiento físico y eléctrico del equipo, diseño de la tarjeta de acople según el codificador de voz elegido y disposición de los elementos en la central. Además de la escogencia del manejador de la IP/PBX que se adecuase a los objetivos del proyectos.

Los componentes a utilizar en la central telefónica diseñada son:

| Cantidad | Especificación | Marca/ Modelo |
|----------|---|---|
| 1 | Tarjeta Madre, Bus de 1066/800/533 Mhz., Socket LGA775, DDR 667/533/400, SATA-300/150 o ATA-100, Tarjeta de red 10/100/1000 Mbps, Puertos PCI 2/3 o 4, Puertos USB 2/4/6 o 8, Tarjeta de Video. | Intel: D925XECV2; D925XEBC2; D945GBO; D945GCZ; D945GNT; D945GPM; D945GTP; D945PLM; D945PVS; D955XCS; D955XBK; D975XBX |
| 1 | Procesador, Socket LGA775, 2.4/2.8/3.0/3.2 Ghz. | Intel |
| 1 | Memoria RAM, 1 GB, DDR2 667/533/400 | Kingston, DRAM, Samsung, Markvision, Lifetime. |
| 1 | Disco Duro, 80/120/160 GB, SATA-150/300, 7200/5400 RPM | Western Digital, Samsung, Maxtor. |
| 10 | Adaptadores Analógicos 1 Puerto FXS y 1 puerto FXO. | Sipura, SPA-3000 |
| 15 | Adaptadores Analógicos 2 Puertos FXS. | Sipura, SPA-2002 |

Tabla 6. Componentes de la IP/PBX 10/40
Autor: Elaboración Propia

Luego de haber analizado la información recabada del estudio de las centrales telefónicas privadas analógicas, digitales e híbridas se especificó el dimensionamiento físico y eléctrico del equipo como se muestra en el cuadro a continuación:

| Característica | Medida |
|-----------------------------|------------------|
| Ancho | 48.26 cm. (19") |
| Alto | 43.18 cm. (17") |
| Profundidad | 40.64 cm. (16") |
| Conector Telefónico | RJ-11 |
| Conector de Red | RJ-45 |
| Alimentación | 110 V, 59-60 Hz. |
| Consumo de Energía (Máximo) | 170 Watts / Hora |
| Conector eléctrico | Estándar. |

Tabla 7. Dimensionamiento Físico y Eléctrico de la IP/PBX 10/40
Autor: Elaboración Propia

Utilizando el programa ExpressPCB se diseñó la tarjeta de acople para adaptadores analógicos externos, el diseño de la misma se encuentra en la figura siguiente:

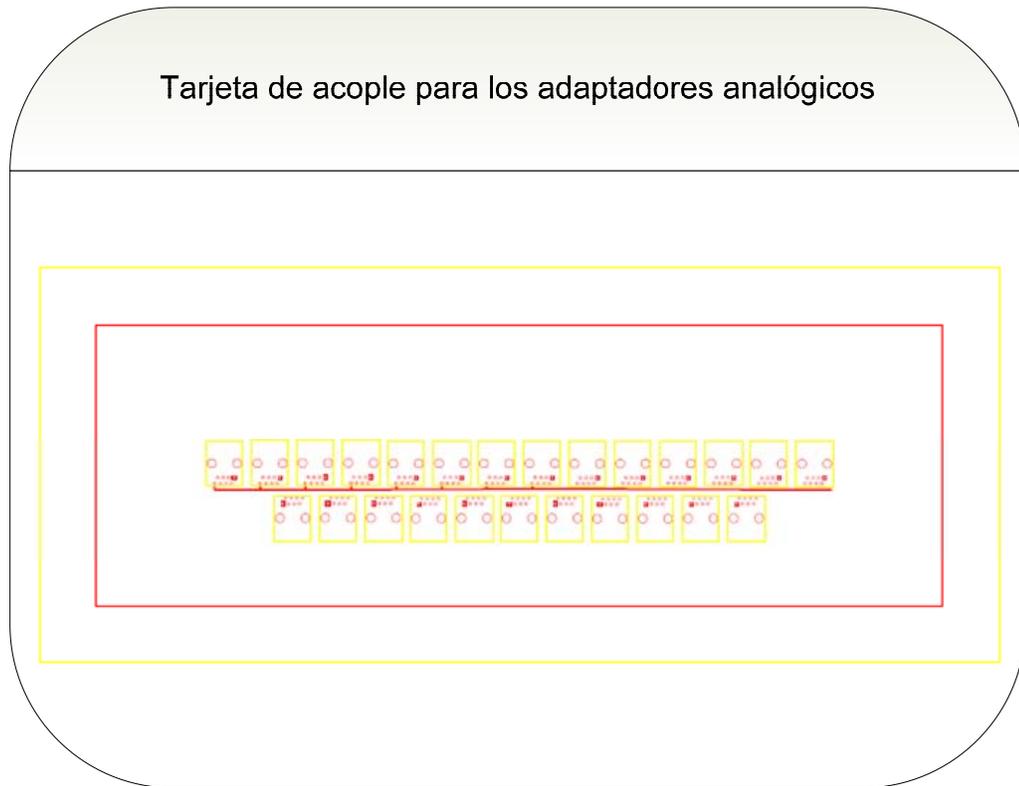


Figura 4. Tarjeta de acople para adaptadotes analógicos
Autor: Elaboración Propia

En la figura anterior se observan los diferentes puertos colocados en la tarjeta de acople, unos que serán empleados en el sistema de alimentación de los adaptadores y otros que servirán de *Buffer* dentro del equipo.

La disposición de los elementos dentro del equipo final se encuentra en la figura 5 que se muestra a continuación:

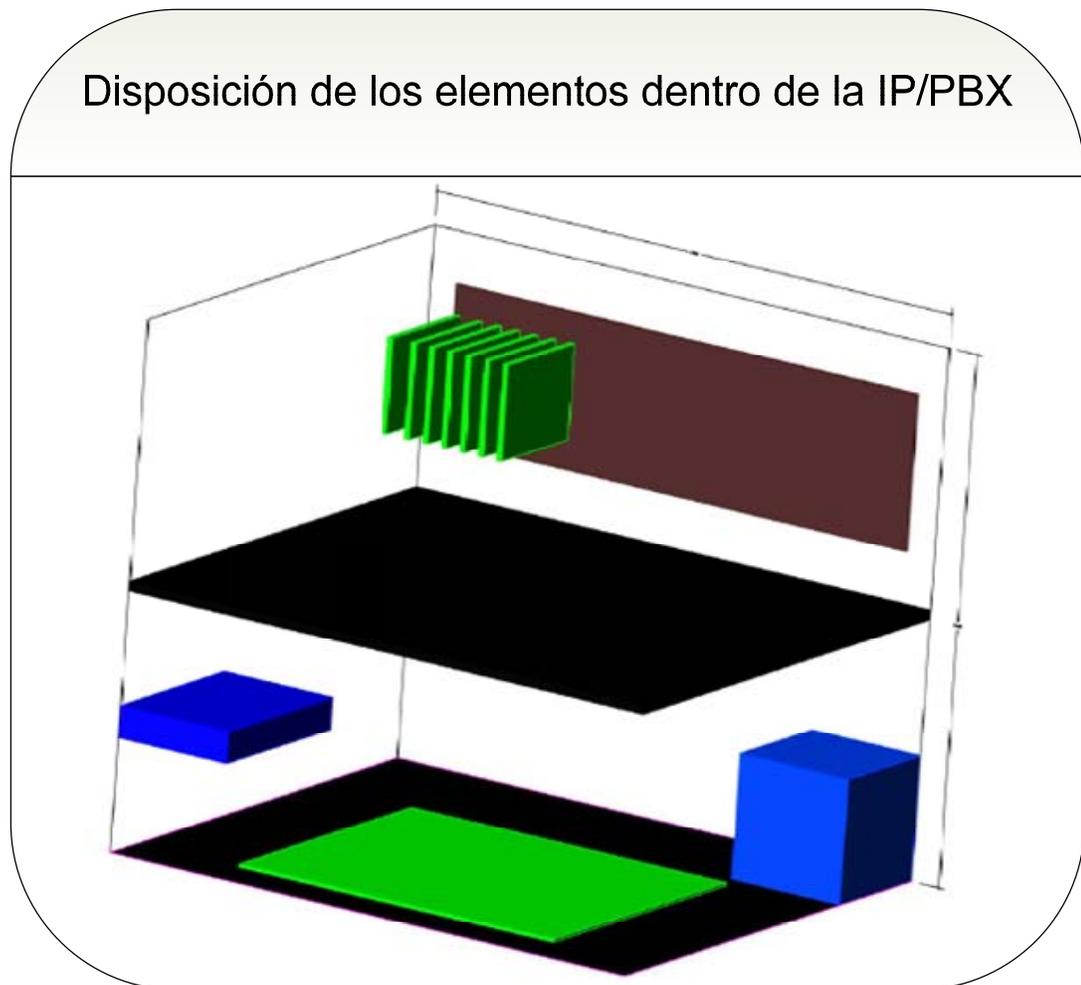


Figura 5. Disposición de los elementos dentro de la IP/PBX
Autor: Elaboración Propia

Se observa que los elementos se encuentran colocados en dos capas, una capa inferior en la cual se encuentra la tarjeta madre junto al procesador y la RAM, además del disco duro. Y en un segundo piso se encuentran las tarjeta de acople con los adaptadores analógicos y los transformadores de energía eléctrica en cuya anterior tiene un panel de conexiones tipo RJ-45 y en la parte superior del equipo un panel de conexiones RJ-11.

Posteriormente se procedió a escoger el manejador de IP/PBX ha ser utilizado en la central telefónica, este fue Asterisk desarrollado por Digium, debido a que posee una gran cantidad de documentación y soporte en Internet, lo que lo convierte en un manejador robusto para el soporte al desarrollador o al usuario final. Junto con este *software* se deben instalar otros componentes que se listan en la tabla 8.

| <i>Software</i> | Función |
|-----------------|--|
| Asterisk | Manejador de IP/PBX |
| CentOS 4.3 | Sistema Operativo |
| MySQL 4.1.12 | Base de Datos |
| MySQL Admin | Manejador de Base de Datos |
| httpd – Apache | Servidor WEB |
| PHP | Compilador de lenguaje de programación, desarrollo WEB |
| Perl | Compilador de lenguaje de programación |
| C | Compilador de lenguaje de programación |
| C++ | Compilador de lenguaje de programación |

Tabla 8. *Software* de la IP/PBX 10/40
Autor: Elaboración Propia

Todos estos componentes son *software* de fuente abierta, cumpliendo con uno de los objetivos para el desarrollo de este proyecto.

Para finalizar con esta etapa se instaló el *software* OpenVPN, para establecer VPN`s desde cualquier *host* dentro de la LAN o a través de Internet, al igual que los controladores de SSH y Telnet. Este tipo de implementación de redes se utilizará como soporte de los protocolos de acceso remoto también instalados.

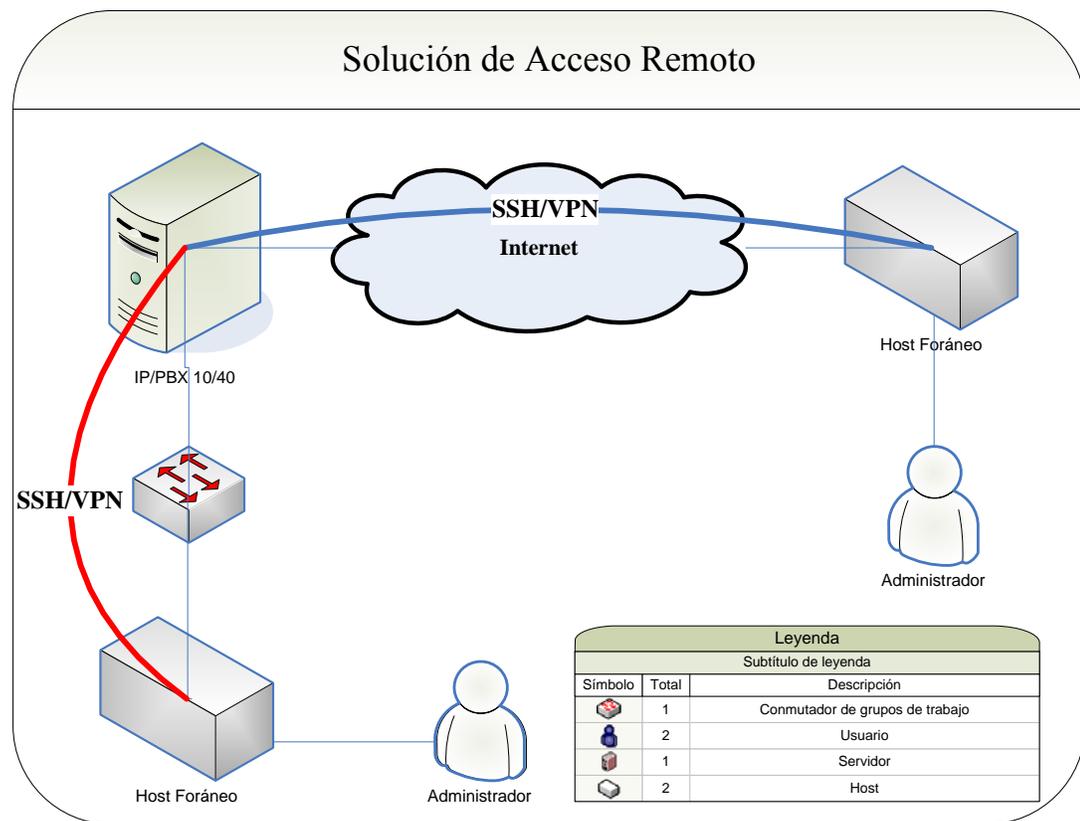


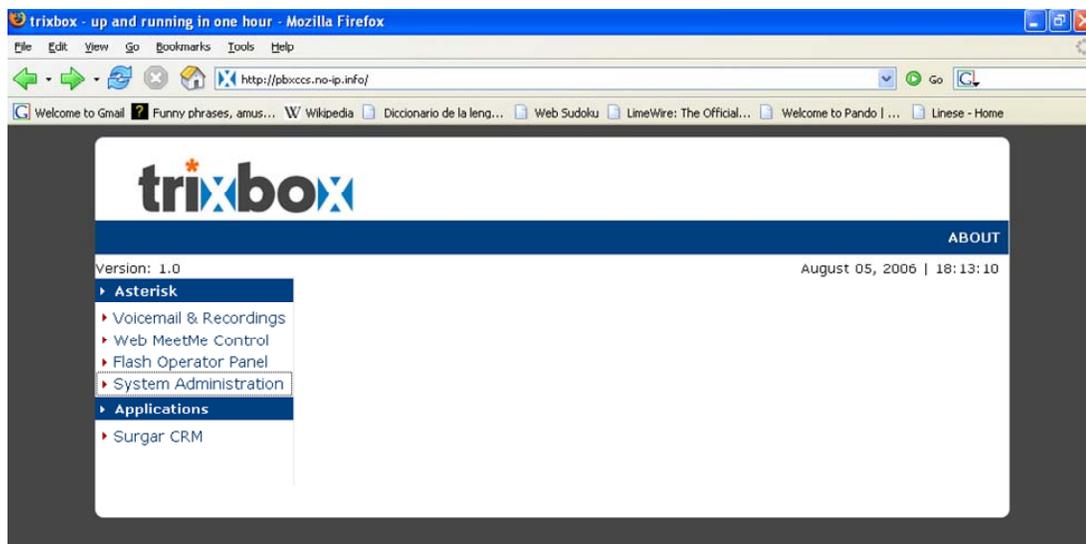
Figura 6. Solución de Acceso Remoto.
Autor: Elaboración Propia

V.5. Desarrollo

Los resultados del desarrollo fueron, entre otros, construcciones, creaciones, instalaciones, configuraciones y pruebas de los elementos anteriormente diseñados.

Luego de haber instalado el sistema operativo seleccionado, CentOS release 4.3 (final), instalado como servidor, se procedió a instalar y configurar el manejador de bases de datos y el servidor WEB, se instalaron los diferentes compiladores necesarios. Posteriormente se instaló el manejador de centrales telefónicas IP seleccionado y por ultimo se instaló un programa para resolución de nombre de dominio.

Al acceder a la dirección dada por el programa de resolución de dominio o a la dirección IP de la IP/PBX se obtiene la siguiente toma de pantalla.



**Figura 7. Página principal de configuración de la IP/PBX 10/40.
Autor: Elaboración Propia**

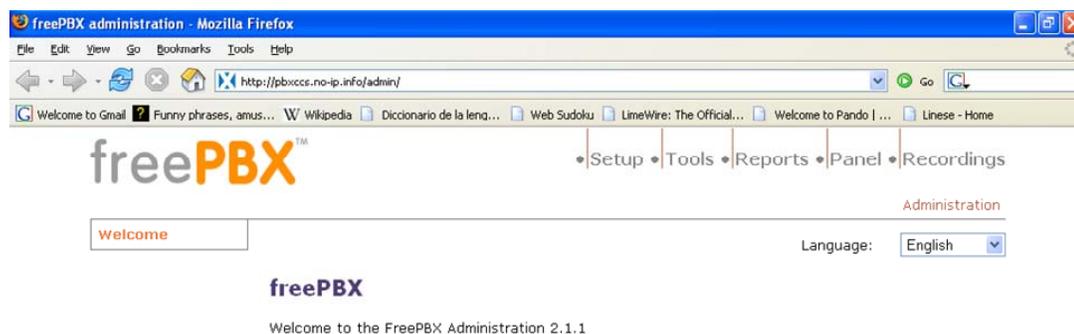
Luego de haber instalado todos los programas necesarios para el correcto funcionamiento de la central telefónica, se configuraron varios parámetros del equipo, como por ejemplo dirección IP de la o las interfaces ethernet, del DNS, direcciones IP de los codificadores de voz. A continuación se muestra la pantalla de configuración de los codificadores de voz, a la cual se accede colocando la dirección IP del componente en la barra de búsqueda del explorador de Internet.

Diseño De Una Central Telefónica Privada IP/PBX 10/40 Híbrida Basada En Software De Fuente Abierta



**Figura 8. Página principal de configuración de los codificadores de voz Sipura.
Autor: Elaboración Propia**

Posteriormente para configurar la central telefónica se accede a la administración de sistemas donde se pueden configurar todos los aspectos del funcionamiento de la misma. En la siguiente figura se muestra la página de inicio del sistema de administración de la central telefónica.



**Figura 9. Página principal de administración de la IP/PBX 10/40.
Autor: Elaboración Propia**

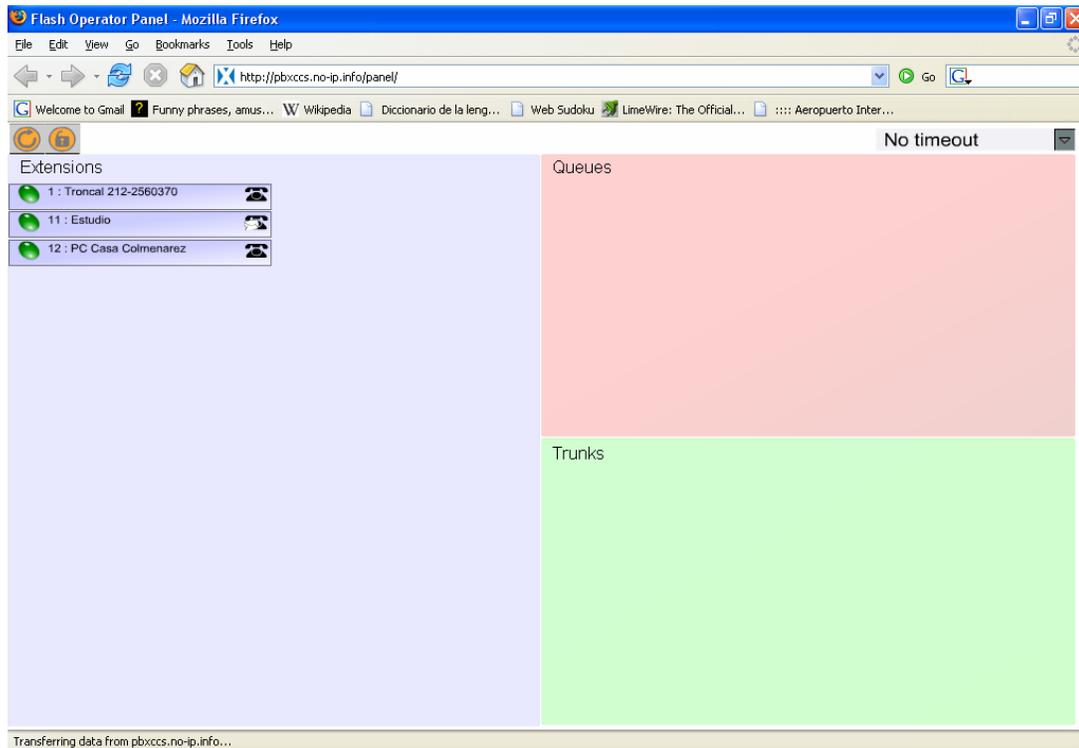
Luego de configurada la central telefónica, se crearon los servicios a ser prestados por la central telefónica, mediante la edición o creación de los archivos de configuración que se encuentran en la ruta `/root/etc/asterisk/` de la IP/PBX 10/40. Algunos de los servicios creados son:

- Contestación automática.
- Mensaje por ausencia
- Código de acceso a cuenta
- Administración por teléfonos.
- Búsqueda automática de línea para llamada externa
- Llamada devuelta por extensión ocupada
- Reenvío de llamada
- Zona de llamadas estacionadas y recuperación de las mismas

- Toma de llamada remota
- Transferencia de llamada
- Llamada en espera y recordatorio de llamada en espera.
- Tipos de servicios dependiendo del usuario y grupo.
- Servicio de correo de voz.
- Conferencia.
- Tono distintivo del timbre y retraso del mismo.
- Señalización DTMF extremo a extremo
- Grupos de extensiones
- Acceso a las características externamente
- Transferencia de fax
- Marcado rápido
- Flexibilidad de asignación de claves, líneas, timbrados y numeración de estaciones y de horario nocturno
- Teléfonos estándar industriales
- Rediscado de ultimo numero
- Monitoreo de llamadas en vivo
- Modo de almuerzo o descanso
- Música en espera

- Extensiones fantasmas
- Asignación de líneas por falla de energía
- Preseleccionar salida de llamada
- Privacidad
- Grabación de mensajes de contestación por estación
- Reporte de funcionamiento del sistema
- Contestar llamadas externas desde cualquier estación
- Restricción de llamadas
- Bilingüe (inglés- castellano)
- Programación y diagnóstico remoto

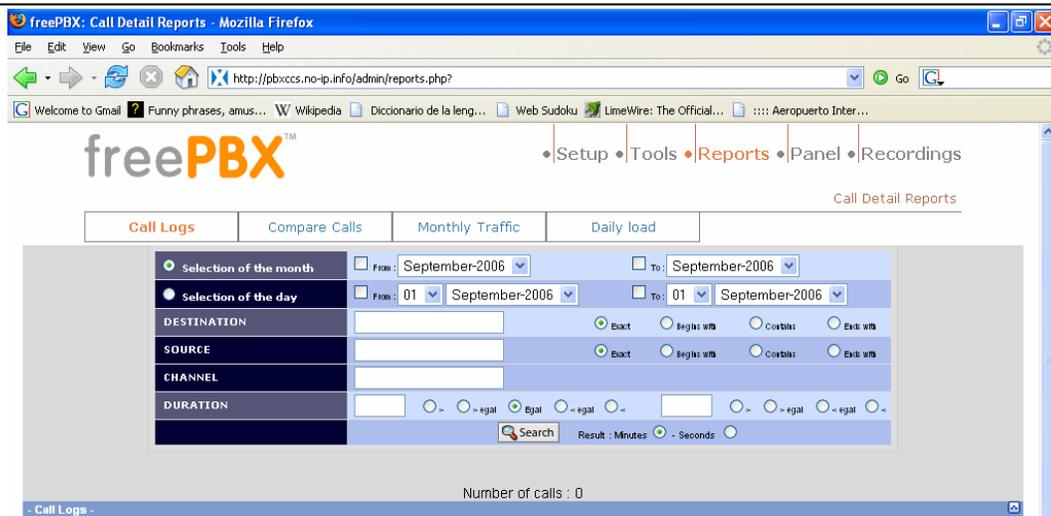
Una de las aplicaciones instaladas en el desarrollo de esta central telefónica fue un sistema de monitoreo en tiempo real, conocido como FOP, Flash Operator Panel. A este panel se le accede mediante un *click* en el vínculo FOP de la página principal de administración de configuración de la IP/PBX 10/40, véase Figura 10. El panel contiene las extensiones y troncales asociadas a la central, así como las llamadas en espera manejadas por la misma.



**Figura 10. Ventana del sistema de Monitoreo en Tiempo Real, FOP.
Autor: Elaboración Propia**

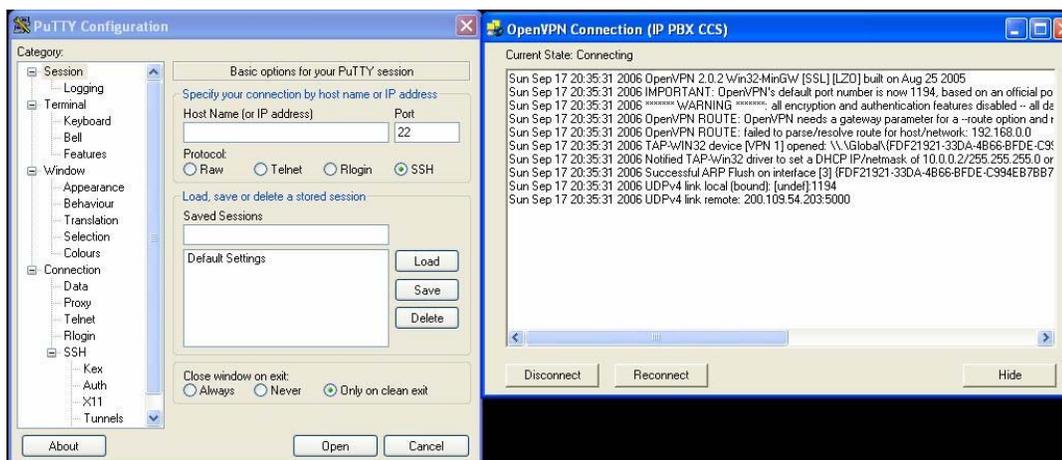
Otra de las aplicaciones instaladas fue el reporte de establecimiento de llamadas, comparación de llamadas, tráfico mensual y carga diaria de la IP/PBX desarrollada. Todas estas funciones están gestionadas directamente por la base de datos instalada en la central telefónica.

Diseño De Una Central Telefónica Privada IP/PBX 10/40 Híbrida Basada En Software De Fuente Abierta



**Figura 11. Ventana del sistema de Reporte de la IP/PBX.
Autor: Elaboración Propia**

Posteriormente se instalaron los componentes del sistema de acceso remoto, se instaló OpenVPN, un *software* libre y de fuente abierta, en la IP/PBX 10/40 se instaló la versión Linux, y en el *host* donde se realiza el acceso remoto se instaló la versión para Windows, la cual cuenta con una interfaz gráfica amigable. A través de esta implementación de red se ejecuta un programa de acceso remoto bajo el protocolo SSH llamado Putty, también libre y de fuente abierta. En la siguiente figura se muestra las ventanas de los programas empleados.



**Figura 12. Ventanas del sistema acceso remoto a la IP/PBX 10/40.
Autor: Elaboración Propia**

Por último, se ajustaron los parámetros de funcionamiento de la IP/PBX 10/40. El dimensionamiento físico de la IP/PBX 10/40 esta diseñado para ser instalada en bastidor como muestra la figura siguiente.

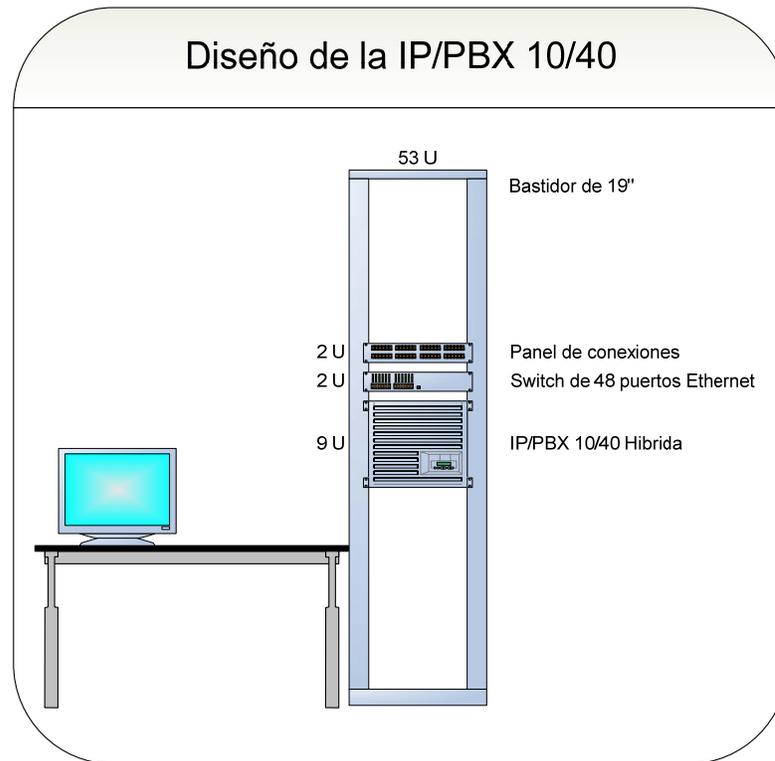


Figura 13. Diseño de la IP/PBX 10/40.
Autor: Elaboración Propia

VI. Conclusiones y Recomendaciones

VI.1. Conclusiones

- Se desarrolló una central telefónica privada con Tecnología VoIP que opera efectiva y eficientemente en el rango de 50 líneas, 10 troncales y 40 extensiones. La Central está desarrollada cumpliendo la premisa fundamental de estar basada en aplicaciones de software abierto. Sus características técnicas y económicas la hacen competitiva en el mercado nacional de telecomunicaciones, con aplicaciones industriales y comerciales. Cumple asimismo, las condiciones mas deseadas con la tecnología moderna, estas son facilidad de operación, programación, instalación y mantenimiento.
- La IP /PBX 10/40 diseñada cuenta con mas de 40 servicios auto-contenidos. Ésta posee una base de datos asociada que permite establecer búsquedas de reportes de establecimiento de llamadas, comparación de llamadas, tráfico mensual y carga diaria, lo que permite consultar el uso de la central telefónica en un periodo de tiempo determinado. Puede ser programada mediante una interfaz de línea de comandos y edición de archivos de configuración, también puede ser programada mediante una interfaz WEB amigable. Esta central telefónica permite ser monitoreada en tiempo real, gracias al Flash Operador Panel, desde un buscador de Internet de un host, ya sea local o remoto.
- La IP /PBX diseñada tiene las siguientes dimensiones físicas: diecinueve pulgadas (19") de ancho, diecisiete pulgadas (17") de alto y dieciséis pulgadas (16") de profundidad. Como dimensionamiento máximo tiene 10 líneas troncales y 40 extensiones. El equipo opera con 110 V AC, tiene un consumo menor a 170 Watts por Hora. Utiliza conectores eléctricos, telefónico y de redes estándares. Esta central puede ser instalada en un bastidor estándar de diecinueve pulgadas (19"). El diseño realizado permite el uso de aparatos

telefónicos analógicos y digitales; dentro de los teléfonos digitales existen teléfonos IP y *Softphones*.

- Entre los estándares y protocolos para la transmisión de voz sobre protocolos de Internet empleados en el proyecto se encuentran H.323, SIP, MGCP, IAX. Para la compresión y descompresión se utilizaron los dos tipos de codificación existentes, el primero, por codificación de onda continua, y el otro, por procesamiento de forma de onda. Entre los *codec's* de audio implementados se encuentran: G.711, G.726, G.723.1, G.729, GSM e ILBC.
- El diseño de software se llevó a cabo con software de fuente abierta. Se utilizaron en el desarrollo de este proyecto los siguiente programas: Asterisk como manejador de PBX, CentOS como Sistema operativo, MySQL como base de datos, httpd como servidor WEB, Open VPN y Putty como software de acceso remoto y como compiladores de lenguajes de programación se utilizaron PHP, Perl, C y C++.
- El diseño de hardware se realizó con componentes existentes en el mercado como: Tarjetas madre y procesadores (Intel), RAM (Kingston, DRAM, Samsung, Markvision o Lifetime), Disco duro (Western Digital, Samsung o Maxtor) y adaptadores analógicos (Sipura). La tarjeta diseñada tiene como función acoplar los adaptadores analógicos de una forma eficiente al equipo.
- La solución de acceso remoto en la empleada en el proyecto fue la implementación de una VPN, y sobre ésta utilizar el protocolo de acceso remoto mas seguro, como lo es SSH.
- El mercado meta de la IP/PBX 10/40 a corto plazo es de aproximadamente once mil (11.000) PYMES en todo el país, dividido en tres grandes sectores económicos como lo son: la industria manufacturera, el comercio y los servicios. A largo plazo el tamaño del mercado puede aumentar al exportar el producto terminado a Colombia, Perú, Ecuador y países del Caribe como

Republica Dominicana, Trinidad, El Salvador, Honduras, Guatemala y/o Nicaragua, lo que aumentaría exponencialmente el número de PYMES como Target del producto.

- El precio de comercialización aproximado de la IP/PBX 10/40 estaría entre cinco mil setecientos dólares americanos (\$ 5.700,00) y cinco mil novecientos dólares americanos (\$ 5.900,00), oscilando entre ciento catorce (\$ 114,00) y ciento dieciocho dólares (\$118,00) dólares por línea para una central 10/40, mientras que para una versión reducida, IP/PBX 3/8, estaría entre tres mil trescientos (\$ 3.300,00) y tres mil cuatrocientos dólares (\$ 3.400,00), a un equivalente por línea entre trescientos (\$ 300,00) y trescientos nueve dólares con nueve centavos (\$ 309,09).
- El auge de las telecomunicaciones y la necesidad de sistemas de comunicación, el proceso de actualización tecnológica y la globalización, son algunos factores que hacen que el mercado tecnológico sea muy atractivo, aunado a la alta demanda de este tipo de productos y la poca oferta existente hace que el producto pueda ser comercializado con facilidad en el país. El proyecto es económicamente factible, por lo que se recomienda la ejecución del mismo en un corto periodo de tiempo.

VI.2. Recomendaciones

- Al momento de configurar las direcciones IP de la central telefónica y de los adaptadores analógicos, se debe asegurar colocar direcciones pertenecientes a la misma red y máscaras de subred similares a todos los equipos. Se debe asegurar también que no existan dos elementos con la misma dirección IP asignada. Ya que cualquiera de estas fallas afectaría el funcionamiento de la IP/PBX 10/40.
- Al instalar o establecer la VPN en el *host* remoto, ejecutar el buscador de páginas de Internet o al ejecutar el programa relacionado con el protocolo

SSH se debe revisar que los parámetros del *Firewall* permitan establecer estos tipos de comunicaciones desde el *host* en cuestión. Si no está permitido, deberán deshabilitarse las restricciones del *Firewall* que bloquean el puerto del programa.

- Al instalarse una nueva IP/PBX en una PYME, se debe contactar al ISP, proveedor de servicios de Internet, *Internet Service Provider*, para que éste habilite en los *routers* de su red el acceso a los servicios programados para ser accedidos desde una página WEB. En la mayoría de los casos este puerto se encuentra bloqueado.
- Se debe considerar al emplear dos *codec's* diferentes en una comunicación el retardo introducido en el proceso de *transcoding*. Esto afecta en menor magnitud las comunicaciones efectuadas a través de la LAN, pero aumenta exponencialmente en las comunicaciones a través de Internet y depende directamente del ancho de banda disponible en esa conexión.
- El desarrollo de adaptadores analógicos en el País disminuiría la dependencia tecnológica con el proveedor, aunque la producción nacional fomentaría el empleo, no necesariamente disminuiría el costos de los mismos. Se pueden realizar futuras investigaciones para implementar adaptadores analógicos multilíneas en este diseño.

Bibliografía

- 1) Andersen, S.; Duric, A.; Astrom, H.; Hagen, R.; Klijn, W. (Diciembre de 2004). *Internet Low Bit Rate Code (iLBC)*. Aalborg University; Telio; Global IP Sound. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3951.txt> (15 de Enero de 2006)
- 2) Andreasen, F.; Foster, B. (Enero de 2003). *Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0*. Cisco Systems INC. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3435.txt> (31 de octubre de 2005)
- 3) CANTV. *Concurso CANTV CTD-1*. (Vol. III.a, III.b.1, III.b.2 y III.c) Caracas.
- 4) Cisco System, INC. Cisco Networking Academy. (2003) *CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1.1. Módulo 3*.
- 5) Defense Advanced Research Projects Agency. (Septiembre de 1981). *RFC 791. Internet Protocol. DARPA Internet Program Protocol Specifications*. <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt> (29 de enero de 2006)
- 6) Defense Advanced Research Projects Agency. (Septiembre de 1981). *RFC 793. Transmission Control Protocol. DARPA Internet Program Protocol Specifications*. <http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt> (29 de enero de 2006)
- 7) Deering, S.; Hinden, R. (Diciembre de 1998). *Internet Protocol, Version 6 (IPv6). Specifications*. Cisco Systems INC; Nokia. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt> (15 de mayo de 2006)
- 8) Digium. *Asterisk: The Open Source PBX*. <http://www.asterisk.org/> (5 de Febrero de 2006)
- 9) Encore Software. *Speech Coders from Encore*. <http://www.ncoretech.com/speech/index.html> (14 de Enero de 2006)

- 10) FCC. *Voice-over-Internet Protocol*. <http://www.fcc.gov/voip/> (28 de enero de 2006)
- 11) Fuenmayor, C. (2004). *Arquitectura de Redes*. Caracas.
- 12) Free Software Foundation, FSF. *FSF/UNESCO Free Software Directory*. <http://directory.fsf.org/> (27 de Enero de 2006)
- 13) Free Software Foundation, FSF. *La Definición de Software Libre*. <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html> (23 de Enero de 2006)
- 14) Free Software Foundation, FSF. *The GNU Operating System*. <http://www.gnu.org/> (27 de Enero de 2006)
- 15) Handley, M.; Schulzrinne, H.; Schooler E.; Rosenberg, J. (Marzo de 1999). *SIP: Session Initiation Protocol*. ACIRI; Columbia University; Cal Tech; Bell Labs. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt> (30 de Octubre de 2005)
- 16) Hoffman, P.; Masinter, L.; Zawinski, J. (Julio de 1998). *The mailto URL scheme*. Internet Mail Consortium; Xerox Corporation; Netscape Communications. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2368.txt> (10 de Enero de 2006)
- 17) Huidobro, J. (2001). *Fundamentos de Telecomunicaciones*. (1ra Ed.) Madrid: Paraninfo.
- 18) IEC. *Interworking Switched Circuit and Voice-over-IP Networks Tutorial*. http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/ip_in.pdf. (15 de Noviembre de 2005)
- 19) IEC. *Signaling System 7 (SS7)*. <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/ss7.pdf> (7 de Junio de 2006)
- 20) IEC. *Virtual Private Networks (VPNs)*. <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/vpn.pdf> (2 de Febrero de 2006)

- 21) IEC. *Voice over Internet Protocol.*
http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/int_tele.pdf (15 de Octubre de 2005)
- 22) IETF. *RFC Index.* http://www.ietf.org/iesg/1rfc_index.txt (10 de Diciembre de 2005)
- 23) Iptel.org. *SIP Server: SIP Express Router.* <http://www.iptel.org/ser/> (3 de Febrero)
- 24) ITU (Febrero de 2001). *Series H: Audiovisual and Multimedia Systems. Packet-Based multimedia communications systems. ITU-T recommendation H.323.* www.itu.int (29 de Noviembre de 2005)
- 25) León-García, A. y Widjaja, I. (2002). *Redes de Comunicación. Conceptos Fundamentales y Arquitecturas Básicas* (1ra. Ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- 26) Mitel. *Mitel Networks: Communications Platforms.*
<http://www.mitel.com/DocController?documentId=9511> (20 de Noviembre de 2005)
- 27) Mountain Data Systems. *Acronym Finder Search.*
<http://www.acronymfinder.com/> (31 de Octubre de 2005)
- 28) Network Working Group. (5 de Julio de 2005) *Inter-Asterisk EXchange (IAX) Version 2.* <http://www.cornfed.com/iax.pdf>. (2 de Noviembre de 2005)
- 29) Open Source Initiative. *The Open Source Definition.*
<http://www.opensource.org/docs/definition.php> (28 de Enero de 2006)
- 30) Panasonic. *Panasonic Costumer Electronics.*
http://www.panasonic.com/consumer_electronics/communication_systems/info_center.asp (10 de Noviembre de 2005)

- 31) Postel, J. (28 de Agosto de 1980) *RFC 768. User Datagram Protocol*.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt> (10 de enero de 2006)
- 32) Postel, J.; Reynolds, J. (Mayo de 1983). *Telnet Protocol Specifications*. ISI.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc854.txt> (15 de Febrero de 2006).
- 33) RadCom (2001). *Guía completa de protocolos de telecomunicaciones*. (4ta. Ed.) Madrid: McGraw-Hill
- 34) Roach, A. B. (Junio de 2002). *Session Initiation Protocol (SIP) - Specific Event Notification*. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3265.txt> (31 de octubre de 2005)
- 35) Rosenberg, J.; Schulzrinne, H.; Camarillo, G.; Johnston, A.; Peterson, J.; Spark, R.; Handley, M.; Schooler, E. (Junio de 2002). *SIP: Session Initiation Protocol*. Dynamicsoft; Columbia U.; Ericsson; WorldCom; Neustar; ICIR; AT&T. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> (1 de Marzo de 2006)
- 36) Schulzrinne, L.; Casner, S.; Frederick, R.; Jacobson, V. (Enero de 1996). *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. Audio-Video Transport Working Group; GMD Fokus; Precept Software, Inc.; Xerox Palo Alto Research Center; Lawrence Berkeley National Laboratory. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt> (23 de Enero de 2006)
- 37) Schulzrinne, L.; Casner, S.; Frederick, R.; Jacobson, V. (Julio de 2003). *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. Columbia University; Packet Design; Blue Coat System INC. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt> (28 de Enero de 2006)
- 38) Siemens. *Siemens AG – Products and Solutions*.
http://www.siemens.com/index.jsp?sdc_p=i1080809lmno1080304pHPScfs7t4u0z3&sdc_sid=5082341001&sdc_ggid=17& (15 de Noviembre de 2005)

- 39) SIPfoundry. *SIPfoundry Open Source PBX, SIP Server, VoIP phone*.
<http://www.sipfoundry.org/sipX/sipXuser/> (5 de Febrero de 2006)
- 40) Texas Instruments. *Voice and Fax over Internet Protocol (V/FoIP)*.
<http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/vfoip.pdf> (15 de Octubre de 2005)
- 41) Trillium. *H.323* <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/h323.pdf> (6 de Enero de 2006)
- 42) Virtual Private Network Consortium. *VPN Protocols*.
<http://www.vpnc.org/vpn-standards.html> (15 de Febrero de 2006)
- 43) VOCAL Technologies, Ltd. *Data Sheets*. http://www.vocal.com/data_sheets/
(12 de Enero de 2006)
- 44) Ylonen, T.; Lonvick, C. (Enero de 2006). *The Secure Shell (SSH) Protocol Architecture*. SSH Communications Security Corp.; Cisco Systems INC.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc4251.txt> (15 de Febrero de 2006)

Glosario de Acrónimos

- A**
- ACELP: Algebraic Code-Excited Linear Prediction
 - ACF: Admission Confirm
 - ADPCM: Adaptive Delta Pulse Code Modulation
 - ARJ: Admission Reject
 - ARP: Address Resolution Protocol
 - ARQ: Admission Request
- B**
- BCF: Bandwidth Confirm
 - BRI: Basic Rate Interface
 - BRJ: Bandwidth Reject
 - BRQ: Bandwidth Request
- C**
- CANTV: Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela
 - CCNA: Cisco Certified Network Associate
 - CPE: Customer Premise Equipment
- D**
- DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency
 - Delay: Tiempo de retraso entre el final de la transmisión de la señal y el inicio de la recepción de la misma.
 - DES: Data Encryption Standard
 - DNS: Domain Name Server

DSP: Digital Signal Processing/Processor

DTMF: Dual Tone Multi-Frequency

E E&M: Ear & Mouth

EMBI: Emerging Markets Bond Index

F FCC: Federal Communications Commission

FOP: Flash Operator Panel

FSF: Free Software Foundation

FTP: File Transfer Protocol

FXO: Foreign Exchange Office

FXS: Foreign Exchange Station/ Service/ Subscriber

G GNU: Gnu's Not Unix

GS: Ground Start

GSM: Global System for Mobile Communications

H HTTP: Hypertext Transfer Protocol

Host: es un computador con una única interfaz de red.

I IANA: Internet Assigned Numbers Authority

IAX: Inter-Asterisk Exchange

ICMP: Internet Control Message Protocol

IEC: International Engineering Consortium

IETF: Internet Engineering Task Force

iLBC: Internet Low Bitrate Codec

IP: Internet Protocol

IPSec: Secure Internet Protocol

ISDN: Integrated Services Digital Network

ISP: Internet Service Provider

ISUP: ISDN User Part

ITU: International Telecommunication Union

IVR: Interactive Voice Response

J Jitter: es una variación abrupta y no deseada de una o más de las características de la señal.

L LAN: Local Area Network

LD-CELP: Low Delay Code Exciting Linear Prediction

LPC: Lineal Predictor Code

LS: Loop Start

LTP: Long-Term Predictor

L2F: Layer 2 Forwarding

L2TP: Layer 2 Tunneling Protocol

M MAC: Media Access Control

MAN: Metropolitan Area Network

MCU: Multipoint Control Unit

MG: Media Gateway

MGC: Media Gateway Controller

MGCP: Media Gateway Control Protocol

MLT: Modulated Lapped Transform

MLQ: Maximum Likelihood Quantization

MPC: Multi-pulse LPC

N NFS: Network File System

O OSI: Open Source Initiative

P PABX: Private Automatic Branch Exchange

PBX: Private Branch Exchange

PCM: Pulse-Code Modulation

PDU: Protocol Data Unit

PIB: Producto Interno Bruto

PPP: Point-to-Point Protocol

PPTP: Point-to-Point Tunneling Protocol

PRI: Primary Rate Interface

PSTN: Public Switch Telephony Network

PYMES: Pequeñas Y Medianas Empresas

Q QoS: Quality of Service.

R RARP: Reverse Address Resolution Protocol.

RAS: Remote Access Server/ Service

RFC: Request For Comments

RSA: Rivest, Shamir, & Adleman

RTP: Real Time Protocol

RTCP: Real Time Control Protocol

S SCN: Switched Circuit Network

SG: Signaling Gateway

SGCP: Single Gateway Control Protocol

SIP: Session Initiation Protocol

SLIP: Serial Line Internet Protocol

SMTP: Simple Mail Transfer Protocol

SNMP: Simple Network Management Protocol

SS7: Signaling System 7

SSH: Secure Shell

SVPN: Secure Virtual Private Network

T TCP: Transmission Control Protocol

TFTP: Trivial File Transfer Protocol

Transcoding: Es el proceso en el cual un nodo de la red hacer el cambio entre dos tipos de *codec*'s de voz.

U

UA: User Agent

UAC: User Agent Client

UAS: User Agent Server

UDP: User Datagram Protocol

URI: Uniform Resource Identifier

V

VoIP: Voice over Internet Protocol

VPN: Virtual Private Network

W

WAN: Wide Area Network

Apéndice A: Estudio de Mercado

A.1 Definición

Es una herramienta de mercadeo, que nos permite trata de determinar el espacio que ocupa un bien o un servicio en un mercado esto se logra mediante el diseño, recolección y análisis sistemático de la información relacionada a las características del mercado en estudio.

A.2 Objetivos Generales

Un estudio de mercado permite en primer lugar explorar la cantidad de consumidores que habrán de adquirir el bien o servicio que se ha de comercializar, dentro de un espacio geográfico definido, durante un periodo de mediano plazo y el precio al cual están dispuestos a adquirirlo.

El estudio indicará si las características y especificaciones del producto o servicio satisfacen las necesidades del cliente. Al igual que nos brindará información acerca del tipo de clientes interesados en el bien.

Proporcionará información del precio de venta del bien, según la oferta y la demanda, para que este sea competitivo en el mercado, o establecer un precio como estrategia de ventas.

Hay que considerar siempre que esta herramienta no es exacta, pero permite reducir las incertidumbres, y el resultado del estudio es únicamente válido en un momento dado.

A.3 Desarrollo

Esta parte consta de las siete (7) secciones fundamentales del estudio de mercado realizado en este proyecto como lo son: marco de desarrollo, definición del producto, análisis de la oferta y la demanda, consumo nacional aparente, análisis de precios,

para finalizar con las conclusiones del estudio. Estas secciones serán desarrolladas a continuación.

A.3.1 Marco de Desarrollo

En esta primera sección se describe el contexto en el cual se va a desarrollar el bien, describiendo así las variables e indicadores económicos que caracterizan al país donde se comercializará el producto. A continuación se presenta un diagrama de causa- efecto del problema en estudio.

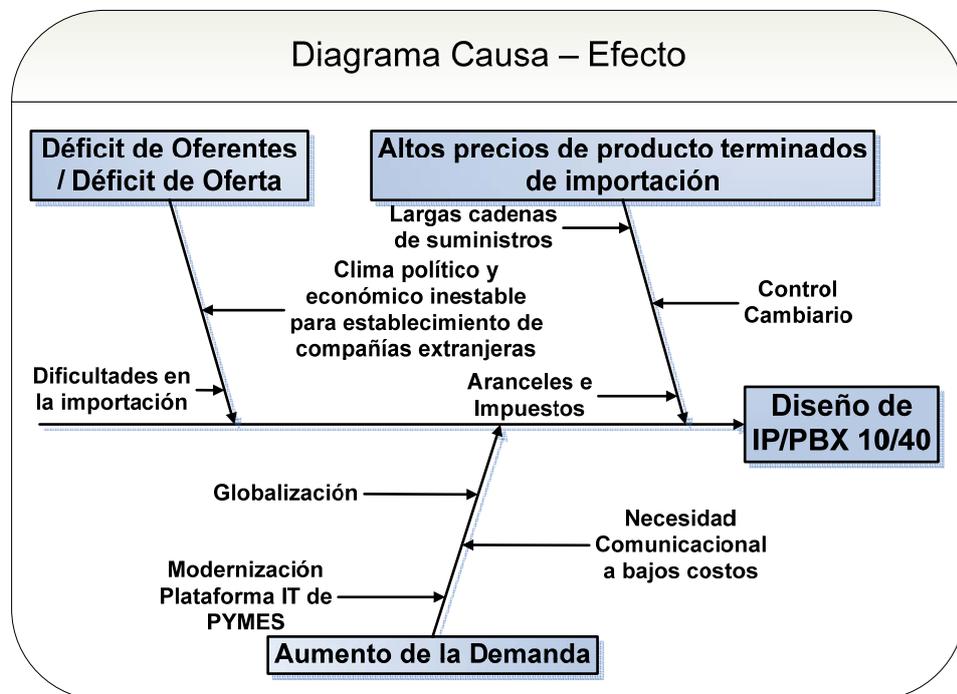


Figura 14. Diagrama causa- efecto
Autor: Elaboración propia.

A.3.1.1 Riesgo – País

El riesgo país es un concepto utilizado frecuentemente para expresar la relación existente entre el riesgo y el rendimiento asociada a una inversión en un país determinado.

Existen tres indicadores que son los principalmente utilizados en esta medición, conocidos como *Emerging Markets Bond Index*, EMBI por sus siglas en ingles. Estos indicadores son EMBI+, EMBI global y el EMBI global diversificado.

El índice EMBI+ es el indicador tomado como referencia para la realización de este estudio. El EMBI+, es elaborado desde 1994, registra el retorno total (resultado de ganancias en precio y flujos por intereses), producto de la negociación de instrumentos de deuda externa de mercados emergentes. (Ministerio de Finanzas. Riesgo País y sus Indicadores).

El riesgo país en Venezuela ha ido mejorando en los últimos años. Disminuyendo paulatinamente, situándose en 199 puntos básicos para el 12/04/06, según el EMBI+.

A continuación se muestra una gráfica del comportamiento de esta variable desde Diciembre de 1998 hasta Enero del presente año.

EMBI+, Diciembre 1998 – Enero de 2006

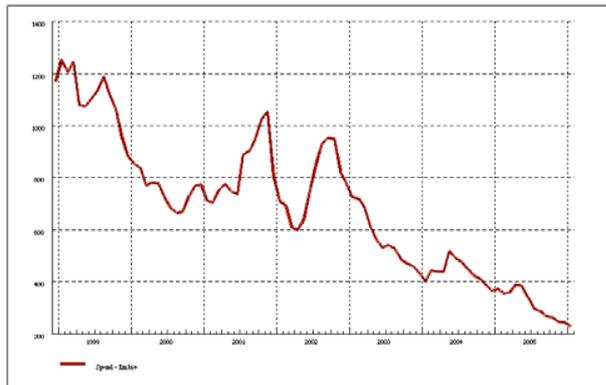


Figura 15. EMBI+ de Venezuela, Diciembre 1998 – Enero de 2006.
Autor: Banco Central de Reservas del Perú.

A.3.1.2 Entorno

El entorno del país se puede caracterizar mediante el estudio de ciertas variables macroeconómicas. Las variables macroeconómicas son los valores o medidas del conjunto de agregados económicos que pueden cambiar con el tiempo tales como, producto interno bruto, tasa de inflación, tipo de cambio, exportaciones e importaciones. A continuación describiremos las variables anteriormente mencionadas y se mostrarán tablas y gráficas de su comportamiento en el país en los últimos años.

A.3.1.2.1 PIB, Producto Interno Bruto

Valor de los bienes y servicios finales producidos en el territorio de un país, durante un período determinado. (Banco Central de Venezuela. *ABC Económico*). A continuación se muestra una tabla y

una figura que muestran el PIB desde el año 1997 hasta el 2005, a nivel nacional y el aporte del sector comunicaciones a este valor. El valor de PIB mostrado en la siguiente tabla se expresa en millones de Bolívares y es una estimación realizada a valores constantes del año de referencia, 1997.

| Año | PIB Consolidado | PIB Comunicaciones | Aporte de Comunicaciones al global (Porcentual) |
|------------|------------------------|---------------------------|--|
| 1997 | 41943151 | 964484 | 2,300 |
| 1998 | 42066487 | 1043395 | 2,480 |
| 1999 | 39554925 | 1081244 | 2,734 |
| 2000 | 41013293 | 1103662 | 2,691 |
| 2001 | 42405381 | 1193058 | 2,813 |
| 2002 | 38650110 | 1222948 | 3,164 |
| 2003 | 35667526 | 1162102 | 3,258 |
| 2004 | 42035809 | 1280844 | 3,047 |
| 2005 | 45957419 | 1533982 | 3,338 |

Tabla 9. Estimación del PIB.
Autor: Elaboración Propia. Fuente BCV.

En los datos proporcionados por el BCV se observa un comportamiento sostenido del PIB consolidado desde el año de referencia. También se aprecia un aumento del sector de las comunicaciones tanto en su valor monetario como en el aporte porcentual que este realiza al valor consolidado.

El comportamiento sostenido del PIB consolidado y del PIB del sector comunicaciones, se pueden apreciar en la figura 16.

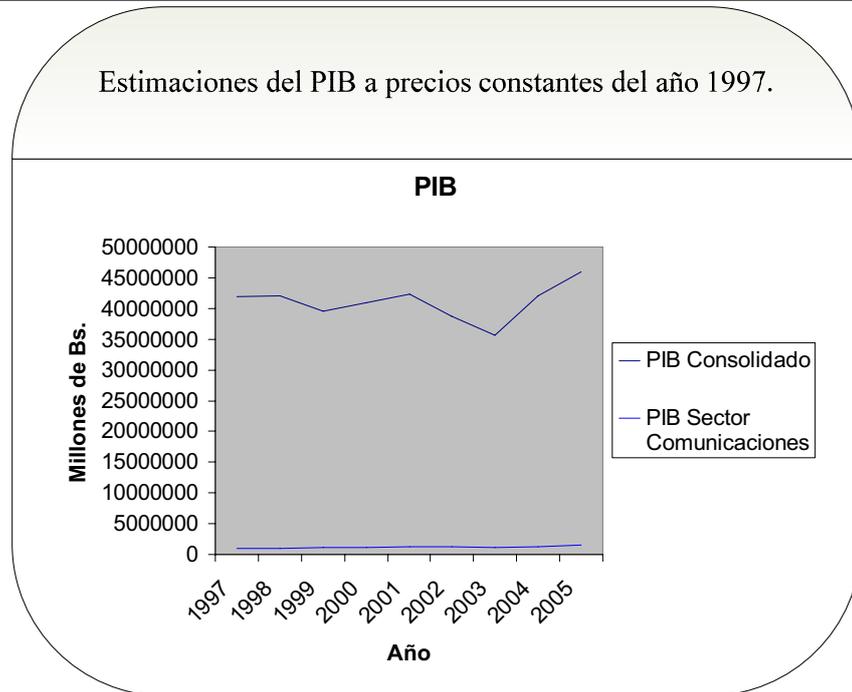


Figura 16. Estimaciones del PIB a precios constantes del año 1997.
Autor: Elaboración Propia. Fuente: BCV

A.3.1.3 Inflación

Variación porcentual que se obtiene al comparar entre períodos los resultados del índice utilizado para medir la inflación. En Venezuela, al igual que en muchos países, suele utilizarse el Índice de Precios al Consumidor para medir la tasa de inflación. (Banco Central de Venezuela). Este índice de precios esta relacionado con las zonas urbanas.

Índice de Precios al Consumidor, IPC, es un indicador estadístico que mide la evolución de los precios de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo familiar durante un período determinado. Para el cálculo del IPC se adopta un año de referencia, llamado año base, cuyo nivel inicial es 100, y se selecciona una lista representativa de los bienes y servicios que consumen los hogares (la canasta). Se determina

la importancia relativa que tiene cada rubro en el gasto de consumo familiar, proporción que en términos técnicos se denomina estructura de ponderaciones del IPC. (Banco Central de Venezuela)

Se define núcleo inflacionario, como la tasa de variación del subagregado del IPC obtenido después de la exclusión de aquellos componentes que representan movimientos más erráticos.

A continuación una tabla y una figura que muestran la variación del IPC y del núcleo inflacionario desde el año 1997 hasta el 2005. El año 1997 es considerado el año base.

| Año | IPC | Núcleo Inflacionario | Variación Anual IPC (%) | Variación Anual Núcleo Inflacionario (%) |
|------|-------|----------------------|-------------------------|--|
| 1997 | 100,0 | 100 | 0,000 | 0,000 |
| 1998 | N/D | N/D | N/D | N/D |
| 1999 | 167,8 | 170 | N/D | N/D |
| 2000 | 195,0 | 195,3 | 16,210 | 14,882 |
| 2001 | 219,4 | 218,8 | 12,513 | 12,033 |
| 2002 | 268,7 | 267,8 | 22,470 | 22,395 |
| 2003 | 352,2 | 375,1 | 31,076 | 40,067 |
| 2004 | 428,8 | 468,6 | 21,749 | 24,927 |
| 2005 | 497,7 | 547,9 | 16,068 | 16,923 |

Tabla 10. Variación del IPC y del núcleo inflacionario.
Autor: Elaboración Propia. Fuente BCV.

En los datos obtenidos del BCV se observa un alza sostenida de los valores del IPC y del núcleo inflacionario con respecto al año anterior. También se aprecia que la tasa de variación anual del IPC se encuentra entre doce (12) y treinta y un (31) por ciento, mientras que el núcleo inflacionario varía entre doce (12) y cuarenta (40) por cada cien unidades.

Estos comportamientos tanto del índice de precios al consumidor como del núcleo inflacionario se pueden apreciar en la siguiente figura.

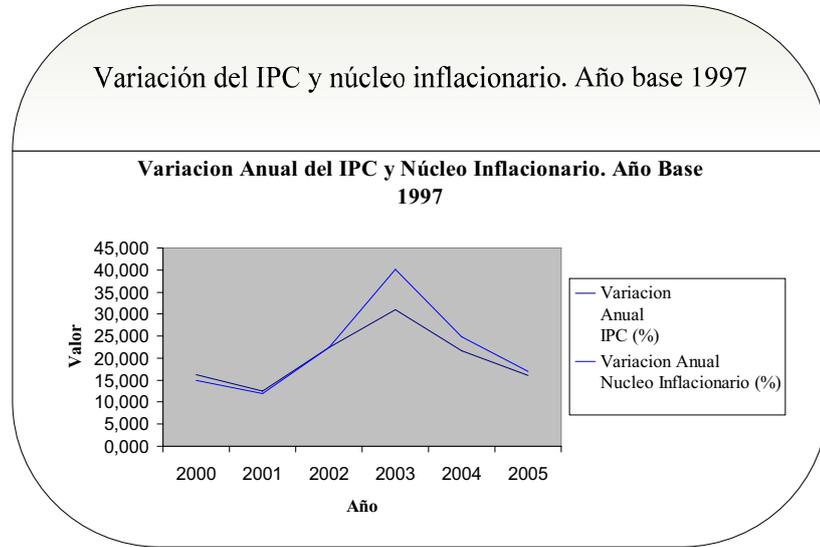


Figura 17. Variación Anual IPC y núcleo inflacionario. Año base 1997
Autor: Elaboración Propia. Fuente: BCV

A.3.1.4 Tipo de Cambio

Precio de una moneda en términos de otra. Expresa la cantidad de monedas doméstica que hay que pagar para adquirir una moneda extranjera. (Banco Central de Venezuela). Tradicionalmente la moneda extranjera tomada como referencia para esta variable es el dólar, de los Estados Unidos de Norteamérica.

En la tabla siguiente se muestra la tasa de cambio de referencia desde el año 1997 hasta el año 2005.

| Año | Tipo de cambio de referencia (Bs. / US\$) | Variación de la tasa de cambio (%) |
|------|---|------------------------------------|
| 1997 | 488,59 | 0,000 |
| 1998 | 547,55 | 12,067 |
| 1999 | 605,70 | 10,620 |
| 2000 | 679,93 | 12,255 |
| 2001 | 723,67 | 6,433 |
| 2002 | 1160,95 | 60,425 |
| 2003 | 1608,63 | 38,562 |
| 2004 | 1885,49 | 17,211 |
| 2005 | 2109,84 | 11,899 |

Tabla 11. Tasa de cambio preferencial (Bs. / US \$)
Autor: Elaboración Propia. Fuente: BCV

En la tabla se aprecia la depreciación del Bolívar frente al dólar norteamericano, mostrando variaciones que van desde un seis (6) hasta un sesenta (60) por ciento. Este comportamiento se observa en la figura que se muestra a continuación.

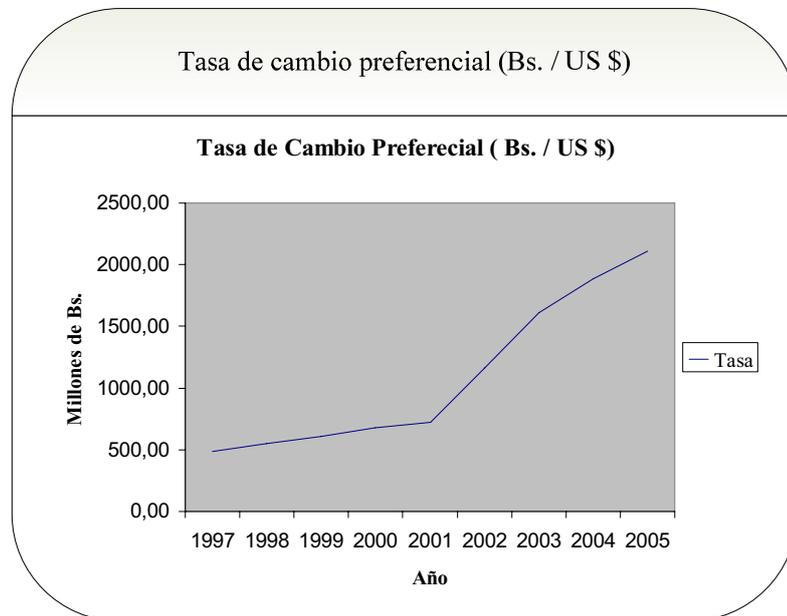


Figura 18. Tasa de cambio preferencial (Bs. / US \$)
Autor: Elaboración Propia

Un aspecto importante a resaltar es el efecto del control de cambio presente en el país. Este control cambiario no permite establecer el valor real de las monedas, producto de los procesos económicos como la oferta y la demanda. Esto conlleva a que en la actualidad el precio del dólar americano este subvaluado con respecto al Bolívar entre un veinte por cien (20%) y un veinticinco por ciento (25%).

Esto genera incertidumbre en la inversión y debemos recordar que todos los componentes de la IP/PBX 10/40 son cotizados y comprados en dólares a otros mercados exportadores de productos tecnológicos.

A.3.2 Definición del producto

En esta sección se definirán algunas de las características claves del producto como lo son su ciclo de vida y la asociación del mercado meta al producto.

A.3.2.1 Ciclo de Vida

El ciclo de vida del producto se refiere a la sucesión de fases en las cuales el producto se comporta de manera diferente. El ciclo de vida de un producto se modela generalmente en cuatro (4) etapas:

A.3.2.1.1 Introducción:

El producto se lanza al mercado y recibe una determinada acogida inicial. Se espera que este proceso se prolongue por un espacio entre doce (12) y veinticuatro (24) meses, periodo en el cual el producto desarrolló se de a conocer en el mercado meta mediante uso de publicidad.

A.3.2.1.2 Desarrollo

En esta fase el producto empieza a ser conocido y aceptado, aumentando las ventas. Debido al aumento de líneas troncales, planificado por la principal proveedora de servicios de telefonía fija en el país, CANTV, se verán incrementadas la cantidad de líneas privadas, lo que facilitaría la penetración en el mercado de centrales telefónicas privadas en el mercado meta. Se estima que este fase tendrá una duración de tres (3) a diez (10) años dependiendo de los cambios tecnológicos presentes en este periodo de tiempo y a la adaptación al cambio de las PYMES en materia de tecnología de la información.

A.3.2.1.3 Madurez

En esta etapa el producto está asentado en el mercado y las ventas empiezan a estancarse. La expectativa existente es que esta fase sea por lo menos de igual duración que la fase de desarrollo comercial del producto, este llegará cuando la tecnología de VoIP se considere como estándar de facto de las comunicaciones auditivas y exista masificación de productos de similares características en el mercado.

A.3.2.1.4 Declive

En este periodo el producto deja de ser interesante para el mercado y las ventas empiezan a disminuir, este periodo de tiempo estará supeditado a los posibles cambios en la tecnología que sustituyan a la empleada en este producto, a la disminución de la capacidad de compra de los usuarios y a la capacidad de la empresa de mantener el costo de venta del producto en el tiempo.

A.3.2.2 Producto - Mercado Meta

El mercado meta es el de compañías entre 5 y 100 empleados e ingresos anuales menores a 1 millón de dólares y que no estén constituidas en mas de un 25% por una compañía que no cumpla con los requisitos anteriormente expuestos, las cuales se encuentren geográficamente ubicadas en la Republica Bolivariana de Venezuela.

A largo plazo sería importante tomar en cuenta los mercados de Colombia, Perú, Ecuador y el caribe, ya que tradicionalmente Venezuela ha sido el más adelantado tecnológicamente de la región.

A.3.3 Análisis de la Demanda

Aquí se analizará la demanda existente en el país del bien a producir, definiendo demanda como: cantidad de bienes y servicios que los compradores están dispuestos a adquirir a cada precio. (Banco Central de Venezuela).

A.3.3.1 Distribución Geográfica

Existen en el país cuatro (4) zonas bien definidas:

- Nor-central: esta zona estaría comprendida por los estados Aragua, Miranda, Vargas, Carabobo, Guarico, Cojedes y el Distrito Capital.
- Nor-occidental: comprendida por los estados Zulia, Lara, Yaracuy, Falcón Táchira, Mérida y Trujillo.
- Nor-oriental: estaría conformada por los estados Anzoátegui, Sucre, Nueva Esparta, Monagas y Delta Amacuro.

- Sur: Apure, Barinas, Bolívar y Amazonas serian las entidades federales pertenecientes a esta zona.

Se estima que la mayor demanda del producto se encuentre en las principales ciudades económicas e industriales de cada zona geográfica previamente definida. Como se listan a continuación:

- Nor-central: Caracas, Los Teques, Guarenas, Guatire, Los Valles del Tuy, Maracay, Turmero, Valencia, Puerto Cabello, La Guaira, San Carlos, San Juan de los Morros.
- Nor-occidental: Maracaibo, Cabimas, Barquisimeto, San Felipe, Coro, Punto Fijo, San Cristóbal, Mérida y Trujillo.
- Nor-oriental: Puerto La Cruz, Barcelona, El Tigre, Anaco, Cumana, Maturín, La Asunción, Porlamar y Puerto Ayacucho.
- Sur: San Fernando de Apure, Barinas, Ciudad Bolívar, Puerto Ordaz, San Feliz y Tucupita.

El consumo total de las regiones Nor-central y nor-occidental representa un setenta y cinco por ciento (75%) del total de la demanda nacional.

A.3.3.2 Comportamiento Histórico

Venezuela durante los últimos treinta (30) años ha tenido una demanda creciente de equipos de comunicaciones. El país, consistentemente ha tenido una alta aceptación de los cambios tecnológicos, principalmente las empresas, por lo que la demanda de equipos tecnológicos de última generación es alta.

A.3.3.3 Fuentes Primarias y Secundarias

Las fuentes principales de la demanda han sido y seguirán siendo las PYMES de los diversos sectores económicos del país. En tanto que otros demandantes secundarios son otros tipos de instituciones, organizaciones y agrupaciones, todas estas sin fines de lucro, las cuales necesiten un sistema óptimo de comunicaciones.

A.3.3.4 *Target* Elegido

El *target* elegido es el de compañías que se encuentren ubicadas en el país, que posean en su nomina entre 5 y 100 empleados e ingresos anuales menores de 1 millón de dólares y que no estén constituidas en mas de un 25% por una compañía que no cumpla con los requisitos anteriormente expuestos.

En un futuro sería importante tomar en cuenta el mercado de los países pertenecientes a la comunidad andina de naciones, CAN, a pesar de que Venezuela haya dejado de pertenecer a esta comunidad, ya que tradicionalmente el país ha sido el más adelantado tecnológicamente de la región. Los mercados de Colombia, Perú y Ecuador agregarían cuarenta mil (40.000) demandantes. En tanto que los países del caribe agregarían también una suma importante de PYMES a la demanda existente.

A.3.4 Análisis de la Oferta

Cantidad de bienes y servicios existentes en el mercado a un precio dado. (Banco Central de Venezuela). Actualmente existen cinco (5) grandes oferentes de centrales telefónicas en el país como lo son: Panasonic, Siemens, Ericsson, Goldstar y Avaya. Tanto Dell, como Mitel y otras empresas del sector no han comercializado gran cantidad de productos en Venezuela, lo que

representa un aporte poco significativo a la oferta. En la actualidad tanto Cisco como otras compañías chinas están comenzando a ofertar soluciones para grandes empresas en el país.

A.3.4.1 Distribución Geográfica

Existen en el país cuatro (4) zonas bien definidas:

- Nor-central: esta zona estaría comprendida por el estado Carabobo (Valencia) y el Distrito Capital (Caracas).
- Nor-occidental: comprendida por el estado Zulia (Maracaibo).
- Nor-oriental: estaría conformada por los estados Anzoátegui (Puerto la Cruz) y Monagas (Maturín).
- Sur: en el estado Bolívar (Cuidad Bolívar).

A.3.4.2 Características de los productores

En el país no existen productores o ensambladores de centrales telefónicas, por lo cual la oferta es pobre y no satisface la demanda del mercado.

A.3.5 Consumo Nacional Aparente

Este es una forma de medición de la cantidad de producto del que dispone un país para su consumo.

A.3.5.1 Exportaciones

Venta de bienes y servicios que realiza un país al resto del mundo. (Banco Central de Venezuela). En Venezuela la exportación de este tipo de producto es nula, ya que no existen grandes productores en el país.

A.3.5.2 Importaciones

Compra de bienes y servicios que realiza el país al resto del mundo. (Banco Central de Venezuela). En el país la mayor parte de las centrales telefónicas comercializadas son importadas de países del continente americano o países asiáticos.

A.3.6 Análisis de Precios

El análisis de precios, de la mayoría de los productos tecnológicos se realiza en dólares americanos (US \$) ya que gran cantidad de los productos comercializados en el país son importados por lo que su precio de venta se fija en una moneda de referencia global.

A.3.6.1 Análisis de Costos

A continuación se presenta una tabla para el cálculo de los costos de producción de las IP/PBX 10/40.

| Cantidad | Producto | Precio Unitario | Precio Total |
|----------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Servidor | \$1.200,00 | \$1.200,00 |
| 15 | Adaptador Analogico SPA-2002 | \$70,00 | \$1.050,00 |
| 10 | Adaptador Analogico SPA-3000 | \$120,00 | \$1.200,00 |
| 1 | Switch 48 Puertos | \$600,00 | \$600,00 |
| 40 | Horas Hombre | \$1,50 | \$60,00 |
| | Otros gastos | \$300,00 | \$300,00 |
| | | Total | \$4.410,00 |
| | | Coste por linea | \$88,20 |

Tabla 13. Cuadro de estimación de costos de producción de IP/PBX 10/40
Autor: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se muestra el cuadro de estimación de costos de una central con menor dimensionamiento, IP/PBX 3/8, el cual tendría una alta demanda debido a las características de las PYMES en el país.

Diseño De Una Central Telefónica Privada IP/PBX 10/40
Híbrida Basada En Software De Fuente Abierta

| Cantidad | Producto | Precio Unitario | Precio Total |
|----------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Servidor | \$1.200,00 | \$1.200,00 |
| 5 | Adaptador Analogico SPA-2002 | \$70,00 | \$350,00 |
| 3 | Adaptador Analogico SPA-3000 | \$120,00 | \$360,00 |
| 1 | Switch 12 Puertos | \$300,00 | \$300,00 |
| 40 | Horas Hombre | \$1,50 | \$60,00 |
| | Otros gastos | \$300,00 | \$300,00 |
| | | Total | \$2.570,00 |
| | | Coste por linea | \$233,64 |

Tabla 14. Cuadro de estimación de costos de producción de IP/PBX 3/8
Autor: Elaboración Propia

A.3.6.2 Decisión sobre el precio

El precio de venta de este producto debe ser aproximadamente treinta por ciento (30%) superior al costo de producción del mismo. El precio aproximado estaría entre cinco mil setecientos dólares americanos (\$ 5.700,00) y cinco mil novecientos dólares americanos (\$ 5.900,00), oscilando entre ciento catorce (\$ 114,00) y ciento dieciocho dólares (\$118,00) dólares por línea para una central 10/40, mientras que para una IP/PBX 3/8 estaría entre tres mil trescientos (\$ 3.300,00) y tres mil cuatros dólares (\$ 3.400,00), a un equivalente por línea entre trescientos (\$ 300,00) y trescientos nueve dólares con nueve centavos (\$ 309,09).

A.3.7 Conclusión sobre el mercado

El mercado de la PYMES en Venezuela es muy extenso El auge de las telecomunicaciones y la necesidad de sistemas de comunicación, el proceso de actualización tecnológica y la globalización, son algunos factores que hacen que el mercado tecnológico sea muy atractivo, aunado a la alta demanda de este tipo de productos y la poca oferta existente hace que el producto pueda ser comercializado con facilidad en el país. El proyecto es económicamente factible, por lo que se recomienda la ejecución del mismo en un breve periodo de tiempo.

A.3.7.1 Tamaño

El mercado local es de más de once mil (11.000) PYMES dividido en tres grandes sectores económicos como lo son: la industria manufacturera, el comercio y los servicios. A largo plazo el tamaño del mercado puede aumentar al exportar el producto a otros países de la región.

A.3.7.2 Crecimiento esperado

El crecimiento esperado es sostenido por un periodo de tiempo. La duración del periodo la dictarán los cambios de paradigmas tecnológicos y los procesos político-económicos del país y la región.

Bibliografía

Agence Pour la Creation d'Entreprises, APCE. *Estudio de Mercado*.
http://www.apce.com/include/imprimer.php?rubrique_id=3000002121&type_page=I&pays=2&tpl_id=96 (1 de Febrero de 2006)

Banco central de Reserva del Perú.
http://200.121.66.36/VARIABLESFAME/csm_03.asp?sIdioma=1&sTipo=1&sChkCount=128&sFrecuencia=M (12 de Abril de 2006)

Banco central de Reserva del Perú.
<http://200.121.66.36/VARIABLESFAME/Archivos/matg13841742006153356.gif> (12 de Abril de 2006)

Banco Central de Venezuela. *Banco Central de Venezuela - ABC Económico*.
<http://www.bcv.org.ve/c1/abceconomico.asp> (10 de Febrero de 2006)

Banco Central de Venezuela. *Banco Central de Venezuela – Información Estadística*.
<http://www.bcv.org.ve/c2/indicadores.asp> (19 de Febrero de 2006)

Banco de Desarrollo Económico y Social de Venezuela, BANDES.
<http://www.bandes.gov.ve/> (17 de abril de 2006)

Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.gov.ve/> (10 de Febrero de 2006)

Ministerio de Finanzas. *Riesgo País y sus indicadores*.
<http://www.mf.gov.ve/archivos/200109/Riesgo%20País%20y%20sus%20indicadores.pdf> (1 de abril de 2006).

Ministerio de Finanzas. (3 de Febrero de 2005) *Informe Venezuela*
http://www.vtv.gov.ve/_Documentos/informe_venezuela_febrero_2005.pdf (13 de abril de 2006)

Mujeres de Empresas. *El ciclo de vida de un producto*.
<http://www.mujeresdeempresa.com/marketing/marketing020603.shtml> (11 de abril de 2006).

Apéndice B: Características, Estructura y Funcionamiento de H.323

B.1 Componentes

H.323 especifica cuatro (4) tipos de componentes, los cuales deben estar interconectados entre si, y son:

- Terminales
- *Gateways*
- *Gatekeepers*
- MCU's

Los cuatro componentes básicos se describirán a continuación:

B.1.1 Terminales

Son utilizados para comunicaciones bidireccionales en tiempo real, un terminal H.323 puede ser un *host* o un dispositivo independiente, los cuales ejecuten H.323 y aplicaciones multimedia.

B.1.2 *Gateways*

Es el componente encargado de interconectar dos redes disímiles, proveyendo la conectividad entre una red H.323 y otra que no maneje el estándar. Esta conexión es almacenada para la traducción de protocolos para *call setup* y *release*, para transferir la información entre estas.

Este componente no es requerido para la comunicación entre terminales H.323.

B.1.3 *Gatekeepers*

Un *gatekeeper* es el componente considerado el cerebro de la red H.323. Es el punto principal para todas las llamadas dentro de la red. El *gatekeeper* es el encargado de proveer los servicios mas importantes como lo son: direccionamiento, autorización y autenticación de los terminales y *gateways*; manejo de ancho de banda; contabilidad, tasación de llamadas y carga de llamadas a los terminales; puede proveer además enrutamiento de llamadas.

B.1.4 MCU's

MCU's, *Multipoint Control Units*, son los componentes encargados de establecer conferencias entre tres o mas terminales de la red H.323. Todos los terminales que participan en la conferencia deben establecer una conexión con el MCU. Este está encargado de administrar los recursos de la conferencia, establecer los *codec's* de audio – o video – a utilizar, mediante la negociación de los terminales, con el fin de poder manejar las cadenas de datos multimedios.

B.2 Protocolos utilizados por H.323

H.323 especifica varios protocolos, los cuales son independientes de los protocolos de capa de transporte y capa de Internet sobre los cuales se ejecuta el estándar. Algunos de los protocolos definidos son:

- *Codec's* de audio
- *Codec's* de video
- H.225 para registro, admisión y estatus del terminal (RAS) y señalización de llamadas
- H.245 para señalización de control.
- RTP, *Real Time Transfer Protocol*.
- RTCP, *Real-Time Control Protocol*.

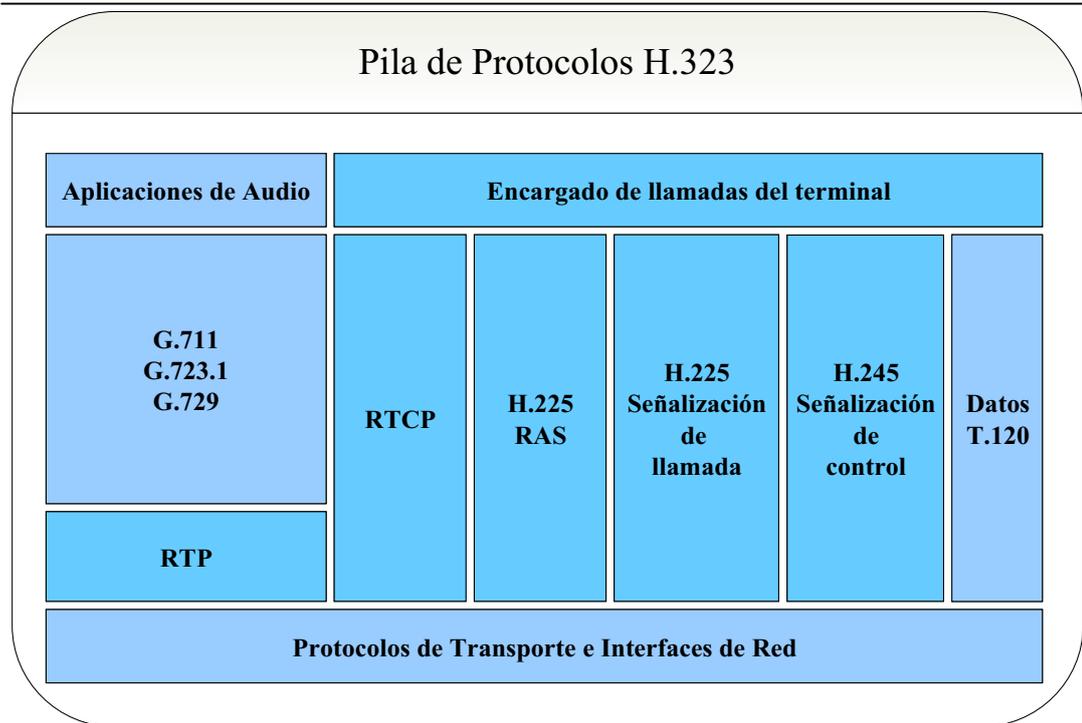


Figura 19. Pila de protocolos del terminal H.323
Autor: Elaboración Propia

Los protocolos mencionados serán descritos a continuación:

B.2.1 *Codec* de Audio

Un *codec* de audio se encarga de codificar la señal de audio a transmitir, proveniente del micrófono del terminal emisor y decodifica la señal recibida para enviarla al audífono en el terminal H.323 receptor. Como el audio es el menor servicio multimedia prestado por el estándar, todos los terminales por lo menos, el *codec* predeterminado por la UIT-T G.711. Otros *codec*'s adicionales soportados por el estándar son: G.722, G.723.1, G.728 y G.729.

B.2.2 *Codec* de video

Un *codec* de video es el responsable de codificar la señal de video a transmitir, la cual proviene de la cámara del terminal H.323 emisor y decodifica

la señal recibida para presentarlo en el *display* del terminal receptor. Los *codec's* de video son opcionales, y el predefinido es el H.261.

B.2.3 H.225 RAS

Es el protocolo utilizado entre puntos finales, terminales y *Gateways*, y *Gatekeepers*. Este se emplea para llevar a cabo las funciones de registro, control de admisiones, cambios en el ancho de banda a utilizar, estado y procedimientos de desafiliación entre los puntos finales y los *Gatekeepers*. El canal RAS es el utilizado para intercambiar los distintos mensajes RAS. El canal de señalización es el primero en establecerse entre los puntos en cuestión, antes que cualquier otro canal.

B.2.4 H.225 Señalización de llamada

Es el utilizado para establecer la conexión entre dos puntos finales. El canal de señalización de llamadas es abierto entre dos puntos finales o un punto final y un *Gatekeeper*.

B.2.5 H.245 Señalización de control

Este protocolo es utilizado para intercambiar mensaje de control generado en los extremos del sistema. Estos mensajes de control pueden contener información relacionada con:

- Intercambio de capacidades, propiedades y/o características.
- Apertura y cierre de canales lógicos empleados para el transporte de las cadenas de información multimedia.
- Mensajes de control de flujo.
- Comandos generales e indicaciones.

B.2.6 RTP

Es el protocolo que se encarga de proveer los servicios de envío de audio y video en tiempo real. RTP es el usado para transportar la información junto UDP.

B.2.7 RTCP

Este protocolo es la contraparte de RTP, el cual provee los servicios de control, es enviado periódicamente a todos los participantes de la sesión.

B.3 Características del *Gateway*

El *gateway* realiza la traducción de protocolos para el inicio y fin de una llamada, la conversión de formatos entre dos redes disímiles, y transfiere la información entre una red H.323 y una red que no lo es.

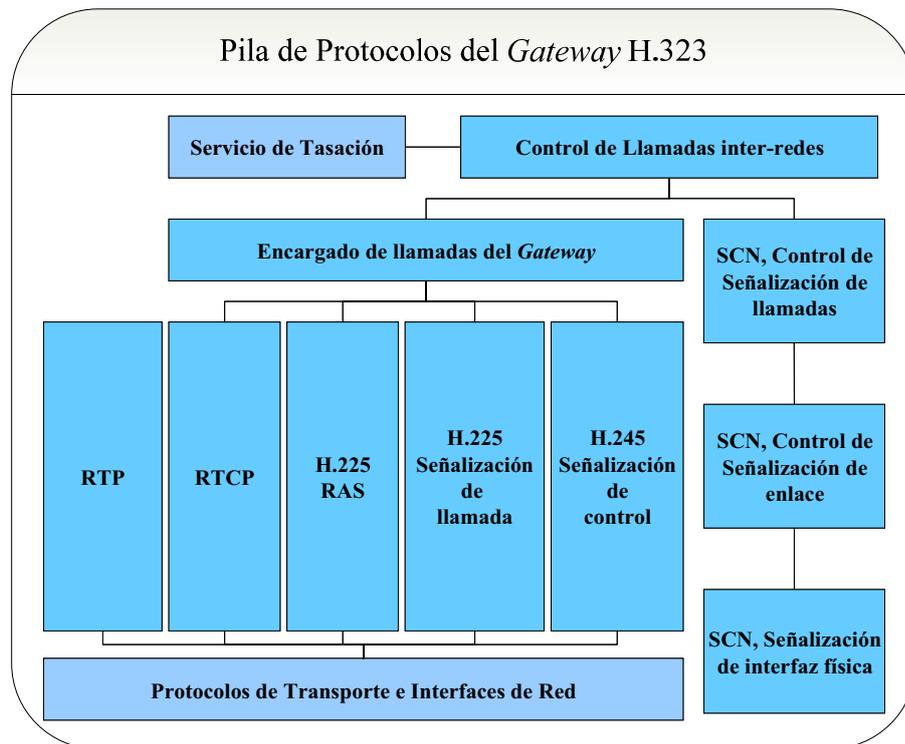


Figura 20. Pila de protocolos del *gateway* H.323
Autor: Elaboración Propia

Un *gateway* del lado de la red H.323 ejecuta los protocolos H.245, señalización y control, y H.225, RAS para el registro con el *Gatekeeper* y Señalización de llamada, en tanto que del lado de la red que no trabaja con el estándar, utiliza el protocolo correspondiente para cada SCN, *Switch Circuits Networks*, con la cual se interactúa.

B.4 Características del *Gatekeeper*

Este componente provee los servicios de control de llamadas de los puntos finales, como la traducción de direcciones y el manejo de ancho de banda definido en el RAS. Estos componentes son opcionales dentro del sistema H.323, si estos se encuentran presentes en la arquitectura tanto los equipos terminales como los *gateways* deben utilizar sus servicios. El estándar define tanto los servicios obligatorios como los opcionales que puede brindar a los puntos finales. Como ya se ha mencionado, uno de los servicios opcionales que puede prestar es el enrutamiento de las llamadas, en ese caso los puntos finales envían las señalizaciones de llamada al *Gatekeeper*, y este se encarga de enrutarlo hacia su punto final de destino, cuando esto ocurre mejora el funcionamiento de la red. Alternadamente los mensajes de señalización de llamada pueden estar dirigidos directamente entre puntos finales.

El monitoreo de llamadas realizado por este componente es muy valioso, ya que provee un mejor control sobre las llamadas cursadas dentro del sistema.

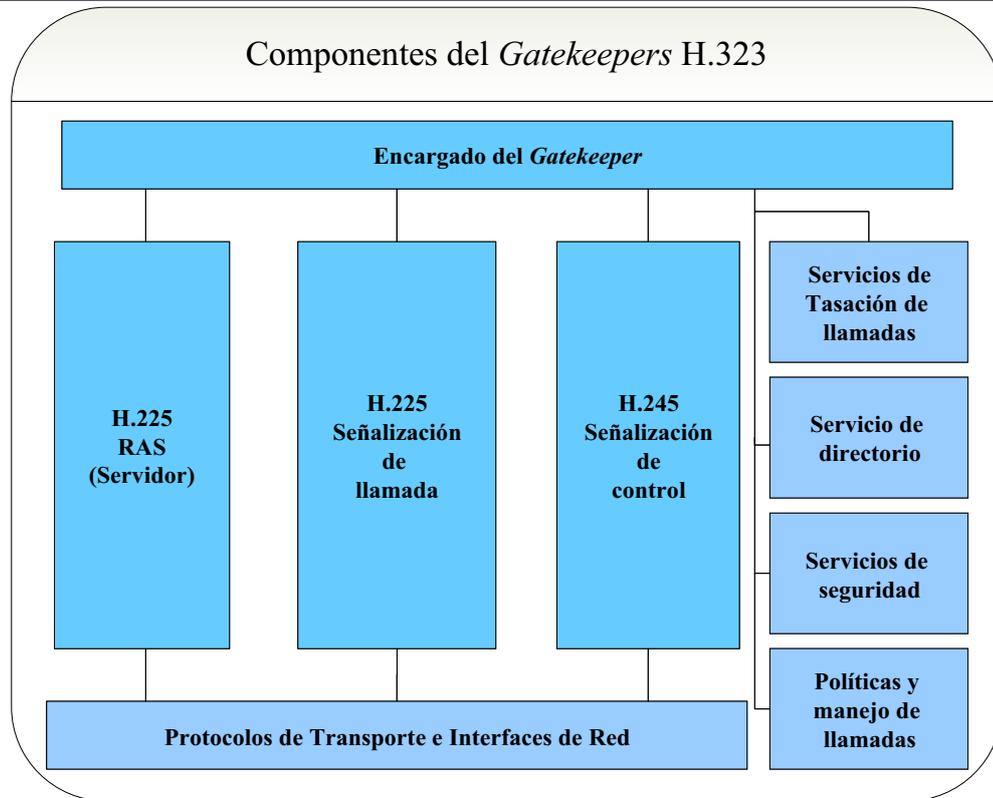


Figura 21. Componentes del Gatekeeper H.323
Autor: Elaboración Propia

La traducción de direcciones se realiza entre los alias, como un número telefónico PSTN a una dirección IP del *gateway* al cual se encuentra conectado. El control de admisiones se lleva a cabo mediante tres (3) tipos de mensajes RAS:

- ARQ, Admission Request,
- ACF, Admission Confirm
- ARJ, Admission Reject.

El manejo del ancho de banda también es controlado mediante el uso de tres (3) mensajes RAS:

- BRQ, Bandwidth Request,

- BCF, Bandwidth Confirm
- BRJ, Bandwidth Reject.

Este componente provee todas las funcionalidades descritas a los terminales, *gateways* y MCU's, que se encuentren dentro de su zona de control.

B.5 Procedimientos de Conexión

A continuación se describirán los procedimientos para el establecimiento de llamadas, flujo de señalización de control, cadenas de datos multimedia y sus señales de control y la finalización de una llamada.

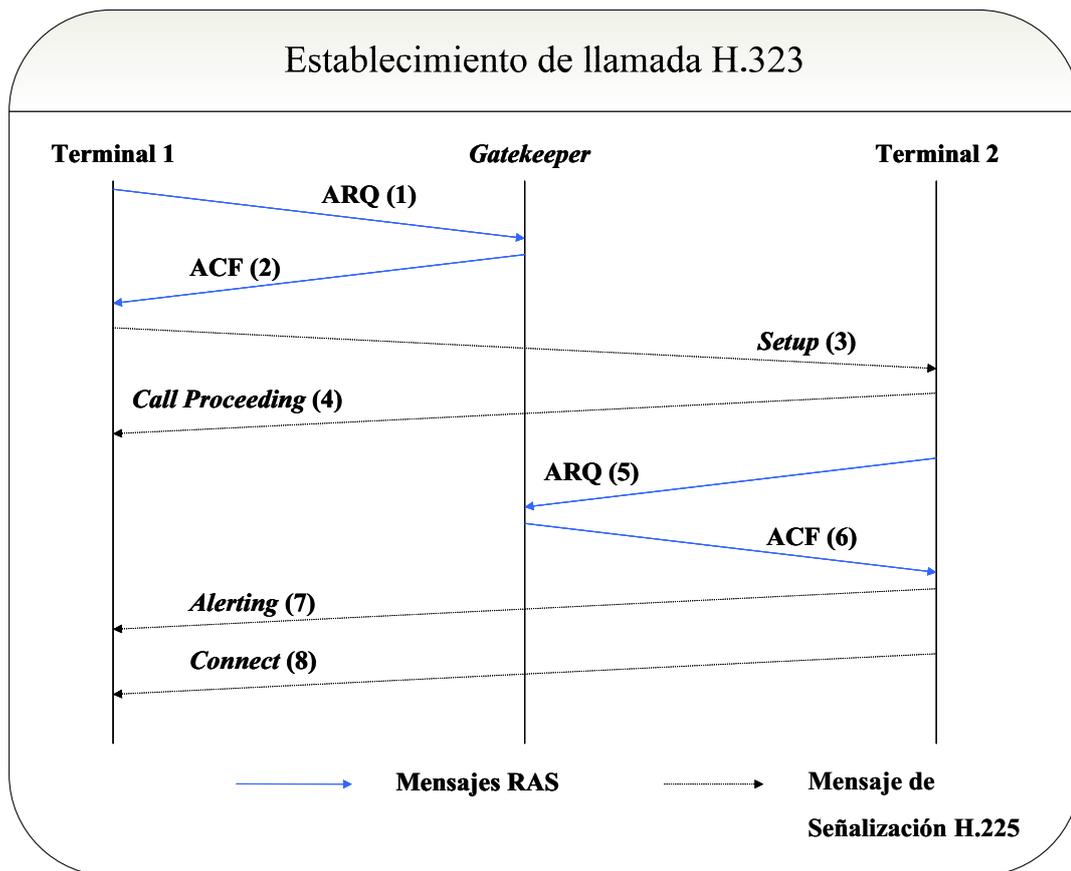


Figura 22. Establecimiento de llamada H.323
Autor: Elaboración Propia

1. El Terminal número 1 envía al *Gatekeeper* por el canal RAS el mensaje ARQ, *Address Request*, para el registro y establecimiento de una llamada directa al Terminal número 2.
2. El *Gatekeeper* emite la confirmación al Terminal 1, mediante el mensaje ACF, *Address Confirm*, e indica que puede utilizar señalización de llamada extremo a extremo.
3. El Terminal 1 envía a Terminal 2, un mensaje de señalización H.225 para establecimiento de llamada, *setup*.
4. El Terminal 2 envía respuesta al extremo, mediante un mensaje de señalización H.225, procesando llamada, *Call Proceeding*.
5. El Terminal 2 envía al *Gatekeeper* el mensaje ARQ para el registro.
6. El *Gatekeeper* emite la confirmación al Terminal 2, enviando el mensaje ACF.
7. El Terminal 2 emite un mensaje al extremo para anunciar la proximidad temporal del establecimiento de la conexión, *Alerting*.
8. El Terminal 2 envía el mensaje al Terminal 1, anunciando el establecimiento de la llamada, *Connect*.

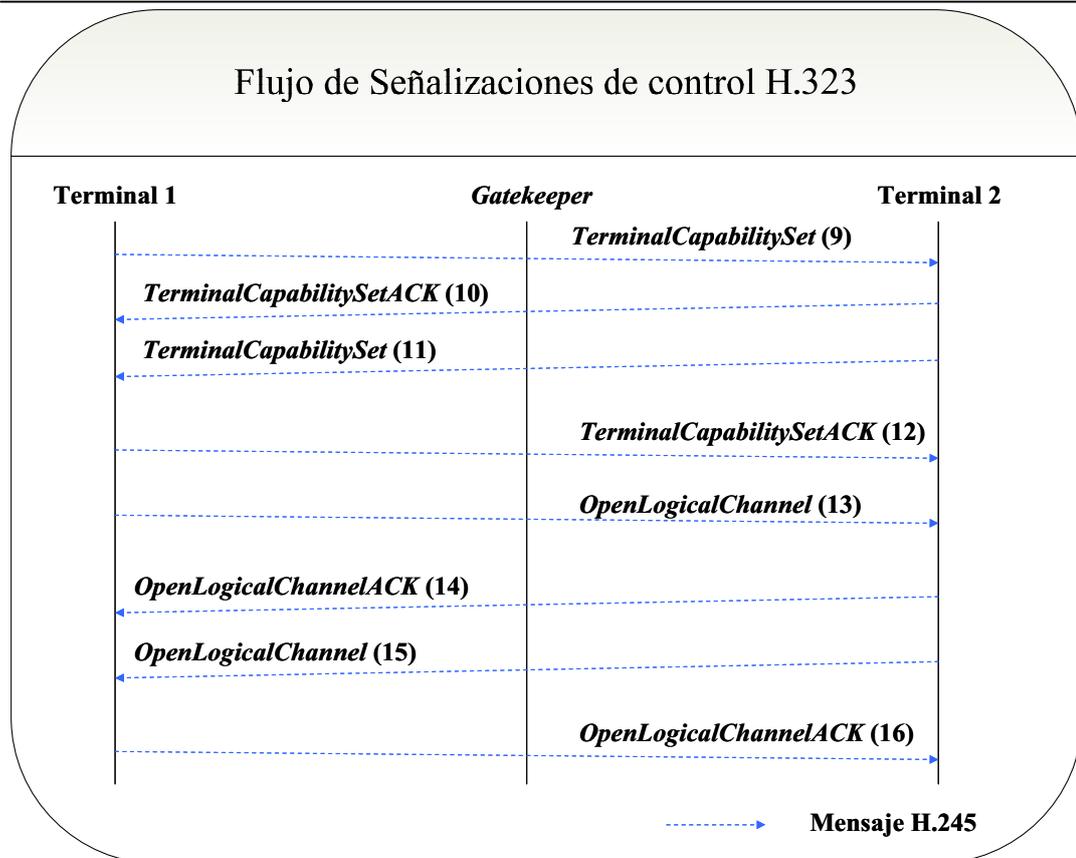


Figura 23. Flujo de señalizaciones de control H.323
Autor: Elaboración Propia

9. El Terminal 1 luego de haber establecido el canal H.245 hacia el Terminal 2, le envía un mensaje para intercambiar la información de sus capacidades, *Terminal Capability Set*.
10. El Terminal 2 envía un mensaje de reconocimiento de la información de capacidades suministrada por el Terminal 1, *Terminal Capability Set ACK*.
11. El Terminal 2 le envía un mensaje para intercambiar la información de sus capacidades al Terminal 1, *Terminal Capability Set*.
12. El Terminal 1 envía al Terminal 2 el mensaje de reconocimiento de la información, *Terminal Capability Set ACK*.

13. El Terminal 1 abre un canal de lógico, enviando un mensaje *Open Logical Channel*, donde también se suministra información de la dirección de transporte de canal RTCP.
14. El Terminal 2 envía un mensaje de reconocimiento de la información de apertura de canal unidireccional suministrada por el Terminal 1, *Open Logical Channel ACK*, también envía la dirección de transporte de RTP y RTCP.
15. El Terminal 2 abre un canal de lógico, enviando un mensaje *Open Logical Channel*, donde también se suministra información de la dirección de transporte de canal RTCP.
16. El Terminal 1 envía un mensaje de reconocimiento de la información de apertura de canal unidireccional suministrada por el Terminal 2, *Open Logical Channel ACK*, también envía la dirección de transporte de RTP y RTCP.

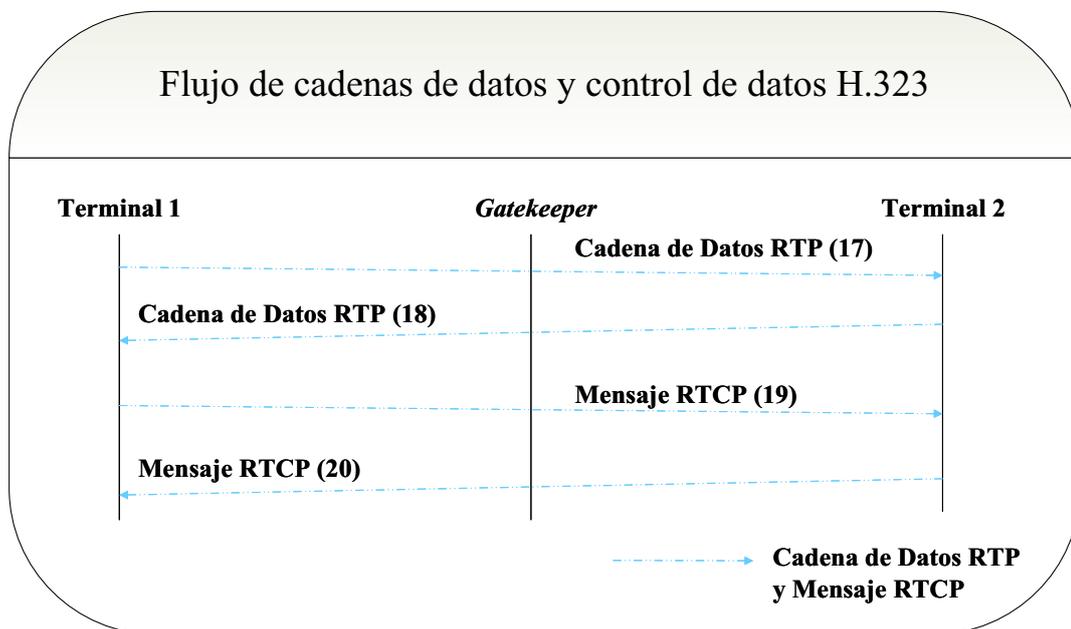


Figura 24. Flujo de cadenas de datos y de control de datos H.323
Autor: Elaboración Propia

17. El Terminal 1 envía al otro extremo la Cadena de Datos multimedia encapsulado en un paquete RTP.
18. El Terminal 2 envía al Terminal 1 el paquete RTP que contiene la Cadena de Datos multimedia encapsulada.
19. El Terminal 1 envía el mensaje de RTCP.
20. El Terminal 2 envía al otro extremo el mensaje RTCP.

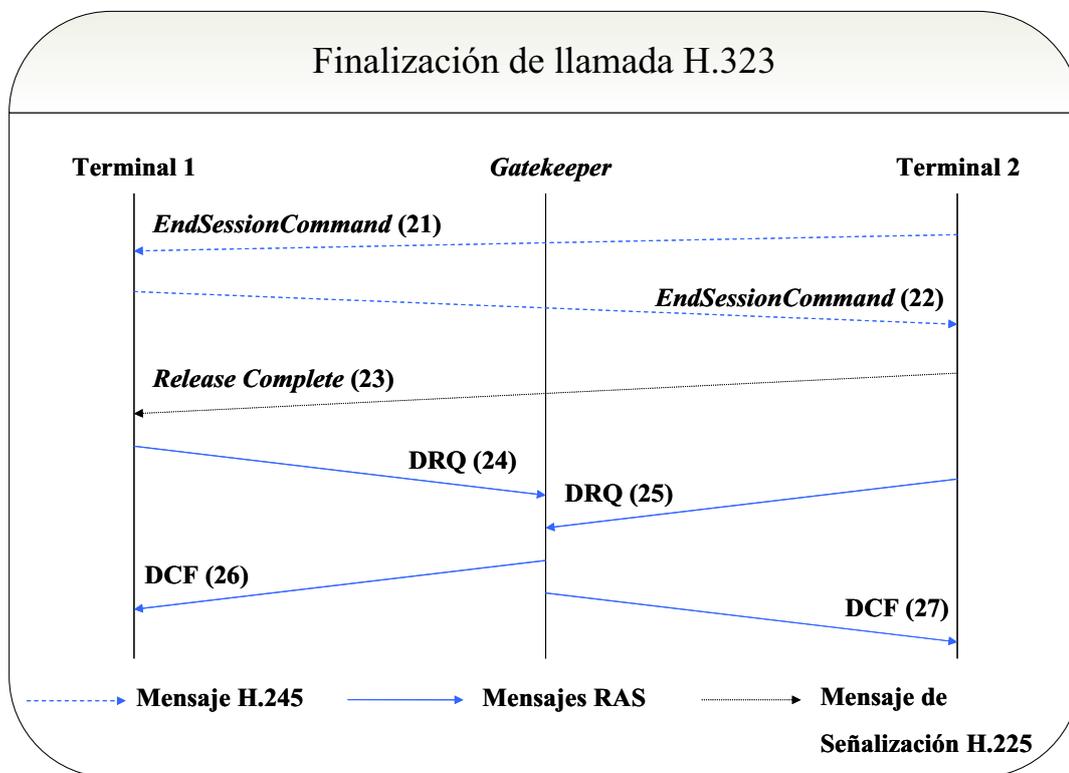


Figura 25. Finalización de llamada H.323
Autor: Elaboración Propia

21. El Terminal 2 envía un mensaje para la finalización de la llamada, *End Session Command*, al Terminal 1.
22. El Terminal 1 responde enviando al otro extremo un mensaje similar para la finalización de la llamada.

23. El Terminal 2 envía un mensaje de señalización H.225 de que la llamada ha finalizado, *Release Complete*.
24. El Terminal 1 envía la petición de desafiliación al *Gatekeeper* con un mensaje DRQ, *Disengage Request*.
25. El Terminal 2 envía la petición de desafiliación al *Gatekeeper*.
26. El *Gatekeeper* emite la confirmación al Terminal 1, mediante el mensaje DCF, *Disengage Confirm*.
27. El *Gatekeeper* envía la confirmación al Terminal 2, DCF.

Referencias bibliográficas

Huidobro, J. (2001). *Fundamentos de Telecomunicaciones*. (1ra Ed.) Madrid: Paraninfo.

ITU (Febrero de 2001). *Series H: Audiovisual and Multimedia Systems. Packet-Based multimedia communications systems. ITU-T recommendation H.323*. www.itu.int (29 de Noviembre de 2005)

RadCom (2001). *Guía completa de protocolos de telecomunicaciones*. (4ta. Ed.) Madrid: McGraw-Hill

Trillium. *H.323* <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/h323.pdf> (6 de Enero de 2006)

Apéndice C: Características, Estructura y Funcionamiento de SIP

C.1 Componentes

El protocolo SIP tiene dos componentes fundamentales para su funcionamiento, uno de esto son los UA, User Agents, y el segundo son los servidores. A continuación se describirán ambos componentes:

C.1.1 UA:

Son aplicaciones ubicadas en los puntos terminales, *Endpoints*, los cuales inician, reciben o terminan llamadas o sesiones. Ej.: Teléfono, Softphone, *Gateway* PSTN, IVR, entre otros.

D.1.1.1 UAC

User Agents Client, es aquella aplicación o entidad que inicia la sesión.

D.1.1.2 UAS

User Agents Server, es aquella aplicación o entidad que recibe la petición de sesión.

C.1.2 Servidores:

Existen cuatro (4) tipos de servidores intermedios:

C.1.2.1 Proxy

Esta encargado de recibir peticiones de inicio de sesión y reenviarlas a otro Proxy o UAS. Este es el encargado de proveer los servicios adicionales UA.

C.1.2.2 Registro

Este proporciona un servicio de información de ubicación; recibe información del UA y la almacena para proporcionarla a otros UA.

C.1.2.3 Localización:

Este es utilizado por un servidor Proxy o de redireccionamiento para localizar UA's.

C.1.2.4 Redireccionamiento:

El papel de este tipo de servidores es responder a la resolución de nombres y la ubicación del usuario. Este servidor responde a las peticiones de los UA proporcionando la información acerca de la dirección del servidor requerido, de tal forma que el cliente puede contactar la dirección puntualmente.

Cabe destacar que la división de estos servidores es conceptual más no física, todos estos servidores subsisten en el mismo equipo.

C.2 Características Generales del Protocolo

SIP Proporciona los mecanismos para que el usuario final y los servidores puedan proporcionar servicios como:

- Reenvío de llamada por llamada no respondida, abonado ocupado, desvío de llamada incondicional, a direcciones especiales (Teléfonos de emergencia o gratuitos)
- Identificación del número que realizó la llamada y del abonado.
- Movilidad personal
- Autenticación del número y del abonado que realiza la llamada.
- Invitación a conferencias de *multicasting*.
- Distribución automática de llamadas básicas, ACD, *Automatic Call Distribution*.

SIP emplea una estructura simple el cual proporciona una gran velocidad de operación, flexibilidad, escalabilidad y soporte multiservicio.

Este protocolo proporciona su propio mecanismo de fiabilidad. Las sesiones que maneja el protocolo incluyen conferencia multimedia, llamadas telefónicas multimedia y servicios de distribución multimedia. Los miembros de una sesión pueden comunicarse mediante *multicasting* o cadenas de unicasting o combinación de ambas. Las invitaciones SIP utilizadas, INVITES, transportan descripciones de sesión que permiten a los participantes intercambiar los tipos de contenidos compatibles entre ellos.

SIP no se encuentra atado a ningún protocolo para el control de conferencias. Este protocolo ha sido diseñado para ser independiente del protocolo de capa de transporte ha utilizar.

Este protocolo fue diseñado como parte de una arquitectura global de datos y control multimedia de la IETF. Mientras que, SIP no depende de ninguno de los protocolos de la arquitectura global para su operación y funcionamiento.

La robustez del protocolo permite que pueda utilizarse conjuntamente con otros protocolos de señalización y establecimiento de llamadas, como por ejemplo H.245 y H.225 de la familia H de estándares y protocolos multimedios de la UIT-T, descritos con anterioridad.

Los mensajes SIP constan de una cabecera y un cuerpo, separados entre si por una línea en blanco. El contenido del cuerpo del mensaje SIP es libre, quedando fuera del ámbito del protocolo.

La estructura del mensaje de solicitud se muestra en la siguiente figura,

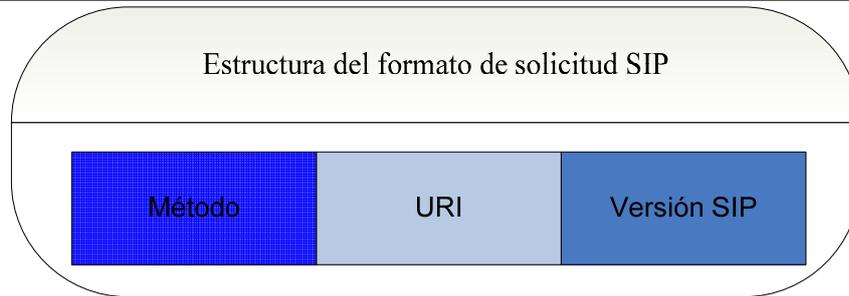


Figura 26. Estructura del mensaje de solicitud SIP
Autor: Elaboración Propia

El campo método de la estructura del mensaje de solicitud del protocolo, se refiere al proceso o función que hay que aplicar a los datos del mensaje. URI, *Uniform Resource Identifier*, es un campo que representa al usuario y al servicio al que es dirigido este mensaje. Versión SIP, se refiere a la versión del protocolo que esta siendo utilizada en el establecimiento de la comunicación.

En la figura 27, se muestra la estructura del mensaje de respuesta del protocolo SIP,

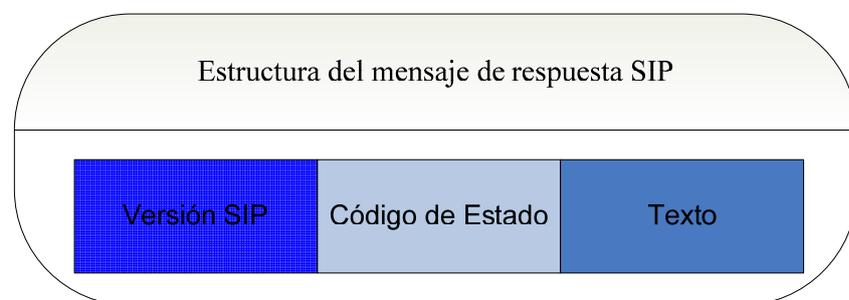


Figura 27. Estructura del mensaje de respuesta SIP
Autor: Elaboración Propia

La Versión SIP es similar tanto en el mensaje de petición como en el de respuesta. La versión más actualizada del protocolo SIP es la 2.0. El código de estado da respuesta a una petición por parte del servidor que recibe la información enviada por el cliente. Es un entero de 3 dígitos.

Estas respuestas se pueden clasificar de la siguiente forma:

| Código | Tipo de Código | Descripción |
|--------|--------------------|---|
| 1xx | Provisionales | Peticiones recibidas y continua el proceso de peticiones. |
| 2xx | Exitosas | La acción fue recibida, entendida y aceptada exitosamente |
| 3xx | Redireccionamiento | Indica que las acciones futuras necesitan ordenarse para completar la petición |
| 4xx | Error del cliente | Indica que hubo mala sintaxis de la petición. |
| 5xx | Error del servidor | Indica que hubo falla por parte del servidor al no responder correctamente una posible petición válida. |
| 6xx | Falla global | La petición realizada no puede ser procesada por ningún servidor SIP. |

Tabla 15. Código de estados SIP
Fuente. IETF, RFC-2543

A continuación se describen los Métodos utilizados por SIP y campos obligatorios, los cuales contengan la información URI.

C.3 Campos obligatorios

Los campos obligatorios contienen la información básica del usuario y al servicio al que se esta dirigiendo la solicitud en cuestión. Los campos obligatorios son seis (6): *To*, *From*, *CSeq*, *Call-ID*, *Max-Forwards* y *Via*; los cuales se describirán a continuación.

C.3.1 *To*

Especifica el receptor lógico deseado para la petición ó la dirección del usuario. El campo *tag* identifica el punto del diálogo. Mientras no haya diálogo establecido no habrá *tag* presente.

C.3.2 *From*

Indica la identidad lógica de quien envía la petición. Como en el caso del *To*, contiene una URI y opcionalmente muestra el nombre. El parámetro *tag* es elegido por el UAC.

C.3.3 *Call-ID*

Actúa como un único identificador para agrupar una serie de mensajes. Debe ser la misma para todas las peticiones y respuestas enviadas por cada UA, en el diálogo. Se recomienda para la generación de los Call-ID, usar identificadores aleatorios criptográficos.

C.3.4 *CSeq*

Sirve para identificar y ordenar transacciones. Consiste en una secuencia de números y un método; el cual debe coincidir con la petición.

C.3.5 *Max-Forwards*

Este campo limita el número de nodos que una petición puede transitar en su camino hacia el destino. Consiste de un entero que se decrementa en uno en cada nodo. Si este valor llega a cero antes que la petición alcance su destino, esta se rechazará. Generalmente se toma por defecto un valor igual 70. Este número suele ser lo suficientemente grande como para que la petición no sea rechazada en cualquier red SIP que no tenga ciclos.

C.3.6 *Via*

Indica el transporte usado para la transacción e identifica la ubicación donde la respuesta va a ser enviada. Este valor es agregado solo cuando el transporte que será utilizado para alcanzar el siguiente nodo ha sido seleccionado. Cuando el UAC crea una petición, debe insertar unas *Via* en esa petición. El valor del campo *Via* debe contener un parámetro *branch* el cual es usado para identificar la transacción creada por esa petición. Este parámetro es utilizado tanto por el cliente como por el servidor. El *branch* ID debe comenzar con los caracteres “z9hG4bK”.

C.4 Métodos

Los métodos, como ya se describió con anterioridad, son los procesos o funciones que hay que aplicar a los datos del mensaje. SIP emplea seis (6) métodos fundamentales como lo son: INVITE, ACK, OPTIONS, BYE, CANCEL y REGISTER.

A continuación se describirá cada uno de los métodos anteriormente mencionados.

C.4.1 INVITE

Estos mensajes indican a los servidores que un cliente desea finalizar la conexión entre dos participantes en una sesión. Se pueden generar tanto en los agentes que iniciaron la llamada como en los que recibieron la invitación.

C.4.2 ACK

Estos mensajes indican a los servidores que un cliente desea finalizar la conexión entre dos participantes en una sesión. Se pueden generar tanto en los agentes que iniciaron la llamada como en los que recibieron la invitación.

C.4.3 OPTIONS

Es útil para solicitar información acerca de las posibilidades de un servidor. Los servidores de redirección y los Proxy's simplemente los reenvían. Otros servidores pueden responder con un mensaje en el que indiquen sus capacidades o bien con la respuesta que hubiesen dado a una invitación.

C.4.4 BYE

Estos mensajes indican a los servidores que un cliente desea finalizar la conexión entre dos participantes en una sesión. Se pueden generar tanto en los agentes que iniciaron la llamada como en los que recibieron la invitación.

C.4.5 *CANCEL*

Es empleado para cancelar una llamada pendiente, aunque su recepción por parte de un UAS, User Agent Server, no garantiza que éste no responda posteriormente, sino que simplemente constituye una sugerencia realizada por el remitente para optimizar el uso de la red. Estos mensajes deben contener el mismo valor para los campos Call-ID, To, From, y CSeq que el mensaje de invitación original. En todo caso, estos mensajes nunca finalizan una llamada ya establecida.

C.4.6 *REGISTER*

Estos mensajes proporcionan la localización de un agente de usuario a los servidores de registro. En ellos, los agentes de usuario clientes notifican a los Proxy's o los servidores de redirección, la dirección o direcciones en las cuales se encuentra un usuario.

C.5 Procedimiento de Conexión

A continuación se describirán los procedimientos para el establecimiento de llamadas, flujo de señalización de control, cadenas de datos multimedia y sus señales de control y la finalización de una llamada. Para esto se toma en cuenta el siguiente escenario: hay un usuario que realiza la petición de llamada, Terminal 1, otro usuario el cual la recibe, Terminal 2, y un servidor que sirve de intermediario entre estos dos extremos, servidor.com.

Una vez que el usuario se conecta a la red SIP, envía una petición *REGISTER* al servidor correspondiente, hecho que se ilustra en la figura siguiente, para cada uno de los terminales extremos respectivamente.

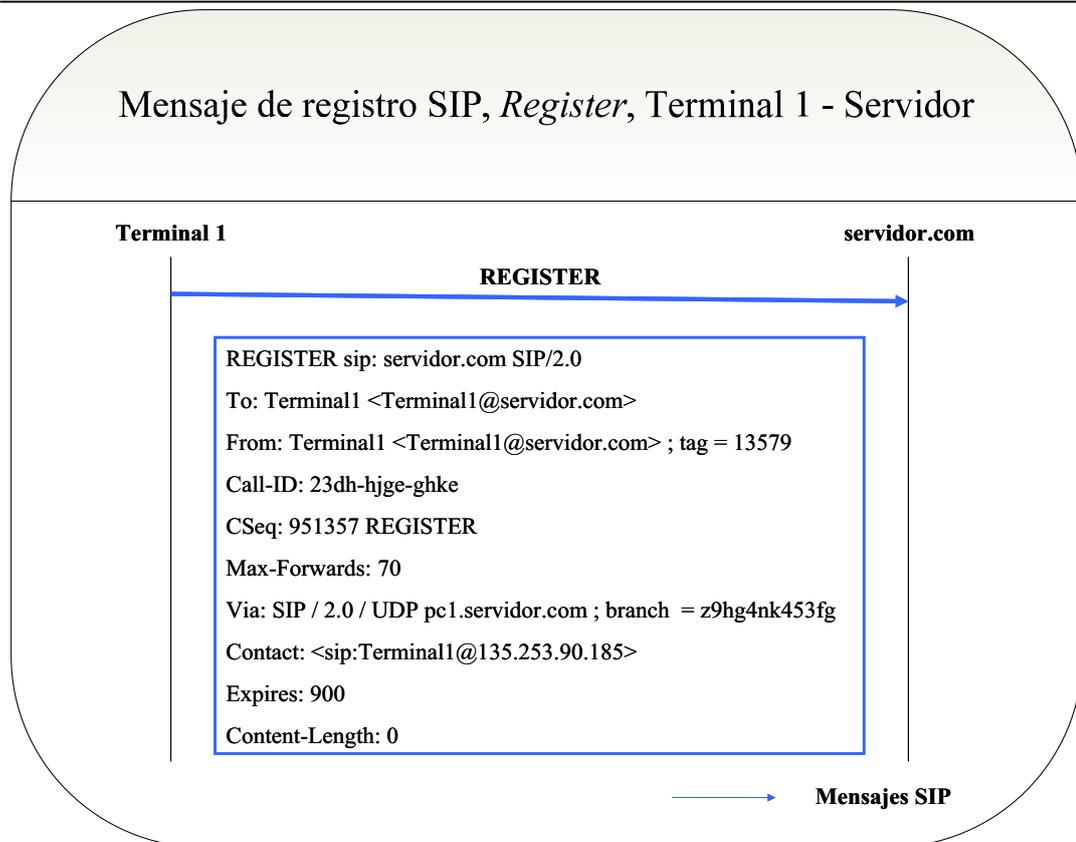


Figura 28. Mensaje de registro SIP
Autor: Elaboración Propia

Un UA SIP, puede elegir registrar números telefónicos, según el RFC 2806, o direcciones de correo, según lo descrito en el RFC 2368, como contactos para una dirección.

Se puede apreciar en la figura anterior que el registro tiene un tiempo de expiración, el cual es indicado en segundos.

Una vez que el servidor recibe la petición REGISTER, la revisa para constatar la validez de la misma, en caso de ser válida, es aceptada y enviada al Terminal 1 una respuesta OK, que se ilustra en las figura 27.

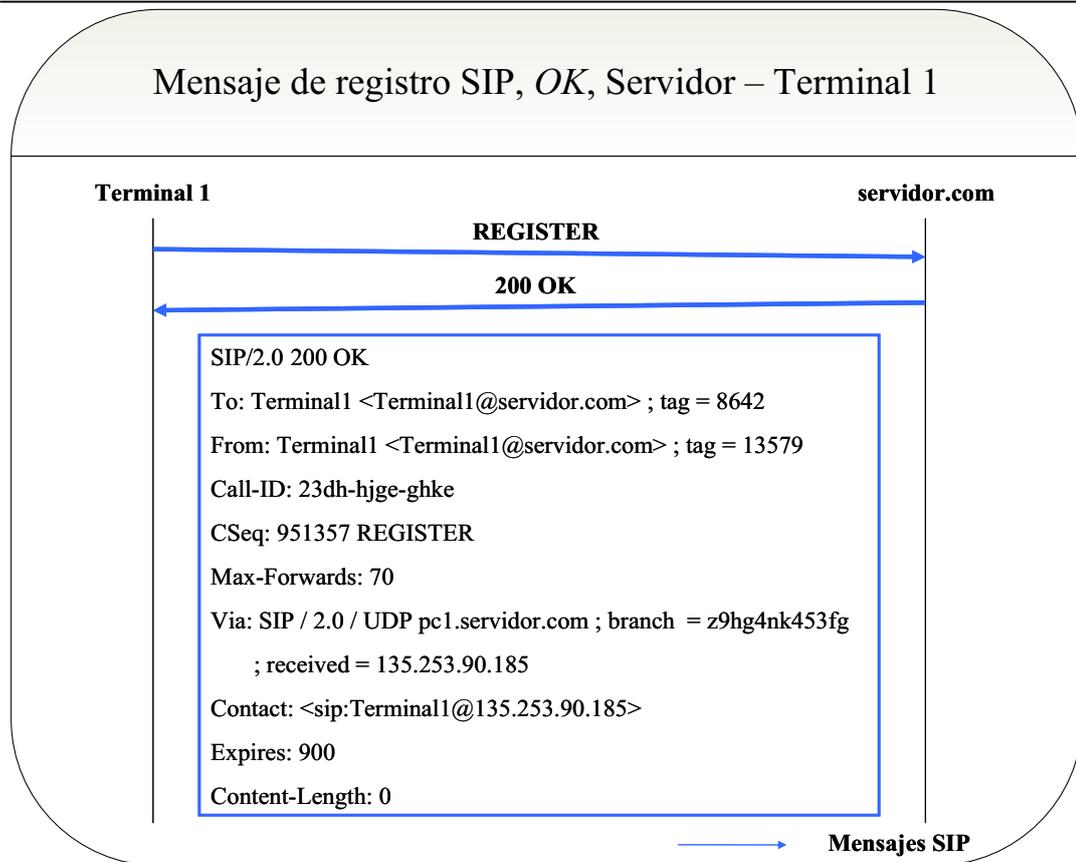


Figura 29. Mensaje de respuesta de registro SIP
Autor: Elaboración Propia

Cuando el usuario se encuentra registrado a su servidor correspondiente, es visible en toda la red, por lo que otros usuarios estarían en la disposición de hacerle llegar una invitación.

Si el Terminal 1 desea cursar una llamada hacia el Terminal 2, debe discar en su teléfono el número de Terminal. El agente SIP se encarga de generar la petición INVITE, como se muestra en la figura 30, la cual se dirige al servidor que tiene asociado (en este caso a servidor.com).

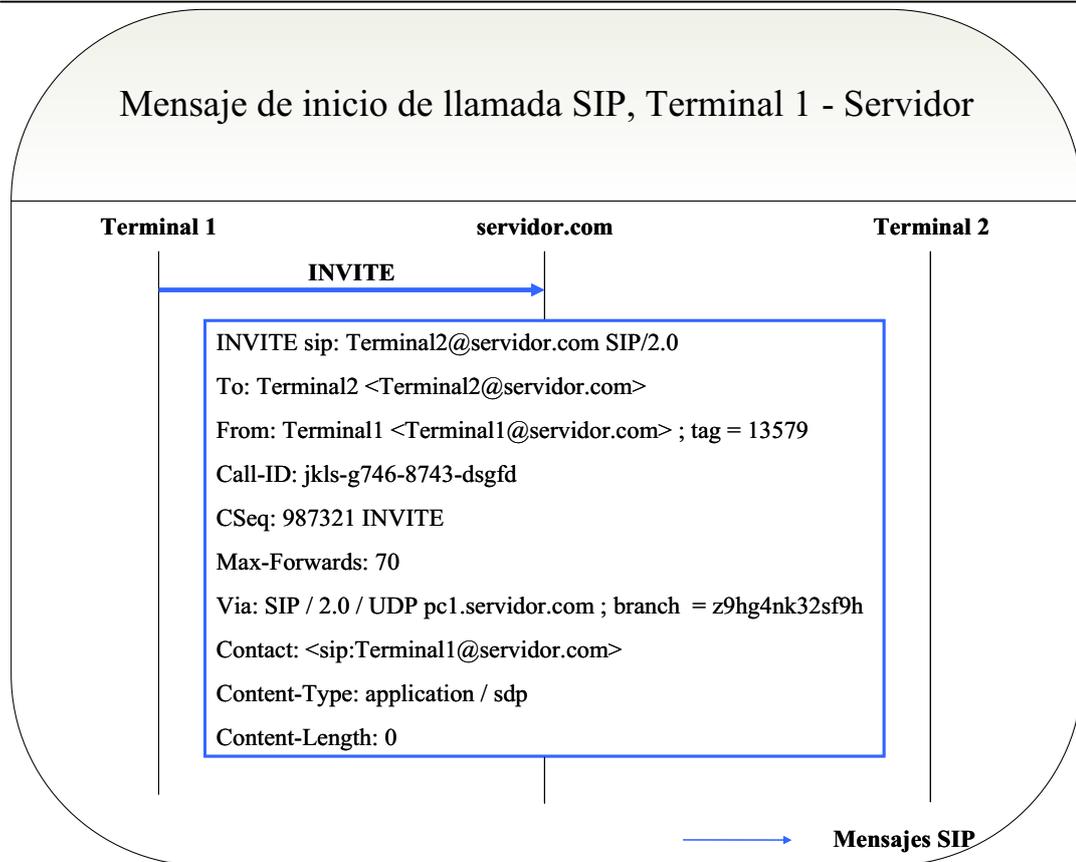


Figura 30. Mensaje de inicio de llamada SIP, Terminal 1 – Servidor
Autor: Elaboración Propia

El servidor recibe la petición INVITE de Terminal 1 y le envía una respuesta temporal, 100 - Trying, la cual se muestra en la figura siguiente, indicándole así que su petición está en proceso.

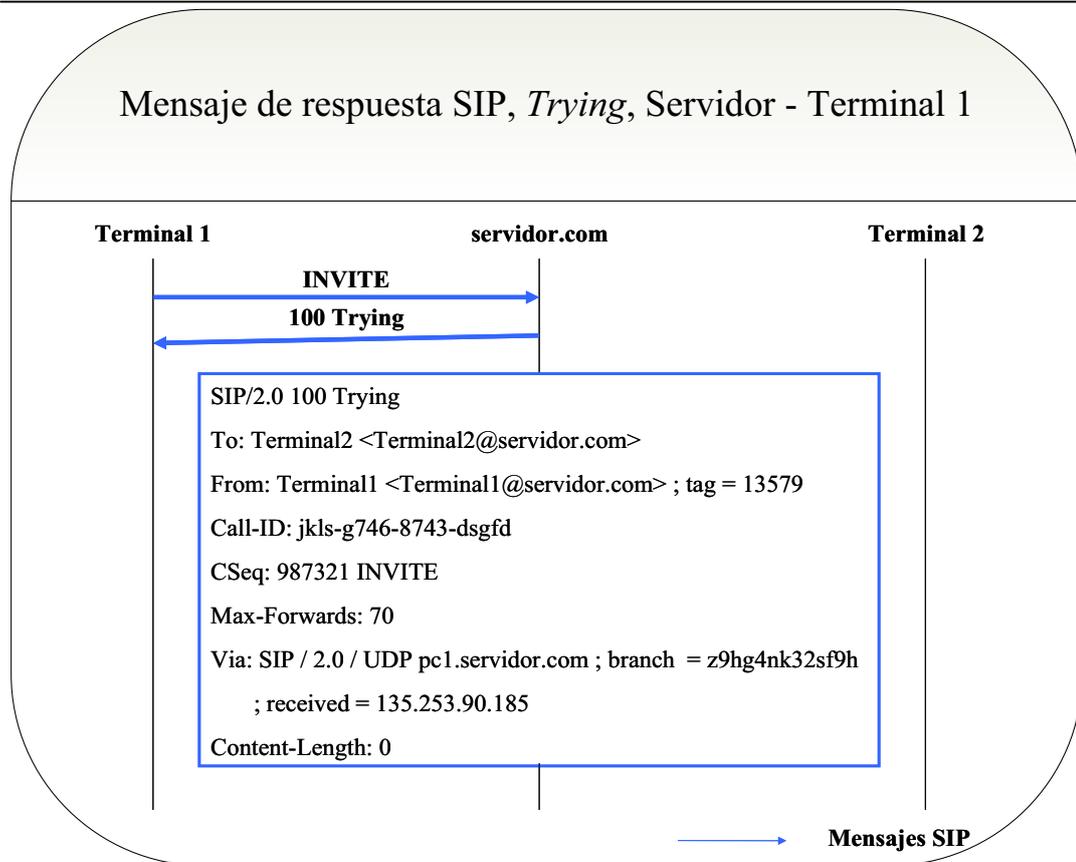


Figura 31. Mensaje de respuesta SIP, *Trying*, Servidor – Terminal 1
Autor: Elaboración Propia

Una vez que el servidor, servidor.com, recibe, entiende y procesa la petición INVITE, analiza si la llamada es para un usuario que le pertenece o si tiene que ser redireccionada a otro servidor. Ya que el Terminal 2 pertenece a servidor.com, la petición de invitación es enviada directamente a este, como se muestra en la figura 30.

Si se observa el campo *Via*, dentro del mensaje, se puede apreciar como están presentes los distintos puntos de acceso que fueron requeridos para llegar desde el origen del mensaje, Terminal 1, hasta su destino final, Terminal 2, los cuales posteriormente serán necesarios para que el Terminal 2 pueda encaminar de vuelta su respuesta.

Mensaje de inicio de llamada SIP, Servidor - Terminal 1

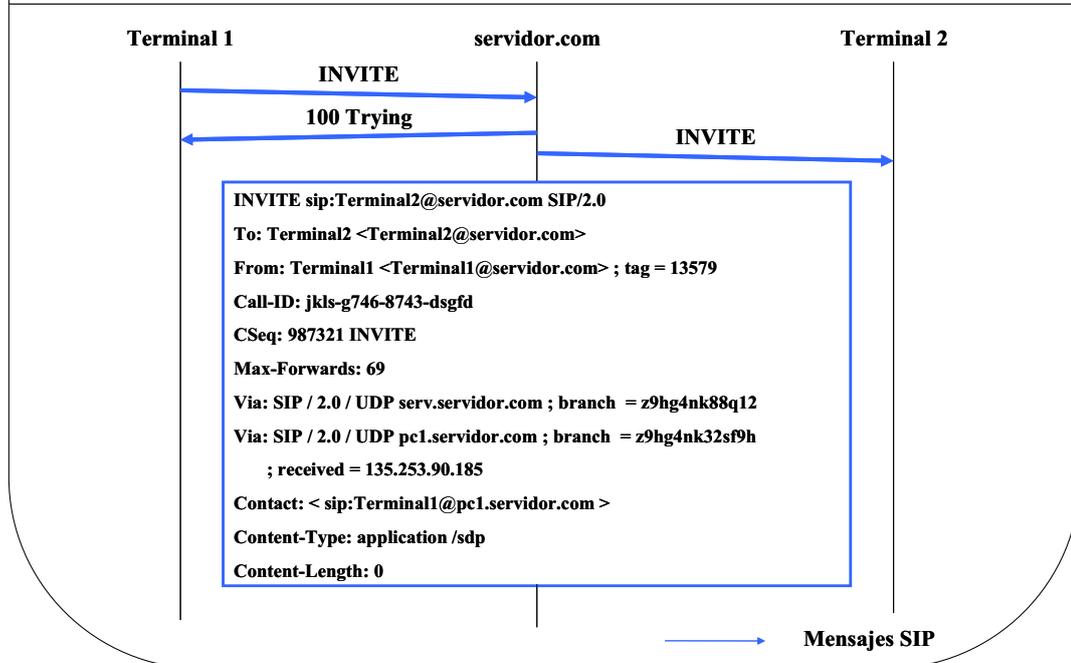


Figura 32. Mensaje de inicio de llamada SIP, Servidor – Terminal 2
Autor: Elaboración Propia

Una vez que la petición INVITE le llega a Terminal 2, este genera una respuesta temporal, 180 - Ringing, la cual notifica que el teléfono está sonando y que se está a la espera de que la persona en el Terminal 2 conteste la llamada o no.

En la figura 31, se observa que la respuesta es enviada en sentido contrario a como se produjo la petición, por lo que inicialmente se dirige desde el Terminal 2 al servidor.com.

Mensaje de respuesta SIP, *Ringin*, Terminal 2 - Servidor

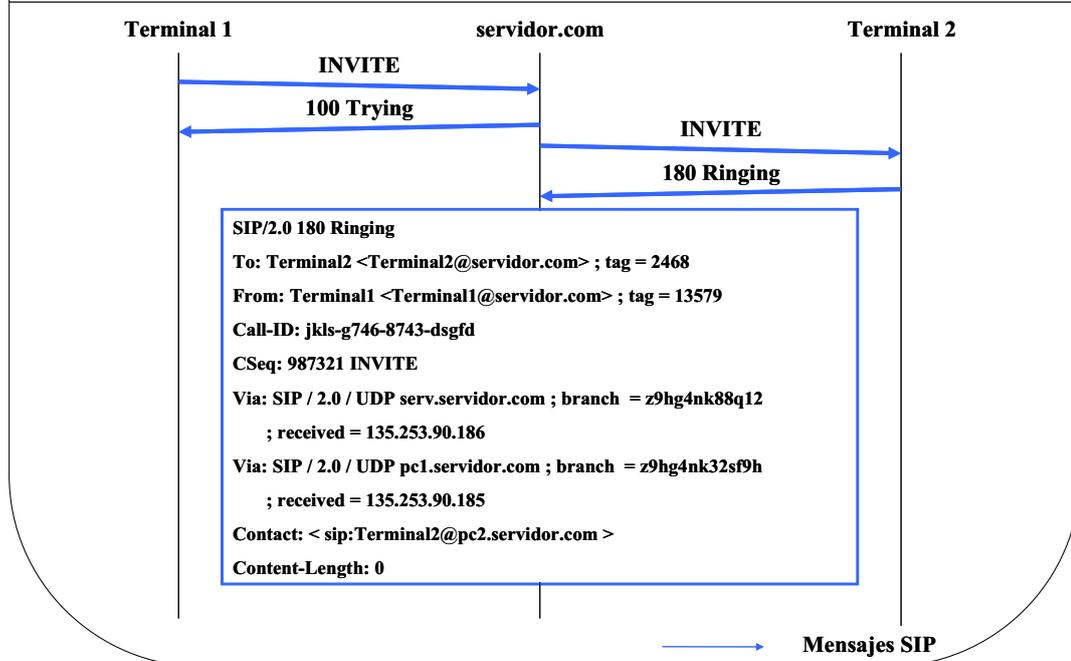


Figura 33. Mensaje de respuesta SIP, *Ringin*, Terminal 2 – Servidor
Autor: Elaboración Propia

El último paso que tiene que recorrer la respuesta, 180 - Ringing, es pasar desde servidor hasta el usuario Terminal 1.

En el momento en que Terminal 1 recibe la respuesta, está al tanto que su petición fue recibida por el Terminal 2 y que debe esperar para saber si se encuentra disponible para atender la llamada. Esto se ilustra en la figura siguiente.

Mensaje de respuesta SIP, *Ringin*, Servidor - Terminal 2

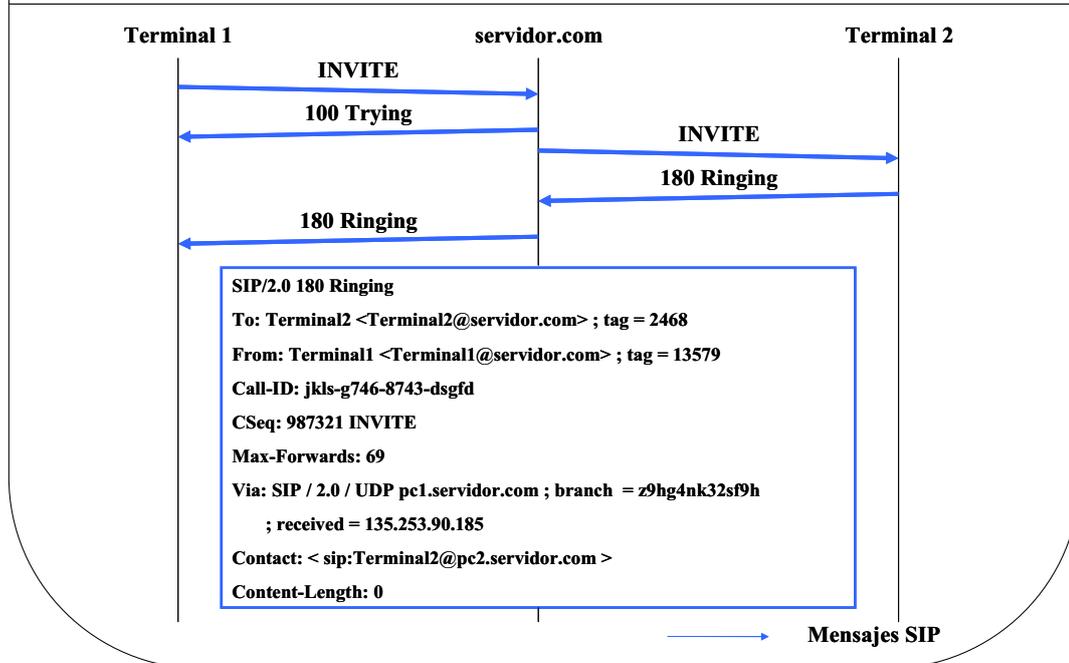


Figura 34. Mensaje de respuesta SIP, *Ringin*, Servidor – Terminal 1
Autor: Elaboración Propia

En esta simulación de llamada se considera que el usuario del Terminal 2 está disponible y puede acceder a contestar la llamada; también pudiese darse el caso que no se encontrarse y se cancelaría el intento de llamada después de consumirse el tiempo estipulado para este fin.

En la figura 35, se aprecia que el usuario del Terminal 2 aceptó la llamada por lo que envía una respuesta final, 200 - OK, al servidor que sirve de intermediario entre los extremos.

Mensaje de respuesta SIP, OK, Terminal 2 - Servidor

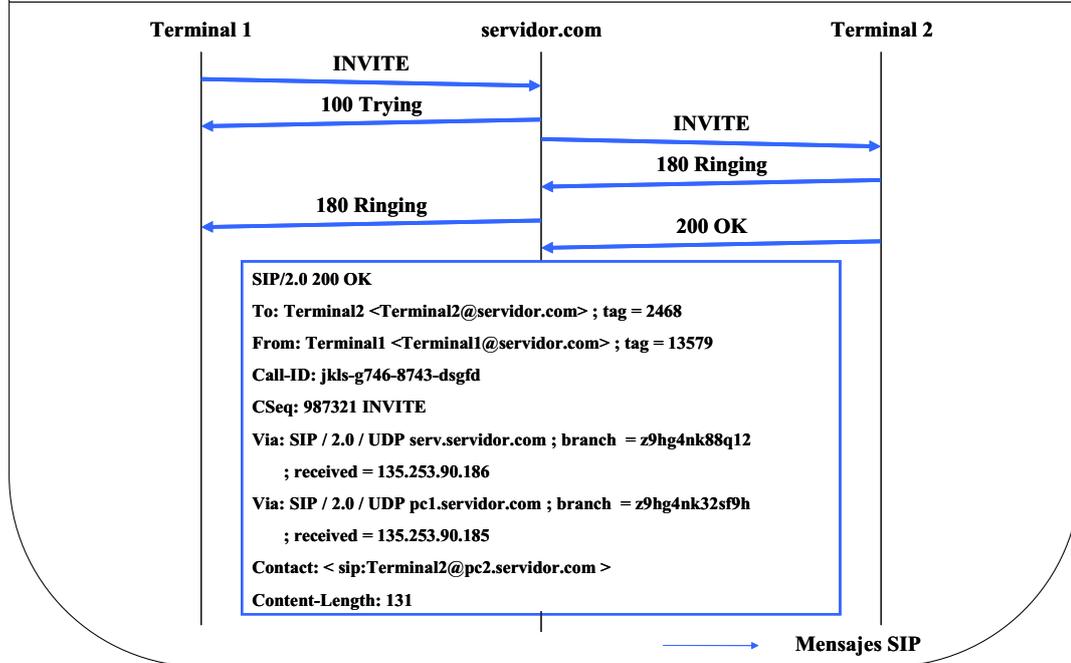


Figura 35. Mensaje de respuesta SIP, OK, Terminal 2 – Servidor
Autor: Elaboración Propia

Una vez que servidor.com recibe la respuesta, 200 - OK, se encarga de remitírsela al Terminal 1, como se muestra en la figura 26, quien es el usuario final de esta respuesta.

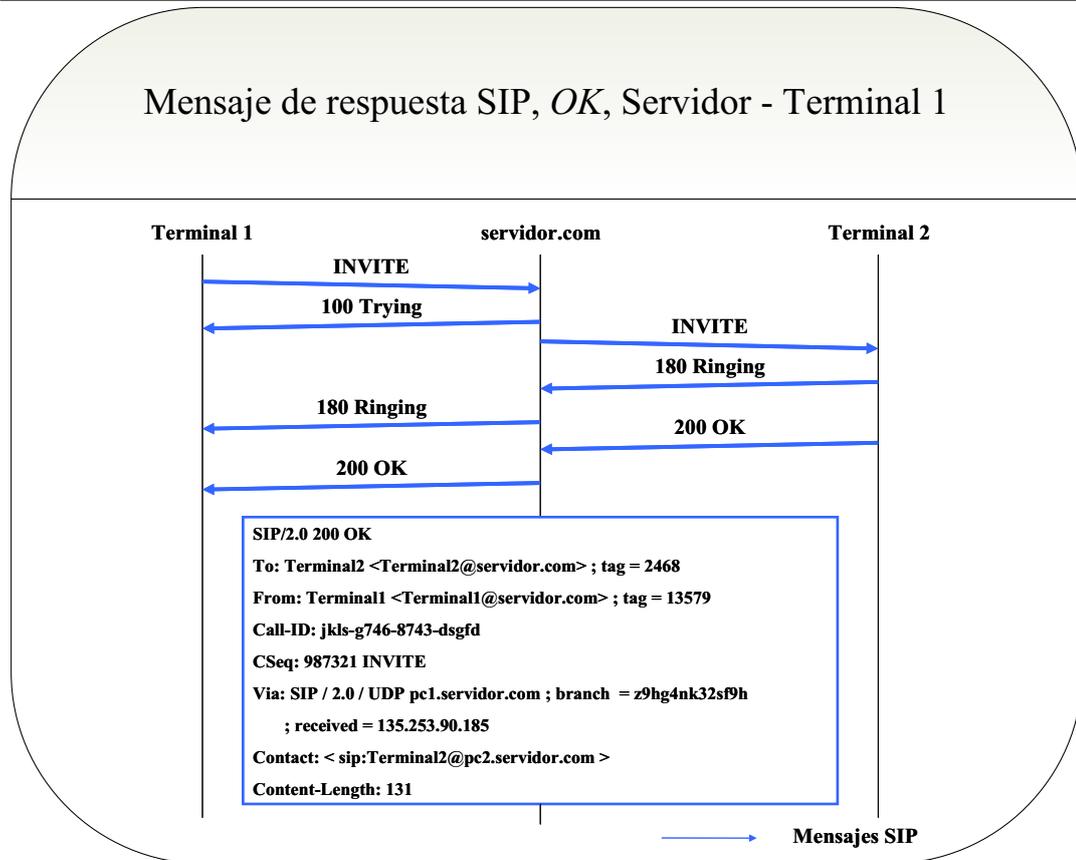


Figura 36. Mensaje de respuesta SIP, OK, Servidor – Terminal 1
Autor: Elaboración Propia

En el momento en que el Terminal 1 recibe la respuesta, 200 - OK, sólo le resta enviar la petición de aceptación, ACK, para establecer la comunicación entre ambos usuarios.

Como se observa en la figura siguiente, está petición va directamente desde el usuario Terminal 1 hasta el Terminal 2, sin necesidad de pasar por el servidor, puesto que ya se conocen las direcciones IP de cada uno de los usuarios.

Mensaje de aceptación SIP, *ACK*, Terminal 1 – Terminal 2

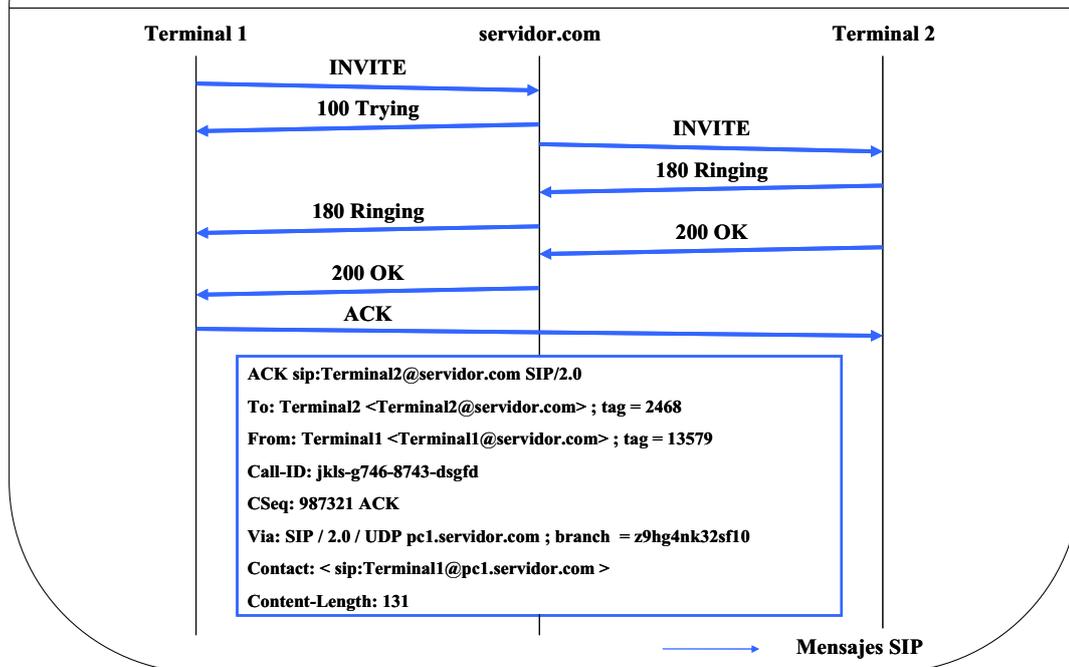


Figura 37. Mensaje de aceptación SIP, *ACK*, Terminal 1 – Terminal 2
Autor: Elaboración Propia

Una vez que el *ACK* llega al Terminal 2, queda abierta la comunicación entre ambos usuarios para el tipo de comunicación que decidieron establecer en el *INVITE*.

La comunicación se establece por el tiempo que los usuarios deseen mantenerla activa. En el momento en que se quiera terminar con la conversación, uno de los usuarios envía la petición *BYE*.

Para este caso se supone que el Usuario del Terminal 2 es quien decide terminar la comunicación, tal y como se observa en la figura siguiente.

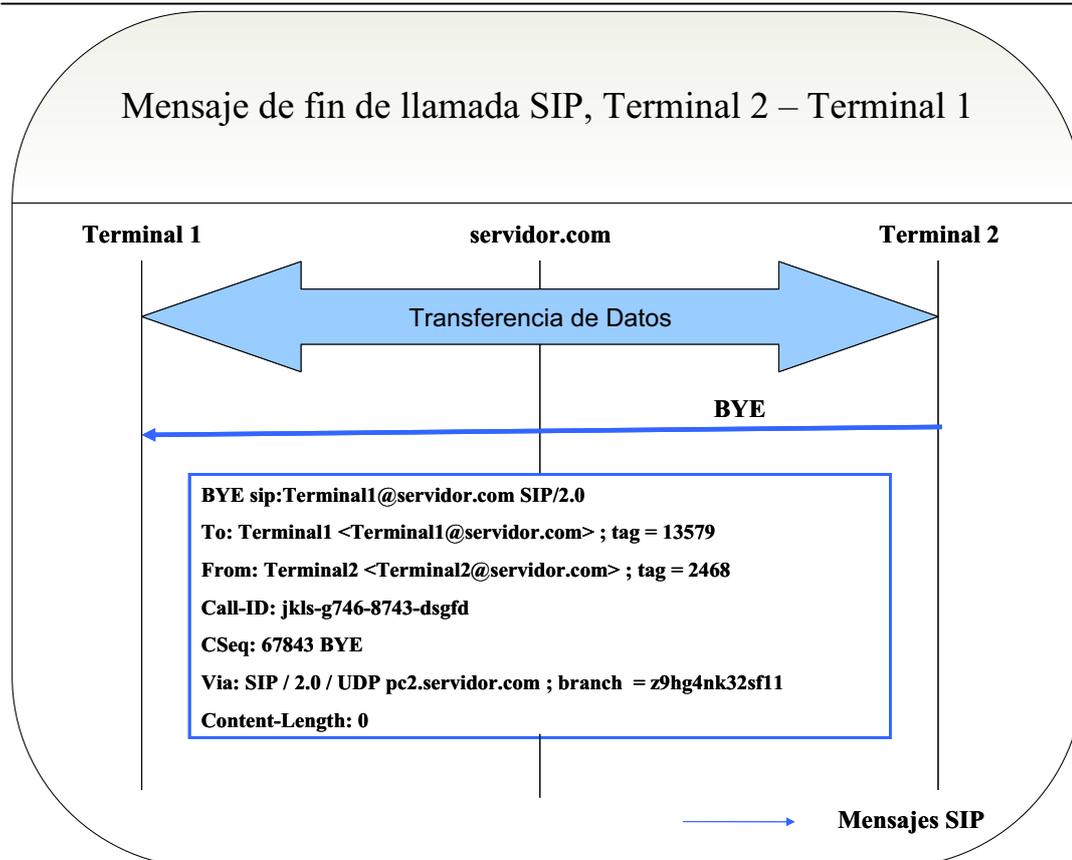


Figura 38. Mensaje de fin de llamada SIP, Terminal 2 – Terminal 1
Autor: Elaboración Propia

La noción de colgar, *Hanging Up*, no está bien definida en SIP. Cuando un usuario cuelga, indica su deseo de terminar el intento de establecer una sesión y/o de terminar cualquier sesión que haya sido creada. Para el UA de quien realiza la llamada, esto implica una petición CANCEL si el INVITE inicial no ha generado una respuesta final, y un BYE para todos los diálogos confirmado después de una respuesta final. Para el UA de quien es llamado, esto implica un BYE. Colgar resultará en un BYE después que un ACK es recibido. Esto no significa que el usuario no pueda colgar antes de haber recibido el ACK, esto simplemente significa que el programa es su teléfono necesita mantener el estado por un instante para salir apropiadamente.

Una vez recibida la petición BYE por el Terminal 1, este se encarga de enviar la respuesta, 200 – OK, y una vez que es recibida por el Terminal 2 se da por concluida totalmente la llamada.

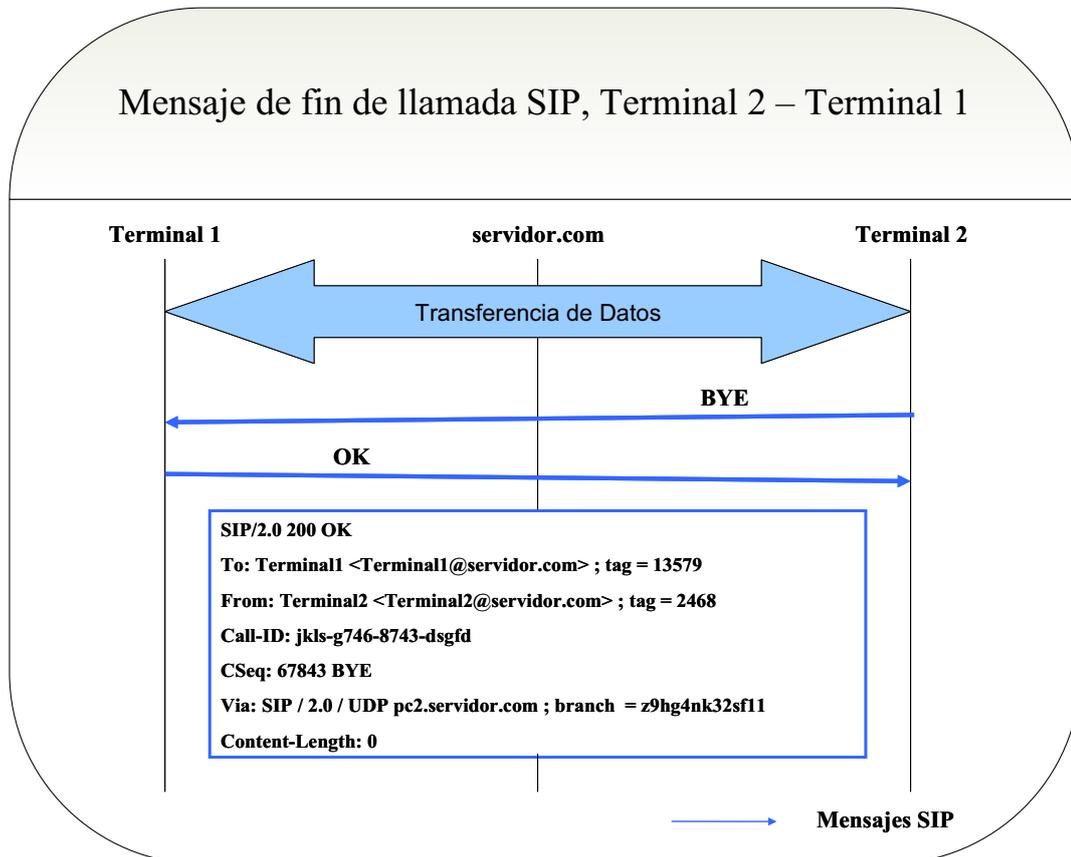


Figura 39. Mensaje de respuesta fin de llamada, Terminal 1 – Terminal 2
Autor: Elaboración Propia

Referencias bibliográficas

Handley, M.; Schuzrinne, H.; Schooler E.; Rosenberg, J. (Marzo de 1999). *SIP: Session Initiation Protocol*. ACIRI; Columbia University; Cal Tech; Bell Labs. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt> (30 de Octubre de 2005)

Hoffman, P.; Masinter, L.; Zawinski, J. (Julio de 1998). *The mailto URL scheme*. Internet Mail Consortium; Xerox Corporation; Netscape Communications. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2368.txt> (10 de Enero de 2006)

Roach, A. B. (Junio de 2002). *Session Initiation Protocol (SIP) - Specific Event Notification*. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3265.txt> (31 de octubre de 2005)

Vaha-Sipila, A. (Abril de 2000). *URLs for Telephone Calls*. Nokia. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2806.txt> (10 de Enero de 2006)

Apéndice D: Virtual Private Networks

D.1 Tecnología de la VPN

Hay dos conceptos que deben tenerse en cuenta al instalar redes privadas virtuales sobre internet, los cuales son seguridad y funcionamiento. El modelo TCP/IP e Internet no fueron diseñados en función de este tipo de aplicaciones, ya que para el momento de su creación no se tenía en mente la existencia de estas necesidades de comunicación, por lo tanto no brindan grandes medidas de seguridad ni un funcionamiento garantizado.

Las redes privadas virtuales pueden llegar a ser los sustitutos de las líneas dedicadas de transmisión de datos, ya que esta es una alternativa más económica. Los estándares de seguridad de datos sobre redes IP han evolucionado, esto permite adaptar las redes basadas en protocolos de internet para crear VPN.

Las VPN deben proveer cuatro (4) funciones críticas las cuales aseguren la seguridad de la información, estas son:

- Autenticación: Asegurarse que la información enviada viene de la fuente que dice haberla enviado
- Control de Acceso: Restringir a usuarios no autorizados el poder obtener acceso a la red.
- Confidencialidad: Prevenir que nadie pueda leer o copiar la data desde Internet.
- Integridad de la Información: Asegurarse de que nadie modifique la información que viaja a través de red basada en protocolos de internet.

Hasta la fecha varios sistemas basados en claves o desafío de pregunta-respuesta, al igual que *tokens* basados en hardware o certificados digitales han sido

utilizados por los administradores de red para autenticar usuarios y mantener el control de acceso a la VPN. También la información es encriptada antes de ser enviada a través en Internet.

Una de las arquitectura son los túneles, *tunnels*, consisten en dos tipos de puntos finales, un simple *host* o una LAN, *Local Area Network*, con un *gateway* de seguridad, el cual puede ser un *router* o un *firewall*. Pudiendo establecerse conexiones entre dos redes de área local o entre un cliente y una red.

Cuatro (4) protocolos han sido sugeridos para la creación de túneles para las VPNs, los cuales son:

- PPTP: *Point to Point Tunneling Protocol*. Referenciado en el RFC-2637.
- L2F: *Layer-2 Forwarding*. RFC-2341.
- L2TP: *Layer-2 Tunneling Protocol*. RFC-2661.
- IPSec: IP Security Protocol. Diseñado para IPv6.

Se emplean varias tecnologías criptográficas para proveer la confidencialidad, la integridad de la información y la autenticación como lo son:

- Intercambio de Claves Diffie-Hellman.
- Algoritmos criptográficos de clave pública.
- Algoritmo de encriptación DES, *Data Encryption Standard*.
- Claves basadas en algoritmos de Hash para la autenticación de paquetes.
- Certificados digitales para validación de claves públicas.

D.2 Tipos de VPNs

Existen dos (2) tipos fundamentales de redes privadas virtuales, las VPNs seguras y las VPNs no seguras.

D.2.1 VPNs Seguras

También conocidas como SVPNs son aquellas redes virtuales que proveen algoritmos de encriptación en los protocolos de creación de túneles, brindando la confiabilidad necesaria, autenticación del origen y la integridad de la información enviada. Los protocolos que cumplen con las SVPNs son: IPSec y PPTP.

D.2.2 VPNs no Seguras

Son aquellas redes virtuales que no proveen algoritmos de encriptación en los protocolos de creación de túneles y dejan la seguridad al proveedor de servicios de la red a la cual están suscritos. Los protocolos que cumplen con estas condiciones son: L2TP y L2F.

Bibliografía

Cisco System, INC. Cisco Networking Academy. (2003) *CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1.1. Módulo 3*.

Gleeson, B.; Lin, A.; Heinanen, J.; Armitage, G; Malis, A. (Febrero de 2000). *A Framework for IP Based Virtual Private Networks*. Nortel Networks; Telia Finland; Lucent Technologies. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2764.txt> (15 de Febrero de 2006)

Hamzeh, K.; Pall, G.; Verthein, W.; Taarud, J.; Little, W.; Zorn, G. (Julio de 1999). *Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP)*. Ascend Communications; Microsoft Corporation; 3Com; Copper Mountain Networks; ECI Telematics. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2637.txt> (16 de Febrero de 2006)

Townsley, W.; Valencia, A.; Rubens, A.; Pall, G.; Zorn, G.; Palter, B. (Agosto de 1999) *Layer Two Tunneling Protocol "L2TP"*. Cisco Systems; Ascend Communications; Microsoft Corporation; Redback Networks. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2661.txt> (16 de Febrero de 2006)

Valencia, A.; Littlewood, M.; Kolar, T. (Mayo de 1998). *Cisco Layer Two Forwarding (Protocol) "L2F"*. Cisco Systems. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2341.txt> (16 de Febrero de 2006).