



**ISBN: 978-99923-993-1-6**

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL USO DE LA TÉCNICA DE ENVÍO DE  
VOZ POR IP (VOIP) EN LA ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA  
ITCA-FEPADE**

SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES

SEDE CENTRAL

ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

DOCENTE INVESTIGADOR RESPONSABLE:

ING. ERWING CHAMAGUA

**SANTA TECLA, SEPTIEMBRE 2012**





**ISBN: 978-99923-993-1-6**

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN APLICADA**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL USO DE LA TÉCNICA DE ENVÍO DE  
VOZ POR IP (VOIP) EN LA ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA  
ITCA-FEPADE**

SEDES Y ESCUELAS PARTICIPANTES

SEDE CENTRAL

ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

DOCENTE INVESTIGADOR RESPONSABLE:

ING. ERWING CHAMAGUA

**SANTA TECLA, SEPTIEMBRE 2012**

### **Autoridades**

#### **Rectora**

Licda. Elsy Escolar Santo Domingo

#### **Vicerrector Académico**

Ing. José Armando Oliva Muñoz

#### **Vicerrectora Técnica Administrativa**

Inga. Frineé Violeta Castillo de Zaldaña

#### **Equipo Editorial**

Lic. Ernesto Girón

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. Jorge Agustín Alfaro

Licda. María Rosa de Benitez

Licda. Vilma Cornejo de Ayala

#### **Dirección de Investigación y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Lic. Ernesto José Andrade

Sra. Edith Cardoza

#### **Autores**

Ing. Erwing Chamagua

#### **FICHA CATALOGRÁFICA**

Elaborado por el Sistema Bibliotecario ITCA - FEPADE

621.385

C36 Chamagua, Erwing

Determinación de factibilidad del uso de la técnica de envío de voz por IP (VoIP) en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE / Por Erving Chamagua.- - Santa Tecla, El Salvador: ITCA- EDITORES, 2012

44 p.: il. ; 28 cm.

ISBN: 978-99923-993-1-6

1. Redes de información. 2. Transmisión de voz y datos. 3. Protocolos de Comunicación. 4. Tecnología de información. I. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. II. Título.

El Documento **Determinación de la factibilidad del uso de la técnica de envío de voz por IP (VOIP) en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE**, es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE. Este informe de investigación ha sido concebido para difundirlo entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de la investigación puede ser reproducida parcial o totalmente, previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE o del autor. Para referirse al contenido, debe citar la fuente de información. El contenido de este documento es responsabilidad del autor.

**Sitio web:** [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

Correo electrónico: [biblioteca@itca.edu.sv](mailto:biblioteca@itca.edu.sv)

Tiraje: 16 ejemplares

PBX: (503) 2132 – 7400

FAX: (503) 2132 – 7423

ISBN: 978-99923-993-1-6

Año 2012

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
INTRODUCCIÓN .....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
Definición del problema .....	6
Justificación .....	7
Objetivos.....	8
Objetivo General:.....	8
Objetivos Específicos:.....	8
Hipótesis .....	8
ANTECEDENTES.....	8
MARCO TEÓRICO.....	9
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	29
RESULTADOS.....	31
CONCLUSIONES .....	41
RECOMENDACIONES .....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el informe final del proyecto de investigación realizado por la Escuela de Computación de la Escuela Especializada en Ingeniería (EEI ITCA-FEPADE) sede central para el año 2008, con el tema “Determinación de factibilidad del uso de la tecnología de VoIP (envío de Voz por Protocolos de Internet) en la EEI ITCA-FEPADE”.

La factibilidad considerada en este proyecto se limita específicamente a la factibilidad técnica y la relacionada con los recursos de enlace de tal forma que sea posible determinar si la institución podría a mediano plazo implementar esta tecnología en el campus de la sede central y de esa forma enlazar con sus regionales ubicadas en el interior del país.

Para lograr este propósito se realizó un estudio a través de las teorías disponibles que muestran los avances y los componentes más actualizados y disponibles con los que se cuenta hasta la fecha para la telefonía IP y que por supuesto nos dan diversas opciones a utilizar en la implementación de esta tecnología. Luego, se realizaron talleres de pruebas con los equipos y software requeridos según el estudio; al final se hizo una implementación parcial de la solución en la escuela de computación y se creó la documentación técnica necesaria para la realización de laboratorios en la difusión del conocimiento.

Entre los beneficios del proyecto se incluye la posibilidad de implementar en la institución a mediano plazo la solución tecnológica presentada y como un producto agregado podemos mencionar el involucramiento de un grupo de alumnos de redes los cuales participaron en la investigación y adquirieron los conocimientos explorados. Por otra parte, los productos generados en el proyecto, parte de la infraestructura y la documentación técnica, están disponibles para ser utilizados en laboratorios de redes donde se desarrolle el tema de Voz sobre IP.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### Definición del problema

Los proyectos de investigación desarrollados en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, están siempre enfocados a generar conocimiento y brindar un beneficio a los estudiantes, la comunidad y a la Institución.

El ITCA-FEPADE, siendo una institución dedicada a la ingeniería, está consciente de la necesidad de explorar y transmitir los conocimientos sobre tecnología de punta. Entre estas tecnologías se encuentra la telefonía de Voz sobre IP.

Existe la necesidad de explorar este campo que presenta un futuro prometedor a los emprendedores de la profesión de redes, convirtiéndose en una buena oportunidad de dotar a los estudiantes del ITCA-FEPADE de estos conocimientos a través de la investigación a nivel institucional.

El proyecto está orientado a investigar sobre las tecnologías disponibles, tanto de software como hardware, que permitan evaluar la factibilidad técnica para implementar telefonía por IP localmente y enlazar la sede central del ITCA-FEPADE con sus regionales. Esto también permitirá obtener una experiencia demostrativa con estudiantes de redes y crear la documentación técnica y pedagógica necesaria para futuros laboratorios en las asignaturas de redes que lo requieran. Los equipos adquiridos para el proyecto, estarán disponibles aun después de la finalización del proyecto para ser utilizados en estos laboratorios.

## JUSTIFICACIÓN

Al observar detenidamente la proyección que tiene el trabajo a realizar y con el cual se establecerán las bases para implementar una solución de telefonía interna en la institución, dispensar el conocimiento a los estudiantes de redes, fomentar la investigación en los estudiantes involucrados en el proyecto y crear un laboratorio para fines de enseñanza continua.

Algunos aspectos del proyecto, que podemos mencionar, los cuales traerán beneficio directo a estudiantes y a la institución son los siguientes:

- Generación de conocimiento sobre la tecnología VoIP que puedan incorporarse en laboratorios de asignaturas de la carrera de redes.
- Comprobación de la agilidad y accesibilidad que se logra con la telefónica IP a través de la red LAN en forma local y con las regionales de la EEI ITCA-FEPADE
- Establecimiento de las bases técnicas para implementar la tecnología VoIP a mediano plazo en la institución la cual funcionará en forma gratuita al utilizar la red local de datos.
- Involucramiento de los alumnos de redes en el proceso de investigación, convirtiéndose en un laboratorio final para estudiantes de la carrera de redes.

Por otra parte, el proyecto permitirá que la institución a través de la Unidad de Informática, diseñe un plan de implementación de la tecnología de VoIP el cual pueda ser ejecutado a mediano plazo logrando así reducir los costos de telefonía interna y los costos incurridos en teléfonos físicos al utilizar teléfonos virtuales en muchos de los casos.

Además de todo lo anterior, esta tecnología puede implementarse utilizando redes avanzadas que permitan conectar telefónicamente a otras instituciones educativas a través de redes avanzadas.

## OBJETIVOS

### *Objetivo General*

Establecer comunicación con tecnología VoIP, para fines pedagógicos, con participación de alumnos y docentes de redes, la cual permita enlaces entre el Sistema de Educación Tecnológica (SET).

### *Objetivos Específicos*

- Realizar un estudio técnico sobre especificaciones de configuración en la tecnología VoIP.
- Crear un modelo o diseño que permita mostrar la solución que será instalada
- Instalar, configurar y poner en funcionamiento un servidor como central telefónica, para brindar el servicio a través de la tecnología de voz por IP.

## HIPÓTESIS

La comunicación telefónica en el ITCA-FEPADE sede central y con sus regionales es posible mediante la implementación de la tecnología de voz sobre IP (VoIP). Además es posible establecer esta comunicación mediante redes académicas avanzadas con otras instituciones que educativas que posean este servicio.

## ANTECEDENTES

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, ha evolucionado gradualmente por la visión que siempre ha mantenido, lo cual le ha permitido formar técnicos de alto nivel y aprovechar todos los recursos tecnológicos a su alcance para el beneficio académico, administrativo y técnico.

En la era de las comunicaciones, sería imposible que la EEI ITCA-FEPADE tomara un papel pasivo en cuanto a implementar algunas tecnologías que redundan en beneficio indiscutible para la institución, como es el caso de la implementación de tecnología VoIP.

Debido a la necesidad de preparar a los alumnos de la institución para adoptar, conocer, instalar, configurar y utilizar nuevas tecnologías, se vuelve un proyecto muy importante para la EEI ITCA-FEPADE la implementación de la infraestructura, software y configuración de tecnologías VoIP para la telefonía interna y externa.

La tecnología de transmisión de voz por IP mediante las redes avanzadas, no solo permitirá la comunicación con las regionales del ITCA-FEPADE, también permitirá enlazar a otros centros especializados, con profesionales que necesiten mantener una comunicación ilimitada en un momento dado con la institución. Por otra parte, cuando la solución esté implementada, será posible realizar demostraciones participativas que permitirán a otros estudiantes y docentes de las regionales, conocer la instalación y la utilización de esta tecnología, lo que permitirá que sean técnicos más competentes en el campo laboral de las comunicaciones.

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE siempre ha estado interesado en el aprovechamiento de la tecnología y por esa razón ha realizado consultas a los expertos informáticos y de redes sobre cómo comunicarse telefónicamente a través de voz sobre IP por medio de la red local de datos y redes avanzadas en el campus de la sede central en forma interna y con sus regionales. Hasta la fecha no se había dado ninguna respuesta clara sobre como innovar en las comunicaciones telefónicas haciendo uso de esta tecnología.

En algunos laboratorios realizados por alumnos de la carrera de redes, se ha puesto de manifiesto algunas alternativas que pueden ser consideradas al proponer el uso de esta tecnología, sin embargo, el estudio detallado que permita evaluar la mejor opción no se ha realizado en años anteriores, convirtiéndose así en un factor determinante para emprender la investigación sobre este tema.

Con este proyecto, se pretende dar respuestas claras sobre la factibilidad técnica para usar tecnología VoIP en el ITCA FEPADE.

## MARCO TEÓRICO

### Historia y Conceptos de Telefonía Convencional y VoIP

La telefonía ha contribuido a la comunicación entre los humanos en el transcurso del tiempo y aunque durante mucho tiempo se ha mantenido estática, en los últimos años ha evolucionado en forma acelerada. A veces parece que hemos olvidado que el propósito de la telefonía es permitir a la gente comunicarse. Se trata de un simple objetivo, de verdad, y debe ser posible para nosotros para que esto ocurra en forma más flexible y creativa y presupuesto que estén disponibles para todos. La industria ha demostrado una falta de voluntad para alcanzar este objetivo, Una gran comunidad de gente apasionada ha asumido la tarea. El problema viene del hecho de que una industria que ha cambiado muy poco en el siglo pasado, muestra poco interés en comenzar ahora<sup>1</sup>. Parte de la historia de la telefonía y su evolución la encontramos a continuación.

---

<sup>1</sup> Asterisk The Future of Telephony. Capítulo 1, Pag.2

*Telefonía Convencional:* La telefonía convencional marcó un hito en la historia de la humanidad haciendo posible la comunicación a distancia entre dos o más interlocutores. Los sistemas de telefonía tradicional están guiados por un sistema muy simple pero ineficiente denominado conmutación de circuitos. La conmutación de circuitos ha sido usada por las operadoras tradicionales por más de 100 años. En este sistema cuando una llamada es realizada la conexión es mantenida durante todo el tiempo que dure la comunicación. A este tipo de comunicación se le llama "circuito" porque la conexión está realizada entre 2 puntos y hacia ambas direcciones. Estos son los fundamentos del sistema de telefonía convencional. En contraposición a esto tenemos las redes de datos, basadas en el concepto de conmutación de paquetes, o sea, una misma comunicación sigue diferentes caminos entre origen y destino durante el tiempo que dura, lo que significa que los recursos que intervienen en una conexión pueden ser utilizados por otras conexiones que se efectúen al mismo tiempo. Es obvio que el segundo tipo de redes proporciona a los operadores una relación ingreso/recursos mayor, es decir, con la misma cantidad de inversión en infraestructura de red, obtiene mayores ingresos con las redes de conmutación de paquetes, pues puede prestar más servicio a sus clientes. Otra oportunidad será prestar más calidad de servicio, velocidad de transmisión, por el mismo precio.

*Telefonía con Tecnología VoIP:* VoIP proviene del inglés Voice Over Internet Protocol, que significa "voz sobre un protocolo de internet". Básicamente VoIP es un método por el cual tomando señales de audio analógicas del tipo de las que se escuchan cuando se habla por teléfono se las transforma en datos digitales que pueden ser transmitidos a través de internet hacia una dirección IP determinada. Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet usando un protocolo IP. Las señales de voz son convertidas en paquetes de información digital que son luego transmitidas a través del Internet. La telefonía IP conjuga dos mundos históricamente separados: la transmisión de voz y la de datos. Se trata de transportar la voz, previamente convertida a datos, entre dos puntos distantes. Esto posibilitaría utilizar las redes de datos para efectuar las llamadas telefónicas, y yendo un poco más allá, desarrollar una única red que se encargue de cursar todo tipo de comunicación, ya sea vocal o de datos. VoIP comenzó como el resultado del trabajo de un grupo de jóvenes en Israel durante 1995. En aquella época la única comunicación posible era de PC-a-PC. Poco más tarde Vocaltec, Inc. anuncio el lanzamiento del primer softphone (software que hace una simulación de teléfono convencional por computadora) al que llamaron "Internet Phone Software". Este softphone estaba hecho para ser usado en una PC hogareña que tenía tarjeta de sonido, micrófono, parlantes y modem. El software funcionaba comprimiendo la señal de voz, convirtiéndola en paquetes de voz que eran enviados por Internet (exactamente igual que hoy). El software sólo funcionaba si las dos PC tenían el mismo software y el mismo hardware. Y fue comercialmente un fracaso principalmente porque las comunicaciones de banda ancha todavía no estaban disponibles. En 1997 un señor llamado Jeff

Pulver decide juntar por primera vez a los pocos usuarios, fabricantes e interesados en esta tecnología en VON, la primer feria/congreso que actualmente sigue siendo el mayor evento de VoIP. En 1998 VoIP dio otro gran salto. Un grupo de emprendedores comenzó a fabricar los primeros ATA/gateways (adaptador que convierte la señal de un teléfono convencional a un protocolo que permite la transmisión por VoIP), para permitir las primeras comunicaciones PC-a-teléfono convencional y finalmente las primeras comunicaciones teléfono-convencional - a - teléfono-convencional (con ATAs en cada extremo). Algunos de estos emprendedores inicialmente daban el servicio sin cargo a sus clientes para que pudieran probar la calidad y la tecnología. Estas llamadas contenían publicidad en el inicio y al final de cada comunicación. Estos servicios solo se prestaban en EEUU y funcionaban gracias a esta publicidad. A menudo debía comenzarse la comunicación a través de una PC para luego pasar a un teléfono convencional. En este punto VoIP sumaba el 1% del total del tráfico de voz. Durante 1998 tres fabricantes comenzaron a fabricar switches de Layer 3 con Quality of Service (QoS) la cual es una característica de algunos routers y switches que priorizan el tráfico de mayor importancia (voz, video en tiempo real) para que este pueda pasar antes que el resto de los datos. El resultado es una mejora del rendimiento del tráfico crítico en la red. En 1999 Cisco vende sus primeras plataformas corporativas para VoIP. Se utilizaba principalmente el protocolo de señalización H323. En el año 2000 VoIP representaba más del 3% del tráfico de voz. El mismo año Mark Spencer un estudiante de la Universidad de Auburn crea Asterisk la primer central telefónica/conmutador basada en Linux con una PC hogareña con un código fuente abierto. Asterisk hoy ofrece una solución freeware para hogares/pequeñas empresas y soluciones IP-PBX corporativas. En 2002 el protocolo SIP (Session Initiation Protocol - para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet) comienza a desplazar al H323. En 2003 dos jóvenes universitarios - Jan Friis y Niklas Zennstrom - crean un softphone gratuito fácilmente instalable en cualquier PC que puede atravesar todos los firewalls y routers inclusive los corporativos. Ese producto es Skype, que se propaga con una velocidad increíble y llega en Diciembre de 2005 a contar con 50 millones de usuarios. Este es el último dato histórico de relevancia sobre VoIP; desde esa fecha se han realizado diversos avances en relación al perfeccionamiento de VoIP.

### **Funcionamiento de la Telefonía**

Aunque las dos tipos de telefonía solventan la necesidad de comunicarse a pequeñas y largas distancias, los avances tecnológicos han proporcionado funcionabilidad y componentes adicionales que hacen más eficientes las comunicaciones y proporcionan algunas comodidades para los seres humanos.

*Telefonía Convencional:* La clave para comprender como funciona la telefonía convencional, es conocer a detalle cómo funciona la central telefónica. La primera función de la central para

establecer una llamada telefónica es la señalización entrante, lo cual consiste en recibir una llamada del cliente que va a llamar, enviar al teléfono de éste el tono de discar y recibir los dígitos que marca el cliente. Cuando la unidad de control recibe las señales entrantes, las procesa. Este procesamiento conduce a dos resultados principales: primero, queda establecido el trayecto de la señal a través de la unidad de conmutación y comienza la etapa de conmutación. En segundo lugar, quedan establecidas las señales salientes que deben enviarse, con lo cual la unidad de conmutación procede a cerrar el trayecto. La unidad de control controla a la de conmutación. La unidad de control tramita la señal para establecer la conexión con el cliente llamado y de inmediato se libera para quedar lista y repetir el proceso con la siguiente llamada que entre. La desconexión de los selectores después de que ha concluido la conversación y de que los dos clientes han colgado, se hace sin la intervención de la unidad de control. El algoritmo para la realización de una llamada por telefonía convencional es el siguiente:

1. Se levanta el teléfono y se escucha el tono de marcado. Esto deja saber que existe una conexión con el operador local de telefonía.
2. Se disca el número de teléfono al que se desea llamar.
3. La llamada es transmitida a través del conmutador de su operador apuntando hacia el teléfono marcado.
4. Una conexión es creada entre el teléfono y la persona a la que se está llamando, entremedio de este proceso el operador de telefonía utiliza varios conmutadores para lograr la comunicación entre las 2 líneas.
5. El teléfono suena a la persona a la que se está llamando y alguien contesta la llamada.
6. La conexión abre el circuito.
7. Se habla por un tiempo determinado y luego cuelga el teléfono.
8. Cuando se cuelga el teléfono el circuito automáticamente es cerrado, de esta manera se libera la línea y todas las líneas que intervinieron en la comunicación.

*Telefonía con Tecnología VoIP:* VoIP puede facilitar tareas que serían más difíciles de realizar usando las redes telefónicas comunes de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Las llamadas telefónicas locales pueden ser automáticamente enrutadas a un teléfono VoIP, sin importar en donde se esté conectado a la red.
- Números telefónicos gratuitos para usar con VoIP están disponibles en Estados Unidos, Reino Unido y otras organizaciones como usuario VoIP.
- Los agentes de Call Center usando teléfonos VoIP pueden trabajar en cualquier lugar con conexión a Internet lo suficientemente rápida.
- Algunos paquetes de VoIP incluyen servicios extra por los que PSTN (Public Switched Telephone Network - Red Telefónica Pública Conmutada) normalmente cobra un cargo extra, o que no se encuentran disponibles en algunos países, como lo son las llamadas de

3 a la vez, retorno de llamada, demarcación automática o identificación de llamadas. Los usuarios de VoIP pueden viajar a cualquier lugar en el mundo y seguir haciendo y recibiendo llamadas de la siguiente forma:

- ✓ Los subscriptores de los servicios de las líneas telefónicas pueden hacer y recibir llamadas locales fuera de su localidad. Por ejemplo, si un usuario tiene un número telefónico en la ciudad de Nueva York y está viajando por Europa y alguien llama a su número telefónico, esta se recibirá en Europa. Además si una llamada es hecha de Europa a Nueva York, ésta será cobrada como llamada local, por supuesto el usuario de viaje por Europa debe tener una conexión a Internet disponible.
- ✓ Los usuarios de mensajería instantánea basada en servicios de VoIP pueden también viajar a cualquier lugar del mundo y hacer-recibir llamadas telefónicas.
- ✓ Los teléfonos VoIP pueden integrarse con otros servicios disponibles en Internet, incluyendo videoconferencias, intercambio de datos y mensajes con otros servicios en paralelo con la conversación, audio conferencias, administración de libros de direcciones e intercambio de información con otros (amigos, compañeros, etc.).

Para definir cómo funciona una comunicación en un entorno VoIP, vamos a suponer que las dos personas que se quieren comunicar tienen servicio a través de un proveedor VoIP y los dos tienen sus teléfonos analógicos conectados mediante el adaptador digital-analógico ATA. El algoritmo para la realización de una llamada por telefonía convencional es el siguiente:

1. Se levanta el teléfono, esto permite enviar una señal al convertidor analógico-digital llamado ATA.
2. El ATA recibe la señal y envía un tono de llamado, esto deja saber que ya se tiene conexión a internet.
3. Se marca el número de teléfono de la persona a la que se desea llamar, los números son convertidos a digital por el ATA y guardados temporalmente.
4. Los datos del número telefónico son enviados al proveedor de VoIP. Las computadoras del proveedor VoIP revisan este número para asegurarse que está en un formato válido.
5. El proveedor determina a quién corresponde este número y lo transforma en una dirección IP.
6. El proveedor conecta los dos dispositivos que intervienen en la llamada. En la otra punta, una señal es enviada al ATA de la persona que recibe la llamada para que este haga sonar el teléfono de la otra persona.
7. Una vez que la otra persona levanta el teléfono, una comunicación es establecida entre la computadora origen y la computadora de la otra persona. Esto significa que cada sistema está esperando recibir paquetes del otro sistema. En el medio, la infraestructura de internet maneja los paquetes de voz, de la misma forma que haría con un email o con una página

web. Cada sistema debe estar funcionando en el mismo protocolo para poder comunicarse. Los sistemas implementan dos canales, uno en cada dirección.

8. Se habla por un periodo de tiempo. Durante la conversación, el sistema origen y el sistema de la persona que se está llamando transmiten y reciben paquetes entre si.
9. Cuando se termina la llamada, se cuelga el teléfono. En este momento el circuito es cerrado.
10. El ATA envía una señal al proveedor de Telefonía IP informando que la llamada ha sido concluida.

### **Teoría Fundamental sobre la Telefonía a Través de VoIP**

Para poner la base teórica sobre la tecnología de voz sobre IP debemos documentarnos y comprender muchos aspectos fundamentales los cuales nos servirán para crear un modelo funcional adecuado. Esta teoría fundamental se encuentra a continuación.

*Intercambio de Paquetes en la Telefonía IP.* Mientras la conmutación de paquetes mantiene la conexión abierta y constante, el intercambio de paquetes que utilizan la telefonía IP solo abre una pequeña conexión, suficientemente extensa para enviar una pequeña porción de información llamada paquete, de un sistema a otro. Esto funciona así:

- La computadora que envía divide la información en pequeños paquetes, con una dirección en cada uno que indica a los dispositivos de red donde enviar los mismos.
- En cada paquete hay una porción de la información que se está enviando, la voz.
- La computadora emisora envía un paquete al router más cercano y se olvida del mismo. El router cercano envía el paquete a otro router que se encuentre más cerca del destino, ese router se lo envía a otro que se encuentra todavía más cerca del destino, ese a otro más cerca, y así sucesivamente.
- Cuando la computadora receptora finalmente recibe los paquetes (que pueden haber tomado caminos completamente diferentes para llegar ahí), usa las instrucciones contenidas en los paquetes para rearmar los datos en su estado original.
- El intercambio de paquetes es muy eficiente. Deja a la red enviar los paquetes a lo largo de las rutas menos congestionadas. También libera a las computadoras de forma que estas pueden también aceptar información proveniente de otras computadoras.

*Tipos de Conexión en la Telefonía IP.* Utilizando VoIP no existe sólo una forma de realizar una llamada, algunas opciones que nos presenta esta tecnología son:

- ATA: (Analog Telephone Adaptor) Esta es la forma más simple. Este adaptador permite conectar teléfonos comunes (de los que se utilizan en la telefonía convencional) a la computadora o a la red para utilizarlos con VoIP. El adaptador ATA es básicamente un

transformador de analógico a digital; este toma la señal de la línea de teléfono tradicional y la convierte en datos digitales listos para ser transmitidos a través de internet. Algunos proveedores de VoIP están regalando adaptadores ATA junto con sus servicios, estos adaptadores ya vienen pre-configurados y basta con enchufarlos para que comiencen a funcionar<sup>2</sup>. Entre los ATAs que existen, podemos mencionar los siguientes:

- Gateway con puerto FXS a Ethernet: Es el ATA más común y tiene por lo menos un puerto con enchufe telefónico (Puerto FXS) usado para conectar un teléfono convencional y un puerto ethernet usado para conectar el ATA a Internet a través del modem-ADSL/cable-modem/router.
- Gateway con puerto FXS a USB: Es un dispositivo con por lo menos un puerto FXS para conectar un teléfono convencional y un conector USB para conectar el ATA a una computadora personal. A diferencia del adaptador FXS a Ethernet, el adaptador FXS a USB no se comunica directamente con un servidor VoIP, por lo que requiere de un software que corra en la computadora personal. Este software comunica con el servidor VoIP remoto y efectúa la codificación y la decodificación. Los adaptadores FXS a USB además requieren los drivers para USB que pueden no estar disponibles en todas las plataformas o sistemas operativos.
- Gateway FXO: Permite conectar un llamado IP con una línea telefónica. De esta manera un llamado VoIP entrante desde un país lejano obtiene tono de línea convencional y puede discar un número local a través de la red telefónica local. O al revés, un llamado local puede ingresar al gateway FXO, obtener tono IP, y discar el número VoIP de un país lejano. El puerto donde se conecta la línea externa se denomina FXO. Los gateways permiten desviar llamados a números prefijados en forma automática. Existen ATAs que incorporan un gateway FXO y por lo tanto tienen un puerto FXS y un puerto FXO. Cada uno de estos puertos tendrá un número VoIP distinto. De esta manera si un llamado VoIP entrante llama al puerto FXO obtendrá tono de línea convencional, si llama al puerto FXS hará sonar el timbre del teléfono conectado a él. Conectando un gateway FXO a un número interno de una central telefónica permite que todos los usuarios de esa central telefónica puedan acceder a tono de línea VoIP llamando a ese número interno.
- Teléfonos IP (hardphones): Estos teléfonos a primera vista se ven como los teléfonos convencionales, con un tubo, una base y cables. Sin embargo los teléfonos IP en lugar de tener un conector RJ-11 para conectar a las líneas de teléfono convencional estos vienen con un conector RJ-45 para conectar directamente al router de la red y tienen todo el hardware y software necesario para manejar correctamente las llamadas VOIP. Próximamente, teléfonos celulares con Wi-Fi (sistema de envío de datos sobre redes

---

<sup>2</sup> Asterisk The Future of Telephony. Capítulo 1, Pag.29

computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables) van a estar disponibles permitiendo llamadas VOIP a personas que utilicen este tipo de teléfonos siempre que exista conectividad a internet.

- Computadora a Computadora: Esta es la manera más fácil de utilizar VoIP, todo lo que se necesita es un micrófono, parlantes y una tarjeta de sonido, además de una conexión a internet preferentemente de banda ancha. Exceptuando los costos del servicio de internet usualmente no existe cargo alguno por este tipo de comunicaciones VoIP entre computadora y computadora, no importa las distancias.

#### *Arquitecturas de Red para VoIP*

1. Terminales: Son los sustitutos de los actuales teléfonos y se pueden implementar en Software como en Hardware.
2. Gatekeepers: El Gatekeeper actúa en conjunción con varios Gateways, y se encarga de realizar tareas de autenticación de usuarios, control de ancho de banda, encaminamiento IP, se puede decir que es el cerebro de la red de telefonía IP. No todos los sistemas utilizados por los PSTI's son compatibles (Gateway, Gatekeeper) entre sí. Este ha sido uno de los motivos que ha impedido que la telefonía IP se haya extendido con mayor rapidez.
3. Gateways: El Gateway es el elemento encargado de hacer de puente entre la red telefónica convencional (RTB) y la red IP. Cuando un teléfono convencional trata de hacer una llamada IP, alguien tiene que encargarse de convertir la señal analógica en un caudal de paquetes IP, y viceversa. Esta es una de las funciones del Gateway, que también ofrece una manera de que un dispositivo no IP pueda comunicarse con otro IP. Por una parte se conecta a una central telefónica, y por la otra a una red IP.

*Llamadas de Teléfono a Teléfono:* En un caso donde el origen como el destino necesitan ponerse en contacto con un Gateway, el teléfono A descuelga y solicita efectuar una llamada a B. El Gateway de A solicita información al Gatekeeper sobre cómo alcanzar a B, y éste le responde con la dirección IP del Gateway que da servicio a B. Entonces el Gateway de A convierte la señal analógica del teléfono A en un caudal de paquetes IP que encamina hacia el Gateway de B, el cuál va regenerando la señal analógica a partir del caudal de paquetes IP que recibe con destino al teléfono B. Por tanto tenemos una comunicación telefónica convencional entre el teléfono A y el Gateway que le da servicio (Gateway A), una comunicación de datos a través de una red IP, entre el Gateway A y el B, y una comunicación telefónica convencional entre el Gateway que da servicio al teléfono B (Gateway B), y éste. Es decir, dos llamadas telefónicas convencionales, y una comunicación IP.

*Llamadas PC a Teléfono o Viceversa:* En este caso sólo un extremo necesita ponerse en contacto con un Gateway. El PC debe contar con una aplicación que sea capaz de establecer y mantener una llamada telefónica. Supongamos que un ordenador A trata de llamar a un teléfono B. En primer lugar la aplicación telefónica de A ha de solicitar información al Gatekeeper, que le proporcionará la dirección IP del Gateway que da servicio a B. Entonces la aplicación telefónica de A establece una conexión de datos, a través de la Red IP, con el Gateway de B, el cuál va regenerando la señal analógica a partir del caudal de paquetes IP que recibe con destino al teléfono B. El Gateway de B se encarga de enviar la señal analógica al teléfono B. Por tanto se da una comunicación de datos a través de una red IP, entre el ordenador A y el Gateway de B, y una comunicación telefónica convencional entre el Gateway que da servicio al teléfono B (Gateway B), y éste. Es decir, una llamada telefónica convencional, y una comunicación IP.

*Llamadas de PC a PC:* En este caso la cosa cambia. Ambos ordenadores sólo necesitan tener instalada la misma aplicación encargada de gestionar la llamada telefónica, y estar conectados a la Red IP, Internet generalmente, para poder efectuar una llamada IP. Al fin y al cabo es como cualquier otra aplicación Internet, por ejemplo un chat.

*Actores de la Telefonía IP:* En primer lugar tenemos al Proveedor de Servicios de Telefonía por Internet (PSTI, o ISTEP en inglés). Proporciona servicio a un usuario conectado a Internet que quiere mantener una comunicación con un teléfono convencional, es decir, llamadas PC a teléfono. Cuenta con Gateways conectados a la red telefónica en diversos puntos por una parte, y a su propia red IP por otra. Cuando un usuario de PC solicita llamar a un teléfono normal, su red IP se hace cargo de llevar la comunicación hasta el Gateway que da servicio al teléfono de destino. Conforme se van extendiendo los PSTI por todo el mundo, lo que se hace es establecer acuerdos económicos con otros PSTI, para intercambiar llamadas IP.

#### *Codecs en VoIP*

Un Codec, que proviene del término inglés coder-decoder, convierte una señal de audio analógico en un formato de audio digital para transmitirlo y luego convertirlo nuevamente a un formato descomprimido de señal de audio para poder reproducirlo. Esta es la esencia del VoIP, la conversión de señales entre analógico y digital.

Los codecs son los algoritmos empleados para transformar la voz en un conjunto de datos que puedan ser enviados a través de las redes de comunicaciones digitales y manipulados por los equipos informáticos. Esta transformación puede realizarse de muy diferentes maneras, obteniendo como resultado una señal de datos que representa el sonido original con menor o

mayor calidad y que ocupara un ancho de banda determinado en la transformación por nuestra red<sup>3</sup>.

Los codecs realizan esta tarea de conversión tomando muestras de la señal de audio miles de veces por segundo. Por ejemplo, el codec G.711 toma 64,000 muestras por segundo. Convierte cada pequeña muestra en información digital y lo comprime para su transmisión. Cuando las 64,000 muestras son reconstruidas, los pedacitos de audio que se pierden entre medio de estas son tan pequeños que es imposible para el oído humano notar esta pérdida, esta suena como una sucesión continua de audio. Existen diferentes frecuencias de la señal en VoIP, esto depende del codec que se este usando, entre las que podemos mencionar:

- 64,000 veces por segundo
- 32,000 veces por segundo
- 8,000 veces por segundo

Un codec G728A tiene una frecuencia de muestreo de 8,000 veces por segundo y es el codec mayormente usado en VoIP. Tiene el balance justo entre calidad de sonido y eficiencia en el uso de ancho de banda.

Los codecs operan usando algoritmos avanzados que les permiten tomar las muestras, ordenar, comprimir y empaquetar los datos. El algoritmo CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction) es uno de los algoritmos más comunes en VoIP, el cual ayuda a organizar el ancho de banda disponible.

#### *Protocolos de VoIP*

Los protocolos que son usados para llevar las señales de voz sobre la red IP son comúnmente referidos como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. Pueden ser vistos como implementaciones comerciales de la "Red experimental de Protocolo de Voz" (1973), inventada por ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*).

Existen varios protocolos (lenguajes que utilizan los distintos dispositivos VoIP para su conexión) comúnmente usados para VoIP, estos protocolos definen la manera en que por ejemplo los codecs se conectan entre si y hacia otras redes usando VoIP. Estos también incluyen especificaciones para codecs de audio.

Por orden de antigüedad (de más antiguo a más nuevo) los protocolos para VoIP son los siguientes:

---

<sup>3</sup> Publicación KANOTIK, Ingeniería de Comunicación, Pagina 6

- H.323 - Protocolo definido por la ITU-T
- SIP - Protocolo definido por la IETF
- Megaco (También conocido como H.248) y MGCP - Protocolos de control
- Skinny Cliente Control Protocol - Protocolo propiedad de Cisco
- MiNet - Protocolo propiedad de Mitel
- CorNet-IP - Protocolo propiedad de SIEMENS
- IAX - Protocolo original para la comunicación entre PBXs Asterisk (obsoleto)
- Skipe - Protocolo propietario peer-to-peer utilizado en la aplicación Skipe
- IAX2 - Protocolo para la comunicación entre PBX Asterisk en reemplazo de IAX
- Jingle – Protocolo abierto utilizado en tecnología Jabber
- Telme- Protocolo propietario Woip2 utilizado en la aplicación DeskCall
- MGGCP- Protocolo propietario de Cisco

Entre los protocolos de señalización para VoIP tenemos el H.323 y el SIP (Session Initiation Protocol) los cuales hacen las siguientes funciones:

- Loguearse / desloguearse de un servidor VoIP remoto
- Transmitir las claves de inicio, fin, corte, ok, invitación
- Indicar que tipo de datos se están transmitiendo
- Transmitir la dirección de origen y destino

Los códigos de señal más importantes son H323 y SIP. Adicionalmente ha de mencionarse el código IAX2 desarrollado para troncales entre centrales telefónicas IP desarrolladas por Asterisk.

### *El Protocolo H.323*

El protocolo más usado es el H.323, un estándar creado por la ITU (International Telecommunication Union) link H323 es un protocolo muy complejo que fue originalmente pensado para videoconferencias. Este provee especificaciones para conferencias interactivas en tiempo real, para compartir data y audio como aplicaciones VoIP. Actualmente H323 incorpora muchos protocolos individuales que fueron desarrollados para aplicaciones específicas. Este protocolo, representa una larga colección de protocolos y especificaciones. Eso es lo que lo permite ser usado en tantas aplicaciones. El problema con H.323 es que no fue específicamente dirigido a VoIP. El H.323 es una recomendación del ITU-T (International Telecommunication Union), que define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red. A partir del año 2000 se encuentra implementada por varias aplicaciones de Internet que funcionan en tiempo real como Microsoft NetMeeting y GnomeMeeting (este último utiliza la implementación OpenH323). Es una parte de la serie de

protocolos H.32x, los cuales también dirigen las comunicaciones sobre RDSI, RTC o SS7. El H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP (VoIP) y para videoconferencia basada en IP. Es un conjunto de normas (recomendación paraguas) ITU para comunicaciones multimedia que hacen referencia a los terminales, equipos y servicios estableciendo una señalización en redes IP. No garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite pasarelas, permitiendo usar más de un canal de cada tipo (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo.

Los elementos que conforman la topología clásica de una red basada en H-323 son:

- Gatekeeper: Realiza el control de llamada en una zona. Es opcional pero su uso está recomendado, de modo que si existe, su uso será obligatorio. Traduce direcciones, ofrece servicio de directorio, control de admisión de terminales, control de consumo de recursos y procesa la autorización de llamadas, así como también puede encaminar la señalización.
- Gateway: Es el acceso a otras redes, de modo que realiza funciones de transcodificación y traducción de señalización.
- MCU: Soporte multiconferencia. Se encarga de la negociación de capacidades.
- H.323 tiene referencias hacia algunos otros protocolos de ITU-T como:
- H.225.0 - Protocolo utilizado para describir la señal de llamada, el medio (audio y video), el empaquetamiento de las tramas, la sincronización de tramas de medio y los formatos de los mensajes de control.
- H.245 - Protocolo de control para comunicaciones multimedia. Describe los mensajes y procedimientos utilizados para abrir y cerrar canales lógicos para audio, video y datos, capacidad de intercambio, control e indicaciones.
- H.450 - Describe los Servicios Suplementarios.
- H.235 - Describe la seguridad de H.323.
- H.239 - Describe el uso de la doble trama en videoconferencia, normalmente uno para video en tiempo real y la otra para presentación.
- H.281 - Describe el control de cámara lejana para movimientos PTZ (Pan-Tilt-Zoom)

#### *El protocolo SIP*

Es un protocolo desarrollado por el IETF MMUSIC Working Group, con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos online y realidad virtual. En Noviembre del año 2000, SIP fue aceptado como el protocolo de

señalización de 3GPP y elemento permanente de la arquitectura IMS (*IP Multimedia Subsystem*). SIP es uno de los protocolos de señalización para voz sobre IP. Es una alternativa al H.323.

SIP es un protocolo mucho más lineal, desarrollado específicamente para aplicaciones de VoIP. Más chicas y más eficientes que H.323. SIP toma ventaja de los protocolos existentes para manejar ciertas partes del proceso; uno de los desafíos que enfrenta el VoIP es que los protocolos que se utilizan a lo largo del mundo no son siempre compatibles. Llamadas VoIP entre diferentes redes pueden meterse en problemas si chocan distintos protocolos. Como VoIP es una nueva tecnología, este problema de compatibilidad va a seguir siendo un problema hasta que se genere un estándar para el protocolo VoIP.

El protocolo SIP permite el establecimiento de sesiones multimedia entre dos o más usuarios. Para hacerlo se vale del intercambio de mensajes entre las partes que quieren comunicarse.

El protocolo SIP fue diseñado con el concepto de "caja de herramientas", es decir, el protocolo SIP se vale de las funciones aportadas por otros protocolos, las que da por hechas y no vuelve a desarrollarlas. Debido a este concepto SIP funciona en colaboración con otros muchos protocolos. El protocolo SIP se concentra en el establecimiento, modificación y terminación de las sesiones, se complementa, entre otros, con el SDP, que describe el contenido multimedia de la sesión, por ejemplo qué direcciones IP, puertos y codecs se usarán durante la comunicación. También se complementa con el RTP (*Real-time Transport Protocol*). RTP es el verdadero portador para el contenido de voz y video que intercambian los participantes en una sesión establecida por SIP.

Otro concepto importante en su diseño es el de extensibilidad. Esto significa que las funciones básicas del protocolo, definidas en la RFC 3261, pueden ser extendidas mediante otras RFC (*Requests for Comments*) dotando al protocolo de funciones más potentes.

Las funciones básicas del protocolo incluyen:

- Determinar la ubicación de los usuarios
- Establecer, modificar y terminar sesiones multipartitas entre usuarios.

El protocolo SIP adopta el modelo cliente-servidor y es transaccional. El cliente realiza peticiones (requests) que el servidor atiende y genera una o más respuestas (dependiendo de la naturaleza de la petición). Por ejemplo para iniciar una sesión el cliente realiza una petición con el método INVITE en donde indica con qué usuario (o recurso) quiere establecer la sesión. El servidor responde ya sea rechazando o aceptando esa petición en una serie de respuestas. Las respuestas llevan un código de estado que brindan información acerca de si las peticiones

fueron resueltas con éxito o si se produjo un error. La petición inicial y todas sus respuestas constituyen una transacción.

Los servidores, por defecto, utilizan el puerto 5060 en TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*) para recibir las peticiones de los clientes SIP.

Como una de las principales aplicaciones del protocolo SIP es la telefonía, un objetivo de SIP fue aportar un conjunto de las funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la red pública conmutada de telefonía. Así, implementó funciones típicas de dicha red, como son: llamar a un número, provocar que un teléfono suene al ser llamado, escuchar la señal de tono o de ocupado. La implementación y terminología en SIP son diferentes. SIP también implementa muchas de las más avanzadas características del procesamiento de llamadas de SS7 (Sistema de Señalización de Canal Común Numero 7), aunque los dos protocolos son muy diferentes. SS7 es altamente centralizado, caracterizado por una compleja arquitectura central de red y unos terminales tontos (los tradicionales teléfonos de auricular). SIP es un protocolo peer to peer (también llamado p2p). Como tal requiere un núcleo de red sencillo (y altamente escalable) con inteligencia distribuida en los extremos de la red, incluida en los terminales (ya sea mediante hardware o software). Muchas características de SIP son implementadas en los terminales en oposición a las tradicionales características de SS7, que son implementadas en la red.

Aunque existen muchos otros protocolos de señalización para VoIP, SIP se caracteriza porque sus promotores tienen sus raíces en la comunidad IP y no en la industria de las telecomunicaciones. SIP ha sido estandarizado y dirigido principalmente por el IETF mientras que el protocolo de VoIP H.323 ha sido tradicionalmente más asociado con la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sin embargo, las dos organizaciones han promocionado ambos protocolos del mismo modo.

SIP es similar a HTTP y comparte con él algunos de sus principios de diseño: es legible por humanos y sigue una estructura de petición-respuesta. Los promotores de SIP afirman que es más simple que H.323. Sin embargo, aunque originalmente SIP tenía como objetivo la simplicidad, en su estado actual se ha vuelto tan complejo como H.323. SIP comparte muchos códigos de estado de HTTP, como el familiar '404 no encontrado' (*404 not found*). SIP y H.323 no se limitan a comunicaciones de voz y pueden mediar en cualquier tipo de sesión comunicativa desde voz hasta vídeo o futuras aplicaciones todavía sin realizar.

#### *VoIP Utilizando el Protocolo SIP*

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP (Protocolo de Transporte de Tiempo Real)

y SDP (Protocolo de Descripción de Sesión). El protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real (igual que para el protocolo H323, mientras que el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.).

*Agentes de Usuario:* Los usuarios, que pueden ser seres humanos o aplicaciones de software, utilizan para establecer sesiones lo que el protocolo SIP denomina "Agentes de usuario". Estos no son más que los puntos extremos del protocolo, es decir son los que emiten y consumen los mensajes del protocolo SIP. Un videoteléfono, un teléfono, un cliente de software (softphone) y cualquier otro dispositivo similar es para el protocolo SIP un agente de usuario.

El protocolo SIP no se ocupa de la interfaz de estos dispositivos con el usuario final, sólo se interesa en los mensajes que estos generan y cómo se comportan al recibir determinados mensajes.

Los agentes de usuario se comportan como clientes (*UAC: User Agent Clients*) y como servidores (*UAS: User Agent Servers*). Son UAC cuando realizan una petición y son UAS cuando la reciben. Por esto los agentes de usuario deben implementar un UAC y un UAS.

Además de los agentes de usuario existen otras entidades que intervienen en el protocolo, estos son los Servidores de Registro o *Registrar*, los Proxy y los Redirectores.

*Servidores de Registro o Registrar:* El protocolo SIP permite establecer la ubicación física de un usuario determinado, esto es en qué punto de la red está conectado. Para ello se vale del mecanismo de registración. Este mecanismo funciona como sigue: "Cada usuario tiene una dirección lógica que es invariable respecto de la ubicación física del usuario. Una dirección lógica del protocolo SIP es de la forma *usuario@dominio* es decir tiene la misma forma que una dirección de correo electrónico. La dirección física (denominada "dirección de contacto") es dependiente del lugar en donde el usuario está conectado (de su dirección IP). Cuando un usuario inicializa su terminal (por ejemplo conectando su teléfono o abriendo su software de telefonía SIP) el agente de usuario SIP que reside en dicho terminal envía una petición con el método REGISTER a un Servidor de Registro, informando a qué dirección física debe asociarse la dirección lógica del usuario. El servidor de registro realiza entonces dicha asociación (denominada *binding*). Esta asociación tiene un período de vigencia y si no es renovada, caduca. También puede terminarse mediante una deregistración. La forma en que dicha asociación es almacenada en la red no es determinada por el protocolo SIP, pero es vital que los elementos de la red SIP accedan a dicha información".

*Servidores Proxy y de Redirección:* Para encaminar un mensaje entre un agente de usuario cliente y un agente de usuario servidor normalmente se recurre a los servidores. Los servidores pueden actuar de dos maneras:

1. Como Proxy, encaminando el mensaje hacia destino,
2. Como Redirector (*Redirect*) generando una respuesta que indica al originante la dirección del destino o de otro servidor que lo acerque al destino.

La principal diferencia es que el servidor proxy queda formando parte del camino entre el UAC y el (o los) UAS, mientras que el servidor de redirección una vez que indica al UAC cómo encaminar el mensaje ya no interviene más.

Un mismo servidor puede actuar como Redirector o como Proxy dependiendo de la situación.

*Casos típicos de servidores:* Un conjunto de usuarios que pertenecen a una compañía o proveedor de servicios de comunicaciones, conforman un dominio. Este dominio, que se indica en una dirección SIP después del carácter "@" es normalmente atendido por un servidor (o más de uno). Este servidor recibe las peticiones hacia sus usuarios. Este servidor será el encargado de determinar la dirección física del usuario llamado. Un servidor que recibe las peticiones destinadas a un dominio específico es denominado servidor entrante (*Inbound Server*).

Es habitual también, que exista un servidor que reciba las peticiones originadas por los usuarios de un dominio hacia otros dominios. Este recibe el nombre de Servidor Saliente (*Outbound Server*).

Un agente de usuario normalmente encamina todos sus pedidos hacia un servidor de su propio dominio. Es este quien determina (por sus propios medios o valiéndose de otros servidores) las ubicaciones de los usuarios que son llamados por el agente de usuario en cuestión.

*Formato de los mensajes:* Los mensajes que se intercambian en el protocolo SIP pueden ser peticiones o respuestas. Las peticiones tienen una línea de petición, una serie de encabezados y un cuerpo, por otro lado las respuestas tienen una línea de respuesta, una serie de encabezados y un cuerpo.

En la línea de petición se indica el propósito de la petición y el destinatario de la petición. Las peticiones tienen distintas funciones. El propósito de una petición está determinado por lo que se denomina el Método (*Method*) de dicha petición, que no es más que un identificador del

propósito de la petición. En la [RFC 3261] se definen los métodos básicos del protocolo. Existen otros métodos definidos en extensiones al protocolo SIP.

En la línea de respuesta se indica el código de estado de la respuesta que es un número mostrando el resultado del procesamiento de la petición.

Los encabezados de peticiones y respuestas se utilizan para diversas funciones del protocolo relacionadas con el encaminamiento de los mensajes, autenticación de los usuarios, entre otras. La extensibilidad del protocolo permite crear nuevos encabezados para los mensajes agregando de esta manera funcionalidad.

El cuerpo de los mensajes es opcional y se utiliza entre otras cosas para transportar las descripciones de las sesiones que se quieren establecer, utilizando la sintaxis del protocolo SDP.

*Flujo de establecimiento de una sesión:* El flujo habitual del establecimiento de una sesión mediante el protocolo SIP es el siguiente: “Un usuario ingresa la dirección lógica de la persona con la que quiere comunicarse, puede indicar al terminal también las características de la sesión que quiere establecer (voz, voz y video, etc.), o estas pueden estar implícitas por el tipo de terminal del que se trate. El agente de usuario SIP que reside en el terminal, actuando como UAC envía la petición (en este caso con el método INVITE) al servidor que tiene configurado. Este servidor se vale del sistema DNS para determinar la dirección del servidor SIP del dominio del destinatario. El dominio lo conoce pues es parte de la dirección lógica del destinatario. Una vez obtenida la dirección del servidor del dominio destino, encamina hacia allí la petición. El servidor del dominio destino establece que la petición es para un usuario de su dominio y entonces se vale de la información de registración de dicho usuario para establecer su ubicación física. Si la encuentra, entonces encamina la petición hacia dicha dirección. El agente de usuario destino si se encuentra desocupado comenzará a alertar al usuario destino y envía una respuesta hacia el usuario originante con un código de estado que indica esta situación (180 en este caso). La respuesta sigue el camino inverso hacia el originante. Cuando el usuario destino finalmente acepta la invitación, se genera una respuesta con un código de estado (el 200) que indica que la petición fue aceptada. La recepción de la respuesta final es confirmada por el UAC originante mediante una petición con el método ACK (de Acknowledgement), esta petición no genera respuestas y completa la transacción de establecimiento de la sesión”.

Normalmente la petición con el método INVITE lleva un cuerpo donde viaja una descripción de la sesión que quiere establecer, esta descripción es realizada con el protocolo SDP. En ella se

indica el tipo de contenido a intercambiar (voz, video, etc.) y sus características (codecs, direcciones, puertos donde se espera recibirlos, velocidades de transmisión, etc.). Esto se conoce como "oferta de sesión SDP". La respuesta a esta oferta viaja, en este caso, en el cuerpo de la respuesta definitiva a la petición con el método INVITE. La misma contiene la descripción de la sesión desde el punto de vista del destinatario. Si las descripciones fueran incompatibles, la sesión debe terminarse (mediante una petición con el método BYE).

Al terminar la sesión, que lo puede hacer cualquiera de las partes, el agente de usuario de la parte que terminó la sesión, actuando como UAC, envía hacia la otra una petición con el método BYE. Cuando lo recibe el UAS genera la respuesta con el código de estado correspondiente.

Si bien se describió el caso de una sesión bipartita, el protocolo permite el establecimiento de sesiones multipartitas. También permite que un usuario esté registrado en diferentes ubicaciones pudiendo realizar la búsqueda en paralelo o secuencial entre todas ellas.

*Elementos de una Red SIP Práctica:* Los terminales físicos, dispositivos con el aspecto y forma de teléfonos tradicionales, pero que usan SIP y RTP para la comunicación, están disponibles comercialmente gracias a muchos fabricantes. Algunos de ellos usan numeración electrónica (ENUM) o DUNDi para traducir los números existentes de teléfono a direcciones SIP usando DNS (*Domain Name Server*), así llaman a otros usuarios SIP saltándose la red telefónica, con lo que un proveedor de servicio normalmente actúa de pasarela hacia la red pública conmutada de telefonía para los números de teléfono tradicionales (cobrando por ello).

Hoy en día, ya son habituales los terminales con soporte SIP por software. Microsoft Windows Messenger usa SIP y en Junio de 2003 Apple Computer anunció y publicó en fase beta su iChat, una nueva versión compatible con el AOL Instant Messenger que soporta charlas de audio y vídeo a través de SIP.

SIP también requiere proxy y elementos de registro para dar un servicio práctico. Aunque dos terminales SIP puedan comunicarse sin intervención de infraestructuras SIP (razón por la que el protocolo se define como punto-a-punto), este enfoque es impracticable para un servicio público.

SIP hace uso de elementos llamados servidores proxy para ayudar a enrutar las peticiones hacia la localización actual del usuario, autenticar y autorizar usuarios para darles servicio, posibilitar la implementación de políticas de enrutamiento de llamadas, y aportar capacidades

añadidas al usuario. SIP también aporta funciones de registro que permiten al usuario informar de su localización actual a los servidores proxy.

#### *VoIP Utilizando el Protocolo IAX2*

IAX (*Inter-Asterisk eXchange protocol*) es uno de los protocolos utilizado por Asterisk, sin embargo, este fue sustituido por IAX2, una versión mejorada del IAX.

#### *Propiedades Básicas*

IAX2 es robusto, lleno de novedades y muy simple en comparación con otros protocolos. Permite manejar una gran cantidad de *códecs* y un gran número de *streams*, lo que significa que puede ser utilizado para transportar virtualmente cualquier tipo de dato. Esta capacidad lo hace muy útil para realizar videoconferencias o realizar presentaciones remotas.

IAX2 utiliza un único puerto UDP, generalmente el 4569, para comunicaciones entre puntos finales (terminales VoIP) para señalización y datos. El tráfico de voz es transmitido *in-band*, lo que hace a IAX2 un protocolo casi transparente a los cortafuegos y realmente eficaz para trabajar dentro de redes internas. En esto se diferencia de SIP, que utiliza una cadena RTP *out-of-band* para entregar la información.

IAX2 soporta Trunking (red), donde un simple enlace permite enviar datos y señalización por múltiples canales. Cuando se realiza *Trunking*, los datos de múltiples llamadas son manejados en un único conjunto de paquetes, lo que significa que un datagrama IP puede entregar información para más llamadas sin crear latencia adicional. Esto es una gran ventaja para los usuarios de VoIP, donde las cabeceras IP son un gran porcentaje del ancho de banda utilizado.

El principal objetivo de IAX ha sido minimizar el ancho de banda utilizado en la transmisión de voz y vídeo a través de la red IP, con particular atención al control y a las llamadas de voz y proveyendo un soporte nativo para ser transparente a NAT(Network Address Translation). La estructura básica de IAX se fundamenta en la multiplexación de la señalización y del flujo de datos sobre un simple puerto UDP entre dos sistemas.

IAX es un protocolo binario y está diseñado y organizado de manera que reduce la carga en flujos de datos de voz. El ancho de banda para algunas aplicaciones se sacrifica en favor del ancho de banda para VoIP.

#### *Software Utilizado para VoIP*

*Asterisk*: Es una aplicación que fue desarrollada por Mark Spencer, por entonces estudiante de ingeniería informática en la Universidad de Auburn, Alabama. Mark había creado en 1999

la empresa "Linux Support Services" con el objetivo de dar soporte a usuarios de Linux. Para ello necesitaba una centralita telefónica, pero ante la imposibilidad de adquirirla dados sus elevados precios, decidió construir una con un PC bajo Linux, utilizando lenguaje C. Posteriormente "Linux Support Services" se convertiría en el año 2002 en "Digium", redirigiendo sus objetivos al desarrollo y soporte de Asterisk.

Asterisk es una aplicación de Software de una central telefónica (BPX). Como cualquier PBX, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP o bien a una ISDN o RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) tanto básicos como primarios.

Mark Spencer, de Digium, inicialmente creó Asterisk y actualmente es su principal desarrollador, junto con otros programadores que han contribuido a corregir errores y añadir novedades y funcionalidades. Originalmente desarrollado para el sistema operativo GNU/LINUX, Asterisk actualmente también se distribuye en versiones para los sistemas operativos BSD, MacOSX, Solaris y Microsoft Windows, aunque la plataforma nativa GNU/Linux es la mejor soportada de todas.

Asterisk incluye muchas características anteriormente sólo disponibles en costosos sistemas propietarios PBX como buzón de voz, conferencias, IVR (Respuesta Interactiva de Voz), distribución automática de llamadas, y otras muchas más. Los usuarios pueden crear nuevas funcionalidades escribiendo un *dialplan* en el lenguaje script de Asterisk o añadiendo módulos escritos en lenguaje C o en cualquier otro lenguaje de programación soportado por Linux.

Para conectar teléfonos estándar analógicos son necesarias tarjetas electrónicas telefónicas FXS o FXO fabricadas por Digium u otros proveedores, ya que para conectar el servidor a una línea externa no basta con un simple modem.

Quizá lo más interesante de Asterisk es que soporta muchos protocolos VoIP como pueden ser SIP, H.323, IAX y MGCP. Asterisk puede interoperar con terminales IP, actuando como un *registrador* y como *gateway* entre ambos.

Lejos de poder competir con las compañías que comercializan soluciones de VoIP Hw/Sw de alta calidad como Alcatel-Lucent, Cisco, o Nortel, Asterisk se empieza a adoptar en algunos entornos corporativos como solución de bajo coste junto con SER (Sip Express Router).

La versión estable de Asterisk está compuesta por los módulos siguientes:

- Asterisk: Ficheros base del proyecto.

- Zaptel: Soporte para hardware. Drivers de tarjetas.
- Addons: Complementos y añadidos del paquete Asterisk. Opcional.
- Libpri: Soporte para conexiones digitales. Opcional.
- Sounds: Aporta sonidos y frases en diferentes idiomas.

A fecha de Abril de 2008 las versiones disponibles de este software son las siguientes:

- Versión 1.6 (en pruebas) Asterisk Versión 1.6.0 beta9
- Versión 1.4 (Estable)
  - ✓ Asterisk Versión 1.4.19
  - ✓ Zaptel Versión 1.4.9
  - ✓ Libpri Versión 1.4.3
  - ✓ Addons Versión 1.4.6

#### *Interfaces con Plantas Telefónicas Convencionales*

Al tener un sistema basado en VoIP Asterisk utiliza la misma red de datos de la oficina para el tráfico de llamadas telefónicas, por lo que el servidor se conecta a la LAN con una tarjeta de red convencional para atender usuarios locales. Para conectarle troncales analógicas o digitales al servidor Asterisk, se utilizan tarjetas especiales que convierten la señal de voz en paquetes de IP. Hay paquetes que permiten conectar hasta 24 líneas analógicas, las cuales se pueden configurar como troncales FXO o para conectar teléfonos analógicos como FXS. En el caso de líneas telefónicas digitales los modelos soportan hasta 4 enlaces PRI, cada uno equivalente a 30 canales de voz. De esta manera Asterisk funciona como Gateway o puerta de enlace entre la red de datos y la red telefónica conmutada. Como se trata de un sistema IP, los usuarios locales se conectan al servidor Asterisk mediante conmutación de paquetes, por lo que no se requiere nuevo hardware para agregar extensiones nuevas. El límite en la cantidad de extensiones lo impone la capacidad de procesamiento del servidor. Además, es posible tener extensiones remotas que se conectan al servidor Asterisk mediante internet o un túnel VPN.

## METODOLOGÍA

Las actividades desarrolladas en el transcurso del proyecto se listan a continuación:

- I. Investigación de campo
- II. Elaboración del modelo a construir
- III. Adquisición de equipos y software para la instalación

- IV. Instalación y configuración del servidor
- V. Ejecución de pruebas locales
- VI. Ejecución de pruebas de interconexión con planta de la EEI ITCA
- VII. Ejecución de pruebas desde la regional
- VIII. Revisión de resultados obtenidos por los alumnos y cierre de su participación
- IX. Ejecución de pruebas con otras entidades educativas a través de redes avanzadas.
- X. Implementación de la tecnología

En un período de diez meses se realizaron reuniones mensuales que permitieron presentar y evaluar la ejecución del proyecto ante el comité de investigación de la EEI ITCA-FEPADE. En dichas sesiones se presentaron los productos especificados en la planificación del proyecto.

Para la ejecución del proyecto se comenzó con la elaboración de un marco teórico que permitió mostrar el funcionamiento, técnicas, componentes y dispositivos de la telefonía en su forma convencional y a través de IP. Además esto permitió conocer la forma de implementar la tecnología de VoIP. La investigación incluyó exploración documental y en formato multimedia sobre el tema de VoIP en la Web, además de la bibliografía existente en la institución.

Un componente importante del proyecto fue el involucramiento de alumnos y docentes que tuvieron una participación activa en la investigación. Se crearon cinco grupos de trabajo compuestos de cinco alumnos cada uno, los cuales harían su propia investigación sobre el tema de VoIP. Se programó actividades que incluían sesiones semanales donde se pidió la exposición de los alumnos sobre que alternativas proponían para implementar VoIP, se programaron y realizaron presentaciones de expertos en el tema (conferencistas invitados externos a la institución) y se proporcionó material didáctico que permitió un aprendizaje activista, reflexivo, teórico y práctico en los alumnos. Así también, la experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa, permitió la asimilación del conocimiento técnico requerido para que los docentes puedan implementar en sus laboratorios la experiencia adquirida y algunos alumnos lo aplicaran en sus proyectos de graduación.

En este proceso, el docente de investigación llevo la delantera en buscar las mejores alternativas para implementación de la solución de VoIP, retroalimentando a docentes y alumnos sobre los resultados de la investigación y evaluando con ellos las ventajas y desventajas de las soluciones propuestas. Se programaron y realizaron reuniones donde la directora de la escuela de computación, el docente de investigación y los docentes participantes en el proyecto planearon mesas de trabajo con los alumnos, discutieron aspectos técnicos y midieron resultados en todas la atapas de la ejecución del proyecto.

Un factor importante que contribuyó mucho en la ejecución del proyecto, fue el nexo que se estableció con otros profesionales que están trabajando en proyectos de comunicación por IP,

algunas de las experiencias vividas por ellos nos llevó a seleccionar las mejores alternativas para la solución presentada. Entre los ponentes de participación destacada tuvimos los siguientes:

1. Ing. Víctor Cuchillac, Asesor de Tecnología VoIP, Docente de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Evangélica de El Salvador: Presentó bases técnicas del funcionamiento, alcances y futuro de la tecnología VoIP. Explicó sobre algunas alternativas de software y hardware para instalar una plataforma con esta tecnología.
2. Ing. Fabián Romo, Docente de la Universidad Autónoma de México: En videoconferencia pregrabada, expuso sobre los aspectos legales en la implementación de telefonía IP. Mostró experiencias sobre la implementación de ésta tecnología.
3. Equipo de Docentes de Investigación de la Universidad Autónoma de Argentina: Mediante videoconferencias se compartió experiencias y resultados obtenidos en pruebas realizadas con tecnología VoIP.

## RESULTADOS

### I. Investigación de campo

Creamos un marco teórico sobre aspectos fundamentales y bases de la comunicación convencional y la telefonía IP, obteniendo el conocimiento sobre la plataforma y sus componentes, su funcionamiento, viabilidad de adopción y alcances relativos a los objetivos especificados en el proyecto. De esta forma se estableció la plataforma a implementar tanto en software como en hardware así como el proceso de instalación, configuración y operación de la solución a implementar. Además, en ésta fase de la ejecución del proyecto, los alumnos participantes hicieron exposiciones de su investigación particular y el docente de investigación, junto a docentes participantes, solventaron las dudas a los alumnos y revisaron el material expuesto por ellos. Esto dio paso para que los grupos de trabajo compuestos por los alumnos hicieran una propuesta propia de una plataforma en particular sobre telefonía IP.



Alumno de la carrera de redes exponiendo sobre la investigación realizadas por su equipo de trabajo

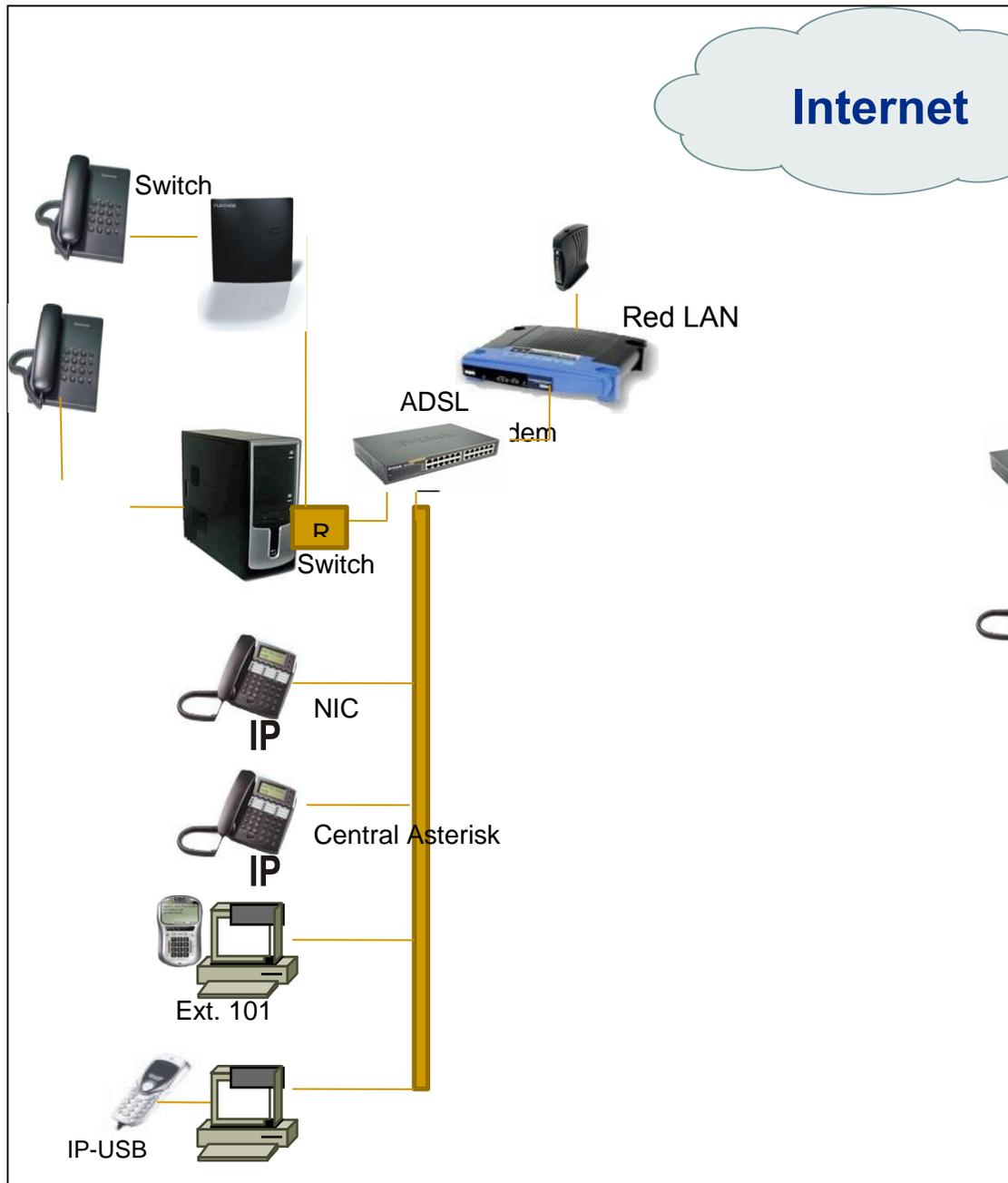


Alumnos en sesiones de trabajo sobre investigación

## II. Elaboración de diseño del modelo a construir

Como una base para realizar la instalación y configuración del servidor, así como de sus componentes para telefonía con IP, se creó un diseño de modelo a construir (Ver Fig.1). En forma gráfica se representó el alcance que tendría la conexión de la red telefónica con tecnología IP que incluye la conexión telefónica local en la sede central y también con sus regionales.

**FIG. 1. Modelo de instalación de telefonía VoIP con conexión local y hacia regionales de ITCA-FEPADE.**



El modelo contiene las conexiones a la red LAN y todos sus componentes de comunicación disponibles para hacer enlaces a través de voz sobre IP. Además muestra como se establece la comunicación con una regional de la institución, modelo replicable a cualquier regional en el interior del país. Cabe mencionar que la interfaz con la planta telefónica convencional no se realizó por completo, solo se llegó al proceso de

configuración donde se descubrió problemas con el equipo (Gateway) obtenido por la institución para este propósito.

### III. Adquisición de equipos y software para la instalación

La investigación arrojó luz sobre los diferentes componentes de hardware y software que sería necesario obtener para implementar la infraestructura de prueba. También se especificó las características de los dispositivos telefónicos que sería necesario obtener para ejecutar las pruebas. La siguiente tabla describe los requerimientos que se solicitaron a la institución.

Componente	Cant.	Precio Unitario \$	Total Costo \$
Computadora para Servidor - Pentium IV con 1.6 GHZ y 1.0 Gb de RAM. Disco Duro de 80GB	1	1,100.00	1,100.00
Teléfono IP con conector Puerto USB - Compatible con IPV6	2	140.00	280.00
Teléfono IP con conector RJ-45 - Compatible con IPV6	2	160.00	320.00
Tarjeta PCI FXO y FXS con capacidad para dos módulos (como mínimo) – Compatible con IPV6 y planta telefónica Modelo LDK300, Marca: LG	1	1000.00	1000.00
Adaptadores ATA – Compatible con IPV6	2	360.00	720.00
Teléfonos convencionales (en existencia)	2	0	0
Software Asterisk Trixbox (Gratis en la Web)	1	0	0
Teléfonos virtuales (softphone gratis)	2	0	0
Total			3,420.00

Por supuesto, la infraestructura a instalar debía obligatoriamente contar con la disponibilidad de la red local y señal de Internet de banda ancha.

Todos los equipos requeridos fueron proporcionados por la institución, excepto la tarjeta FXO, en sustitución de ésta, se nos proporcionó un Gateway para hacer el puente entre

la planta convencional y el servidor Asterisk de IP. El funcionamiento de este equipo es similar a la tarjeta solicitada.

Hasta donde tuvimos conocimiento, estos equipos fueron donados por una empresa de tecnología local, excepto la computadora que se utilizó como servidor Asterisk. Los costos incurridos para adquirir el equipo se encuentra detallado en el informe Anexo No. 2.

#### IV. Instalación y configuración del servidor

El software seleccionado fue Asterisk, su versión más reciente Trixbox, este nos permite instalar un servidor como centralita telefónica IP, este fue descargado desde un sitio de distribución de software libre, gratis, que permite instalar todas las bondades que tiene una PBX convencional y mas. Este software funciona sobre la plataforma Linux e incorpora una versión de RedHad en la computadora donde se instala. Se configuraron extensiones locales hacia teléfonos virtuales, teléfonos IP y teléfonos convencionales, tanto locales como remotos. El protocolo utilizado fue SIP.



Ext. Remota 201

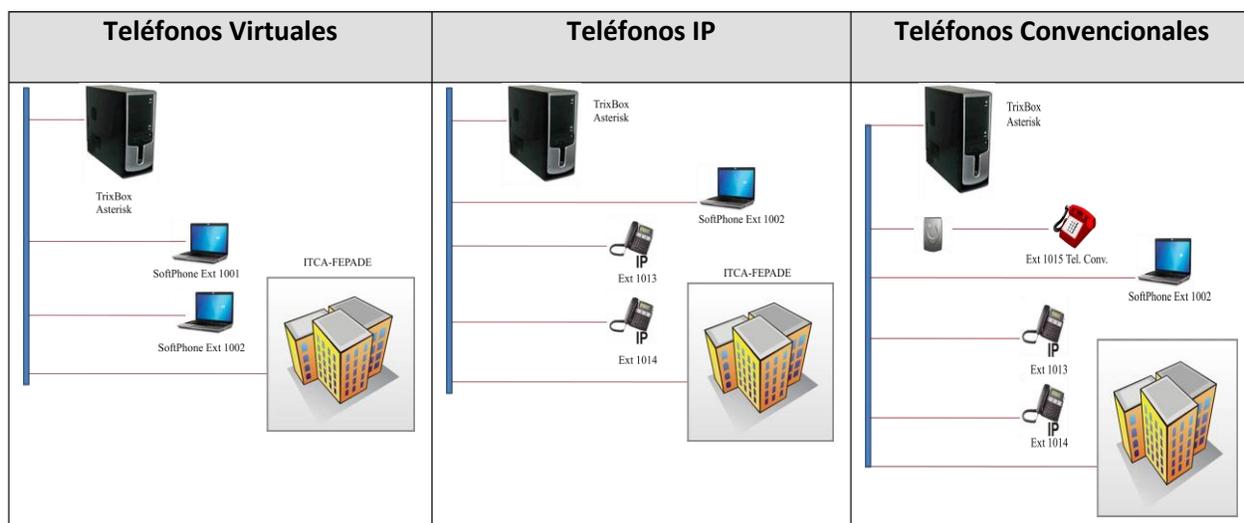
#### V. Ejecución de pruebas locales

Las pruebas de conexión y funcionamiento de la telefonía IP se realizaron de forma gradual y ordenada siguiendo una secuencia basada en la complejidad de configuración (Ver Fig. 2).

El orden que seguimos fue el siguiente:

1. Configuración y pruebas con teléfonos virtuales (X-Lite)
2. Configuración y pruebas con teléfonos IP
3. Configuración y pruebas con teléfonos convencionales

En esta actividad se documentó el proceso de instalación, creando así una práctica de laboratorio que será utilizada en la carrera de redes para la asignatura de Redes Multimedia. Los equipos, software y dispositivos utilizados en estas pruebas quedan disponibles para que los alumnos realicen este laboratorio (Ver anexo No. 3).



**FIG. 2. Secuencia de pruebas locales**

En las pruebas locales aplicamos todo el conocimiento adquirido sobre instalación, configuración y administración del servidor y cada dispositivo conectado a la red LAN. Cada teléfono conectado a la red fue configurado con un código compuesto, creado desde el servidor Trixbx (Asterisk) lo cual permitió que la administración se realizara desde el servidor. Las pruebas se realizaron con éxito.

#### VI. Ejecución pruebas de interconexión con la planta del ITCA

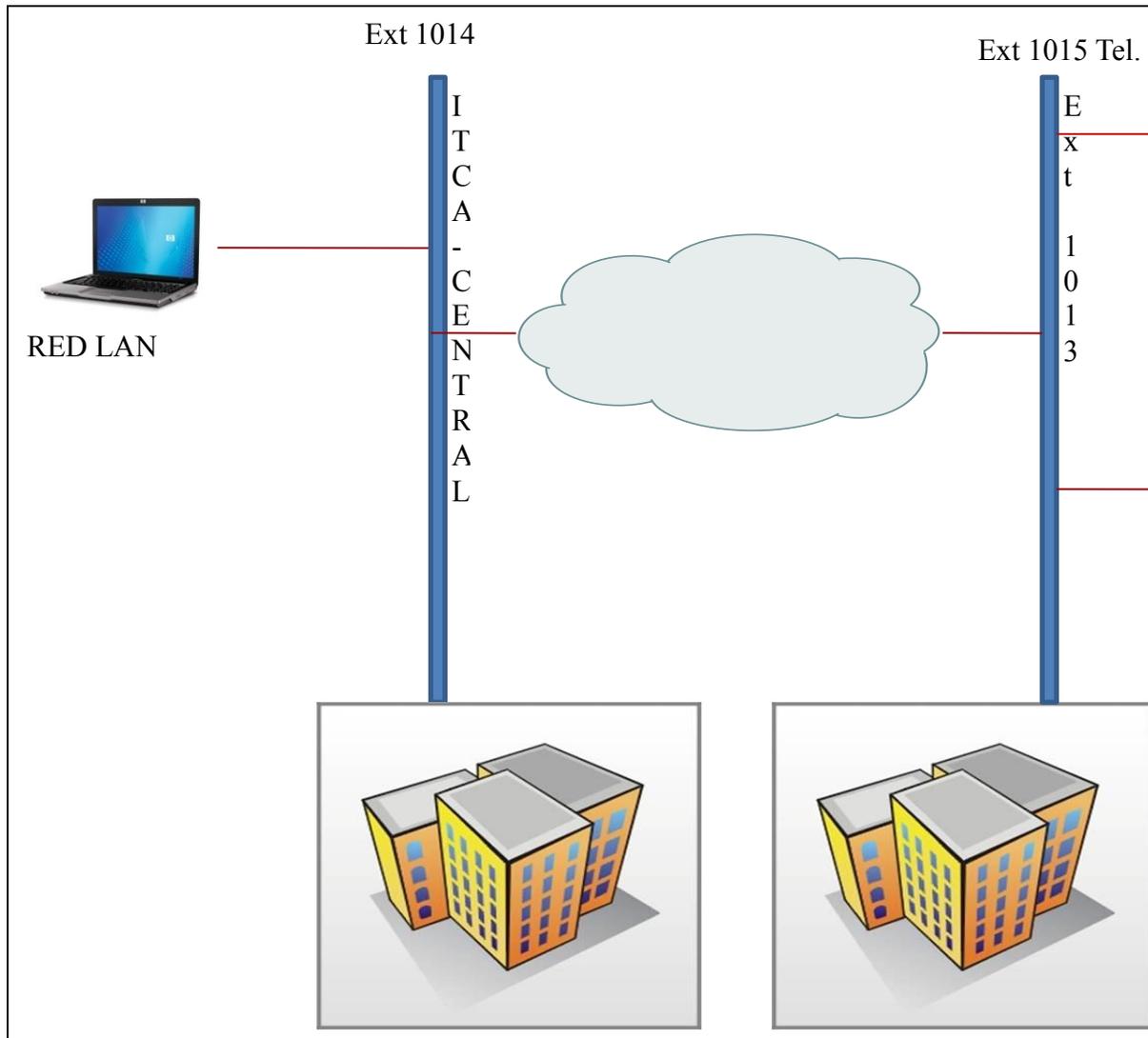
La instalación de interfaz con la planta telefónica convencional se realizó utilizando un equipo de conectividad llamado Gateway el cual tiene la capacidad de administrar las extensiones salientes del servidor Trixbx y pasarlas a través de la PBX convencional permitiendo hacer conexión con cualquier teléfono convencional. Sin embargo, después de la instalación, en el proceso de configuración se presentaron problemas de funcionamiento en el Gateway, a pesar de hacer las configuraciones adecuadas, no fue posible establecer la comunicación hacia la planta telefónica convencional de la institución. Todo parece indicar que el Gateway está dañado y necesita ser reemplazado. Desde el punto de vista de presentación de resultados, podemos decir que esta prueba se realizó en forma incompleta.

#### VII. Ejecución de pruebas desde la regional

Luego de realizar las pruebas de telefonía por IP en forma local, se realizaron las pruebas remotas con las regionales del ITCA-FEPADE. En estas pruebas utilizamos solo los

teléfonos virtuales (Ver Fig. 3), esto debido a que con las pruebas locales teníamos a certeza de que estableciendo el enlace, no importaba cual dispositivo telefónico utilizar (SoftPhone, IP o convencional). Las pruebas se realizaron con éxito.

**FIG. 3. Conexión con regional ITCA de Santa Ana**



#### VIII. Revisión de resultados obtenidos por los alumnos y cierre de su participación

Como resultado de la investigación realizada por los alumnos, se obtuvieron algunas iniciativas sobre diversas plataformas, cada grupo investigó a fondo plataformas diferentes y saco sus propias conclusiones y recomendaciones. Acertadamente, al final del proyecto, los equipos de trabajo coincidieron que la mejor alternativa para establecer la factibilidad de la telefonía de VoIP en el ITCA fue la presentada por el equipo de

investigación de la escuela de computación. Esta fue la última lección que los alumnos obtuvieron, pues les dejó claro que ésta podría ser la primera alternativa de propuesta de plataforma en futuros proyectos para telefonía IP en su desempeño como técnicos.



ITCA-REGIONAL

SoftPhone Ext 1001



Las plataformas investigadas por los grupos de trabajo de alumnos son las siguientes:

- 3 CX
- ASTERISK HOME
- TRIXBOX
- ASTERISK ENTERPRISE

Cabe mencionar en este informe que a partir de la experiencia obtenida por los alumnos en este proyecto, ya han presentado a una organización particular una propuesta de tecnología VoIP como parte de su trabajo independiente, dando evidencia del

cumplimiento del alcance del proyecto, a saber, preparar a los estudiantes para que puedan tener un buen desempeño laboral.

#### IX. Ejecución de pruebas con otras entidades educativas a través de redes avanzadas

El proyecto de establecer la factibilidad del uso de la tecnología de Voz sobre IP (VoIP) en el ITCA-FEPADE incluía establecer comunicación a través de redes avanzadas con otras instituciones educativas de nivel superior. “Redes avanzadas” es una red que a nivel mundial permite enlace con otras instituciones de educación superior para compartir y fortalecer la ejecución de proyectos de investigación.

Utilizar esta red para ser utilizada por una aplicación tecnológica requiere que el servidor de voz sobre IP (Trixbox) tenga una IP de la red avanzada y los teléfonos o dispositivos de comunicación también estén conectados a la misma red. Se realizó la prueba de enlace y esta tuvo el éxito que se esperaba; establecimos comunicación con la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA) dando como resultado que sí es posible la comunicación por esta red con las instituciones que tengan acceso a ésta.

Por otra parte, el requerimiento de establecer comunicación usando la tecnología Protocolo de Internet Versión 6 (IPV6), no pudo realizarse debido a que el ITCA-FEPADE no cuenta con los dispositivos (routers, teléfonos IP, etc.) que soporten esta tecnología por su reciente aparición. En el informe Anexo No.1 se encuentra un respaldo técnico de parte de la Unidad de Informática del ITCA-FEPADE que respalda esta aseveración.

#### X. Implementación de la tecnología

El proyecto requería una implementación parcial de la solución desarrollada. Esta se realizó en la escuela de computación del ITCA-FEPADE, donde actualmente se encuentran configuradas todas las estaciones de trabajo con un software para teléfono virtual el cual permite la comunicación telefónica entre el personal que ahí labora. También se ha configurado una computadora en la regional de Santa Ana que permitirá realizar llamadas por VoIP con la sede central y otras regionales del ITCA-FEPADE que se adicionen a la red de telefonía por IP.

## CONCLUSIONES

Podemos decir con propiedad que **sí** existe la factibilidad técnica de que el ITCA-FEPADE pueda utilizar la tecnología de voz sobre IP (VoIP) localmente, para interconectarse con sus regionales y otras instituciones de educación superior a través de redes avanzadas.

La investigación teórica estableció que es factible, técnicamente hablando, realizar la interfaz entre la planta telefónica Asterisk con la planta telefónica convencional, sin embargo, no pudo ser demostrado en la práctica por las razones ya mencionadas anteriormente. En un proceso de implementación de ésta tecnología en el campus, los técnicos asignados por la institución para realizar este trabajo, deberán solicitar un Gateway en buenas condiciones y hacer la configuración y pruebas necesarias para lograr este enlace.

Las pruebas de conectividad se realizaron utilizando la tecnología de Internet IPV4, quedando pendiente hacer pruebas con IPV6 (tecnología de Internet relativamente nueva) debido a la falta de dispositivos (Switch y teléfonos IP), en la institución, compatibles con esta tecnología.

Con respecto a la infraestructura de hardware y software instalados, la mejor opción de plataforma a utilizar en la telefonía IP es la basada en software si lo vemos en función de minimizar los costos de instalación, pero existen equipos o plantas telefónicas de IP que facilitan la instalación y configuración pagando su respectivo costo por ello.

Por otra parte, haciendo alusión al objetivo general del proyecto, podemos decir que se alcanzó en un buen grado, pues la generación y transferencia de conocimiento obtenidas en la ejecución del proyecto, hacia los estudiantes, fue evidente y tanto el equipo de proyecto como los equipos de alumnos de redes, lograron asimilar el conocimiento sobre el funcionamiento, instalación, configuración y utilización de la tecnología de VoIP.

Es importante mencionar que la implementación de esta tecnología queda a decisión de la institución, la cual deberá evaluar otros aspectos que no fueron contemplados en este proyecto como por ejemplo, los costos económicos globales para una implementación total. Debe asignar al departamento que corresponda para hacer una implementación gradual y basada en un plan elaborado para tal fin.

## RECOMENDACIONES

Después de confirmar la factibilidad del uso de VoIP en el ITCA-FEPADE, resulta obvio recomendar que se hagan las gestiones institucionales para iniciar, a la menor brevedad, un proyecto de implementación de la tecnología VoIP en la institución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] KNOTIK Publicación, Ingeniería de comunicaciones

Revista Técnica. Asterisk The Software PBX

Bilbao, España, 2005

[2] Jim Van Meggelen

Asterisk, The Future of Telephony

Editorial O'Reilly Media, Inc.

E.U., 2005

[3] Matthew C. Kolon

IP Telephony

E.U., 1999

### Sitios Web

[1] Comunidad Asterisk-ES

<http://comunidad.asterisk-es.org>

[2] Evolution, Software Asterisk

<http://www.evolutioncallcenter.com/content/view/87/>

[3] Software Based PBX for Windows

<http://es.wikipedia.org/wiki/Trixbox>

[4] VoIP Exchange

<http://www.voipexindex.blogspot.com/>

[5] Oficial de TRIXBOX

<http://www.trixbox.org/>

# **Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE**

## **VISIÓN**

**Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.**

## **MISIÓN**

**Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial tanto como trabajadores y empresarios.**

## **VALORES**

- **Excelencia**
- **Espiritualidad**
- **Comunicación**
- **Integridad**
- **Cooperación**

# Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

República de El Salvador en la América Central

## FORMANDO PROFESIONALES PARA EL FUTURO



Nuestro método "APRENDER HACIENDO" es la diferencia

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)