

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México
Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS
Y DE TELECOMUNICACIONES

“Implementación de una red de Voz IP basada en software libre”

TRABAJO RECEPCIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN
INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTA:

Eduardo Corona Reyes

Directora del trabajo recepcional

M. en C. Magali Cortez Vázquez

México, D.F. Marzo 2014

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

RESUMEN del trabajo recepcional de **Eduardo Corona Reyes**, presentado como requisito parcial para la obtención del grado de **LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES**. México, D.F. Marzo 2014.

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE VoIP BASADA EN SOFTWARE LIBRE

Resumen aprobado por:

M. en C. Magali Cortez Vázquez

Directora del trabajo recepcional

Actualmente se están desarrollando nuevas modalidades de comunicación donde se busca una convergencia en la voz y los datos para que ambos se transporten a través de IP integrados en una sola estructura de red, lo que simplifica su mantenimiento y gestión, permitiendo un ahorro económico considerable en telefonía.

Al tratar de implementar una red de VoIP basado en software libre surgen preguntas tales como: ¿Qué es exactamente VoIP?, ¿Qué arquitectura presenta?, ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas con respecto a la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada)?, ¿Cómo se puede implementar en empresas gubernamentales y privadas? Este proyecto trata de responder las preguntas anteriores y de esta forma adquirir el conocimiento necesario en la tecnología de VoIP dentro de las comunicaciones convergentes.

La idea de llevar a cabo este proyecto nace de las necesidades que tiene el Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal con respecto a su sistema de telefonía, como empleado de dicha institución he notado las enormes fallas que existen en la comunicación telefónica, principalmente en los conmutadores que cada uno de los planteles tiene, por tal motivo surge la posibilidad de diseñar e implementar un sistema telefónico basado en VoIP utilizando para este propósito software libre Asterisk, como propuesta de solución a dicha problemática.

Palabras clave: VoIP, Ubuntu, Asterisk, SIP, Softphones.

Dedicatoria

Por fin...

*Este proyecto lo dedico con todo mi amor y cariño para Tere, Lalo y Zuly
Gracias por su infinita paciencia, cariño y comprensión que me demostraron
durante este proceso, sin ustedes no se hubiera concretado.*

Mil gracias corazón.

Agradecimientos

Considero que esta es la parte más difícil de escribir, hay tantas personas que me apoyaron en este camino que no quisiera dejar a nadie fuera, si las nombrara a todas superaría por mucho las páginas de este proyecto, sin embargo, ustedes saben que las tengo presentes.

En primera instancia quiero agradecer a mis abuelos maternos Andrés Reyes Morales y Guadalupe Juárez López, por el apoyo recibido durante mis años de educación básica, por los valores que me inculcaron, y por haberme dado los cimientos para continuar con mi vida académica. Hoy ya no está conmigo mi abuelo pero sé que este logro lo hubiera disfrutado tanto como yo, muchísimas gracias.

A mis tíos, en especial, a Alejandro Reyes Juárez por su apoyo moral, económico y por llenar mi vida de alegrías cuando más las necesitaba, toda la vida te estaré agradecido.

A mi hermana Zuly por su motivación para levantarme en los momentos más difíciles de esta carrera.

Tere, Lalo y Zuly las personas más importantes de mi vida, gracias por su cariño, amor, comprensión, paciencia, motivación y sobre todo gracias por hacer mi vida tan feliz, por considerarme siempre su orgullo, ¿sabes corazón? ¡Ya soy ingeniero!

También quiero agradecer a mis cuñad@s y concuñ@s por su apoyo moral, por esos miles de favores que me hicieron sin solicitar nada a cambio, es bueno saber que estoy rodeado de tan buenas personas. Muchas gracias

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis amigos de carrera, próximamente ingenieros Rossini, Sergio (Picolin) y Sergio Gallegos Mota, juntos compartimos tantas alegrías, preocupaciones y éxitos a lo largo de la carrera, gracias por su amistad.

También quiero agradecer al Mtro. Ignacio Castillo Velázquez por confiar en mí, por sus consejos, por tenerme la paciencia como su alumno y por haber aceptado ser lector de este trabajo, estaré infinitamente agradecido con usted.

Mtro. Joel Yazbek Buendía Gómez, gracias por ofrecerme sus conocimientos y consejos durante la carrera, por haber aceptado ser lector de este proyecto y por dedicarle el tiempo necesario para su corrección, mil gracias.

Al profesor Alfredo del Oso, quiero agradecer por su amistad brindada como compañero de trabajo, por el conocimiento proporcionado como profesor y por haber aceptado ser lector de este proyecto tan importante para mí, gracias por los consejos me sirvieron de mucho, muchísimas gracias.

Quiero agradecer al Ing. Amaranto De Jesús, por ser lector de este trabajo, aunque no tuve la fortuna de ser su alumno le agradezco el tiempo dedicado a la lectura y corrección del proyecto, gracias.

Quisiera dar el agradecimiento más profundo a mi directora de trabajo recepcional, la Mtra. Magali Cortez Vázquez quien es un ejemplo de combinación de saberes. Maestra gracias por el rigor, la inspiración y el ejemplo intelectual que me ofreció como alumno, gracias por brindarme la confianza, reflejada en su apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Mil gracias...

Finalmente quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza para soportar las desveladas, las preocupaciones y las enfermedades durante la carrera, sin él quizá este proyecto se hubiera interrumpido. Gracias...

Eduardo Corona Reyes

Contenido

Resumen

Dedicatoria

Agradecimientos

Contenido.....	vii
Lista de figuras.....	xi
Lista de tablas.....	xiv
Capítulo I. Introducción.....	1
1.1 Motivación del proyecto.....	1
1.2 Objetivos.....	7
1.3 Organización del trabajo recepcional.....	8
Capítulo II. Voz sobre IP.....	11
2.1 ¿Qué es la voz sobre IP?.....	11
2.2 VoIP en el Mundo.....	13
2.3 Funcionamiento de VoIP.....	17
2.4 Tipos de llamadas.....	19

2.5 Principales características de VoIP en comparación con PSTN.	21
2.5.1 PSTN vs VoIP, principales ventajas y desventajas.	22
2.6 Arquitectura de Voz sobre IP	26
2.6.1 Centralizada	26
2.6.2 Distribuida	28
2.7 Estándares y protocolos de Voz sobre IP	30
2.7.1 Protocolos de transporte	31
2.7.2 Protocolos de señalización	33
2.7.3 H.323	33
2.7.4 SIP	38
2.7.5 Mensajes SIP	42
2.7.6 Beneficios de SIP	43
2.8 Proceso de llamada con SIP	44
2.9 Comparación de los protocolos H.323 y SIP	46
2.10 IAX	48
2.11 Aplicaciones	49

Capítulo III. Asterisk	51
3.1 ¿Qué es Asterisk?	51
3.2 Versiones de Asterisk	55
3.3 Diferencias entre un PBX (PSTN) y PBX Asterisk	56
3.4 Escenarios de implementación de Asterisk	58
3.5 Arquitectura de Asterisk.....	61
3.6 Directorios de Asterisk.....	65
3.7 Configuración de Asterisk	66
3.7.1 extensions.conf	67
3.7.2 sip.conf.....	76
3.7.3 iax.conf	77
3.8 Asterisk CLI	77
Capítulo IV. Configuración e implementación del sistema telefónico de VoIP con software libre.....	80
4.1 Diseño.....	80
4.1.1 Asterisk en red LAN	81

4.1.2 Asterisk en una MLAN.....	83
4.2 Implementación y configuración básica	84
4.3 Resultados de la Implementación	100
Capítulo V. Conclusiones y trabajo futuro	102
5.1 Trabajo Futuro	103
Apéndice A	105
Apéndice B	113
Apéndice C	119
Apéndice D.....	122
Referencias textuales	124
Referencias de figuras.....	126

Lista de figuras

Figura 2.1. Tráfico VoIP en el mundo 2011-2016 [1].....	14
Figura 2.2. Estimación del número de abonados VoIP en el mundo 2012-2016. [2].....	15
Figura 2.3. Distribución de abonados VoIP en todo el mundo 2013. [3].....	16
Figura 2.4. Conexión de 2 redes diferentes por medio de IP.	18
Figura 2.5. Proceso de convertir la voz analógica a digital. [4]	18
Figura 2.6. Comunicación entre las PC utilizando softphones	20
Figura 2.7. Comunicación de pc a teléfono analógico, utilizando un convertidor A/D	20
Figura 2.8. Comunicación de teléfono fijo a teléfono fijo utilizando A/D	21
Figura 2.9. Arquitectura centralizada	26
Figura 2.10. Arquitectura distribuida. Cada servicio realiza una función.	29
Figura 2.11. Pila de Protocolos de Transmisión [5]	32
Figura 2.12. Pila de protocolos H.323 [6].....	35
Figura 2.13. Elementos de red en la arquitectura H.323	37
Figura 2.14. Llamada entre dos terminales H.323 registrados con gatekeeper	38
Figura 2.15. Pila de protocolos SIP [7]	42
Figura 2.16. Proceso de una llamada SIP.....	44
Tabla 3.2. Versiones Asterisk 2006 - 2017	55
Figura 3.1. Raspberry Pi	57
Figura 3.2. Escenario PBX PSTN.....	58
Figura 3.3. Escenario PBX VoIP Asterisk	59
Figura 3.4. Escenario PBX híbrido Asterisk	60
Figura 3.5. Dispositivos, funcionalidades y sistemas telefónicos	61
Figura 3.6. Arquitectura Asterisk [8].....	62
Figura 3.7. Archivo extensions_additional.conf.....	68

Figura 3.8. Plan de marcado con prioridad numérica	71
Figura 3.9. Plan de marcado con prioridad n.....	71
Figura 3.10. CLI de Asterisk.....	78
Figura 4.1. Asterisk en red LAN (sede A)	81
Figura 4.2. Topología tipo estrella	82
Figura 4.3. Comunicación entre 2 redes LAN.....	83
Figura 4.4. Red LAN Asterisk sede A	84
Figura 4.5. Interfaz gráfica softphone Zoiper Free.....	87
Figura 4.6. Teléfono VoIP Yealink	88
Figura 4.7. Usuarios SIP	93
Figura 4.8. Plan de marcación.....	97
Figura 4.9. Plan de marcación utilizando patrones.....	98
Figura A.1. Menú de inicio de Centos 6.0.....	105
Figura A.2. Prueba del CD de centos 6.0	106
Figura A.3. Menú de idioma	106
Figura A.4. Menú de elección de teclado.....	107
Figura A.5. Menú de Inicializar el disco.....	107
Figura A.6. Selección de horario.....	108
Figura A.7. Asignación de contraseña	108
Figura A.8. Selección de partición	109
Figura A.9. Confirmación de cambios al disco	109
Figura A.10. Finalización de instalación Centos 6.0.....	110
Figura A.11. Estatus de la red.....	111
Figura A.12. Comando que se aplica para instalar bibliotecas.....	112
Figura B.1. Comando para instalar bibliotecas necesarias para Asterisk	113

Figura B.2. Comandos para descomprimir Asterisk y dahdi	113
Figura B.3. Directorios de Asterisk y dahdi.....	114
Figura B.4. Comandos para compilar dahdi.....	114
Figura B.5. Ejecución del comando asterisk -r.....	116
Figura C.1. Softphone Zoiper	119
Figura C.2. Ventana de Zoiper para crear nuevos usuarios	120
Figura C.3. Ventana de configuración de usuario.....	121
Figura D.1. Campos que se deben de configurar	122

Lista de tablas

Tabla 3.1. Características más relevantes de Asterisk.....	53
Tabla 3.2. Versiones Asterisk.....	55
Tabla 3.3. Directorios Asterisk.....	65
Tabla 3.4. Archivos configurables de Asterisk.....	66
Tabla 4.1. Codecs y su ancho de banda.....	89
Tabla 4.2. Campos básicos de un usuario sip.conf.....	92
Tabla 4.3. Diferencias entre Voicemail y VoicemailMain.....	94
Tabla 4.4. Patrón de extensiones.....	97
Tabla 4.5. Configuración de enlaces iax.....	99

Capítulo I. Introducción

1.1 Motivación del proyecto

A veces parece que debido a las múltiples tecnologías de comunicación existentes dentro de las cuales estamos inmersos, se ha olvidado que el propósito de la red telefónica conmutada es permitir a la gente comunicarse. El teléfono como se conoce actualmente ha perdido terreno debido a las nuevas modalidades que han surgido de comunicación como son: las multiconferencias, la videoconferencia, el correo electrónico, las comunicaciones móviles, la mensajería instantánea, etc. Sin embargo, los medios de comunicación telefónica también han ido evolucionando quizá no a pasos tan gigantescos como otros medios de comunicación pero sí en formas mucho más flexibles y creativas. La red telefónica conmutada o también llamada PSTN (Public Switched Telephone Network, en español Red Telefónica Pública Conmutada) ha dado paso a la ISDN (Integrated Services Digital Network, en español Red Digital de Servicios Integrados) y esta a su vez a la telefonía IP, VoIP (voz sobre IP).

La telefonía IP o VoIP permite transportar conversaciones telefónicas en paquetes IP, es decir, la transmisión de paquetes de voz utilizando redes de datos, la comunicación se realiza por medio del protocolo IP (Internet Protocol), permitiendo establecer llamadas de voz y fax sobre conexiones IP (redes de datos corporativos, intranet, extranet, etc.) obteniendo de esta manera una reducción de costos considerables en telefonía.

Hasta hace algunos años, la mayoría de las empresas privadas y gubernamentales del Distrito Federal poseía un PBX (Private Branch Exchange, en español Conmutador Telefónico Privado) de tecnología privada exclusivamente para la red telefónica y una red LAN (Local Area Network) completamente independiente para el transporte de datos. Con la introducción de VoIP se ha logrado la integración de las redes de voz y de datos en una sola red tanto a nivel LAN como a nivel MAN (Metropolitan Area Network), con lo anterior, las empresas privadas y públicas pueden lograr grandes ahorros económicos, dado que la inversión para implementarlo es bajísima debido a que se utiliza la misma infraestructura de red ya instalada en las empresas.

VoIP no ha tenido el éxito que otras tecnologías de comunicación han logrado, sin embargo, compañías de amplio reconocimiento internacional como Cisco, la han incorporado a su catálogo de servicios y productos. En México existen proveedores de esta tecnología por ejemplo: AJ-TEL1, ACTICA, ATHENA SOFT, EKO FON, entre otros.

El presente proyecto propone el diseño de una red VoIP utilizando software libre como solución a la problemática que existe en el Instituto de Educación Media Superior (IEMS) del Distrito Federal en su sistema telefónico. El IEMS es una Institución descentralizada del Gobierno del Distrito Federal que cuenta con 21 planteles ubicados en las 16 delegaciones de esta demarcación, y es la encargada de brindar educación de nivel medio superior a la población de ésta área geográfica que desee continuar sus estudios en este nivel. En este año la institución cumple 14 años de haber sido creada, por lo que su infraestructura de comunicación telefónica está más que obsoleta. Los conmutadores no pueden ser actualizados ya que la empresa que los fabricó discontinuó el hardware utilizado por lo que no existe un software mejorado, tampoco puede haber una reparación dado que no existen piezas de mayor rendimiento para los modelos instalados y pensar en una compra de equipos nuevos es casi imposible debido a la reducción de presupuesto que sufre esta institución.

Por lo anterior se propone a la institución instalar una red de VoIP utilizando software libre, en este caso Asterisk.

Se propone Asterisk debido a tres razones, la primera, que es un software de código abierto por lo que no se necesita licencia alguna para poder utilizarlo. En un principio fue creado para sistemas operativos Linux sin embargo hoy en día, y gracias a la colaboración de una multitud de desarrolladores que han aportado funciones nuevas, también puede instalarse en sistemas operativos como

Windows, Solaris Sun, Mac OS X, FreeBSD y OpenBSD; segundo, Asterisk provee todas las funcionalidades que se pueden esperar de un conmutador, además es capaz de interoperar con todos los equipos telefónicos basados en estándares de VoIP, y finalmente por que cuenta con características que la hacen muy eficiente y eficaz que a lo largo del presente escrito se mencionarán y profundizarán.

La instalación de VoIP traería grandes ventajas, la principal de ellas sería grandes ahorros económicos ya que se emplearía Internet como medio de transporte, el único costo que se tendría sería la factura mensual del proveedor de servicio de internet (ISP) y así se eliminarían en su mayoría las líneas telefónicas que existen en cada plantel; además, si tomamos en cuenta que existen 21 planteles en todo el Distrito Federal, donde cada plantel cuenta con 3 líneas telefónicas tradicionales y considerando que el 85% de las llamadas son entre los mismos planteles (dato proporcionado por trabajadores encargados del área de telecomunicaciones del IEMS), entonces este cambio traería resultados significativos a muy corto plazo. Por lo anterior es claro que instalar VoIP en el Instituto es viable económicamente hablando.

Otra ventaja que convendría al instituto es que con VoIP, se puede configurar una conferencia que permite a un grupo de personas comunicarse en tiempo real. VoIP comprime los paquetes durante la transmisión, lo que provoca que se pueda transmitir una mayor cantidad de datos. Como resultado, se pueden establecer un

número mayor de llamadas a través de una única línea de acceso, lo que en la telefonía pública conmutada no se puede hacer.

Las alternativas tecnológicas para implementar VoIP se pueden dividir de una manera sencilla en dos grandes grupos: tecnologías cerradas (privadas) y sistemas abiertos. En el primer grupo de tecnologías se encuentran Skype o el legendario Cisco Skinny, en el segundo grupo de tecnologías se encuentran Trixbox, Kamailio, Freepbx, Asterisk, etc. En ambos sistemas se utilizan estándares basados en H.323 y SIP, sin embargo en el segundo grupo se pueden realizar configuraciones de acuerdo a los intereses del administrador sin costo alguno y en cualquier momento.

Para la implementación de dicha red VoIP se ha pensado en la utilización de este segundo grupo, dentro del cual se encuentra Asterisk, un software para crear un PBX y el cual está basado principalmente en los protocolo SIP e IAX.

Asterisk es un software libre (bajo licencia GPL) que proporciona funcionalidades de una central telefónica, es decir, es un servidor que funciona como PBX y a él se enlazan teléfonos virtuales llamados softphones, a los cuales se les considera clientes del servidor.

Asterisk se ha convertido en el principal software para implementar VoIP debido a que fue creado especialmente para esa funcionalidad y aunque existen otros softwares libres para implementar PBX, éstos están basados en Asterisk, y esto contrasta totalmente con el mundo cerrado de las PBX de la telefonía conmutada.

Asterisk, será el software principal debido a que funcionará como conmutador y cumple con las características principales para que funcione como servidor de VoIP.

Para la implementación de VoIP en los planteles es necesario mencionar que actualmente los usuarios cuentan con una computadora de escritorio de uso personal para desempeñar sus actividades académicas y administrativas. Las computadoras se encuentran conectadas a una red LAN perteneciente a una MLAN con la que cuenta el Instituto. Para la implementación de este proyecto el único hardware adicional que se necesitará será la tarjeta de sonido (si no se cuenta con ella), algunas computadoras no la tienen ya que no era necesaria su instalación para las actividades que se venían realizando, así mismo, se necesitarán unos audífonos o bocinas y un micrófono. Todo este hardware es de bajo costo en la actualidad. Como se utilizarán softphones, software que simula un teléfono, instalado en la computadora, no es necesario adquirir un teléfono con tecnología VoIP, sin embargo, si lo desea el usuario lo puede utilizar ya que Asterisk permite la compatibilidad. Estos softphones se pueden instalar en diferentes sistemas operativos como puede ser Windows o Linux en sus diferentes distribuciones. Además, en este proyecto no será necesario hacer nuevas instalaciones de cableado telefónico, pues no olvidemos que VoIP se integra con la red de datos existente en el Instituto.

Otra razón que permitirá a Asterisk integrarse de manera factible a la red existente es que trabaja con el protocolo SIP (Protocolo de Inicio de Sesiones), es decir, este protocolo considera cada extremo de una conexión como un par, de tal forma que negocia las capacidades entre éstos no alterando la comunicación de datos. Lo que hace a SIP convincente es que es un protocolo relativamente simple, con una sintaxis similar a la de otros protocolos conocidos, por ejemplo HTTP y SMTP.

1.2 Objetivos

Objetivo General

El objetivo general del proyecto es el diseño e implementación de un sistema de telefonía IP basado en software libre en el IEMS, para obtener comunicación telefónica mediante métodos basados en el uso de redes Ethernet.

Objetivos Específicos

- Instalar un servidor con software Asterisk para lograr la comunicación VoIP entre las 13 computadoras que forman parte de la red LAN del plantel Gral. Francisco J. Múgica perteneciente al IEMS.
- Instalar un servidor con software Asterisk y 3 terminales con softphones en 4 computadoras que forman parte de la red LAN del plantel Magdalena Contreras perteneciente al IEMS.
- Realizar la configuración necesaria en ambos servidores para que los planteles se puedan comunicar por VoIP.

Cuando se logre la comunicación sin problemas entre ambos planteles se habrá logrado el objetivo general, debido a que el mismo procedimiento se replicará a los planteles restantes hasta que exista comunicación entre todos ellos.

Para lograr con éxito los objetivos planteados es necesario conocer las características donde se realizaría la implementación como por ejemplo: tipos de computadoras de los usuarios y topografía de la red LAN (segmentación, rangos de IP). A partir de ello se comenzaría con la implementación que implica la instalación del servidor (en una PC con características básicas para que funcione correctamente Asterisk), instalación de los softphones en las computadoras de los usuarios, revisión de la correcta comunicación entre servidor y clientes, hacer pruebas con los usuarios entablando conversación en las 17 computadoras con la intención de observar el comportamiento del servidor.

La ejecución de las tareas anteriores puede o no presentar problemas, por lo que se tienen que encontrar soluciones eficientes y eficaces en caso de que existan.

Finalmente solo restaría dar seguimiento al sistema para comprobar el correcto funcionamiento y así garantizar que dicha implementación tendrá éxito.

1.3 Organización del trabajo recepcional.

En las siguientes páginas se podrá encontrar la información concisa acerca de la telefonía VoIP. Por lo que se ha dividido dicha información en capítulos para facilitar la comprensión del proyecto.

En el capítulo 2 se explica la Voz IP, su evolución, el funcionamiento de la conmutación de voz sobre IP, su arquitectura, los protocolos de señalización, los estándares abiertos y el código libre, las ventajas, las desventajas, las limitaciones tecnológicas y las aplicaciones en la actualidad.

En el capítulo 3 se profundizará en el tema de Asterisk que es un software de código abierto que permite implementar una central telefónica, la cual será la base del sistema VoIP. En este capítulo se explica su origen y evolución, las diferentes versiones existentes, su arquitectura, los protocolos y estándares con los que puede trabajar, su administración y las enormes ventajas que representa en comparación con la telefonía conmutada (PSTN). Se hace énfasis en Asterisk debido a que es un software libre lo que permite trabajar de manera autónoma para su implementación de acuerdo a las características y requerimientos sin ser necesarios una licencia o el pago de algún costo monetario por utilizarse.

En el capítulo 4 se explica cómo se realizaría el diseño del sistema telefónico de VoIP con software libre en el IEMS, considerando la infraestructura informática con la que cuenta cada plantel, los requerimientos de hardware y software y las limitaciones que pudiesen existir en la red LAN de cada plantel. Así mismo, se menciona la forma en que se configuró el servidor Asterisk en el sistema operativo Centos 6.0 (en el apéndice A se indica el proceso de instalación), así como la instalación de los softphones (clientes) (en el apéndice C se indica el proceso de configuración) en diferentes distribuciones de Linux y Windows. Se explica el

funcionamiento de servidor a cliente en cada plantel y el de servidor a servidor de plantel a plantel. Además se menciona la forma de trabajar con el servidor Asterisk, mediante terminales, ya que ésta requiere de mayor conocimiento en sistemas operativos Linux pues se trabaja con comandos y además, es la más segura.

Finalmente y como último capítulo se escriben las conclusiones obtenidas al desarrollar este proyecto. Además se menciona el trabajo futuro que se puede realizar basado en este proyecto teniendo como base a Asterisk, así como los apéndices para la instalación y configuración.

Capítulo II. Voz sobre IP

2.1 ¿Qué es la voz sobre IP?

Las innovaciones tecnológicas que se han desarrollado actualmente en el área de las comunicaciones incluyen el mejoramiento en la realización de las llamadas telefónicas, proporcionando nuevas alternativas que facilitan en gran medida la comunicación, lo que incide en la disminución del costo de enlazar una conversación.

En la década de los 90, principalmente en los países desarrollados, comienza una carrera por mejorar los sistemas de comunicación apoyándose en el área de las tecnologías de la información. El uso de Internet como medio de transporte de información provoca que empresas privadas, instituciones educativas y centros de investigación se interesen en desarrollar protocolos para transportar voz y video sobre redes IP, especialmente a través de intranets privadas e Internet. A pesar de que la idea de transportar la voz y video por la red fue concebida décadas atrás, no se había concretado debido a las limitantes tecnológicas de ese tiempo. Los avances en la tecnología han sido exitosos y hoy en día esta tecnología es conocida como VoIP (Voz sobre Protocolo de Internet). VoIP implica el proceso de digitalización y fragmentación del audio y el video para ser transportados en una

red IP. Al llegar a su destino final, los fragmentos se reensamblan permitiendo que la gente pueda comunicarse de forma adecuada.

La tecnología VoIP puede considerarse un valor agregado al que Internet ofrece, pues permite la interconexión en tiempo real y a su vez puede realizar, por este mismo medio, multiconferencias, videoconferencia o simplemente una llamada telefónica, donde ésta última antes sólo se podía realizar en un sistema telefónico tradicional PSTN (Public Switched Telephone Network).

Debido a los grandes beneficios que trae consigo VoIP, nacieron compañías especializadas en ésta tecnología desarrollando hardware y software para este fin.

“En 1995, una compañía llamada Vacoltec anunció el lanzamiento del primer teléfono software para Internet, éste software sólo permitía comunicarse de pc a pc y para concretarse la comunicación era necesario hardware adicional como micrófono, bocinas, tarjeta de sonido y módem. Básicamente este software consistía en transformar la señal de voz en paquetes IP. Sin embargo, este proyecto fue comercialmente un fracaso ya que las conexiones a Internet que se disponían ofrecían dos grandes problemas, el primero era un ancho de banda muy limitado y el segundo el alto precio del hardware”. [1]

A pesar del fracaso del proyecto, la ITU (Internacional Telecommunications Union) creó en 1996 un estándar de VoIP con el objeto de proporcionar una base desde la cual los desarrolladores trabajaran en conjunto. Esto permitió que en 1998 diversas empresas comenzaran a vender adaptadores que permitían hacer uso de

los teléfonos analógicos en un entorno VoIP, lo que desencadenó en un acercamiento de los clientes con esta tecnología y provocó el aumento de las compañías que ofrecían productos y servicios de VoIP. A finales del año 1998 la tecnología VoIP alcanzaba ya el 1% del tráfico total de voz. [1]

En 1999, VoIP se había consolidado como una tecnología confiable y muy redituable económicamente hablando por lo que la empresa líder en tecnologías de las comunicaciones CISCO, crea las primeras plataformas enfocadas a empresas capaces de tratar con tráfico VoIP, lo que trae como consecuencia el impulso de esta tecnología en varias empresas y a finales del año 2000 VoIP obtiene el 3% del tráfico total de voz. [1]

La VoIP ha sido aceptada generalmente por los proveedores de servicios, consumidores y empresas, ya que es una manera más barata de comunicar, debido a que las llamadas telefónicas al viajar por Internet hacen uso de las conexiones de banda ancha que han bajado su costo considerablemente.

2.2 VoIP en el Mundo

Calcular o aproximar el número total actual de abonados VoIP en el mundo es difícil estimar el número de usuarios que utilizan esta tecnología, por ejemplo, telsa, skype, google voice (ambos de paga) o Asterisk (libre), o aquellos usuarios que hacen uso de VoIP indirectamente, porque viene incorporado en algún otro software como los juegos en línea. Por ello, las estimaciones del número total de

abonados de VoIP suelen dar casi siempre un orden de valores aproximados. Por ejemplo, en Estados Unidos se dio un aumento del 2% en tráfico VoIP entre el 2011 y el 2016. Así mismo, se dio un crecimiento del 10% para América Latina en el mismo periodo, según el informe de Cisco VNI (Visual Network Index) 2011 - 2016, que cada año calcula el crecimiento de tráfico VoIP a nivel mundial. En la figura 2.1 se muestra el tráfico global de VoIP en el periodo 2011 - 2016.

Consumer Voice-over-IP Traffic, 2011-2016							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	CAGR 2011-2016
By Network (PB per Month)							
Fixed	143	149	153	157	161	164	3%
Mobile	4	5	5	5	8	10	19%
By Geography (PB per Month)							
North America	22	23	23	23	23	24	2%
Western Europe	64	64	64	63	62	62	-1%
Asia Pacific	49	53	56	59	63	66	6%
Latin America	7	9	9	10	11	12	10%
Central and Eastern Europe	3	3	4	4	5	5	15%
Middle East and Africa	2	2	3	3	4	5	22%
Total (PB per Month)							
Consumer VoIP	147	154	159	163	169	174	3%

Figura 2.1. Tráfico VoIP en el mundo 2011-2016 [1]

En lo que respecta al número total de abonados VoIP en todo el mundo, existen compañías de VoIP que han pronosticado la tendencia que llevaría esta tecnología en todo el planeta por ejemplo: Infonetics Research (EE.UU.) estimó que a finales de 2008 habría unos 80 millones, Point Topic (Reino Unido) calculó que habría 92.2 millones en el primer trimestre de 2009, mientras que IDATE (Francia) proyectó 175 millones de usuarios VoIP en 2009, lo que equivale a 10% del

número total de abonados a líneas fijas, y más de 200 millones en 2012. Como se puede observar, el crecimiento de usuarios de esta tecnología va creciendo a pasos agigantados [2]. Además, las comunicaciones unificadas tendrán un crecimiento importante durante los próximos años, hasta el punto que en el 2016 los usuarios se habrán duplicado con respecto al año 2012. Infonetics Research en su último informe del 2013 menciona que debido al aumento de ventas de dispositivos móviles como smartphones, tablet, etc., éstos serán los medios más utilizados para las comunicaciones unificadas como VoIP, superando por primera vez a ordenadores de sobremesa y portátiles. En la figura 2.2 se puede observar el crecimiento estimado de VoIP.

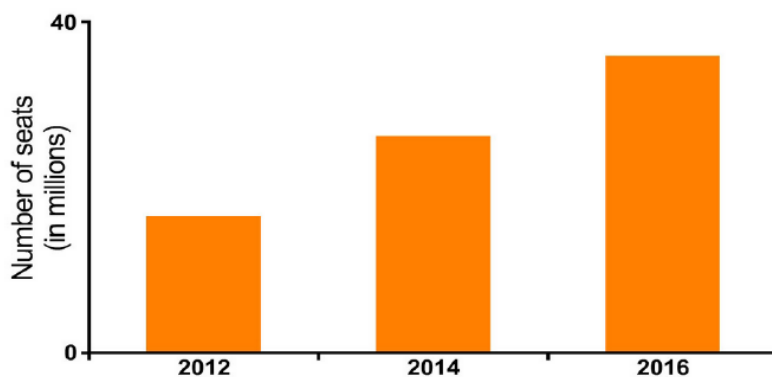


Figura 2.2. Estimación del número de abonados VoIP en el mundo 2012-2016. [2]

En lo que respecta al número de usuarios por área geográfica, empresas como, Point Topic reportó que Europa occidental represento la mayoría (33%) de todos los abonados VoIP en marzo de 2013, pero esta proporción está disminuyendo por

que el VoIP se está popularizando en otras regiones. Norteamérica y la región Asia son los siguientes mercados más grandes. Latinoamérica y Europa oriental representan una parte relativamente pequeña del mercado, pero con grandes posibilidades de crecer en muy corto tiempo [3].

En la figura 2.3 se aprecia las áreas geográficas con VoIP.

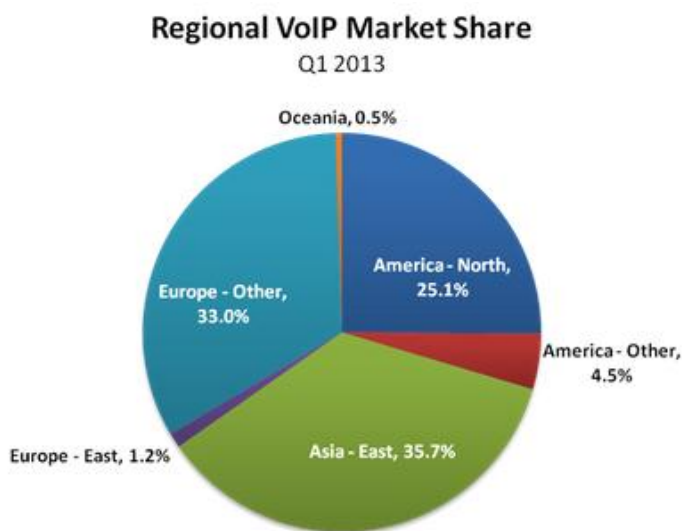


Figura 2.3. Distribución de abonados VoIP en todo el mundo 2013. [3]

Finalmente queda por mencionar que la popularidad de VoIP como negocio sigue aumentando. AMI Research (Estados Unidos), proyecta que los ingresos globales generados por las PBX-IP privadas, las pasarelas VoIP, los conmutadores informáticos, los servicios de aplicación VoIP, los teléfonos y adaptadores IP, alcanzarán los 9700 millones de dólares a finales de 2012 [4].

El bajo costo de las llamadas a distancia y las nuevas funcionalidades que se están implementando son sólo dos de los alicientes que están provocando que ésta tecnología crezca aceleradamente.

2.3 Funcionamiento de VoIP

Para entender el funcionamiento de VoIP es importante mencionar el protocolo IP (Internet Protocol), pues la comunicación se lleva a cabo bajo este protocolo.

El protocolo de Internet IP es un protocolo no orientado a conexión, que sirve para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

Los datos que se envían en una red que se basa en IP, son enviados en bloques conocidos indistintamente como paquetes o datagramas. El protocolo de Internet provee un servicio de datagramas (best effort), lo que significa que hará su mayor esfuerzo para llevar los paquetes a su destino, pero no garantiza tener éxito. El datagrama IP es la unidad de transferencia en las redes IP, dicho datagrama se fragmenta para ser enviado y se reensambla al llegar a su destino, dentro de los datagramas se encuentran las cabeceras IP que contienen las direcciones de las computadoras de origen y destino, conocidas como direcciones IP, estas direcciones serán usadas por los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que se reenviarán los paquetes.

En la figura 2.4 se observa la conexión de 2 redes diferentes por medio del protocolo de Internet.

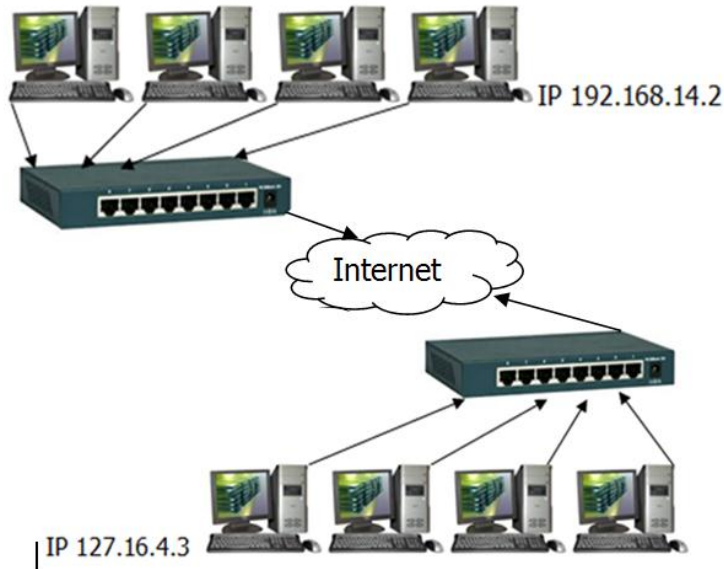


Figura 2.4. Conexión de 2 redes diferentes por medio de IP.

Se puede decir que la transmisión de la VoIP es el resultado de un proceso en el que primero se muestrea la voz para luego ser cuantificada, codificada y por último comprimida. Una vez que se ha realizado este proceso la voz se encuentra en forma binaria, por lo que es posible formar paquetes para ser enviada por medio de la red de datos. A continuación, en la figura 2.5 se muestra este proceso.

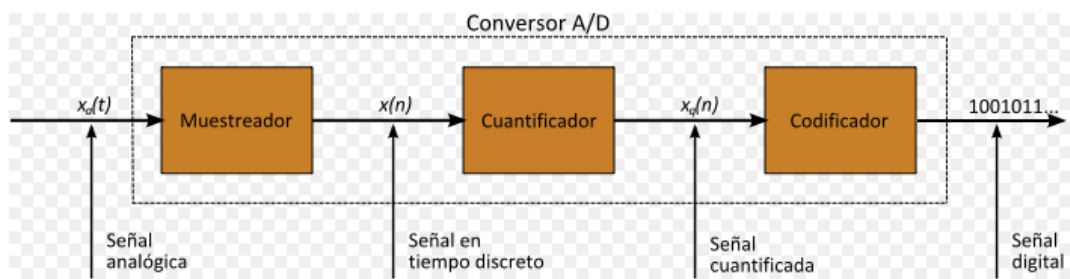


Figura 2.5. Proceso de convertir la voz analógica a digital. [4]

Dado que estos paquetes son enviados por un mismo ancho de banda, no existe prioridad sobre los paquetes VoIP o los paquetes de datos, dado que el protocolo IP los ve igual, por lo que se corre el riesgo de pérdida de paquetes, producirse una elevada latencia en los momentos de mayor utilización de red (con la consecuencia de la reducción del ancho de banda), llegar a la pérdida de la señal.

La comunicación sobre la propia red de datos, obliga a compartir el ancho de banda con otras aplicaciones en la red, por ejemplo la transmisión de datos, de video, etc., en el caso de VoIP el ancho de banda requerido para una llamada en un sólo sentido es muy bajo, sin embargo independientemente de eso, es necesario disminuir en lo posible la saturación de la red utilizando algoritmos de compresión, que reducen drásticamente el ancho de banda utilizado, manteniendo de esta manera una calidad de voz aceptable. La cantidad de ancho de banda utilizado para llamadas VoIP, también dependerá del algoritmo de compresión utilizado, mayor compresión de voz menos ancho de banda pero más alto es el procesamiento requerido de la computadora.

2.4 Tipos de llamadas.

En VoIP se pueden realizar 3 tipos de llamadas:

- i) De PC a PC. La comunicación es entre usuarios de PC conectados a Internet. Para que se pueda llevar a cabo esta comunicación es necesario tener instalado en la computadora un software que simule un teléfono, dicho software se encargará de convertir la voz analógica a digital mediante el proceso mencionado

anteriormente, de esta forma se puede entablar una conversación en tiempo real. En la figura 2.6 se muestra este proceso.

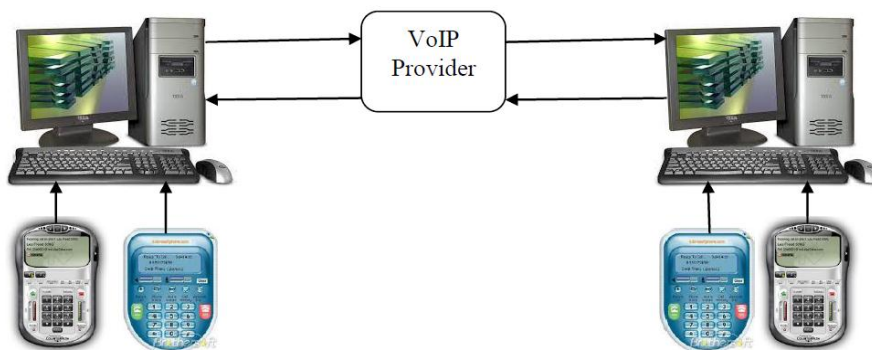


Figura 2.6. Comunicación entre las PC utilizando softphones

ii) PC a Teléfono. Se puede dar la comunicación entre dos usuarios, aunque uno de ellos no esté conectado a Internet, es decir, que se encuentre utilizando el sistema telefónico tradicional (PSTN). Para ello, la persona con teléfono fijo debe de contar con un convertidor A/D para que de esta forma se pueda enviar la información por medio de Internet.

En la figura 2.7 se muestra la estructura mencionada anteriormente.

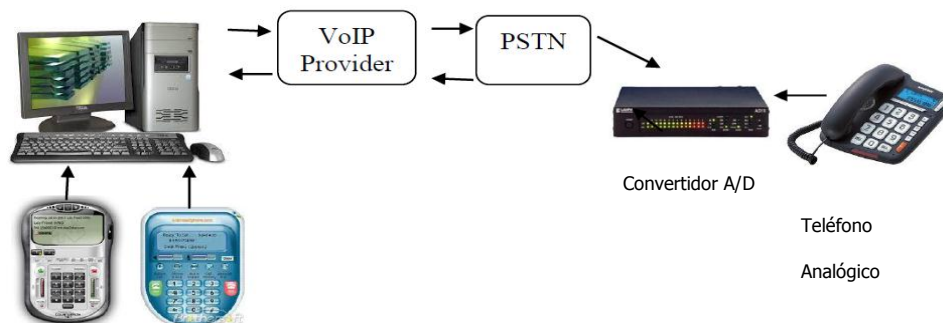


Figura 2.7. Comunicación de pc a teléfono analógico, utilizando un convertidor A/D

iii) Teléfono a teléfono. Esta modalidad es la más reciente, y permitió ampliar las comunicaciones en los hogares. Dos teléfonos fijos pueden comunicarse entre sí, siempre y cuando se cuente con un convertidor A/D para que después, por medio del protocolo IP, se pueda transmitir la información. El funcionamiento es como sigue: uno de ellos llama a una central conectada a Internet y ésta lo comunica con el otro teléfono fijo que también está conectado con otra central a Internet. En la figura 2.8 se observa la estructura de comunicación.

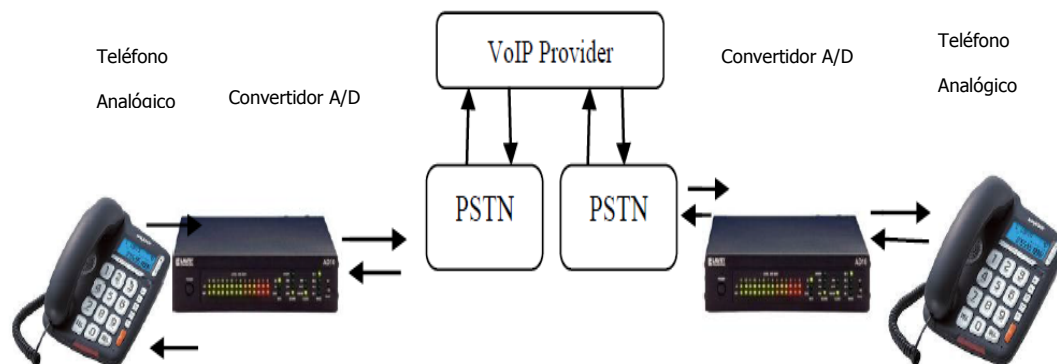


Figura 2.8. Comunicación de teléfono fijo a teléfono fijo utilizando A/D

2.5 Principales características de VoIP en comparación con PSTN.

La PSTN, que poco a poco se espera que irá desapareciendo, está guiada por un sistema simple como es la conmutación por circuitos, es decir, si existe una llamada entre dos personas, se crea un canal dedicado sólo para la transmisión de esa llamada, por lo que la conexión se mantiene durante todo el tiempo de la conversación y no puede ser utilizada hasta que ésta se desocupe. Ahora, si se

enlazaran tantas llamadas como líneas lo permiten, no se podría realizar una llamada hasta que se desocupara alguna. A pesar de que algunos proveedores de telefonía han cambiado a conmutación de paquetes aún dependen mucho de la conmutación de circuitos.

En comparación con VoIP, que utiliza conmutación de paquetes, los datos de la voz digitalizada son divididos en paquetes, cada uno de los cuales puede tomar diferente ruta a su destino, donde el paquete es recombinado dentro del mensaje original. De esta forma se puede realizar un gran número de llamadas, tanto como el ancho de banda lo permita, y no se depende de que se termine una llamada para poder iniciar otra.

2.5.1 PSTN vs VoIP, principales ventajas y desventajas.

VoIP a pesar de ser una tecnología de crecimiento acelerado, tiene algunas desventajas, sin embargo, las ventajas que puede aportar superan claramente a estas [1].

Las principales ventajas son:

- a) Ahorrar dinero. Como VoIP emplea Internet como medio de transporte, el único costo que se tiene es el pago mensual al proveedor de Internet, el cual regularmente es constante y no se ve afectado por cuántas llamadas se realicen o cuánto duren o a qué parte del mundo se realicen, en cambio

con PSTN se tiene que pagar renta, largas distancias, etc., por lo que el costo varía mes con mes dependiendo de la utilización.

- b) Mayor número de personas en una conversación. En una línea de teléfono conmutado, solamente tres personas pueden entablar una conversación al mismo tiempo. Con VoIP, se puede realizar una conferencia que permite a un grupo de personas comunicarse en tiempo real. Esto se debe a que la voz es comprimida en paquetes, lo que permite que se transmita una mayor cantidad de datos y por lo tanto, se puede establecer una cantidad mayor de llamadas a través de una única conexión, es decir, los recursos se comparten entre los usuarios.
- c) Hardware y software económico. Hoy en día la mayoría de las personas con acceso a la tecnología cuentan mínimo con una PC o laptop con acceso a Internet, por lo que para ser usuarios de VoIP sólo se requiere agregar una tarjeta de sonido, bocinas y un micrófono, dispositivos que hoy en día son de bajo costo. Con lo que respecta al software, hay programas para ser instalados en las computadoras que nos permiten simular teléfonos virtuales para ser utilizados con los protocolos de VoIP, por ejemplo, Zoiper, Xlite, Softphone line, que cuentan con licencias de uso libre.
- d) Movilidad. Con VoIP se pueden realizar llamadas desde cualquier parte del mundo a cualquier destino del mundo únicamente utilizando la cuenta de VoIP del proveedor que brinda el servicio. De ésta forma, VoIP es un

servicio tan portable como el e-mail, es decir, no limita la movilidad del abonado. Otras características de la movilidad de VoIP son el reconocimiento de llamada, posibilidad de crear números virtuales o el contestador automático, por mencionar algunos.

- e) Transmisión de audio y video. Como se mencionó anteriormente VoIP está basado en una red de paquetes, por lo que puede manejar otros tipos de datos además de la voz; se podrían transmitir imágenes, video o texto junto con la voz. De esta forma, se puede hablar con alguien a la vez que se le envían archivos o incluso cuando se está viendo a la persona con la que se conversa en la webcam.
- f) Uso eficiente del ancho de banda. Cuando se realiza una llamada en las líneas PSTN y las personas permanecen calladas, la línea está ociosa, lo que provoca que no se puede utilizar hasta que sea terminada la llamada. En VoIP no sucede esto debido a que se rellenan estos espacios de silencio con datos, de forma que el ancho de banda de los canales de comunicación no son desaprovechados.
- g) Red flexible. VoIP no necesita tener un esquema o topología en concreto. Esto hace posible que las organizaciones lo utilicen como mejor les convenga.
- h) Tecnología de desarrollo. VoIP puede combinar diferentes tipos de datos, enrutándolos y señalizándolos de forma muy flexible y robusta, por lo que

los desarrolladores están eligiendo a VoIP, para crear y desplegar aplicaciones utilizando esta tecnología.

Las principales desventajas

- a) Calidad. La crítica más dura que trae consigo VoIP desde su creación está enfocada a aspectos de calidad de la comunicación. Debido a que los paquetes de VoIP navegan a través de Internet, se mezclan con otros tipos de datos y, dado que no se da prioridad a ninguno, existe la posibilidad de que se retrasen o se pierdan paquetes provocando una conversación pausada o retrasada. Una solución para este problema es aumentar el ancho de banda, que generalmente es un recurso limitado.
- b) Normatividad: Frente a un fuerte y acelerado crecimiento de VoIP, algunos países están elaborando normativas que podrían dificultar la entrada de nuevos actores que desean ofrecer servicios VoIP, argumentando que la VoIP es ilegal y que no está reglamentada [5].

Por otro lado los gobierno de varios países aún no se han pronunciado oficialmente sobre el marco normativo de VoIP, (por ejemplo México) y algunos otros países en proceso de desarrollo que ya han organizado consultas públicas oficiales u otros en los cuales se está estudiando ese marco normativo.

2.6 Arquitectura de Voz sobre IP

VoIP, gracias a su flexibilidad, nos facilita su implementación pudiendo elegir una arquitectura que desde el punto de vista de su distribución, puede ser centralizada o distribuida.

2.6.1 Centralizada

VoIP inicialmente se desarrolló usando una arquitectura centralizada en la cual los teléfonos eran controlados por los conmutadores centralizados, este modelo es muy criticado porque al estar todo localizado en un mismo punto las futuras innovaciones tecnológicas se verían entorpecidas.

En esta arquitectura la red es centralizada y los dispositivos finales de usuario (endpoints) son relativamente silenciosos, es decir, no intervienen con otros usuarios. En la figura 2.9 se muestra la arquitectura.

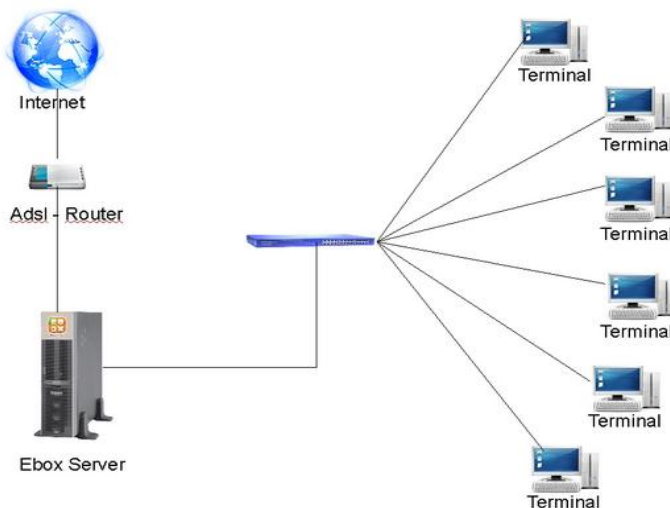


Figura 2.9. Arquitectura centralizada

Las ventajas de éste tipo de arquitectura son:

- i) La rapidez y bajo costo para la implementación, ya que sólo trabajamos en un sólo equipo.
- ii) La facilidad de configuración. Al ser sólo un equipo se le puede instalar/configurar de manera rápida o en su defecto instalar una imagen ya configurada.
- iii) Facilidad de administración. Se pueden controlar de forma centralizada los problemas que llegasen a presentarse, actualizar o cambiar la configuración general.
- iv) Menores problemas. Al contar con menos hardware, se puede ubicar de una forma más rápida los problemas físicos.

Las desventajas:

- i) Escalabilidad. Existe un límite de equipos que se pueden conectar al servidor o a los que se les puede brindar servicios. Esto depende del servidor.
- ii) Dependencia. En el momento que el servidor por algún motivo deje de funcionar, el servicio deja de funcionar en todos los clientes.
- iii) Inflexibilidad. Conforme las necesidades de la red aumenten, el servidor ya no podrá cumplir de la mejor manera sus funciones.

2.6.2 Distribuida

La arquitectura distribuida es más compleja que la arquitectura centralizada. Esta arquitectura está asociada a los protocolos H.323 y SIP (los cuales se detallarán más adelante). Estos protocolos permiten que la inteligencia de la red se distribuya entre los dispositivos de control de llamadas y endpoints (gateways VoIP, teléfonos IP, servidores media, softphones). Sin embargo, esta arquitectura requiere de mayor número de dispositivos, todo dependerá de los usos que se le den a la red, es decir, si sólo se va a utilizar como red de VoIP o si se van agregar nuevas funciones como email, chat, video, etc. Si es así, se requerirá mayor número de hardware, esto con la finalidad de brindar mayor libertad a los servidores para que cada uno realice sus funciones de forma adecuada y no saturarlos con información de diferentes trabajos.

Por lo anterior, es claro ver por qué la tecnología VoIP apoya este modelo y hoy en día es el más usado por las empresas de tecnologías de la comunicación. En la figura 2.10 se muestra ésta arquitectura (sistemas distribuidos).

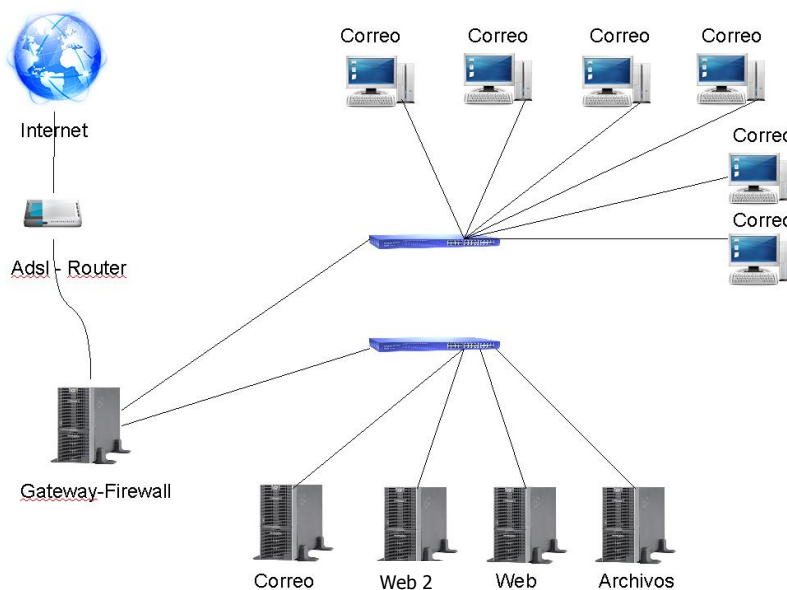


Figura 2.10. Arquitectura distribuida. Cada servicio realiza una función.

Ventajas:

- i) Escalabilidad. Permite agregar nuevas funciones a la red o aumentar el número de dispositivos que se necesiten.
- ii) Independencia. Todos los servicios funcionan independiente, por lo que, si se cae uno, no deja de funcionar la red.
- iii) Flexibilidad. Se puede aumentar el número de aplicaciones en la red sin afectar las que ya se encuentran funcionando.
- iv) Administración. Se puede administrar toda la red de forma centralizada si instalamos un software o de forma individual en cada servidor.

- v) Mayor seguridad. Al tener los servicios en diferentes equipos se pueden realizar respaldos individuales para mantener protegida la información.

Desventajas:

- i) Costo. Al aumentar el número de dispositivos aumenta el costo económico para adquirirlos.
- ii) Implementación. Requiere mayor tiempo de configuración para que todo el sistema funcione.
- iii) Administración. Al ser mayor el número de equipos, se requerirá mayor número de recursos humanos para administrarlos.
- iv) Problemas. Los problemas aumentarán debido al aumento de equipos.

2.7 Estándares y protocolos de Voz sobre IP

La realización de una llamada entre dos teléfonos cualesquiera implica la utilización de diversos equipos electrónicos, los cuales deben comunicarse entre sí. Para poder garantizar que la comunicación entre los equipos se realice adecuadamente son necesarias diversas reglas o normas. Estas reglas o normas es lo que se conoce como protocolos.

2.7.1 Protocolos de transporte

Estos se encargan de asegurar que todos los datos hayan llegado desde el origen al destino, cumpliendo con los requerimientos de calidad de servicio y ancho de banda adecuados.

Para que la transmisión de voz sea de lo más factible posible se recurre a la utilización de varios protocolos de transporte. En este apartado se mencionan los protocolos UDP, TCP, RTP y RTCP [6].

- i) UDP (User Datagram Protocol). Aprovecha el ancho de banda mejor que TCP, sin embargo UDP no ofrece integridad en los datos debido a que no tiene control sobre el orden en el cual los paquetes son recibidos o de cuánto tiempo requiere su transmisión para lo cual recurre a RTP que resuelve este problema permitiendo que el receptor ponga los paquetes en el orden correcto y no espere a los paquetes que se hayan perdido por el camino o tarden mucho en ser recibidos.
- ii) TCP (Transmission Control Protocol). Este protocolo trabaja junto con el protocolo de Internet (IP) para enviar datos en forma de unidades de mensaje entre ordenadores a través de Internet. Mientras que IP se encarga de la entrega real de los datos, TCP se encarga de hacer el seguimiento de los datos, los cuales fueron divididos en paquetes, para un enrutamiento eficiente a través de la Internet.

- iii) RTP (Real Time Protocol). Maneja los tiempos, marcando cada paquete UDP con la información necesaria para la correcta llegada a su destino. Es importante destacar que RTP no ofrece garantías sobre la calidad del servicio ni sobre el retraso de la entrega de datos, por lo que necesita el apoyo de capas más bajas que controlen la reserva de recursos. RTP va de la mano de su protocolo de control, RTCP: RTP envía los datos y RTCP proporciona servicios de control y otras funcionalidades.
- iv) RTCP (Real Time Control Protocol). Este protocolo se encarga del control de la transmisión, se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones que corrijan el problema. La figura 2.11 muestra la pila de protocolos que se utilizan en la transmisión.

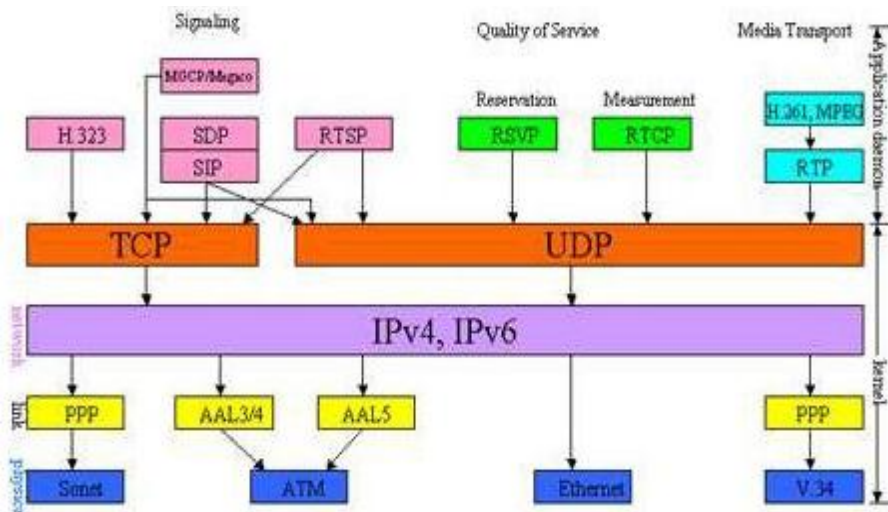


Figura 2.11. Pila de Protocolos de Transmisión [5]

2.7.2 Protocolos de señalización

En los últimos años, los protocolos de señalización para el servicio de transmisión de voz han experimentado un gran desarrollo dado que se están usando más las redes de conmutación de paquetes que la conmutación de circuitos para transportar tráfico de voz. Por otro lado, las necesidades de calidad de servicio han hecho necesaria una gestión de recursos que asegure la optimización del transporte de voz extremo a extremo, por ello surgen protocolos de señalización. La señalización se puede entender como el conjunto de informaciones intercambiadas entre los dos extremos de la comunicación que permiten efectuar operaciones de:

- Supervisión (detección de condición o cambio de estado).
- Direccionamiento (negociación y establecimiento de llamada).
- Empleo (gestión y mantenimiento de la red).

Para cumplir con los requerimientos de señalización existen diferentes protocolos, los principales o más utilizados en VoIP son SIP, H.323 e IAX [7].

2.7.3 H.323

Es el protocolo más utilizado para las soluciones de VoIP en la actualidad; sus capacidades de interworking (el término interworking se utiliza para designar la unión de redes diferentes a cualquier nivel (físico, de enlace, etc.) de forma que desde los niveles superiores se aprecie como una única red homogénea) permiten

no sólo la comunicación con terminales de la PSTN, sino también el soporte de sesiones con dispositivos multimedia de la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). La versión 2 de H.323, añade funciones en las áreas de servicios complementarios, seguridad y protocolo de RAS (Registro, Admisión y Status).

H.323 define cuatro elementos principales para un sistema de conferencia multimedia basado en una red LAN (Local Área Network):

- a) Terminales: son computadoras o terminales específicas con aplicaciones de voz (video y datos opcionales).
- b) Pasarelas: nodo opcional para interworking, se encarga de la traducción de la señalización, conversación y transferencia de los formatos de los datos.
- c) Unidades de control multipunto: ofrece el soporte necesario para sesiones con tres o más participantes (gestiona recursos, negocia codec, etc.).
- d) Gatekeepers: con lo que respecta al gatekeeper, aunque se trata de un elemento opcional, es también el más importante; realiza funciones de mapeo de direcciones, gestión de ancho de banda, gestión de terminales, control de admisión y opcionalmente señalización, gestión y autorización de llamadas. Los primeros tres son considerados extremos por que pueden generar y/o terminar sesiones.

En la figura 2.12 se muestra la pila de protocolos H.323, este estándar presenta dentro de su arquitectura una unidad de control de sistema, la cual se compone de los siguientes protocolos de control:

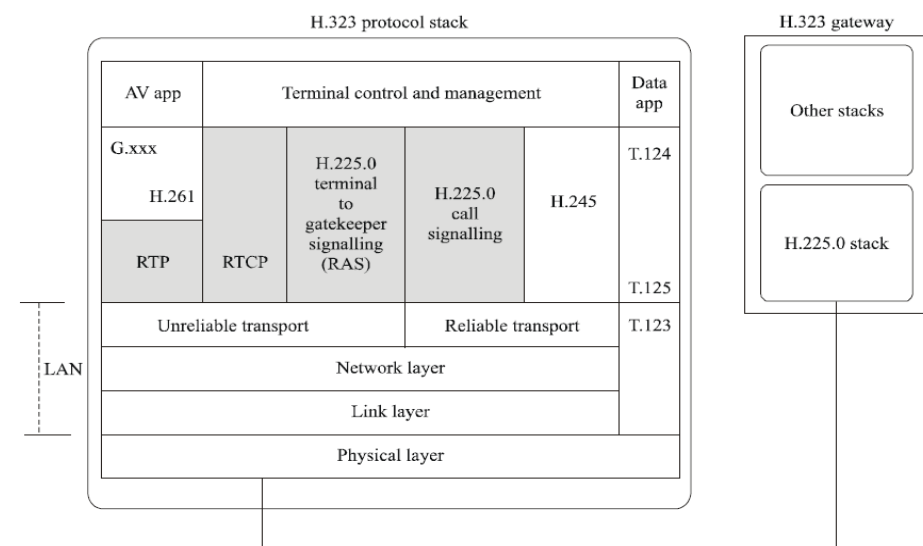


Figura 2.12. Pila de protocolos H.323 [6]

En la pila de protocolos de la figura anterior se observa los siguientes protocolos [8]:

- 1) H.245. Protocolo de transporte entre terminales que llevan información referente a las capacidades, mensajes de control y control de flujo entre las mismas. Los mensajes pueden ser de petición, de respuesta, de instrucción o indicación.

- 2) H.225. Protocolo de conexión que realiza el formato de los trenes de información en mensajes para ser enviados a la interfaz de red y da formato a los mensajes que han sido introducidos a través de la interfaz de red. La capa H.225 controla la alineación de las tramas lógicas, detección de errores y corrección de los mismos dependiendo el tipo de medio.
- 3) H.225 RAS (Registration/Admission and Status). Permite establecer sesión para realizar la comunicación entre terminales a través de los dispositivos de red necesarios para ésta. Este protocolo determina la forma en la que se conecta o desconecta una terminal, efectuando cambios en el ancho de banda para su optimización.

Los protocolos H.225 y H.225-RAS se soportan en los protocolos de transporte RTP/UDP/IP para la carga útil de audio y los protocolos IP/UDP o IP/TCP para los mensajes de control.

- 4) H.261. Este protocolo es el encargado de realizar la codificación del audio y video: especificaciones de las series G y H. El único códec obligatorio es G.711 (audio) y el más empleado es el G.729. Sin embargo, existen otros codec de la familia G.XXX que igualmente pueden ser utilizados.

- 5) T.120 Familia de protocolos de datos. Se suele usar para distintas aplicaciones en el ámbito de trabajos en colaboración, tales como pizarras compartidas, compartición de aplicaciones y gestión conjunta de documentos, comúnmente llamadas multiconferencias.

En la figura 2.13 se muestran los elementos de H.323.

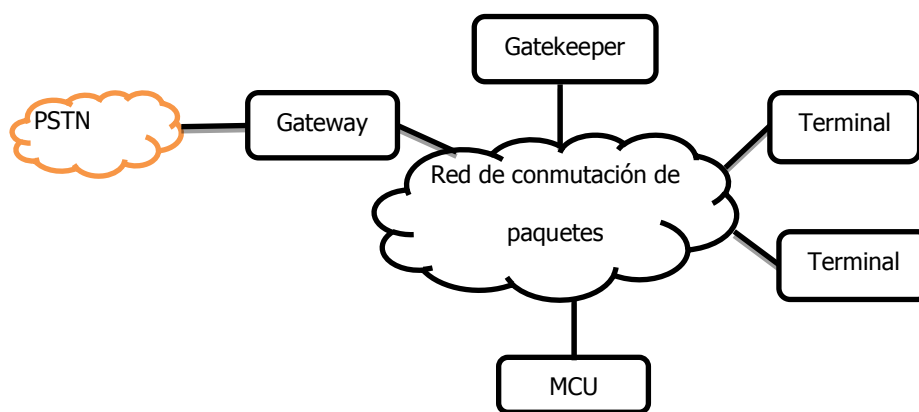


Figura 2.13. Elementos de red en la arquitectura H.323

El contexto de una sesión determinará los nodos que intervendrán: gateways para sesiones con terminales en otras redes, MCU (multipoint control unit) en multiconferencia y gatekeepers para gestionar la comunicación.

En la figura 2.14 se muestra la conexión de extremo a extremo realizada por la pila de protocolos H.323.

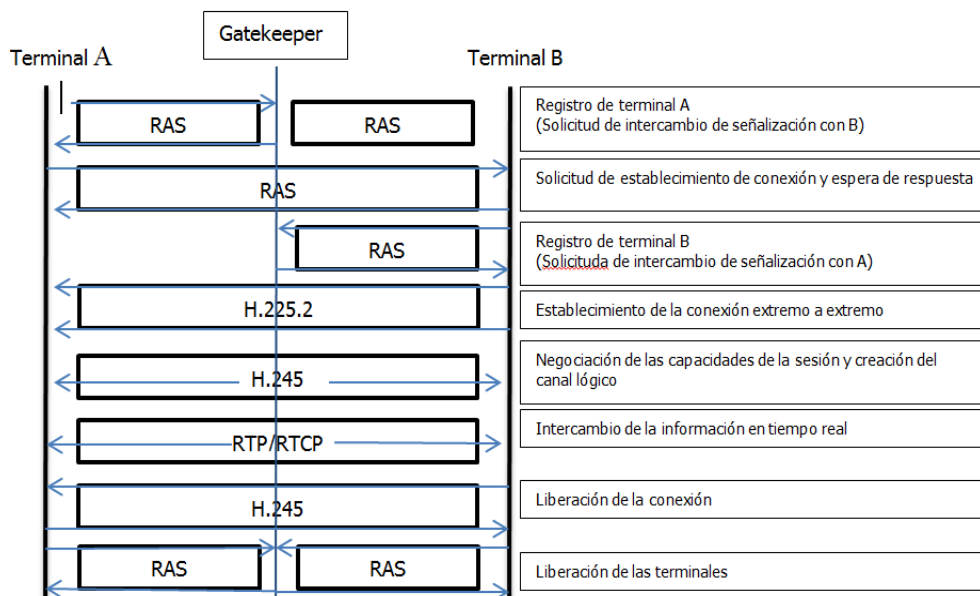


Figura 2.14. Llamada entre dos terminales H.323 registrados con gatekeeper

Se puede observar cómo, incluso en los contextos de llamada más sencillos, intervienen hasta cuatro protocolos distintos en el establecimiento y liberación de la comunicación, proceso que se ha simplificado bastante con la utilización del protocolo SIP.

2.7.4 SIP

"SIP (Session Initiation Protocol) es un protocolo de aplicación desarrollado por el grupo MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) perteneciente al IETF (Internet Engineering Task Force, en español Equipo de Trabajo de Ingeniería de Internet) y especificado en la RFC2543 en marzo de 1999 y el junio de 2002 el IETF publicó una revisión con el RFC 3261" [9].

Este protocolo permite a los usuarios, participar en sesiones de intercambio de información multimedia soportando mecanismos de establecimiento, modificación y finalización de llamada [10].

SIP soporta cinco elementos funcionales para el establecimiento y terminación de comunicaciones multimedia:

- 1) Localización de usuarios.
- 2) Intercambio / Negociación de capacidades de los terminales.
- 3) Disponibilidad de usuarios.
- 4) Establecimiento de llamada.
- 5) Mantenimiento de llamada.

1) Localización de los usuarios.

SIP posee la capacidad de poder conocer en todo momento la localización de los usuarios, por lo que la movilidad de los usuarios no se ve limitada.

2) Intercambio / Negociación de capacidades de los terminales.

Posibilidad de negociar los parámetros necesarios para la comunicación: puertos para el tráfico SIP así como el tráfico multimedia, direcciones IP para el tráfico, etc.

3) Disponibilidad de usuarios.

SIP permite determinar si un determinado usuario está disponible o no para establecer una llamada, para ello envía mensajes aprobatorios o de negación según sea el caso.

4) Establecimiento de llamada.

Permite la modificación, transferencia, finalización de la sesión activa. Además informa del estado de la comunicación que se encuentra en progreso.

5) Mantenimiento de llamada.

Durante la comunicación SIP se mantiene al tanto de la activación de la llamada.

Las tareas anteriores son ejecutadas por dos elementos fundamentales del protocolo SIP, el agente de usuario (User agent) y el servidor de redes.

a) User agent: Está compuesto por dos partes distintas User agent client (UAC) y User agent server (UAS).

User agent client: Es la parte lógica que genera peticiones y recibe sus respectivas respuestas.

User agent server: Es la entidad que crea las respuestas a las peticiones SIP.

b) Servidores SIP: Están clasificados en tres partes, servidores Proxy, de registro y de redirección, pero pueden estar ubicados físicamente en una sola máquina.

1. Servidores Proxy. Son aquellos en los que se decide a qué servidores serán enviadas las peticiones, dado que pueden atravesar varios Proxy SIP para llegar al destino solicitado, las repuestas regresan en el mismo orden. Pueden actuar como clientes y servidores.

2. Servidores de registro. Proveen servicio de registro a los usuarios guardando su información para servicios de localización.

3. Servidores de redirección. Proporcionan respuestas de redirección a las peticiones, debido a que la dirección solicitada podría ser cambiada temporalmente.

En la figura 2.15 se expone la pila de protocolos. SIP utiliza al DSP (Session Description Protocol) para el intercambio y negociación de las capacidades de la sesión y adicionalmente puede interactuar con un amplio número de protocolos (DNS, DHCP, transporte, etc.), varios protocolos utilizados en SIP se especificaron en el protocolo H.323.

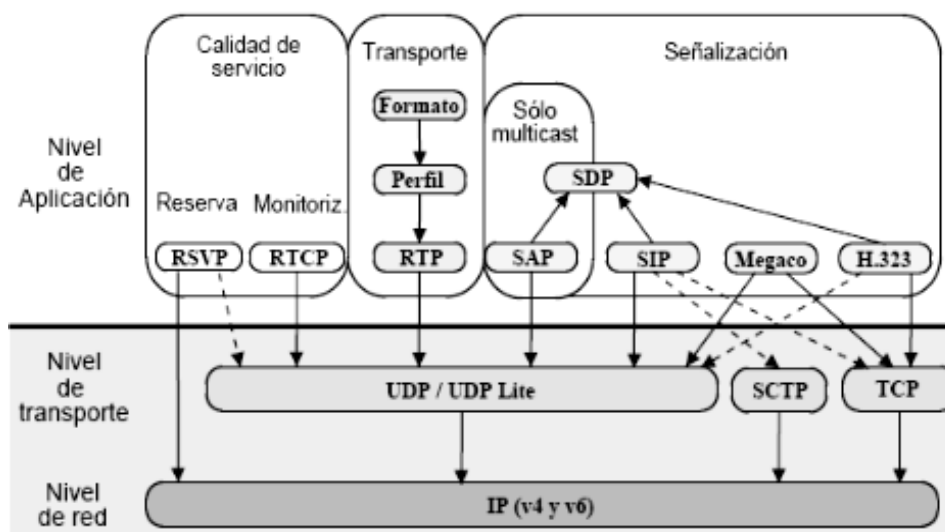


Figura 2.15. Pila de protocolos SIP [7]

2.7.5 Mensajes SIP

Los mensajes SIP se utilizan para la conexión y control de llamadas. Este protocolo emplea dos tipos de mensajes, los de petición y los de respuesta. Estos dos tipos de mensajes se describen a continuación.

Invite: cuando el usuario desea iniciar una sesión, crea una petición Invite a un servidor, después que éste acepte, envía una respuesta bien sea aceptando o rechazando la petición.

Re-invite. Permite enviar una nueva petición Invite dentro de una sesión establecida.

Register. Permite enviar una petición de registro a un servidor para guardar la información del usuario.

Códigos de respuestas: son los códigos arrojados por el servidor cuando se hace una petición, indicando el estado de respuesta, por ejemplo 200(ok), o 400 (error), entre otros, donde 200 y 400 no son extensiones, son códigos preestablecidos.

2.7.6 Beneficios de SIP

SIP aporta una serie de beneficios claves para la tecnología de voz sobre IP, entre los cuales se tiene:

- 1) Simplicidad. Este protocolo es considerado simple y efectivo.
- 2) Compatible. Al estar basado en el protocolo HTTP, le permite desarrollar funciones compatibles y flexibles.
- 3) Independencia. SIP es independiente de otros protocolos.
- 4) Escalable. Permite adaptarse a otros dispositivos para aumentar su funcionalidad sin perder calidad.
- 5) Integración. SIP tienen capacidad para integrarse con todos los elementos y servicios que ofrece Internet.
- 6) Interoperabilidad. Permite ofrecer interacción entre las tecnologías de diferentes fabricantes debido a que es un estándar totalmente abierto.

Como se puede notar el protocolo SIP, simplifica de manera eficiente las comunicaciones sobre VoIP, esto se puede comprender más claramente a continuación.

2.8 Proceso de llamada con SIP

El proceso de llamada de este protocolo realiza varias transacciones antes de establecer la llamada y ejecutar el flujo de datos.

En la figura 2.16 se muestra el proceso de una llamada SIP entre dos teléfonos dentro de una misma red utilizando un solo servidor VoIP.

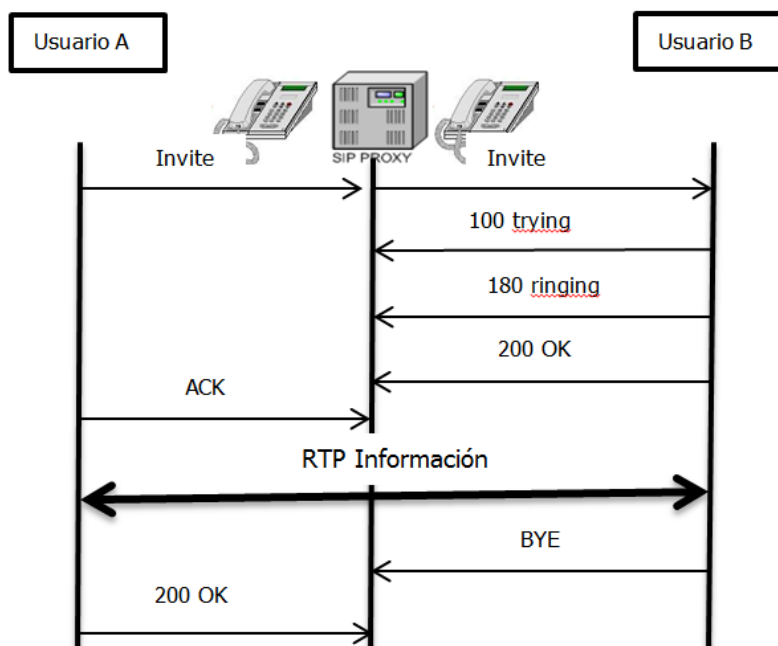


Figura 2.16. Proceso de una llamada SIP

Para iniciar sesión los usuarios deben de estar previamente registrados en el servidor VoIP por medio del protocolo SIP para ser localizados y se pueda establecer la comunicación sin ningún problema.

La sesión de llamada SIP entre 2 teléfonos establecida en la figura 2.16 se explica a continuación [10]:

- 1) El teléfono del usuario A (llamante) envía un "Invite"
- 2) El teléfono al que se llama (usuario B) envía una respuesta informativa 100 – Tratando – retorna.
- 3) Cuando el teléfono al que se llama (usuario B) empieza a sonar, regresa una respuesta 180.
- 4) Cuando el receptor (usuario B) levanta el teléfono, envía una respuesta 200 – OK.
- 5) El teléfono llamante (usuario A) responde con un ACK – confirmado.
- 6) Ahora la conversación es transmitida como datos vía RTP.
- 7) La llamada finaliza cuando el usuario B cuelga, entonces se envía una solicitud BYE al teléfono del usuario A.
- 8) El teléfono del usuario A responde con un 200 – OK.

La llamada ha finalizado, es tan simple como eso. El protocolo SIP es fácil de entender y es lógico.

2.9 Comparación de los protocolos H.323 y SIP

En principio ambos protocolos tienen similitudes y diferencias, el H.323 es más definido y completo, es más operable pero carece de flexibilidad y menos adaptación con nuevas herramientas. SIP es menos definido pero más simple, es flexible de manera que interactúa con otros protocolos de Internet, y se ajusta a las nuevas tecnologías.

El H.323 y SIP comparten algunas funciones o elementos como:

- 1) Ambos están compuestos por una arquitectura distribuida.
- 2) Cuentan con el mismo protocolo de transporte (RTP/RTCP), para el flujo de datos.
- 3) Realizan llamadas a múltiples partes, y hacen conferencias.
- 4) Utilizan el SSL (Secure Socket Layer, en español Seguridad al Conectarse a la Capa de Red) para el tema de seguridad, aunque SIP puede utilizar cualquier mecanismo de HTTP como SSH S-HTTP.

Las diferencias que tienen estos protocolos son muchos ya que cada uno aplica su propio método, componentes y funciones y aunque ambos ejecutan distintas actividades, comparten algunas.

Se detallan algunas desigualdades de los mencionados estándares:

- 1) Los dispositivos de control de llamadas en H.323 son los Gatekeeper, en SIP son los servidores Proxy y de redirección.
- 2) Los endpoint en H.323 son los gateways y terminales. SIP emplea agentes de usuario.
- 3) SIP se integra perfectamente a Internet, H.323 fue diseñado inicialmente solo para redes locales.
- 4) H.323 opera en base a la pila de protocolos que compone, SIP solo maneja establecimiento y terminación de llamadas pero es compatible con diferentes protocolos.
- 5) Ambos protocolos utilizan la técnica de negociar los parámetros o capacidades, pero H.323 es más completo y complejo.
- 6) H.323 compone un conjunto de protocolos completos y obligatorios para su ejecución, SIP es independiente.
- 7) H.323 tiene un método de respuesta lento. SIP usa los mecanismos de HTTP, códigos de respuestas 200-ok, por ejemplo, SIP realiza el proceso de señalización de llamada por sí solo, mientras que H.323 utiliza el protocolo Q.931, pero ambos manejan el TCP para el envío de señal.
- 8) El formato empleado por H.323 es del tipo binario, y SIP del tipo ASCII.

- 9) SIP provee mensajería instantánea ya que su infraestructura se apoya en la tecnología web, mientras que H.323 no tiene esta función.

Estas son algunas de las diferencias que existen entre estos estándares, con lo que probablemente pueden verse reducidas a medida que se van desarrollando nuevas versiones, sin embargo en la actualidad notamos que H.323 tiene un futuro incierto aunque es más completo, esto debido a la complejidad y poca flexibilidad, minimizando la posibilidad de ajustarse a nuevas tecnologías, caso contrario de SIP que se integra fácilmente a la web y se adapta a futuras aplicaciones.

2.10 IAX

“El protocolo IAX es un protocolo creado especialmente para telefonía VoIP principalmente para ser utilizado en Asterisk (software libre VoIP)” [11].

IAX es una alternativa al protocolo de señalización SIP. A diferencia de SIP, que usa dos flujos de datos para voz y otros dos para señalización, IAX solo usa un par de flujos donde se encuentran la voz y los datos. Esto ahorra ancho de banda pues por el mismo canal se envían las conversaciones y la señalización, y se le conoce como in-band. Otra característica importante de IAX es que empaqueta llamadas simultáneas en un sólo flujo de paquetes IP. Este mecanismo es conocido como trunking y su utilización genera un ahorro en el ancho de banda [10].

IAX no tiene una arquitectura concreta ya que fue hecho para Asterisk, sin embargo se puede mencionar que es un protocolo que utiliza un reducido número de bits en las cabeceras y que está diseñado para permitir la comunicación entre centralitas y clientes Asterisk. El contenido de voz se envía usando una cabecera de tan solo 4 octetos (32 bits). Una cabecera más compleja de 12 octetos se utiliza con los paquetes de control y en algunos paquetes especiales de voz [10].

El establecimiento de la llamada mediante este protocolo es completamente igual a la de SIP, por lo que no se describe en este apartado.

2.11 Aplicaciones

Las aplicaciones de VoIP se encuentran en crecimiento debido a la facilidad de despliegue de nuevos servicios de comunicación basados en la web, que se pueden integrar con los sistemas existentes, por ejemplo: bases de datos o herramientas de uso informático de terceras personas, las cuales se pueden conectar con mucha facilidad y rapidez, esto es una ventaja adicional de un sistema de comunicaciones VoIP. Las aplicaciones de la integración de la informática y de la telefonía permitirán satisfacer las necesidades de las empresas que deseen implementar esta tecnología, ya sea por departamento específico o despliegue total en la empresa.

Algunas aplicaciones de VoIP a implementarse pueden ser:

- a) Video conferencia (alámbrico e inalámbrico)

- b) Mensajería instantánea (alámbrica e inalámbrico)
- c) Whiteboarding. Espacio en una pantalla de visualización para varios usuarios donde pueden escribir o dibujar en tiempo real así como audio.
- d) Navegación en colaboración, (también conocida como co-navegación) una técnica de software habilitado para que dos usuarios permitan interactuar utilizando el navegador web controlado de forma remota para mostrar algo.
- e) Desvío de llamadas y transferencia de llamadas a teléfonos móvil, fijos o enlazar a uno multiconferencia en cualquier lugar del mundo.
- f) Páginas web con teléfono, páginas web con teléfono virtual integrado, de tal forma que se pueda marcar de él y enlazar a la empresa directamente.
- g) Capacidad de e-mail de texto y su conversión a audio para recuperar el mensaje por teléfono móvil o fijo.
- h) Enrutamiento de llamadas, de acuerdo a su importancia puede desviar llamadas al celular, al teléfono fijo o al softphone.
- i) El uso de softphones permitirá mayor movilidad en todo el mundo, por lo que las empresas o instituciones tendrán mayor control sobre los trabajadores lo que repercutirá en los costos económicos de la empresa.

Capítulo III. Asterisk

3.1 ¿Qué es Asterisk?

Asterisk es un software que funciona como una central telefónica con capacidad para voz sobre IP y que permite convertir una computadora ordinaria en un servidor de comunicaciones, lo que lo convierte en una alternativa a PBX de la PSTN propietarios.

Partiendo de este concepto, Asterisk no es una central telefónica cualquiera sino que se trata de una central telefónica con características que en otros tiempos solo eran accesibles mediante la compra de productos costosos. Esto ha hecho que las empresas gubernamentales (municipios de Toluca,) consideren a Asterisk como una seria opción al momento de planificar proyectos telefónicos.

Por otro lado, al ver la oportunidad de negocios, muchos fabricantes se han sumado a ofrecer hardware telefónico compatible con Asterisk, principalmente tarjetas PCI (Peripheral Component Interconnect, en español Interconexión de Componentes Periféricos) para conexión con la PSTN, por lo que la oferta de centrales telefónicas basadas en Asterisk ha crecido últimamente.

Actualmente existen más de un millón de servidores Asterisk instalados, lo anterior es sabido debido a las más de mil descargas diarias de código fuente [12].

También existen múltiples comunidades virtuales activas de usuarios entre las que destacan: <http://voip-info.org> y <http://asteriskmx.com>

Asterisk fue concebido y desarrollado por Mark Spencer un ingeniero de Alabama EE.UU por una necesidad personal pues necesitaba una central telefónica para la pequeña empresa de soporte que estaba fundando, llamada "Linux Support Services". Inicialmente pensó en adquirir una pero pronto se dio cuenta de que estaba muy lejos de su presupuesto, así que considerando sus habilidades en la programación de software libre decidió crear una propia central telefónica mediante software, lo que hoy conocemos como Asterisk. En 1999, decidió liberar su código fuente bajo la licencia GPL (General Public License, en español Licencia Pública General) lo que facilitó que pudiese ser utilizado en muchos entornos, por ejemplo: oficinas, callcenters, corporativos, carriers y aplicaciones remotas.

En cierto momento Mark se dio cuenta de que su software necesitaba interactuar con hardware telefónico convencional y se unió con el proyecto Zaptel, un proyecto de código abierto creado por Jim Dixón que tenía el objetivo de crear drivers abiertos para tarjetas telefónicas de computadora. Actualmente los dos proyectos son mantenidos por la compañía Digium [10].

En 2002 Linux Support Services se convierte en Digium, quien actualmente ofrece productos y servicios relacionados con Asterisk y se encarga del desarrollo del producto [9].

Asterisk tiene múltiples funcionalidades, a continuación se mencionan las características soportadas más relevantes en la tabla 3.1 [10]:

Contestación automática de llamadas	Denuncia de llamadas
Transferencia de llamadas	Filas de atención
Opción de no molestar	Llamadas en espera
Detención de llamadas	Identificador de llamadas
Contestación de una llamada a una extensión remota	Bloqueo por llamante identificado
Monitoreo y grabación de una Llamada	Interactive Voice Response (IVR)
Voicemail	Música en espera
Conferencias	Follow me

Tabla 3.1. Características más relevantes de Asterisk

A continuación se describen algunas de ellas:

- Detención de llamadas

Permite al usuario que recibe una llamada, enviar su llamada a un “lugar” de espera, para volver a atenderla desde otra extensión.

- Monitoreo y grabación de llamadas

Esta característica de Asterisk permite dar seguimiento a las llamadas, por ejemplo para fines de control de calidad del desenvolvimiento de los operadores telefónicos o de los agentes de ventas.

- Buzón de mensajes de voz (VoiceMail)

El buzón de mensajes de voz es una aplicación que permite escuchar mensajes de voz dejados por llamadas que no pudieron ser atendidas por la extensión.

- Conferencias

Por defecto, cada extensión tiene asociada una sala de conferencias, a la que se puede ingresar siempre. Sólo van a poder acceder a ella otros usuarios que hayan sido invitados o tenga libertad para hacerlo (administrador) y de ésta forma poder establecer una comunicación multiusuarios.

- Denuncia de números marcados

Asterisk genera CDRs (Call Detail Records, en español Registros de Detalles de Llamadas) y los puede almacenar en una base de datos.

- Filas de atención

Esta característica permite que un ilimitado número de llamantes puedan permanecer en espera hasta que un representante o recurso esté disponible para dar asistencia.

- Bloqueo por llamante identificado

Esta característica previene que alguien con identificador de llamante vea el número desde el que usted llama, convirtiéndose su llamada en anónima.

- Interactive Voice Response (IVR)

A través de esta característica se proporciona acceso a opciones telefónicas que mejora la forma en que un sistema telefónico acepta y distribuye sus llamadas por medio de un menú.

3.2 Versiones de Asterisk

Desde 1999 que aparece Asterisk han aparecido diferentes versiones, sin embargo, es hasta el 2006 que Asterisk adquiere relevancia dentro de las tecnologías de la comunicación y empieza una evolución de sus versiones [10].

En la tabla 3.2 se muestra su evolución.

Versión	Tipo	Fecha de lanzamiento	Actualizaciones de seguridad	Fin de vida
1.4.X	LTS	DIC 2006	ABR 2011	ABR 2013
1.6.2.X	ESTÁNDAR	DIC 2009	ABR 2011	ABR 2012
1.8.X	LTS	OCT 2010	OCT 2014	OCT 2015
10.X	ESTÁNDAR	DIC 2011	DIC 2012	DIC 2013
11.X	LTS	OCT 2012	OCT 2016	OCT 2017
12.X	ESTÁNDAR	OCT 2013	OCT 2014	OCT 2015

Tabla 3.2. Versiones Asterisk 2006 - 2017

Como se puede apreciar en la tabla 3.2 hay dos tipos de versiones LTS y estándar. A continuación se enlistan algunas características de cada una de ellas.

LTS (Long Term Support):

- a) Permanencia mínima 5 años en el mercado.
- b) Orientado a estabilidad.
- c) Mejor opción para empresa.

Estándar

- a) Dos años de vida.
- b) Orientado a impulsar nuevas funcionalidades.
- c) Apta para entusiastas y desarrolladores de nuevas tecnologías.

3.3 Diferencias entre un PBX (PSTN) y PBX Asterisk

Un PBX convencional es una central de conmutación telefónica tradicional como la que ofrecen los proveedores de PSTN (por ejemplo, Telmex). Una de las diferencias entre estos dos PBX es que en Asterisk no se requiere hardware propietario para su implementación.

Hoy en día muchos fabricantes ofrecen productos para ser utilizados bajo Asterisk, existe hardware genérico intercambiable, diferentes soluciones de diferentes

fabricantes, lo que ha ocasionado la libre competencia y que se ve reflejado en mejores precios y productos.

Otra diferencia es que sigue una arquitectura universal de PC, lo que hace que se pueda instalar y configurar en cualquier dispositivo que tenga procesador, memoria, tarjeta madre y elementos de almacenamiento, esto es, se puede instalar y configurar en una μ PC, por ejemplo: Raspberry Pi (figura 3.1).



Figura 3.1. Raspberry Pi

El software utilizado para Asterisk es libre y sin costo, es decir, sin pago de licencias. Es totalmente programable y configurable por lo que no es necesario solicitar servicios especiales ni comprar módulos extra, ya que todo se hace a través de software, además facilita la obtención de servicios adicionales de datos, los cuales pueden integrarse con cualquier sistema que pueda correr en una PC con Linux lo que permite ser amigable con bases de datos, consultas web, lecturas de archivo, etc. Finalmente otra diferencia importante es que puede interactuar con conmutadores existentes ya sean analógicos o digitales.

3.4 Escenarios de implementación de Asterisk

Hay muchas maneras en las que podemos utilizar Asterisk, entre ellas; PBX (PSTN), PBX IP, PBX híbrido, Pasarela (Gateway) VoIP, Call Center y plataforma para carriers.

A continuación se describen algunos de ellos.

PBX (PSTN) Asterisk funciona como un conmutador convencional utilizando los teléfonos analógicos o digitales existentes y enlazándolos a la PSTN, esto se logra a través de tarjetas de comunicación con interfaces PCI. En la figura 3.2 se muestra este escenario.

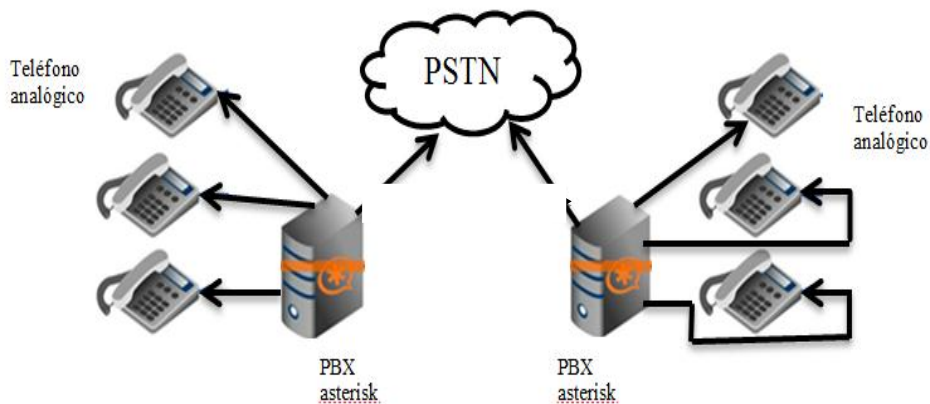


Figura 3.2. Escenario PBX PSTN

PBX IP. Esta configuración permite conectar teléfonos digitales o analógicos al servidor Asterisk por medio de tarjetas PCI y estos se comunicarán con otro

servidor Asterisk el cual tiene teléfonos analógicos o digitales. La comunicación se realiza por medio de Internet (figura 3.3).

Uno de los casos de implementación VoIP de este proyecto puede considerarse dentro de este escenario, sin embargo la comunicación entre teléfonos (ya sean softphone o teléfonos IP) se da en el mismo servidor, por lo que no es necesario salir al Internet, sino que se mantiene dentro de la red local.

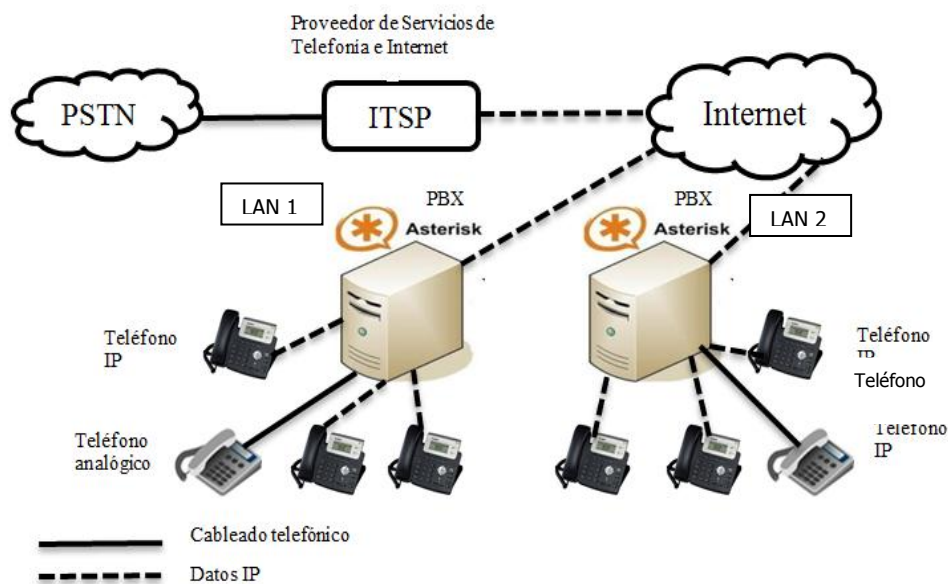


Figura 3.3. Escenario PBX VoIP Asterisk

El escenario de PBX híbrido presentado en la figura 3.4 es una mezcla de los dos sistemas anteriores, los servidores Asterisk se pueden comunicar por Internet o por PSTN, no importando si los teléfonos instalados son analógicos, digitales, teléfonos IP o softphone.

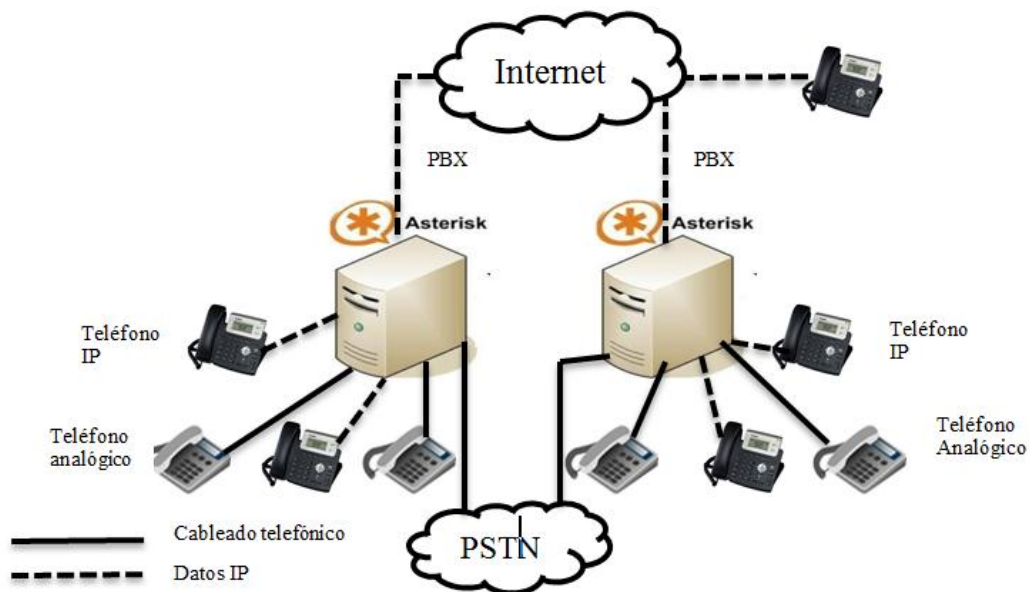


Figura 3.4. Escenario PBX híbrido Asterisk

Cualquiera que sea el escenario, Asterisk realizará la función de una central telefónica con nuevas capacidades derivadas de su flexible y potente arquitectura.

En la figura 3.5 se muestran los diferentes dispositivos, funcionalidades y sistemas telefónicos con los que Asterisk puede trabajar satisfactoriamente.

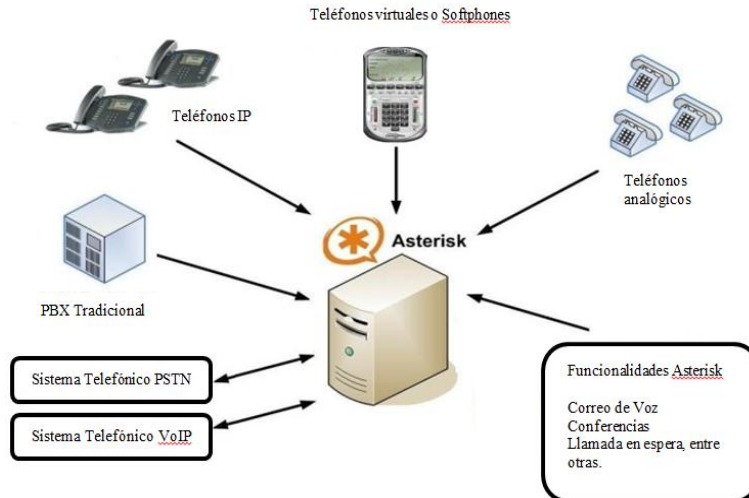


Figura 3.5. Dispositivos, funcionalidades y sistemas telefónicos

3.5 Arquitectura de Asterisk

Como se puede observar en la figura 3.6, Asterisk fue diseñado de manera modular, es decir, que cada usuario puede seleccionar qué partes de Asterisk o módulos desea utilizar. La parte superior de la figura 3.6 hace referencia a los diferentes protocolos con los que puede interactuar el núcleo de Asterisk y la parte inferior a los diferentes drivers, formatos y codecs con los que puede convivir Asterisk.

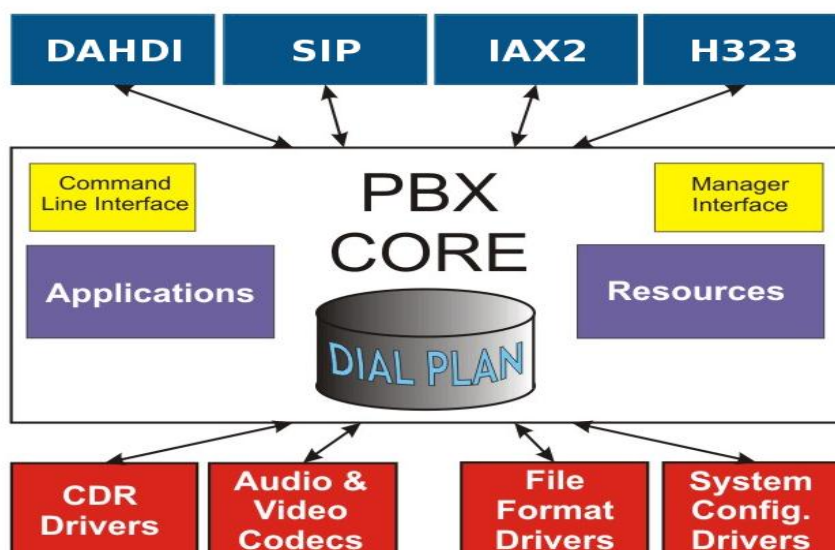


Figura 3.6. Arquitectura Asterisk [8]

Los módulos de Asterisk se configuran de manera independiente (alto nivel de control) pues cada uno de ellos es un protocolo de comunicación y dependerá de muchos factores al momento de elegir cuál usar, entre los que podemos considerar el ancho de banda, el hardware o la calidad de la comunicación. Con lo que respecta al núcleo Asterisk, éste sólo se comporta como un conmutador (ajeno a cualquier tecnología).

Los módulos se dividen en 7 categorías:

1. Core: Se trata del núcleo de Asterisk, que incluye las funciones más básicas y posibilita la carga de módulos.

PBX CORE, es el responsable de:

- a) Administrar Módulos
- b) Cargar configuraciones
- c) Sincronizar el sistema
- d) Manejar los canales
- e) Controlar plan de llamadas

Es ajeno a cualquier tecnología, es decir podemos hacer crecer a Asterisk agregando el módulo que le brinde nuevas funcionalidades.

Por otro lado provee las interfaces de configuración y control de sistema como por ejemplo: AMI, AGI y CLI.

- AMI: Son las siglas de Asterisk Manager Interface, o Interfaz para la Gestión de Asterisk. AMI sería el equivalente a un CII (Computer Interface Integration, o Interfaz de Integración con el Ordenador).
- AGI: Son las siglas de Asterisk Gateway Interface (AGI), o Interfaz Pasarela de Asterisk; es una interfaz del sistema Asterisk, que permite la comunicación con sistemas terceros, pero a diferencia de AMI, lo hace de forma directa, dado que ejecuta un script que contiene las instrucciones que el administrador necesita, tan pronto la aplicación AGI sea invocada.
- CLI: Command Line Interface, es una consola de Asterisk especialmente para ejecutar procesos de configuración, de esta interfaz de configuración su significado se profundizará en páginas posteriores.

2. Recursos: Aportan funcionalidades adicionales al core, como la posibilidad de leer archivos de configuración.
3. Canales: Permiten a Asterisk manejar dispositivos de una determinada tecnología. Por ejemplo, para manejar dispositivos SIP se utiliza el módulo chan.sip, para IAX2 chan.iax y para canales analógicos/digitales chan.zap.
4. Aplicaciones y funciones: Estos módulos conforman la “caja de herramientas” de Asterisk, ya que son los módulos que aportan las distintas herramientas para configurar el sistema Asterisk.
5. CDR: Estos módulos controlan la escritura del registro telefónico generado por Asterisk en diferentes formatos, por ejemplo a un archivo CSV, una base de datos MySQL, etc.
6. Codecs: Sirve para que Asterisk pueda codificar y decodificar la información de audio/video que tiene que enviar y recibir.
7. Formatos: Estos módulos posibilitan a Asterisk manejar archivos en distintos formatos, como mp3, GSM, ITU G.711, G729, etc.

Se pueden definir los módulos que Asterisk cargará en el archivo `modules.conf` y consultar cuáles se encuentran cargados y ejecutando en el momento, mediante el comando `module show` desde el CLI de Asterisk.

3.6 Directorios de Asterisk

Asterisk organiza sus archivos en algunos directorios. Los más importantes se muestran en la tabla 3.3.

Directorio	Descripción
/etc/asterisk	Archivos de configuración Asterisk.
/usr/lib/asterisk/modules	Módulos de Asterisk (archivos con extensión.so)
/usr/sbin	Archivos binarios de ejecución de Asterisk
/var/log/asterisk	Logs de Asterisk
/var/lib/asterisk/agi-bin	Scripts AGI
/var/lib/asterisk/mohmp3	Archivos para música en espera
/var/lib/asterisk/sounds	Sonidos que Asterisk utiliza como prompts de voz
/var/spool/asterisk	Archivos que se generan como voicemails y grabaciones de llamadas
/var/run	Archivos con información de PIDs
/var/log/asterisk	Archivos de log de Asterisk como el de /var/log/asterisk/full o el log de texto de CDRs

Tabla 3.3. Directorios de Asterisk

3.7 Configuración de Asterisk

Asterisk se puede configurar a través de algunos archivos de configuración ubicados en la ruta `/etc/asterisk`. Existen decenas de archivos de configuración en este directorio y se encuentran en texto plano para facilitar su modificación desde la línea de comandos utilizando para ello un editor de texto o el editor de línea de comandos de nuestra preferencia.

Si bien todos estos archivos son importantes, no todos son necesarios y existen otros que ya han sido pre-configurados por Asterisk. Algunos de los más importantes se explican en la tabla 3.4.

Archivo	Descripción
<code>extensions.conf</code>	Contiene el plan de marcado, es decir las extensiones de los usuarios.
<code>sip.conf</code>	Aquí se definen los endpoints SIP, es decir los usuarios, contraseñas, host, tipo de usuario e IP permitidas.
<code>iax.conf</code>	Aquí se definen los endpoints IAX, funciona igual que SIP pero en un protocolo diferente.

Tabla 3.4. Archivos configurables de Asterisk

En los siguientes párrafos se hace una breve descripción de los archivos de la tabla 3.4 así como su configuración.

3.7.1 extensions.conf

Es el archivo más importante de Asterisk y tiene como misión principal definir el dialplan o plan de numeración, así como el comportamiento de todas las conexiones a través del IP PBX (controla cómo se gestionan y encaminan las llamadas entrantes y salientes de los sistemas Asterisk). El itinerario que sigue una llamada desde que entra o sale del sistema hasta que llega a su punto final, se divide en secciones llamadas contextos, definidos entre corchetes, donde cada contexto consiste de varias extensiones. Cada extensión es una lista de comandos a ejecutar con una prioridad y una aplicación concreta para controlar el comportamiento de la llamada y del sistema en sí. Las extensiones se acceden cuando se recibe una llamada entrante por un canal dado, el usuario que ha llamado marca la extensión o se ejecuta un salto de extensiones desde el dialplan de Asterisk.

a) Contextos

Los contextos como se mencionó anteriormente sirven para agrupar instrucciones con un orden descendente y concreto del plan de marcado. Cada contexto debe de llevar un nombre único y éste nombre va encerrado entre dos corchetes. Hay dos

nombres de contextos que están reservados para un propósito especial y son [general] y [globals]; para este proyecto no será necesario configurarlos.

La figura 3.7 es un ejemplo donde se pueden observar los contextos llamados [micontexto] e [internas]; así como una instrucción la cual indica que dentro de [micontexto] se agregan otros contextos.

```

root@localhost:/etc/asterisk
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ayuda
[micontexto]
include => internas
include => servicios
include => salida
include => sucursal

[sucursal]
include => internas

[salida]
;exten => _9.,1,Dial(IAX2/sistemas/${EXTEN:1})

[internas]
exten => _ZXX,1,Gosub(sub-llamada,s,1(SIP/usuario${EXTEN:0:1},${EXTEN}))
exten => 66,1,Answer
same => n,MusicOnHold(curso)

;exten => 100,1,Noop(Llamando a usuario1)
;same => n,Dial(SIP/usuario1)
;same => n,Hangup

;exten => 200,1,Noop(Llamando a usuario1)
;same => n,Dial(SIP/usuario2)
;same => n,Hangup

-- INSERT --

```

Figura 3.7. Archivo extensions_additional.conf

b) Instrucciones

Los contextos contienen instrucciones. Estas instrucciones son líneas de plan de marcado con la siguiente sintaxis:

exten => nombre_extension,prioridad,aplicacion

Un ejemplo práctico sería:

exten => 4567,1,Answer(); donde 4567 corresponde a la extensión, 1 es la prioridad de ejecución en este caso el primero y por último Answer que es la aplicación y significa contestar.

Normalmente, se asocia el término extensión a un número de teléfono, pero en Asterisk el término extensión va más allá de lo que normalmente se conoce. Una extensión es una serie lógica de acciones del plan de marcado. Es más, cuando marcamos un número desde un teléfono no necesariamente tiene que sonar otro teléfono pues se pueden crear las acciones que se deseen para este número dado. Por ejemplo, podemos hacer que en la llamada simplemente se cuelgue o que reproduzca un mensaje dado.

c) Nombre de extensión

El nombre de extensión es un identificador numérico de la extensión. Similar al número de teléfono. Sin embargo, hay una extensión especial no numérica llamada extensión **s** que significa cualquier extensión. La letra **s** viene de la palabra "start" que significa inicio. Un ejemplo del uso de la extensión **s** es el siguiente:

[amigos]

exten => s,1,Answer()

exten => s,2,noop("amigos")

donde [amigos] es el contexto, la siguiente instrucción inicia con exten que nos indica la declaración de una extensión, *s* es una extensión que puede tomar cualquier valor, 1 que significa prioridad 1 y finalmente Answer que significa contestar, la siguiente instrucción empieza con exten lo cual indica que seguimos declarando la extensión, *s* es una extensión que toma el valor que se le asignó en la instrucción anterior, 2 significa que tiene prioridad dos al momento de ser ejecutada y finalmente noop que significa que en amigos se buscará la extensión marcada.

La extensión *s* se usa cuando el usuario que realizó la llamada aún no ha presionado el número de la extensión. Por ejemplo una llamada entrante que todavía se encuentra escuchando el IVR (Interactive Voice Response) de bienvenida.

d) Prioridad

La prioridad indica el orden en el que debe ser ejecutada una instrucción dentro de un contexto. Es necesario que la primera instrucción que se quiera ejecutar tenga la prioridad 1 explícitamente, pues cuando Asterisk lee un contexto lo primero que busca es esta prioridad.

Existe también una prioridad especial que es la prioridad *n*. La prioridad *n* significa que la prioridad de la instrucción anterior se le debe sumar uno. Esto es muy útil para facilitar la estructura del plan de marcado.

Por ejemplo, considere el plan de marcado de la figura 3.8.

```
exten => s,1,noop("HOLA ESTE ES UN EJEMPLO")
exten => s,2,noop("PARA DEMOSTRAR")
exten => s,3,noop("como usar la prioridad")
```

Figura 3.8. Plan de marcado con prioridad numérica

El ejemplo anterior podría ser escrito como se indica en la figura 3.9 usando la prioridad *n*.

```
exten => s,1,noop("HOLA ESTE ES UN EJEMPLO")
exten => s,n,noop("PARA DEMOSTRAR")
exten => s,n,noop("como usar la prioridad n")
```

Figura 3.9. Plan de marcado con prioridad *n*

Las prioridades también pueden contener etiquetas para facilitar su identificación ya que si se usa siempre la prioridad "*n*" será difícil acceder a una ubicación determinada dentro de un contexto. Esto se consigue con la sintaxis **n** (nombre de etiqueta).

e) Aplicaciones

Las aplicaciones son equivalentes a las funciones de un lenguaje de programación. Las aplicaciones permiten contestar una llamada o terminarla, reproducir música en espera, saltar a otros contextos, entre otras.

Las aplicaciones también pueden recibir parámetros. Por ejemplo, a la aplicación Dial () habrá que indicarle qué número marcar.

Aplicaciones más comunes

i) Answer

Sintaxis: Answer ([delay])

Contesta un canal si éste está timbrando. Puede recibir opcionalmente el parámetro delay que le indica si debe esperar un tiempo determinado en milisegundos antes de contestar.

ii) Background

Sintaxis:

Background (filename1 [&filename2...][|opciones[| langoverride][|context]])

Reproduce un listado de archivos de audio en el fondo, es decir que devuelve el control a Asterisk, quien puede continuar ejecutando el plan de marcado mientras

el audio continúa siendo reproducido. Cuando termina de reproducir el último archivo termina su ejecución por lo que si se quiere seguir esperando por una extensión se debe usar otra aplicación en conjunto llamada WaitExten. Esta aplicación es típicamente usada para reproducir el mensaje de bienvenida de un IVR.

iii) Playback

Sintaxis: Playback (filename1, [options])

Reproduce uno o más archivos de audio. La diferencia con la aplicación Background es que Playback reproduce todo el archivo de audio hasta el final y no retorna el control hasta que termina la reproducción.

iv) Hangup

Sintaxis: Hangup ()

Cuelga el canal y retorna.

v) Goto

Sintaxis: Goto([context], extensión,priority)

Salta la ejecución del plan de mercado a un contexto, extensión y prioridades dados. Si solo se pasa un parámetro se entiende que se trata de una prioridad dentro del mismo contexto.

vi) Dial

Sintaxis: Dial(type/identifier, timeout, options, URL)

Marca un canal especificado y lo vincula con el canal actual.

f) Variables

Las variables en el plan de mercado son un concepto similar a las variables de lenguaje de programación. Es decir que son abstracciones que pueden almacenar información de naturaleza variable. Una variable tiene la siguiente sintaxis:

`${NOMBRE DE LA VARIABLE}`

Las variables pueden ser de 3 tipos:

i) Globales

Son las variables definidas en la sección [globals] del archivo `extensión.conf`. La palabra "global" quiere decir que pueden ser accedidas desde cualquier lugar.

ii) De canal

Son las variables que se pueden definir usando el comando (o aplicación) "Set". Es decir cada canal tiene su propio espacio de las variables, por lo que no hay posibilidad de colisiones entre diferentes llamadas, cuando una variable ya no es utilizada debido a que el canal está colgado o la llamada es terminada entonces la variable es destruida de forma automática.

iii) Pre-definidas

Asterisk se encarga de administrar algunos nombres de variables por su cuenta. Estos nombres se encuentran predefinidos y se llenan con cierta información dependiendo del comportamiento de la llamada o de otros factores. Algunas variables predefinidas son:[10]

`${CALLERID}`

`${CALLERIDNAME}`

`${CHANNEL}`

`${CONTEXT}`

`${EPOCH}`

`${EXTEN}`

`${SI PUSERAGENT}`

`${UNIQUEID}`

Existen más variables en Asterisk, que no se mencionan debido a que realizan otras funciones ajenas al propósito de este trabajo.

La ubicación del archivo `extensions.conf` para su configuración se puede encontrar en la dirección `/etc/asterisk/extensions.conf`

3.7.2 sip.conf

El archivo `sip.conf` contiene parámetros relacionados con la configuración SIP de Asterisk. En este archivo se definen las variables generales, clientes y servidores SIP. Se estructura en secciones donde cada sección se define por un nombre entre corchetes seguido de las opciones de dicha sección.

La primera sección, definida como `[general]`, define las opciones generales del servidor como la dirección IP y el puerto por donde saldrá la comunicación. Las siguientes secciones definen parámetros del cliente como el `username`, `password`, entre otras. En este archivo se definen los clientes que se conectarán a Asterisk, a continuación se muestra un ejemplo de configuración.

`[100];` Se define la extensión 100 para poder realizar llamadas

`type = friend;` Dispositivo que puede recibir y realizar llamadas

`host = dynamic;` Se habilita para que cualquier teléfono se pueda registrar

`secret = 1234;` Se define el password para la extensión

La configuración anterior es aplicable para cada usuario que se desee agregar, lo único que cambia es la extensión y la contraseña. Existen más variables en este archivo, sin embargo, para este proyecto no es necesario configurarlas por tal motivo, no se mencionan. Este archivo se ubica en la dirección `/etc/asterisk/sip.conf` para su configuración.

3.7.3 iax.conf

Este archivo es muy parecido a `sip.conf` por lo que muchos de los parámetros de configuración general son compartidos. Por lo tanto la configuración de los usuarios o clientes es completamente igual. Este archivo contiene más variables pero al igual que en `sip.conf` no son necesarias configurarlas para el propósito de este proyecto.

La ubicación de este archivo se encuentra en `/etc/asterisk/iax.conf`

3.8 Asterisk CLI

Asterisk CLI es el nombre que recibe la consola de Asterisk, que es una línea de comandos para controlar Asterisk directamente.

Para ingresar al CLI se ejecuta el comando `asterisk -r` desde la consola de Linux como se muestra en la figura 3.10.

```

root@localhost:/etc/asterisk
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
[root@localhost asterisk]# asterisk -r
Asterisk 11.5.1, Copyright (C) 1999 - 2012 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 11.5.1 currently running on localhost (pid = 1390)
localhost*CLI>

```

Figura 3.10. CLI de Asterisk

El CLI también provee información en tiempo real de la actividad de Asterisk. Se puede controlar el grado de detalle con el que se desee ver dicha información con algunos comandos. Por ejemplo, al aplicar el comando `asterisk -r`, donde `r` significa verbosidad 3, permite obtener información de lo que se está ejecutando en el PBX Asterisk en ese momento, sin embargo si se desea obtener mayor información basta con poner el comando `asterisk -rvvv` y la información será más amplia y detallada.

A continuación se muestra una breve lista de instrucciones más comunes en la administración de Asterisk [1].

`$CLI> restart now` – Reiniciar Asterisk

\$CLI> sip show peers – muestra las conexiones SIP de Asterisk

\$CLI> sip show channels – Muestra los canales SIP activos de Asterisk

\$CLI> sip reload – renueva la configuración SIP de Asterisk

\$CLI> iax2 show peers- muestra las conexiones IAX de Asterisk

\$CLI> iax2 reload – renueva la configuración IAX de Asterisk

\$CLI> core restart gracefully – Reinicia Asterisk con precaución (no inmediatamente, espera a que no haya llamadas).

\$CLI> core stop gracefully – Detiene el Asterisk con precaución.

\$CLI> core stop now – Detiene Asterisk inmediatamente.

\$CLI> core restart now – Reinicia Asterisk inmediatamente.

\$CLI> iax2 show help – Muestra los comandos del CLI

\$CLI> iax2 show channels – Muestra los canales IAX activos

\$CLI> core show codecs – Muestra los codecs de Asterisk

\$CLI> core show channels – Muestra la información de los canales.

\$CLI> core show version – Muestra la versión de Asterisk.

\$CLI> dialplan reload – Vuelve a cargar solo las extensiones de Asterisk.

\$CLI> manager show commands – Muestra la lista de comandos del Asterisk.

Capítulo IV. Configuración e implementación del sistema telefónico de VoIP con software libre

4.1 Diseño

En este capítulo se explica el diseño del sistema VoIP realizado, utilizando el software libre Asterisk. Se mencionan los diferentes dispositivos que están involucrados en su funcionamiento, características, funcionalidad y la topología sobre la cual se instala.

Para la realización del proyecto se utilizaron 2 laboratorios de cómputo ubicados en dos planteles diferentes perteneciente al Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal, para el plantel Tlalpan1 Gral. Francisco J. Múgica (sede A), se utilizó el laboratorio de computo Cotic, el cual cuenta con 13 computadoras, 6 de la marca Dell optiplex GX280 con disco duro de 80 GB y 512MB en memoria RAM, 6 computadoras Dell optiplex GX620 con disco duro de 160GB y 1GB de memoria RAM y una computadora HP modelo DX2400 con disco duro de 160GB y 512 de memoria RAM. Las computadoras se conectan mediante un switch marca CISCO Catalyst 2960 series de 24 puertos, creando una pequeña red LAN. De las 13 computadoras, 10 tienen el sistema operativo Windows XP, dos computadoras tienen el sistema operativo Mandriva 2008, distribución de Linux. Una

computadora HP modelo DX2400 funcionó como servidor Asterisk con sistema operativo Centos 6.

La red LAN del laboratorio COTIC es la 10.16.5.0/24 por lo que las IP de los clientes y del servidor pertenecen a esta red.

En el otro plantel "Lázaro Cardenas" (sede B) se utilizó el laboratorio COTIC del cual se usaron sólo 4 computadoras marca Dell optiplex GX280 con disco duro de 80 GB y 512MB en memoria RAM, tres serán utilizadas como clientes con softphone Zoiper y la cuarta como servidor Asterisk con sistema operativo Centos 6.0.

4.1.1 Asterisk en red LAN

En la figura 4.1 se puede apreciar el escenario de prueba en donde el servidor y los clientes (softphones) pertenecen a la misma red.

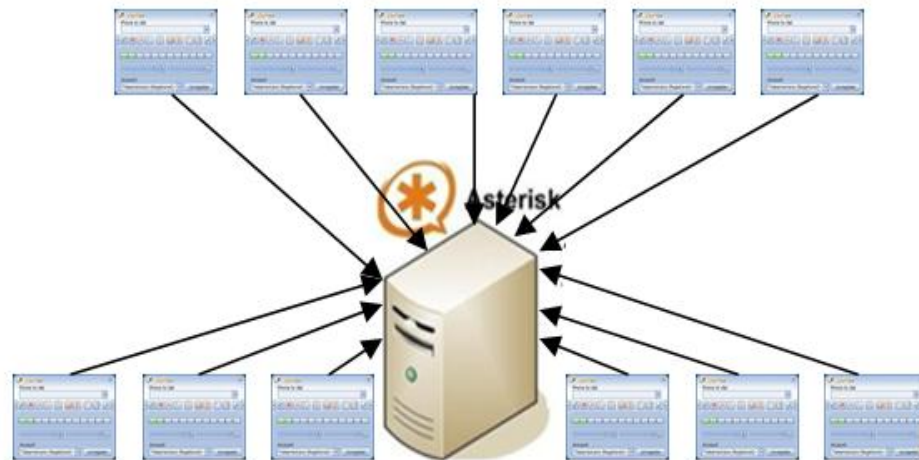


Figura 4.1. Asterisk en red LAN (sede A)

En una red LAN, se instala un servidor central el cual funciona como un PBX además se instalan extensiones en cada uno de las computadoras que componen la red.

Se deja abierta la opción a los usuarios de elegir sus extensiones ya sea con softphones (gratis) o con un teléfono IP el cual tendrá las mismas funciones que el teléfono virtual, este proyecto realiza las pruebas con softphones y un teléfono IP.

Como se puede apreciar, más adelante, la conexión es tipo estrella, que es lo que se encuentra en funcionamiento en el lugar donde se implementó el sistema VoIP, por esa razón el diseño se acopló a dicha topología (figura 4.2).

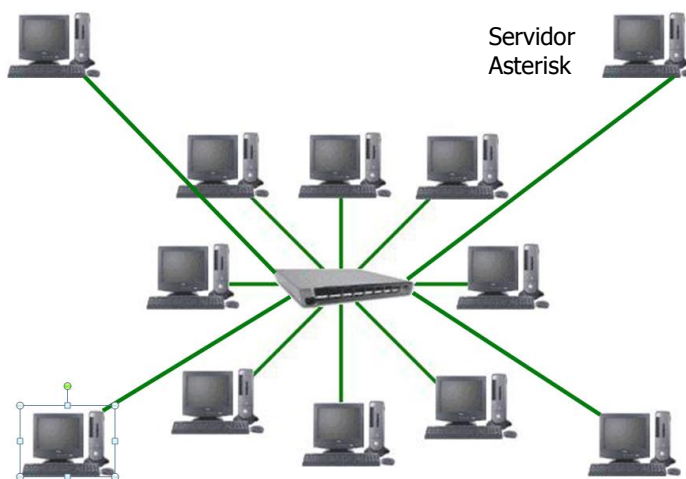


Figura 4.2. Topología tipo estrella

Esta configuración presenta flexibilidad en el incremento del número de equipos; además, la caída de una de las computadoras o sus periféricos no repercute en el comportamiento general de la red. Sin embargo, si el fallo se produce en el

servidor, el resultado afecta a todas las estaciones en lo que se refiere al sistema VoIP.

Para la configuración de la LAN con el sistema VoIP Asterisk, se instaló el servidor en una computadora con sistema operativo Centos 6.0, se configuró Asterisk 11.0 y se agregaron los datos de los clientes en los archivos sip.conf, extensions.conf y iax.conf, todos ellos ubicados en /etc/asterisk.

En las demás computadoras se instalaron los clientes utilizando el softphone Zoiper Free. Para la instalación en Windows, basta con ejecutar zopier.exe para su instalación; en Linux, se descomprime y ejecuta el archivo zoiper.tar.gz. Con lo anterior, el sistema de VoIP queda funcionando.

4.1.2 Asterisk en una MLAN

Para este caso el funcionamiento es similar sólo que se conectarán los servidores Asterisk de cada LAN con la que se desee tener comunicación.

En la figura 4.3 se muestra el escenario planteado.

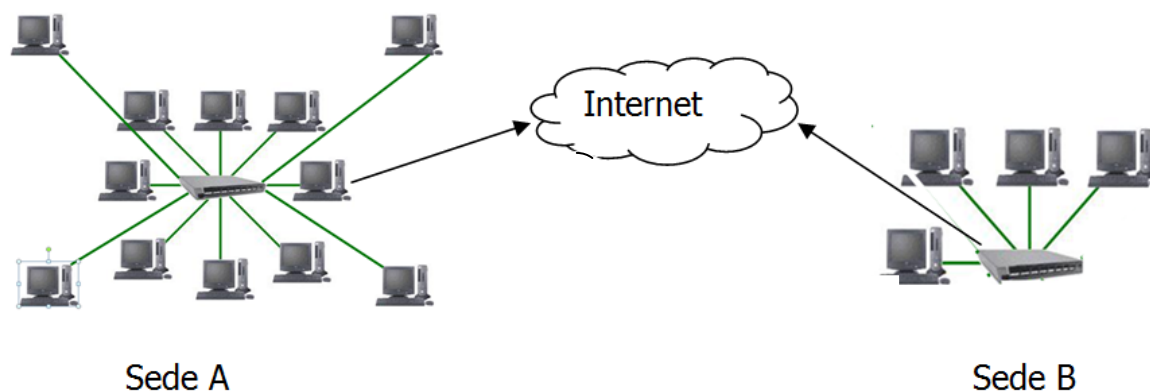


Figura 4.3. Comunicación entre 2 redes LAN

El escenario anterior realiza la comunicación entre dos sedes diferentes (tlalpan1 y Magdalena Contreras), donde cada una de ellas tiene su propia LAN, de esta forma se puede comunicar un usuario de una LAN con otro usuario de otra LAN diferente. En cada LAN se instala un servidor Asterisk y se realiza la configuración para conectar ambos servidores.

Para la comunicación de los servidores basta con configurar el archivo `iax.conf` para que ambos servidores se conozcan, además de la configuración que se realiza en cada red LAN por separado.

4.2 Implementación y configuración básica

a) Escenario Red LAN

Para este escenario se instaló un servidor central, el PBX Asterisk y como clientes, extensiones compuestas por softphones como se muestra en la figura 4.4.

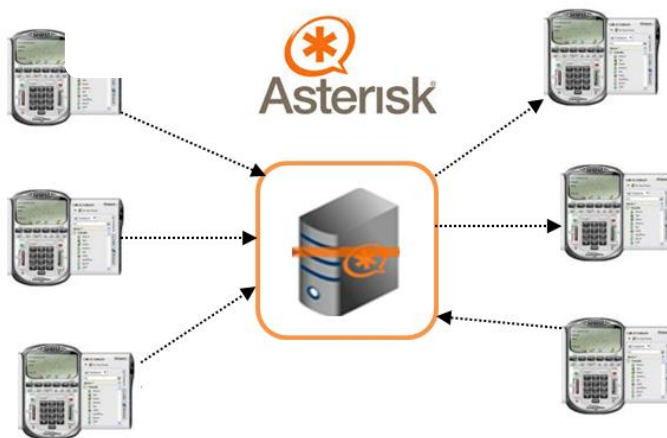


Figura 4.4. Red LAN Asterisk sede A

1) Servidor PBX Asterisk

El servidor es un equipo computacional HP modelo DX2400, con 512Mb de RAM y 160Gb de disco duro, el cual es una computadora convencional. A pesar de que existen servidores especiales para la comunicación de VoIP, en este proyecto no es necesario utilizar uno de ellos ya que los requisitos mínimos en el servidor dependerán básicamente del número de extensiones, troncales y codec a utilizar, ya que entre más usuarios se agreguen se incrementa el nivel de procesamiento. Para este proyecto el número máximo de extensiones no supera las 14 extensiones.

Por otro lado, se han seleccionado codec con bajo nivel de procesamiento para no requerir un servidor de alta capacidad de procesamiento. Sin embargo, es necesario que el servidor cuente con suficiente memoria RAM (de hecho Asterisk no se puede instalar en PC con menos de 512Mb de memoria RAM, información obtenida después de hacer varias pruebas).

Respecto al espacio de almacenamiento en el disco duro lo mínimo que se requiere es de 10 GB, para almacenar los reportes, buzones de voz y grabación de llamadas. Actualmente las computadoras tienen gran capacidad de almacenamiento con discos duros de cientos de gigabits por lo que el almacenamiento no representa algún problema.

Asterisk se instala en Centos 6.0 el cual es un sistema operativo de uso libre y código abierto con licencia GNU. Esta distribución de Red Hat tiene una

arquitectura de i386, x86. Se eligió Centos 6.0 debido a la estabilidad y confiabilidad que ofrece al momento de ejecutar Asterisk, además no olvidemos que Asterisk está basado en sistema Linux por lo que muchos de los comandos son comunes para ambos sistemas.

La versión de Asterisk es la 11, lanzada en octubre de 2012 y la cual, hasta el momento, se considera la más estable. La instalación de Centos y Asterisk se explica paso a paso en los apéndices A y B.

2) Softphones

Un softphone (en inglés combinación de las palabras software y phone) es un software que simula un teléfono convencional. Es decir, permite usar la computadora para hacer llamadas a otros softphones, a teléfonos convencionales o a teléfonos IP.

Los softphones normalmente contienen todas las funcionalidades que tienen los teléfonos IP, incluso algunas mejoradas. Sin embargo, muchas de las versiones de softphones son privadas y se debe pagar una licencia.

Los softphones necesitan de hardware adicional para poder funcionar en una pc, ya que al menos requieren un micrófono y un altavoz. Aunque en algunas computadoras ya se encuentran instalados, se recomienda adquirir una diadema que contiene micrófono y audífono; para este proyecto se utilizaron diademas.

El softphone seleccionado para este proyecto es el ZOIPER FREE por cuatro razones principales:

- i. Es gratuito, se distribuye bajo licencia Freeware
- ii. Soporta los protocolos IAX2 y SIP
- iii. Está principalmente desarrollado para entornos Windows
- iv. Soporta todas las funcionalidades básicas para la realización de este proyecto.

En la figura 4.5 se muestra la interfaz gráfica del softphone Zoiper.



Figura 4.5. Interfaz gráfica softphone Zoiper Free

La configuración del softphone se describe en el Apéndice C.

3) Teléfonos IP

En este proyecto se utilizó, un teléfono VoIP (para pruebas), por lo que describo la configuración de este dispositivo, ya que puede reemplazar fácilmente al softphone para comodidad del usuario.

Un teléfono IP suele ser un dispositivo hardware con forma de teléfono, aunque con la diferencia de que utiliza una conexión de red de datos, en lugar de una conexión de red telefónica. Por lo tanto el teléfono IP básico tendrá al menos una interfaz de red que soporte el protocolo IP y al menos un protocolo VoIP, en este caso el protocolo SIP.

En este proyecto se utilizó para pruebas un teléfono marca Yealink, que soporta los protocolos SIP e IAX. El precio de este aparato en noviembre 2013 fue de 70 dólares. Entre las características que ofrece este dispositivo se tienen: es administrado por web, tiene mayor número de funcionalidades que los softphones lo cual lo hace perfecto para la realización de pruebas, no se encuentra dentro de la topología explicada anteriormente debido a que sólo se utilizó para pruebas y no forma parte de este proyecto.

En la figura 4.6 se muestra un teléfono IP Yealink.



Figura 4.6. Teléfono VoIP Yealink

Es importante mencionar que existen más teléfonos IP de mayor precio y con mejores funciones; tales como video llamada, conferencias, etc.

La configuración del teléfono Yealink se proporciona en el Apéndice D.

4) Codec de audio

Los codec o también llamados compresores o descompresores, se utilizan para el envío de audio o video por medio de la red de datos. El principal trabajo del codec, es la compresión de audio y video con el fin de aprovechar mejor el ancho de banda al momento de la transmisión. Asterisk puede soportar diferentes codec, sin embargo no es fácil decir cuál es el mejor, ya que cada uno tiene diferentes características, en la tabla 4.1 se muestran los diferentes codec y el ancho de banda necesario para su correcto funcionamiento [13].

Codec	Ancho de Banda
G.711 ulaw, utilizado en EE.UU	64Kbps
G.711 alaw utilizado en Europa	64Kbps
G.723 usado en H.323	6.3/5.3Kbps
G.726	16/24/32/40Kbps
G.729	8Kbps
GSM	13Kbps

Tabla 4.1. Codec y su ancho de banda

Como se observa en la tabla 4.1 los codec tienen diferente ancho de banda y no siempre funciona mejor el que tiene menor ancho, para escoger el adecuado codec se deben tener presentes las características de la red donde se implementará el servicio Asterisk, por ejemplo, ancho de banda, número de clientes Asterisk, etc.

Para este proyecto se eligió utilizar el G.729 ya que es compatible con el softphone Zoiper y, después de realizar pruebas, se comprobó el buen funcionamiento en la red donde se implementó.

El G.729 es un algoritmo de compresión de datos de audio para voz como se mencionó anteriormente, sólo que éste comprime audio de voz en lapsos de 10 milisegundos.

G.729 se usa mayoritariamente en aplicaciones de VoIP por sus bajos requerimientos en ancho de banda. El estándar G.729 opera a una tasa de bits de 8 kbps, pero existen extensiones, las cuales suministran también tasas de 6.4 kbps y de 11.8 kbps para empeorar o mejorar calidad en la conversación respectivamente [13].

La IUT recomienda la utilización del codec G.711 pues fue creado especialmente para voz humana. Este sistema de codificación es usado en EEUU y Japón.

La implementación del sistema consiste en aplicar a la señal de entrada una función logarítmica y una vez procesada, realizar una cuantificación uniforme. Utilizar G.711 para VoIP proporciona mejor calidad de voz; ya que no usa ninguna

compresión y es el mismo codec utilizado por la red RTC (Real Time Clock, en español Reloj en Tiempo Real) y líneas ISDN, tiene un sonido como si utilizáramos un teléfono físico tradicional. También tiene la menor latencia puesto que no hay necesidad de compresión, lo cual se traduce en menos capacidad de procesamiento. Sin embargo, utiliza más ancho de banda que otros codec, hasta 84 Kbps incluyendo todas las cabeceras del protocolo de TCP/IP. No obstante, aumentando el ancho de banda, esto no debería ser un problema [14].

5) Creación de usuarios SIP

Los usuarios se registran en el archivo sip.conf ubicado en la dirección /etc/ASTERISK/sip.conf.

Como se mencionó en el capítulo 3, sip.conf tiene 2 secciones [general] y área de usuarios, donde:

- i) [general] contiene los valores que afectan a todos los usuarios, así como al canal SIP que contiene la configuración default.
- ii) El área de usuarios define la configuración específica de cada usuario.

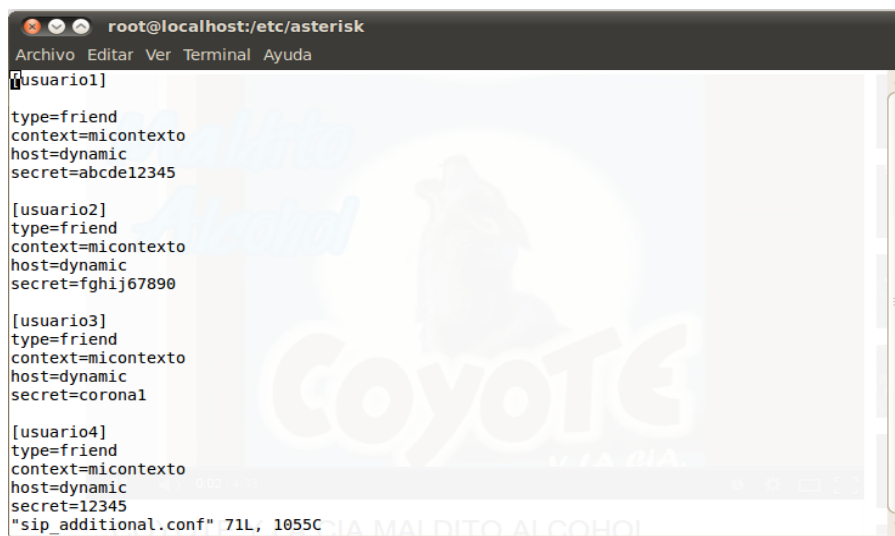
Hay muchos campos diferentes que podemos configurar para cada usuario SIP, sin embargo para dar de alta un usuario SIP basta con incluir 4 campos obligatorios: type, host, context y secret.

El nombre del usuario es lo que aparece como encabezado [Nombre], en la tabla 4.2 se describe brevemente los campos obligatorios que debe de incluir cada usuario registrado en sip.conf.

Campo	Valores posibles	Función
Type	User, peer, friend	Friend; controla las llamadas que hace/recibe así como interpretar la autenticación del dispositivo, el cual lo hace por username, puerto e IP.
Host	Dirección IP, dynamic	Específica si el equipo tiene una IP fija o puede tomar cualquiera, también indica si el teléfono tiene que registrarse hacia ASTERISK.
Context	Nombre del contexto	Determina el contexto (conjunto de reglas de marcación) al que podrá acceder el usuario.
secret	contraseña	Especifica contraseña para el usuario.

Tabla 4.2. Campos básicos de un usuario SIP.conf

Considerando lo anterior, un ejemplo de usuario agregado en el archivo sip.conf se muestra en la figura 4.7, donde se observa el registro de tres usuarios. El primer usuario es del tipo friend, está ubicado dentro del contexto "micontexto", con host dynamic (dinámica) y secret (password). Los dos usuarios restantes se encuentran en el mismo contexto y sólo cambia la línea de secret.

A screenshot of a terminal window titled "root@localhost:/etc/asterisk". The window shows the configuration for four SIP users in the "sip.conf" file. Each user is defined with a section header, type, context, host, and secret. The background of the terminal has a watermark that says "COYOTE".

```
root@localhost:/etc/asterisk
[usuario1]
type=friend
context=micontexto
host=dynamic
secret=abcde12345

[usuario2]
type=friend
context=micontexto
host=dynamic
secret=fg hij67890

[usuario3]
type=friend
context=micontexto
host=dynamic
secret=corona1

[usuario4]
type=friend
context=micontexto
host=dynamic
secret=12345
"sip_additional.conf" 71L, 1055C
```

Figura 4.7. Usuarios SIP

Es importante mencionar que se debe llevar un control de los nombres de los usuarios. Entre las condiciones que se deben de observar tenemos: evitar que se repitan, dar contraseñas seguras, facilitar la administración, entre otras.

Como se pudo observar en la creación de los usuarios SIP, no se declara la extensión, esa se declara en la configuración del archivo extensions.conf.

6) VoiceMail

Voicemail permite crear buzones de voz, los buzones de voz ofrecen la funcionalidad de dejar mensajes a un usuario. Los buzones se crean en el archivo `voicemail.conf` ubicado en `/etc/asterisk`. Allí se definen los usuarios, sus nombres, contraseñas y correos para envíos de mensajes.

El servicio de buzón se usa a través de dos aplicaciones que se detallan en la tabla 4.3. Voicemail: para dejar mensaje y VoicemailMain: para recuperar mensajes

VoiceMail	VoicemailMain
<p>Permite dejar mensajes de voz al buzón especificado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El buzón/contexto debe de existir en el <code>voicemail.conf</code> • Es posible dejar un mensaje en más de un buzón • Sintaxis: <code>Voicemail(buzon@contexto,opciones)</code> <p>Ejemplo: <code>Voicemail(100,u)</code>, u (no disponible)</p>	<p>Desde aquí se escucha los mensajes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite también configurar las opciones del buzón, tales como las bienvenidas. • Es importante vaciar el buzón para evitar que se sature. • Sintaxis: <code>VoicemailMain(buzón,opciones)</code> <p>Ejemplo: <code>VoicemailMain(100,s)</code></p>

Tabla 4.3. Diferencias entre VoiceMail y VoicemailMain

Para utilizar este servicio basta con realizar la configuración en el archivo antes mencionado [10].

i) Archivo Voicemail.conf

Aquí es donde se configuran los buzones de voz y sus contraseñas, la sintaxis de configuración es la siguiente:

```
/etc/asterisk/voicemail.conf
```

El contexto [default] ya existe en el archivo, solo es necesario buscarlo y editarlo para que corresponda como sigue (ejemplo de dos usuarios con extensiones 100 y 200 respectivamente).

```
[default]
```

```
100 = 1234,Juan Perez,juan@10.16.4.6
```

```
200 = 5678,Eduardo corona,eduardo@10.16.4.6
```

La configuración anterior es de la siguiente forma:

Extensión = contraseña, usuario, buzón.

7) Plan de Marcación

Una vez creados los usuarios, nos enfocaremos a la creación de las extensiones para cada uno de los usuarios, esta configuración la realizaremos en el archivo

extensions.conf. Como se mencionó anteriormente, este archivo contiene tres secciones:

- a) [general]: Configura el manejo del archivo de extensiones (comúnmente no se altera)
- b) [globals]: Define constantes que pueden ser referenciales desde cualquier parte del dialplan
- c) Área de contextos: Declara los diferentes contextos que definen el plan de llamadas.

La sintaxis general del plan de llamada es:

[contexto]

exten= extensión, prioridad, aplicación

extensión: Cualquier valor alfanumérico

prioridad: Es el orden con el que se ejecutarán las diversa aplicaciones

aplicación: Comando a ejecutar

Para este proyecto las extensiones quedan creadas como se muestra en la figura 4.8. Se observa la configuración de la primer línea: la extensión 100, con prioridad 1, y manda a llamar al usuario1, en la segunda línea con prioridad **n**, busca el

nombre usuario1 dentro del archivo SIP, y finalmente en la línea tres indica que en caso de no contestar se cuelgue la llamada.

```

;exten => 100,1,Noop(Llamando a usuario1)
;same => n,Dial(SIP/usuario1)
;same => n,Hangup

;exten => 200,1,Noop(Llamando a usuario1)
;same => n,Dial(SIP/usuario2)
;same => n,Hangup

;exten => 300,1,Noop(Llamando a usuario1)
;same => n,Dial(SIP/usuario3)
;same => n,Hangup;

;exten => _[12]00,1,Noop(Llamando a SIP/usuario${EXTEN:0:1})
;same => n,Dial(SIP/usuario${EXTEN:0:4})
;same => n,Hangup

```

Figura 4.8. Plan de marcación

Como se puede observar en la figura 4.8, se declaran las extensiones correspondientes a cada usuario dado de alta en el archivo sip.conf.

Para la creación de las extensiones se puede recurrir a patrones que faciliten la ubicación por departamento, oficina o matriz. Los patrones son caracteres especiales que reemplazan un rango de dígitos, en la tabla 4.4 se muestran:

Patrón	Dígitos que reemplaza
X	Dígitos entre 0 y 9
Z	Dígitos entre 1 y 9
N	Dígitos entre 2 y 9
[X-Y]	Cualquier dígito comprendido en el rango

Tabla 4.4. Patrón de extensiones

Todos los patrones deben ser precedidos por "_" para no ser descartados al momento de marcarlos.

La figura 35 muestra un ejemplo de patrón de marcado. Se define la extensión _ZXX (la cual toma valores de 100 hasta 999), con prioridad 1, después se utiliza la variable Gosub indicando que use el contexto [sub-llamada] con extensión s y como prioridad 1 busque al usuario x, donde x, se define en la variable EXTEN:0:1 (es decir, la variable exten toma el valor de la extensión marcada y la busca dentro del archivo sip.conf), ver figura 4.9.



The image shows a terminal window titled 'root@localhost:/etc/asterisk'. The window contains the following configuration line for the 'exten' variable:

```
exten => _ZXX,1,Gosub(sub-llamada,s,1(SIP/usuario${EXTEN:0:1},${EXTEN}))
```

Below this line, there is a comment: `-- INSERT --`. The terminal window also shows a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Terminal', and 'Ayuda'.

Figura 4.9. Plan de marcación utilizando patrones

b) Escenario WLAN

Servidor – Servidor (Interconexión de 2 sedes)

Para realizar la configuración de los servidores Asterisk (enlaces de PBX), basta con que se tenga una IP fija en cada servidor, esto facilita su configuración.

La configuración de la conexión se realiza dentro del archivo `iax.conf` ubicado en la ruta: `/etc/asterisk/iax.conf`

La sintaxis de la configuración se muestra en la tabla 4.5.

Servidor A	Servidor B
iax.conf	iax.conf
<pre>[usuarioB] Username = usuario A host = IP B secret = la misma context = entrada type = friend</pre>	<pre>[usuarioA] Username = usuario B host = IP A secret = la misma context = entrada type = friend</pre>

Tabla 4.5. Configuración de enlaces IAX

Dentro del mismo archivo `iax.conf`, se deben de registrar los servidores en la sección "general" colocando la siguiente línea:

`register = usuario:password@dominio (IP a donde apunta del servidor a conectar)`

Por ejemplo:

`register = 10025:ast3r!sk@10.16.4.6`

Finalmente, una vez que se encuentran registrados los servidores, basta con agregar a los clientes (extensiones) al servidor al cual desean comunicarse. Así mismo, los servicios con los que cuenta una red local como es buzón de voz, transferencia de llamadas, etc., también los deberá proporcionar cada uno de los servidores.

Para que el número de sedes totales, dentro del IEMS se puedan comunicar bastará con replicar lo anteriormente mencionado.

Por otro lado, no es necesario realizar otro tipo de configuración en la red para el sistema VoIP, basta con configurar lo mencionado anteriormente para que exista comunicación VoIP mediante Asterisk. Solo será necesario abrir los puertos del firewall de la red si es que existiría alguno. Para este proyecto no es necesario, por lo que no se describe el procedimiento.

4.3 Resultados de la Implementación

Después de haberse concluido la etapa de implementación se verificó que efectivamente se hayan logrado los objetivos particulares que se propusieron al principio de este proyecto.

En primer punto, se logró la comunicación en la sede A, realizando la conexión satisfactoria entre las 13 computadoras, las pruebas que se hicieron son: llamadas simultaneas sin cortar conversación durante 10 minutos, transferencias de llamadas, envió de documentos vía mail sin cortar la comunicación; se verificó en todo momento que la conversación no sufriera retrasos, ni ecos, ni se cortara obteniendo resultados satisfactorios.

En segundo punto se realizó lo mismo que el paso anterior pero con solo 3 computadoras de la sede B, obteniendo adecuada comunicación.

Y finalmente, en el paso tres, se llevó a cabo la comunicación entre las sedes A y B, es decir, se realizó la configuración en ambos servidores para que éstos se

podieran comunicar por medio de los softphones que cada uno de ellos tiene. Con respecto a las pruebas realizadas se mencionan las siguientes: se comunican tres softphones de la sede A con tres de la sede B, dicha conversación se mantiene activa durante diez minutos sin sufrir retrasos, eco o distorsión de la voz, aunado a esto, se transmiten datos sin mostrar problema alguno. También se realiza la transferencia de llamadas sin presentar fallas.

Considerando lo anterior, se puede presumir que los objetivos se cumplieron por completo.

Capítulo V. Conclusiones y trabajo

futuro

De acuerdo a los resultados obtenidos, después de realizar las pruebas de funcionamiento explicados en el capítulo anterior (apartado 4.3) se puede decir que se cumplió el objetivo general y por consiguiente los objetivos particulares. Se logró la comunicación entre dos planteles del IEMS por medio de VoIP y esto demostró que es viable la instalación en todo el instituto. A pesar de que se propuso la implementación, las autoridades del instituto aún lo están evaluando.

Con este proyecto se demostró que se puede confiar plenamente en el uso del software libre, para realizar determinada tarea, en este caso el de telefonía, por lo que se contrasta la idea generalizada que se tiene del software libre: que por el hecho de ser libre no es eficiente. El hecho de utilizar Asterisk como software principal de este proyecto permitió gestionar la voz de forma eficiente, posibilitando su integración con los procesos de datos. De igual forma se demostró la buena convivencia con la infraestructura ya instalada y sobre la cual ya existían dispositivos, terminales y software.

Generalmente, instalar una tecnología de comunicación diferente a la que se tiene requiere de una inversión. Este proyecto demostró que la implementación de VoIP no tuvo mayor costo.

Finalmente solo queda mencionar que la realización de este proyecto dejó sólidos conocimientos en lo que respecta a telefonía VoIP, mismos que pueden ser la base para explotar las herramientas que ofrece Asterisk en cuanto a comunicación se refiere con el fin de que se pueda adaptar a las necesidades de las empresas.

5.1 Trabajo Futuro

De acuerdo a las conclusiones y experiencias obtenidas en la realización de éste proyecto se recomienda la utilización de Asterisk para el diseño e implementación de sistemas VoIP, debido a que las capacidades que brinda Asterisk que van mucho más allá de la transmisión de voz, siendo posible la implementación de un sistema VoIP en una red mucho mayor en la cual se pueda implementar no solo la transmisión de voz, sino también mensajería instantánea, mail, video y/o videoconferencias.

Otra de las opciones a considerar en un diseño de VoIP utilizando Asterisk es la adición de más funcionalidades, por ejemplo: menú de voz, estadísticas de llamadas por medio de ODBC, reportes, bloqueo de extensiones, etc., y que en este proyecto, no fueron implementadas, ya que no fue el objetivo del trabajo.

Con respecto a la medición de QoS (calidad del servicio) de este proyecto, se deja para trabajo a futuro hacer las pruebas necesarias para ello dado que, considerando el número de extensiones implementadas (17), hacerlas ahora arrojaría un resultado inexacto. La recomendación que se hace en este sentido es aumentar el número de extensiones, de tal forma que se pueda medir la calidad del servicio en diversos escenarios incluyendo condiciones extremas de uso.

Finalmente, considero que Asterisk puede usarse como software principal en la instalación de sistemas de VoIP por el bajo costo que requiere su implementación y la facilidad de adaptarse a la infraestructura ya instalada, y no dudo que en un futuro las dependencias de gobierno lo consideren como una solución a los altos costos que se tienen en cuanto a telefonía se refiere.

Apéndice A

Instalación de Centos 6.0

En ésta sección se hace una breve descripción del proceso de instalación del sistema operativo Centos 6.0

Se debe iniciar la máquina con el disco de Centos 6. En el menú de la figura A.1 se escoge la primera opción.



Figura A.1. Menú de inicio de Centos 6.0

Inicialmente el sistema preguntará si se desea probar el CD desde el cual se está instalando, se elige Skip. (Figura A.2)



Figura A.2. Prueba del CD de centos 6.0

Se elige el idioma de la instalación (español), así como la orientación del teclado (se recomienda latinoamericano) figuras A.3 y A.4.

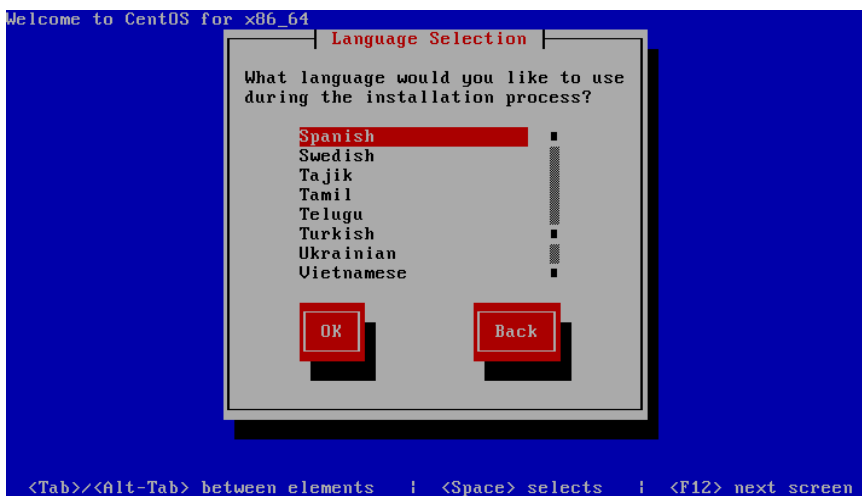


Figura A.3. Menú de idioma



Figura A.4. Menú de elección de teclado

El sistema detectará que el disco está sin inicializar y por lo tanto, dará la opción de inicializarlo. Se escoge "Reinicializar todo" (figura A.5).

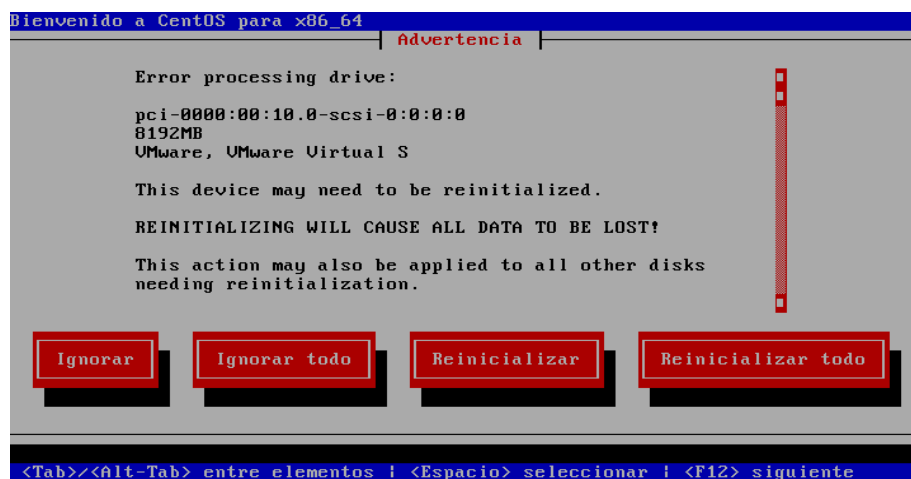


Figura A.5. Menú de Inicializar el disco

Escoger la zona geográfica para que el horario se seleccione correctamente.

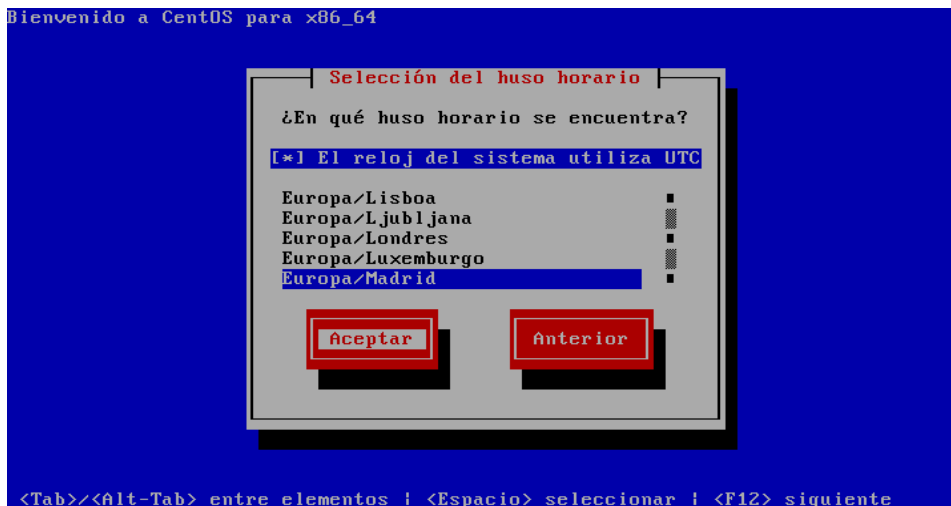


Figura A.6. Selección de horario

La instalación requiere de una contraseña de administrador (usuario root). Se asigna la contraseña (figura A.7).



Figura A.7. Asignación de contraseña

El sistema pregunta si se quiere realizar la partición del disco duro. Se escoge "Usar disco duro entero" y se da enter en aceptar (figura A.8).

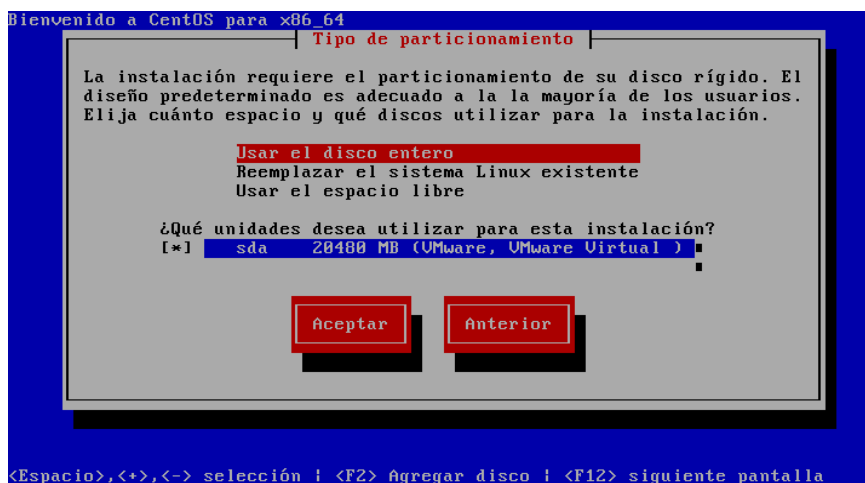


Figura A.8. Selección de partición

Una vez más se solicita confirmar la orden. Se escoge "Escribir cambios al disco" (figura A.9).

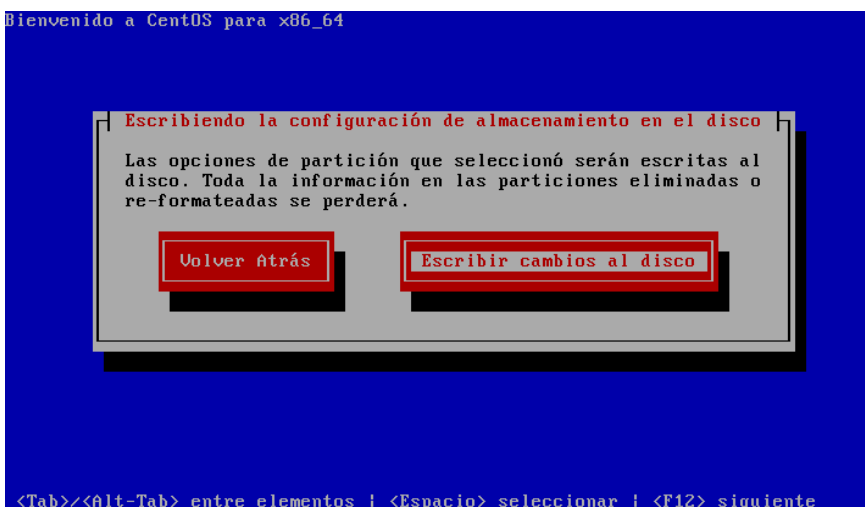


Figura A.9. Confirmación de cambios al disco

Según la velocidad de la computadora, el proceso de instalación tomará algunos minutos; cuando la instalación haya terminado, se debe reiniciar la PC (figura A.10).



Figura A.10. Finalización de instalación Centos 6.0

Tras reiniciar, se pide que se ingrese con un usuario y contraseña:

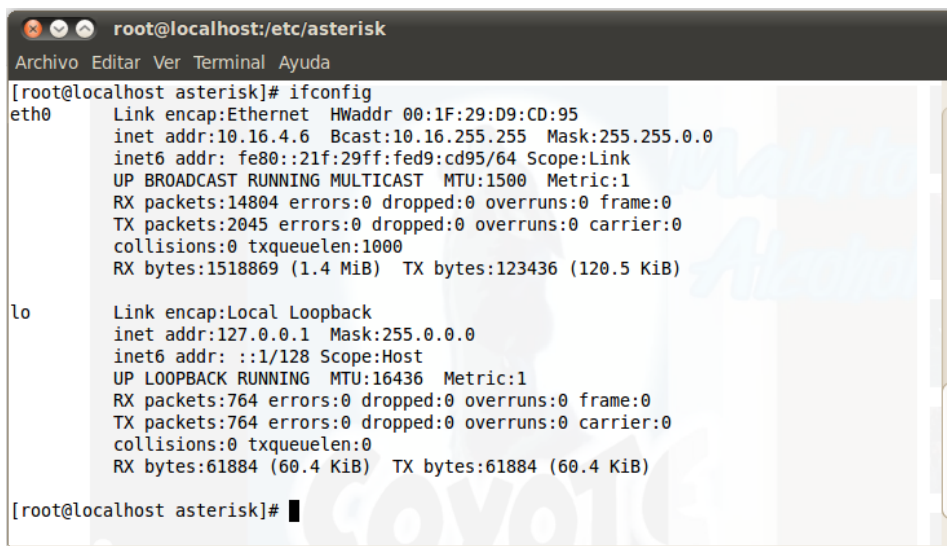
Usuario: root

Password: la que se eligió.

Una vez que se ingrese, el primer paso será encender la interfaz eth0, lo cual se logra con el comando:

```
Ifup eth0
```

Con la interfaz encendida, se consulta el estado de la dirección IP usando el comando `ifconfig`, de manera que el proceso completo se despliega como se muestra en la figura A.11.



```
root@localhost:/etc/asterisk
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
[root@localhost asterisk]# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:1F:29:D9:CD:95
          inet addr:10.16.4.6  Bcast:10.16.255.255  Mask:255.255.0.0
          inet6 addr: fe80::21f:29ff:fed9:cd95/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:14804 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2045 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:1518869 (1.4 MiB)  TX bytes:123436 (120.5 KiB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:764 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:764 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:61884 (60.4 KiB)  TX bytes:61884 (60.4 KiB)

[root@localhost asterisk]#
```

Figura A.11. Estatus de la red

Ahora se debe de comprobar que el servicio `ssh` se encuentre instalado; esto se realiza aplicando el comando en consola: `ssh 127.0.0.1`

Este comando pide conectarse al mismo equipo. El propósito de ejecutar este comando es asegurarse de que el servicio efectivamente esté instalado, por lo que al ejecutarse en condiciones predefinidas, manda un mensaje el cual pregunta si se desea conectar, se dice que no y se concluye la prueba, con eso se asegura de que el servicio está funcionando.

Ahora se procede a instalar el editor de archivos nano, con el comando: `yum install -y nano`

Nano se usa para editar archivos de texto. La primera edición que se hará es el archivo de control de la interfaz eth0, con lo que se indica al sistema que arranque la interfaz junto con el sistema operativo. Para lograrse, se edita el archivo `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0`. Esto se hace con el siguiente comando:

```
nano /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

Se busca la línea `ONBOOT=no`, la cambiamos por `ONBOOT=yes` y se guarda el archivo.

Ahora lo que se procede hacer, es actualizar las dependencias que se necesitan para instalar el PBX Asterisk. Lo anterior se hace con el comando de la figura A.12:

```
yum install -y gcc ncurses-devel libtermcap-devel libuuid-devel gcc-c++ openssl-devel  
newt-devel zlib-devel unixODBC-devel libtool libtool-devel make wget libxml2-  
devel kernel kernel-devel kernel-headers sqlite-devel  
  
# Reiniciamos el equipo  
reboot
```

Figura A.12. Comando que se aplica para instalar bibliotecas

Finalmente se debe de reiniciar el equipo y el sistema estará listo para instalar Asterisk 11.

Apéndice B

Instalación de Asterisk 11

Para instalar Asterisk 11 es necesario descargar los paquetes de ASTERISK-11.x.tar.gz y dahdi-linux-complete-2.7.x.tar.gz.

Para poder cumplir con las dependencias que requieren Asterisk y dahdi es necesario instalarlas con el comando de la figura B.1 y reiniciar el equipo al finalizar [10].

```
yum install -y gcc ncurses-devel libtermcap-devel libuuid-devel gcc-c++ openssl-devel  
newt-devel zlib-devel unixODBC-devel libtool libtool-devel make wget libxml2-  
devel kernel kernel-devel kernel-headers sqlite-devel  
  
# Reiniciamos el equipo  
reboot
```

Figura B.1. Comando para instalar bibliotecas necesarias para Asterisk

Los archivos descargados se mueven a la ruta `/usr/src`, donde serán descomprimidos tal como se muestra en la figura B.2.

```
tar -zxf dahdi-linux-complete-2.7.x.tar.gz  
tar -zxf asterisk-11.x.tar.gz
```

Figura B.2. Comandos para descomprimir Asterisk y dahdi

Al descomprimir, se crean 2 directorios que contienen el código fuente como se muestra en la figura B.3.

```
/usr/src/dahdi-linux-complete-2.7.x  
  
/usr/src/asterisk.x
```

Figura B.3. Directorios de Asterisk y dahdi

Posteriormente se compila, se instala DAHDI, aplicando en el orden siguiente y dando el tiempo suficiente para que se ejecute cada comando, como se muestra en la figura B.4.

```
cd /usr/src/dahdi-linux-complete-2.7.x  
  
make  
  
make install  
  
make config
```

Figura B.4. Comandos para compilar dahdi

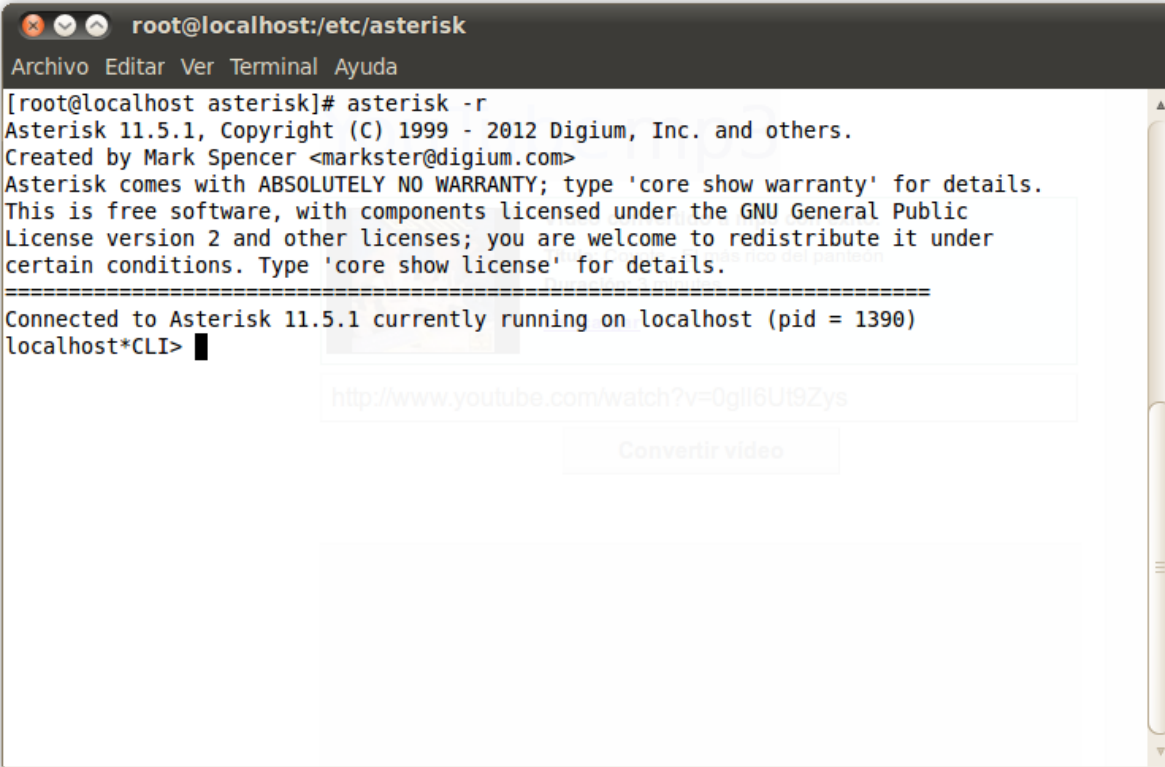
La compilación de Asterisk se hace del mismo modo. Se deben ejecutar los siguientes comandos en el orden establecido y dando el tiempo suficiente para la ejecución:

1. `cd /usr/src/asterisk-11.x`
2. `./configure`
3. `make menuselect`
4. `make`
5. `make install`
6. `make config`
7. `make samples`

Nota: Es importante mencionar que los comandos `make samples` y `make config` nunca deben de ejecutarse cuando ya se tenga el sistema instalado, ya que podría reemplazar los archivos de configuración en los que se estén trabajando.

Por default, Centos trae el SeLinux activado (una característica de seguridad de Linux). Si se desea ejecutar Asterisk sin problemas, se debe desactivar. Para ello se debe editar el archivo `config` en la ruta `/etc/selinux` y reemplazar la línea `SELINUX = disabled`, y reiniciar el equipo.

Cuando el sistema reinicie el servicio, Asterisk arrancará automáticamente, por lo que solo se tiene que reconectar a la consola Asterisk con el comando `Asterisk -r`, como se muestra en la figura B.5.

A terminal window titled 'root@localhost:/etc/asterisk' with a menu bar containing 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Terminal', and 'Ayuda'. The terminal output shows the execution of the command 'asterisk -r'. The output includes the Asterisk version (11.5.1), copyright information (1999-2012), and a warning about warranty. It then shows a connection to Asterisk 11.5.1 on localhost (pid = 1390) and the prompt 'localhost*CLI>'.

```
root@localhost:/etc/asterisk
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
[root@localhost asterisk]# asterisk -r
Asterisk 11.5.1, Copyright (C) 1999 - 2012 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 11.5.1 currently running on localhost (pid = 1390)
localhost*CLI> █
```

Figura B.5. Ejecución del comando asterisk -r

Otro archivo que se debe configurar es asterisk.conf que se encuentra en la ruta /etc/ASTERISK esto permite subir el nivel de verbosidad de Asterisk. En la parte [options] del archivo, escribir verbose = 3.

Por otro lado, Centos trae habilitado el firewall, el cual se puede desactivar con los comandos: service iptables stop y chkconfig iptables off. Después de su ejecución se debe reiniciar la computadora para que los cambios surtan efecto.

Una vez instalado el servidor Asterisk se crean los usuarios. Por ser éste un apéndice, solo se crearán dos usuarios, sin embargo, el procedimiento es el mismo para aumentar el número de usuarios.

Creación de usuarios SIP

Editar sip.conf agregando lo siguiente:

```
[usuario1]
```

```
type=friend
```

```
context=micontexto
```

```
host=dynamic
```

```
secret=12345abc
```

```
[usuario2]
```

```
type=friend
```

```
context=micontexto
```

```
host=dynamic
```

```
secret=7890def
```

Una vez escrito lo anterior se guarda el archivo y se ingresa a Asterisk. Una vez dentro se reinicia el servicio con el comando sip reload y se comprueba que los usuarios existan al ejecutar el comando sip show peers.

Asignación de extensiones a usuarios

Se debe editar el archivo extensions.conf y colocar al final las siguientes líneas:

```
[micontexto]
```

```
exten = 100,1,Noop(Llamando a usuario1)
```

```
same = n,Dial(SIP/usuario1)
```

```
same = n,Hangup
```

```
exten = 100,1,Noop(Llamando a usuario2)
```

```
same = n,Dial(SIP/usuario2)
```

```
same = n,Hangup
```

Una vez escrito lo anterior, se guarda el archivo y se ingresa a ASTERISK. Se reinicia el servicio con el comando dialplan reload.

Apéndice C

Instalación de Softphone Zoiper

Para instalar el Softphone Zoiper se debe descargar un archivo ejecutable, el cual debe instalarse. Al abrirlo, se verá como en la figura C.1.



Figura C.1. Softphone Zoiper

Se debe dar click en el icono herramienta (figura de llave española), para poder registrar una nueva cuenta SIP, de la siguiente manera (figura C.2):

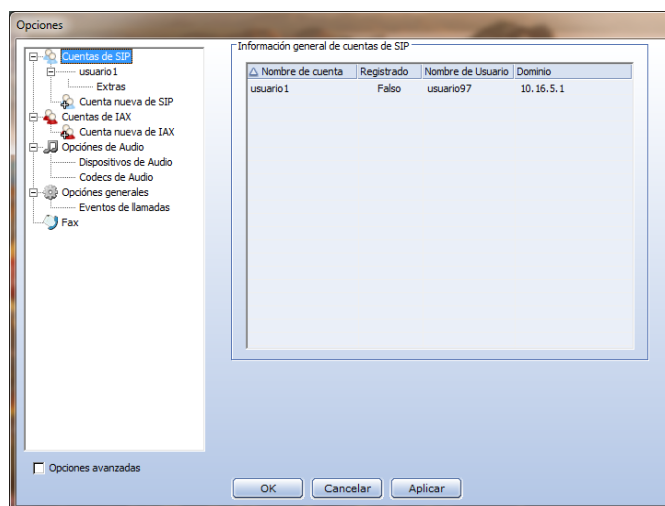


Figura C.2. Ventana de Zoiper para crear nuevos usuarios

Se da click en nueva cuenta de usuario SIP y se crea la cuenta del primer usuario, para este ejemplo usuario1 y se da click en ok (figura C.2).

Aparecerá la imagen de la figura C.3, donde se pide ingresar la IP del servidor Asterisk, el nombre de usuario (en este caso usuario1), la contraseña y el nombre que aparecerá en el identificador:

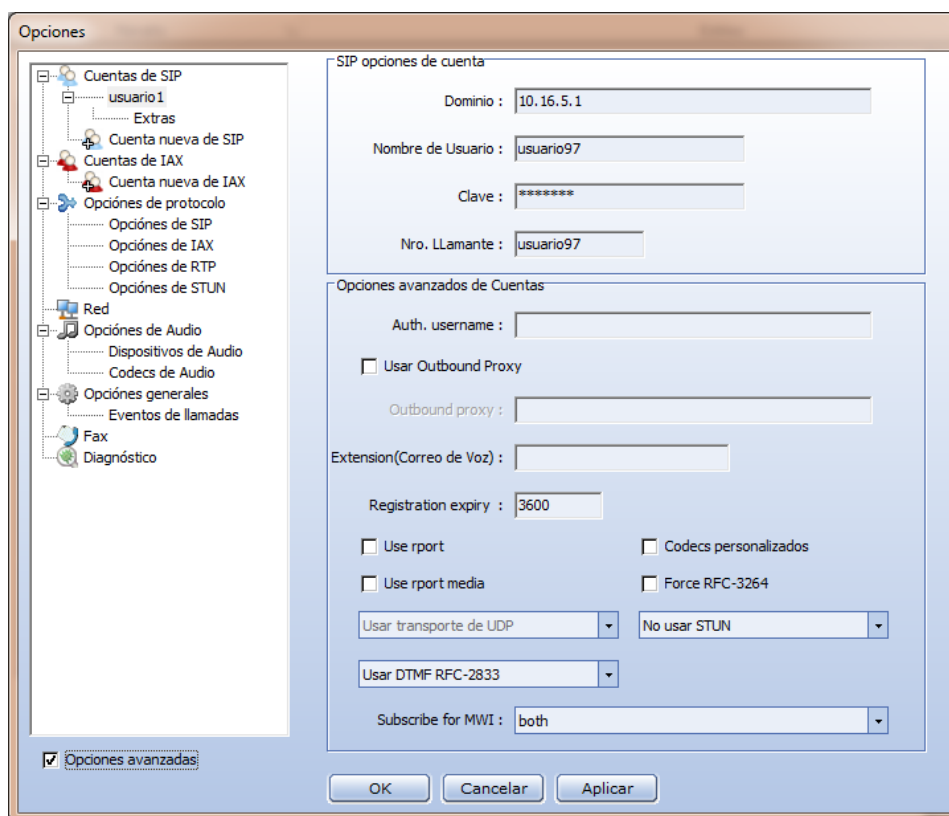


Figura C.3. Ventana de configuración de usuario

Antes de aceptar los cambios, se da click en el recuadro inferior izquierdo que dice "opciones avanzadas", con lo que aparecerá una opción nueva que actualmente dice "Use default STUN", se debe cambiar a "don't use STUN" y seleccionar en aceptar.

Apéndice D

Registro de teléfono IP yealink

En éste apartado se mencionan los campos básicos que deben ser configurados en un teléfono IP estándar, en este caso un yealink.

Primero se debe conectar el equipo a la red, el teléfono adquirirá una IP fija. Por medio de la cual se podrá ingresar vía web. Una vez dentro de la interfaz web del teléfono se debe de ingresar usuario y password. Por default el usuario y contraseña es "admin".

En la página de inicio del teléfono se muestra una serie de pestañas para su configuración. En este caso se debe seleccionar "account". En la sección de Basic se configuran los campos que se muestran en la figura D.1.

Account Active:	On
Register Name:	El usuario SIP (usuario2)
Username:	El usuario SIP (usuario2)
Password:	La contraseña del usuario SIP
SIP server:	Dirección Ip del servidor ASTERISK
Port:	5060

Figura D.1. Campos que se deben de configurar

En la parte inferior de la página se ubica la opción donde se aplicarán los cambios.

Al confirmar aparecerá una nueva pantalla que dice "OPERATING PLEASE WAIT"

Y finalmente se podrá ver el teléfono registrado.

Referencias textuales

[1] _ A. Alcaide, R. Baños, J. Camacho. (2008) VoIP y Asterisk Redescubriendo la Telefonía, México D.F., Alfaomega.

[2] _Tendencias en las Reformas de Telecomunicaciones 2009, UIT. Extraído en agosto 2013 de: <http://www.itu.int/net/itunews/issues/2009/07/21-es.aspx>

[3] _Global VoIP 2013. Regional VoIP subscriber numbers Q1- 2013. Extraído en diciembre 2013 de: <http://point-topic.com/free-analysis/global-voip-subscriber-numbers-q1-2013/>

[4] _Student Colloquium on VoIP, 2009 Autumn, December 2, 2009, Extraído en enero 2014 de: http://voip.itm.iit.edu/events_pages/event_09_10.php

[5] _ Situación de la VoIP, 2014. UIT Febrero 2014. Extraído en febrero 2014 de: <http://www.itu.int/itunews/manager/display.asp?lang=es&year=2007&issue=02&page=futureVoice2>

[6] _ Villalon, José. L. Protocolos de Transporte, 2008. Extraído en diciembre 2013 de:<http://www.securityartwork.es/2008/02/27/voip-protocolos-de-transporte/>

[7] _SIP vs H.323 comparativa. Extraído en agosto 2013 de: <http://www.voipforo.com/H323vsSIP.php>

[8] _ITU, 2009 Sistemas de Comunicación Multimedia Basados en paquetes, H.323. Extraído en agosto 2013 de:<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/es>

[9] _ Rosenberg, Schulzrinne, 2002. Network working group junio 2002. Extraído en julio 2013 de: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>

[10] _Van, J. Madsen, L. Smith, J. (2007). ASTERISK: The Future of Telephony, E.U.A, O' Reilly Media, Inc.

[11] _ M. Spencer, 2008. Mark Spencer IAX. Extraído en agosto 2013 de: <http://www.digium.com/en/company/leadership/mark-spencer>.

[12] _Digium, 2013. Extraído en agosto 2013 de: <http://www.Asterisk.org/downloads>

[13] _Codec Asterisk, 2007. Bytecoders Linux Asterisk, PPC y otros gadgets. Extraído en diciembre 2013 de: <http://www.bytecoders.net/content/elegir-unc%3%B3dec-de-audio-para-asterisk.html>

[14] _ (G.711 UIT, 1993). Extraído en diciembre de 2013 de: http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-G.711-198811-I!!PDF-S&type=ítems

Referencias de figuras

- [1]** _Cisco Visual Networking Index. (2012). Forecast and Methodology, 2011 – 2016. Consultado el 22 de diciembre de 2013, de http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networ-king_Solutions_White_Paper.html
- [2]** _Infonetics Research, VoIP and UC Services and Subscribers Biannual Market Share, Size, and Forecast, Sept. 2012
- [3]** _Global VoIP 2013. Regional VoIP subscriber numbers Q1- 2013. Extraído en diciembre 2013 de: <http://point-topic.com/free-analysis/global-voip-subscriber-numbers-q1-2013/>
- [4]** _Cuantificación Digital, marzo 2013. Wikipedia. Digitalización de una señal analógica. Extraído en agosto 2013 de: http://es.wikipedia.org/wiki/Cuantificaci%C3%B3n_digital
- [5]** _VoIP Protocolos de transporte, 2008. Security Artwork. Extraído agosto 2013 de: <http://www.securityartwork.es/2008/02/27/voip-protocolos-de-transporte/>
- [6]** _H.323, 2009. Norma Técnica Wikitel. Extraído en agosto 2013 de: <http://wikitel.info/wiki/H.323>

[7] _Protocolo de Inicio de Sesiones, 2012. A través de IP Integrantes: José Antonio Cruz Cruz. Extraído el agosto 2013 de: <http://es.convdocs.org/docs/index-20883.html?page=16>

[8] _Arquitectura ASTERISK, 2012. WikiASTERISK. Extraído en diciembre 2013 de: <http://www.wikiASTERISK.com/index.php?title=Arqui>