

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

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE VOZ
SOBRE IP BASADO EN LA PLATAFORMA ELASTIX PARA LA
EMPRESA QUÓRUM TELECOM**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

Marín Portillo, Luis Alberto

Illas Daguilh, Rodrigo Raul

PROFESOR GUÍA

Franco, Hugo

FECHA

Febrero de 2013

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Agradecimientos

A todas aquellas personas que de una manera u otra contribuyeron a la realización de este Trabajo Especial de Grado.

A la UCAB.

Y finalmente, a Google.com... que todo lo sabe

Rodrigo Illas.

A mi mama Caridad Portillo por brindarme su ayuda, su apoyo incondicional y su gran amor durante toda mi etapa como universitario.

A mis Tíos, Ronald y Chinca por ayudarme de alguna manera u otra durante todos estos años.

A Hugo Franco, Raul Piedra y Franklin Almeida por todos los conocimientos y ayuda ofrecida durante la elaboración de este proyecto.

A la UCAB y a todas las personas que de alguna manera u otra contribuyeron en mi formación como ingeniero.

Luis Marín.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Resumen

El presente proyecto surge debido a la motivación de la empresa Quórum Telecom por implementar servicios que funcionen con tecnologías avanzadas y a su vez por la búsqueda de una disminución de gastos. El proyecto consistió en el diseño e implementación de un *call center* para 20 operadores basado completamente en la tecnología Voz Sobre IP (VoIP). Para esto, se utilizó el software libre llamado Elastix, que corre sobre el sistema operativo CentOS en su versión 5.7, con la finalidad de que ejerciera las funciones de central privada o PBX (*Private Branch Exchange* – Central telefónica Privada) dentro de las instalaciones de la empresa.

Para la realización de este proyecto, se plantearon como objetivos el diseñar e implementar un *call center* que funcione con la tecnología Voz sobre IP (VoIP), analizando los principales aspectos de esta y haciendo énfasis en la plataforma utilizada y el software Asterisk, el diseño de la red necesaria para el óptimo funcionamiento del módulo de *call center* de 20 operadores, la implementación de una central telefónica Privada bajo la plataforma Elastix y la interconexión de la red VoIP interna de la empresa con la red PSTN (*Public Swichet Telephone Netword* – Red Telefónica Pública Conmutada), mediante el uso de una tarjeta digital E1 marca Digium.

Inicialmente se realizó un análisis detallado de los aspectos fundamentales de un sistema de VoIP, como por ejemplo qué protocolos utiliza, los tipos de troncales que maneja, sus formas de conexión hacia la red PSTN, etc. Una vez finalizado este análisis y luego de haberlo adaptado a las necesidades de la empresa, se procedió con la selección de los parámetros necesarios de la tecnología VoIP para el correcto funcionamiento del *call center*. En la siguiente fase del proyecto, se establecieron las configuraciones necesarias tales como adaptación del enlace E1, configuración de la tarjeta digital en la PBX que permitiera la conexión con la red PSTN, configuración de extensiones y otra serie de parámetros a través de la interfaz

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

gráfica que ofrece el software Elastix. Finalmente se procedió con la realización de pruebas de funcionamiento con el fin de evaluar que todas las configuraciones hechas previamente fuesen correctas.

Con los resultados obtenidos se lograron alcanzar los objetivos planteados inicialmente en este trabajo especial de grado, teniendo como principal conclusión que el uso de VoIP aplicado a las centrales telefónicas, es una tecnología económica, con escalabilidad a bajo costo, siendo más sencilla de configurar que las centrales telefónicas antiguas y simplificando la creación de las mismas.

Palabras clave: *call center*, VoIP, Elastix, PBX, PSTN, E1, telefonía digital, telefonía IP.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	2
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	2
I.2 OBJETIVO GENERAL	3
I.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
I.4 LIMITACIONES	3
I.5 ALCANCES.....	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO REFERENCIAL	6
II.1. VOZ SOBRE IP.....	6
II.2 PROTOCOLOS	6
II.2.1 Protocolo de Internet.....	6
II.2.2 Protocolos de Señalización	7
II.2.2.1 Protocolo H.323.....	7
II.2.2.2 Protocolo SIP	9
II.2.2.4 Protocolo MFC/ R2	13
II.2.3 Protocolos de Transporte.....	16
II.2.3.1 UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario)	16
II.2.3.2 Protocolo RTP	17
II.3 PROCESO DE CONVERSIÓN DE LA VOZ PARA SER ENVIADA MEDIANTE UNA RED IP.....	17
II.3.1 Conversor Analógico Digital	18
II.3.2 Códecs	20
II.3.3 Terminales.....	22
II.3.3.1 Adaptador para teléfonos analógicos (ATA).....	22
II.3.3.3 Softphones	23
II.3.4 Elementos de red	23

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

II.3.4.1	Módem.....	23
II.3.4.2	Router	24
II.3.4.3	Gateway.....	24
II.3.4.4	Tarjetas Digitales.....	25
II.3.4.5	Ethernet hub (concentrador Ethernet)	25
II.4	PARÁMETROS EN UNA COMUNICACIÓN VOIP	26
II.4.1	Calidad de Servicio (QoS)	26
II.4.2	Ancho de Banda	26
II.4.3	<i>Jitter</i> o variación de retardo	27
II.4.4	Eco.....	27
II.4.5	Retardo o latencia.....	28
II.4.6	Pérdida de paquetes.....	28
II.5	PLATAFORMA ELASTIX	29
II.5.1	Módulo de <i>call center</i>	31
II.5.1.1	Dimensionamiento.....	32
II.5.1.2	Teoría de Colas.....	32
II.5.1.3	Modelo de Erlang C.....	33
II.5.1.4	Modelo de Poisson	34
II.6	SOFTWARE ASTERISK.....	34
II.6.1	Paquete DAHDI	36
CAPÍTULO III	38
MARCO METODOLÓGICO	38
III.1	INVESTIGACIÓN TEÓRICA.....	38
III.2	SELECCIÓN DE PROTOCOLOS, TRONCALES Y CÓDEC PARA LA CONFIGURACIÓN DEL <i>CALL CENTER</i>	39
III.3	DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DEL <i>CALL CENTER</i>	40
III.4	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE ELASTIX	41
III.5	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DIGIUM.....	41
III.6	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL <i>SOFTPHONE ZOIPER</i>	41
III.7	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	42
CAPÍTULO IV	44
DESARROLLO	44
IV.1	INVESTIGACIÓN	44
IV.2	SELECCIÓN DE CÓDEC	45
IV.3	DIMENSIONAMIENTO DEL <i>CALL CENTER</i>	46
IV.31	Tasa Promedio de Llamadas entrantes:	47

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

IV.3.2 Intensidad del Tráfico:.....	48
IV.3.3 Ocupación de los Agentes:	48
IV.3.4 Formula de Erlang C:	49
IV.3.5 Probabilidad de Espera:	49
IV.3.6 Nivel de servicio:.....	49
IV.4 INSTALACIÓN DE ELASTIX	50
IV.5 INSTALACIÓN DE TARJETA DIGIUM TE122.	57
IV.6 CONEXIÓN DEL ENLACE E1 A LA TARJETA.	59
IV.7 CONFIGURACIÓN DE ARCHIVOS DAHDI.	60
IV.8 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE ELASTIX	65
IV.8.1 Creación de Extensiones.....	65
IV.8.2 Creación de troncales.....	67
IV.8.3 Creación de Rutas Entrantes.....	69
IV.8.4 Creación de rutas salientes	71
IV.9 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL <i>SOFTPHONE</i> ZOIPER.....	72
IV.9.1 Instalación.....	72
IV.9.2 Configuración del <i>softphone</i>	76
IV.10 CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DE <i>CALL CENTER</i>	78
IV.10.1 Descarga del módulo de <i>call center</i> en Elastix.....	78
IV.10.2 Creación de Agentes	79
IV.10.3 Creación de Colas.....	80
IV.10.4 Creación de Formularios	82
IV.10.5 Creación de Campañas.	83
IV.10.5.1 Campaña Entrante.....	83
IV.10.6 Grabación de Mensajes de Voz.	86
IV.10.7 Creación de IVRs.....	88
IV.11 SEGURIDAD DEL SERVIDOR ELASTIX.....	92
IV.11.1 Activación del <i>Firewall</i>	92
IV.11.2 Cambio de Puerto SSH.....	93
IV.11.3 Acceso de usuarios SIP.....	94
CAPÍTULO V	98
RESULTADOS.....	98
V.1 DISEÑO DE LA RED Y PLAN DE NUMERACIÓN IP	98
V.2 VERIFICACIÓN DE TARJETA DIGITAL DIGIUM.....	101
V.3 COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE LOS CANALES.	103
V.4 COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE LAS EXTENSIONES.....	105
V.5 LLAMADAS ENTRE DIFERENTES EXTENSIONES.	106

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

V. 6 ESTABLECIMIENTO DE LLAMADAS ENTRE LA PSTN Y LA RED VOIP.....	108
V.7 FUNCIONALIDADES DEL <i>CALL CENTER</i>	110
V.7.1. Formulario de Llamadas	110
V.7.2 Solicitud de Transferencia.	111
V.7.3 <i>Breaks</i> - descansos	111
V.7.4 Reportes	112
V.7.4.1 REPORTE DE AGENTES.....	113
V.7.4.2 Utilización de Canales	114
V.8 NUMERO AGENTES NECESARIOS.....	115
CAPÍTULO VI	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
VI. 1 CONCLUSIONES.....	118
VI.2 RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
APÉNDICES.....	126
APÉNDICE A.....	126
ANEXOS	128
ANEXO A. MÓDULOS DE OPERACIÓN DE LOS AGENTES.....	128
ANEXO B. ESTACIONES DE TRABAJO DE LOS AGENTES	128
ANEXO C. <i>ROUTER</i> PROVEEDOR DE ACCESO A INTERNET A LA PBX	129
ANEXO D. CENTRAL TELEFÓNICA MERIDIAN DE NORTEL, ACTUALMENTE EN FUNCIONAMIENTO EN LA EMPRESA.	129

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datagrama UDP.....	16
Figura 2. Paquete VoIP.	21
Figura 3. Ejemplo de un <i>hub</i> Ethernet de IBM.....	26
Figura 4. Pantalla inicial de instalación de Elastix.	50
Figura 5. Selección del tipo de teclado.....	51
Figura 6. Selección de la zona horaria.....	52
Figura 7. Selección del modo de configuración de las direcciones IP.	52
Figura 8. Definición de la dirección IP del Servidor y del Gateway.....	53
Figura 9. Definición del nombre del servidor.....	53
Figura 10. Definición de la contraseña del administrador de la central Elastix.	54
Figura 11 . Proceso de instalación del servidor Elastix.	55
Figura 12. Definición del <i>Password</i> MySQL.	56
Figura 13 . Creación del <i>Password</i> para el acceso a la interfaz web.	56
Figura 14. Inicio de sesión en la consola del servidor Elastix	57
Figura 15. Tarjeta digital Digium TE122	58
Figura 16. Balun marca Patton modelo 460F.....	60
Figura 17. Archivo system.conf	61
Figura 18. Archivo dahdi_channels.conf.....	63
Figura 19. Lista de las Extensiones Creadas.	67
Figura 20. Troncal Tipo Zap para canales Entrantes.	68
Figura 21. Ruta Entrante con destino hacia la extensión de Prueba 201.....	70
Figura 22. Ruta Saliente hacia la red PSTN.	72
Figura 23. Pantalla inicial de instalación de Zoiper.....	73
Figura 24. Selección de la ubicación de la instalación.	74
Figura 25. Selección de los componentes que se instalaron	74
Figura 26. Proceso de instalación de Zoiper.....	75
Figura 27. Finalización del Proceso de Instalación de Zoiper.	75
Figura 28. Menú Principal del softphone Zoiper.....	76
Figura 29. Creación de una cuenta SIP	77
Figura 30. Agentes creados en el Modulo de <i>call center</i>	80
Figura 31. Cola de entrada	81
Figura 32. Formulario del módulo de <i>call center</i>	83
Figura 33. Campaña Entrante.....	84
Figura 34. Campaña Saliente.	86
Figura 35. Mensajes Grabados en el Sistema.	88
Figura 36. IVR Principal.	90
Figura 37. Ruta Entrante con destino hacia el IVR Principal.	91

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Figura 38. Reglas del Firewall creadas en el Sistema.....	93
Figura 39. Topología de la red del sistema implementado.	99
Figura 40. Resultado obtenido con el comando “dahdi_scan”.	102
Figura 41. Estado de las Alarmas de la tarjeta digital Digium TE122.	103
Figura 42. Estado de los canales.	105
Figura 43. Conexiones tipo SIP del sistema.	106
Figura 44. Extensión “201” recibiendo una llamada de la extensión “202”.	107
Figura 45. Estado de las llamadas activas a través del “Operator Panel”.	108
Figura 46. Llamadas entre la red VoIP y la red PSTN.	109
Figura 47. Formulario completado por un agente en una llamada activa.....	110
Figura 48. Selección del tipo de <i>Break</i> por parte de un Agente.....	112
Figura 49. Agente 1 no disponible por <i>Break</i> de almuerzo.....	112
Figura 50. Reporte Grafico de la extensión número 1001.	113
Figura 51. Ocupación de los Canales según el tipo.	114

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Bits ABCD de la señalización CAS.	15
Tabla 2. Datos del <i>call center</i> .Fuente:.....	47
Tabla 3. Componentes de Hardware de la Red Implementada.	100
Tabla 4. Direcciones IP del Sistema.	100

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

INTRODUCCIÓN

Desde el origen de la humanidad hemos tenido la necesidad de comunicarnos, usando para esto diferentes medios dependiendo del entorno en donde nos encontremos. La comunicación Vocal ha sido y será un aspecto de suma importancia en lo que se refiere al desarrollo humano.

Con el pasar de los años las tecnologías en general han ido creciendo de una manera asombrosa, pero en particular las tecnologías orientadas a las comunicaciones han tenido un gran impacto tanto en las diferentes generaciones, como en los distintos estratos y clases sociales.

En la actualidad, gran parte de los sistemas de telefonía instalados en las empresas y en los hogares de las personas usan redes orientadas a la conmutación de circuitos, sin embargo con los avances tecnológicos y tratando de aprovechar las ventajas económicas que pueda proporcionar una red orientada a paquetes se han venido haciendo varios cambios en este tipo de redes para que puedan ser capaces de soportar la transmisión de la voz.

Voz sobre IP es una de estas nuevas tecnologías orientadas a la conmutación de paquetes, la cual a través de un conjunto de protocolos logra la señalización necesaria para que la voz pueda ser transportada en tiempo real y con una buena calidad.

La realización del presente proyecto surge debido a la motivación que presenta la empresa Quórum Telecom por ofrecer servicios de buena calidad y basados en las últimas tecnologías del mercado. De esta manera la idea principal del proyecto consistió en la implementación de un *call center* para 20 agentes, basado en el software libre Elastix, y en el cual los agentes puedan tanto recibir como realizar llamadas hacia la red PSTN (*Public Switched Telephone Network* – Red Telefónica Pública Conmutada).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

CAPÍTULO I

Planteamiento del Proyecto

Desde hace algunos años, el mundo de las telecomunicaciones ha crecido a pasos agigantados, las diferentes sociedades hacen uso tanto de la telefonía, como de internet constantemente y esto es debido principalmente al gran número de beneficios y comodidades que se pueden obtener mediante el uso de estas redes.

Por esta y otras razones, tanto pequeñas como grandes empresas se han visto obligadas a realizar constantes cambios en cuanto a las tecnologías usadas en sus infraestructuras, para de esta manera poder brindar un servicio actualizado y de buena calidad a los clientes.

I.1 Planteamiento Del Proyecto

La empresa Quórum Telecom se dedica a prestar servicios de valor agregado de voz, funcionando como un centro de atención de llamadas (*call center*), donde los agentes o ejecutivos del mismo se encargan tanto de recibir como de realizar llamadas a clientes, socios comerciales y compañías asociadas, brindándoles una amplia gama de información en lo referente a pronósticos de lotería, competencias hípicas, eventos deportivos, entre otros.

Actualmente Quórum Telecom cuenta con una infraestructura telefónica para prestar el servicio de valor agregado de voz. Disponen de tres enlaces E1 de los cuales dos están conectados a una central Meridian de Nortel y el E1 restante se conectó a una tarjeta digital marca Digium. Se realizaron las configuraciones necesarias para que a través de este E1 se pudiesen manejar todas las llamadas pertenecientes a las actividades del *call center*.

La empresa está buscando migrar toda su infraestructura telefónica a la tecnología de Voz sobre IP (VoIP), debido al gran número de beneficios que esta

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

ofrece. Sin embargo han decidido realizar este proceso de migración de forma escalonada, para ello, se planteó la creación de un *call center* de 20 posiciones, el cual funcione completamente bajo la tecnología VoIP, haciendo uso de la central Elastix mencionada anteriormente y aprovechando todas las aplicaciones y beneficios que esta plataforma ofrece, para así de esta manera evaluar qué tan productivo resulta hacer la migración hacia esta tecnología.

I.2 Objetivo General

Diseñar e implementar un *call center* que funcione con la tecnología voz sobre IP, usando para ello la plataforma Elastix.

I.3 Objetivos Específicos

- Analizar los principales aspectos de la tecnología VoIP, haciendo énfasis en la plataforma Elastix y el software Asterisk.
- Diseñar la red necesaria para el óptimo funcionamiento del módulo del *call center*.
- Implementar una central telefónica Privada bajo la plataforma Elastix.
- Diseñar e implementar un *call center* para 20 operadores.
- Interconectar la red VoIP interna de la empresa con la red PSTN, mediante el uso de una tarjeta digital E1 marca Digium que se va a instalar en el servidor.

I.4 Limitaciones

Los equipos necesarios para la implementación del *call center* y la central telefónica fueron proporcionados por la empresa Quórum Telecom.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Todo el proceso de implementación se llevó a cabo en la sede de la empresa, por lo que el horario para el desarrollo del proyecto fue limitado.

I.5 Alcances

El presente trabajo de grado se refiere a la implementación de un *call center* con su respectiva central telefónica VoIP, para uso exclusivo de los operadores de la empresa Quórum Telecom, específicamente para 20 agentes. El *call center* tiene la capacidad de recibir llamadas desde la red PSTN, así como también de realizar llamadas hacia ella, todo esto mediante el uso de *softphones* instalados en las computadoras asignadas a los operadores del *call center*.

El *call center* tiene la característica de prestar servicios como el de llamadas en espera a través de IVRs, transferencia y redireccionamiento de llamadas, creación y administración de campañas, etc.,

Para todo el proceso de instalación de la central PBX, usada en este trabajo especial de grado y necesaria para el funcionamiento del *call center*, la versión del *software* que se utilizó fue Elastix 2.3.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

CAPÍTULO II

Marco Referencial

Este capítulo se refiere al enfoque teórico de los conceptos, protocolos, perfiles, códecs, equipos y *software* que hacen posible la implementación de un *call center* en la plataforma Elastix

II.1. Voz Sobre IP

Es una tecnología que permite comunicarse por voz a través de cualquier red que acepte el protocolo IP. El funcionamiento consiste en una emisión sonora la cual se digitaliza por medio de un códec de audio, para luego ser enviado hacia su destinatario en paquetes IP. Una vez realizado el recorrido, un códec de audio restituye y, en caso de estar comprimida, descomprime, la señal de voz de la mejor forma posible a su estado original.(Anderruthy, 2007).

En el momento de realizar una llamada, tanto el emisor como el receptor necesitan usar una serie de normas o reglas las cuales se van a encargar de diferentes temas como la señalización y detección de errores entre otros, los cuales son esenciales, para que tanto el envío como la recepción de datos se efectúe de manera eficiente, este conjunto de normas es lo que se conoce en el campo de las telecomunicaciones como protocolos. A continuación se presenta una explicación detallada del funcionamiento de cada uno de los protocolos que usa la tecnología VoIP para establecer una comunicación.

II.2 Protocolos

II.2.1 Protocolo de Internet

El Protocolo de Internet (IP) es un método de transmisión de datos por una red. Los datos que se envían se dividen en "paquetes" individuales y completamente independientes. Cada computador conectado a Internet tiene una dirección lógica

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

conocida como dirección IP, la cual lo identifica de forma exclusiva en la red y lo distingue de todos los demás computadores y cada paquete de datos contiene la dirección del emisor y la del receptor. El Protocolo de Internet se encarga de garantizar que todos los paquetes de datos llegarán a la dirección apropiada. IP es un protocolo no orientado a conexión, lo que significa que el emisor no se asegura de que el receptor esté disponible y listo para recibir los paquetes enviados, lo cual implica adicionalmente que los paquetes se pueden enviar por rutas diferentes y no necesitan llegar al destino en el orden en que fueron enviados. Una vez que los paquetes de datos han llegado al destino correcto, otro protocolo, llamado TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Control de Transmisión), se encarga de colocarlos en el orden correcto. (Belen, 2009).

“El protocolo de Internet tiene como fin encaminar información a través de un conjunto de redes, mediante la transferencia de datagramas (paquetes de datos) de un módulo a otro, hasta que éstos alcancen su destino. Los módulos son programas que se ejecutan en servidores y enrutadores de red. Los datagramas se transfieren de un módulo a otro por un segmento de red de acuerdo con la interpretación de una dirección. Por tanto, uno de los mecanismos esenciales del protocolo de Internet es la gestión de direcciones. El protocolo de Internet forma parte de la capa 3 del modelo OSI, y es completamente independiente de las capas subyacentes, con lo cual se puede adaptar tanto a una red local como a una red mundial, que puede utilizar medios tan variados como numerosos. Es un protocolo simple, sin control de errores.” (Grupo de expertos sobre telefonía IP de la UIT-D, 2005).

II.2.2 Protocolos de Señalización

II.2.2.1 Protocolo H.323

Se trata de una recomendación la cual fue definida originalmente por la Comisión de Estudio 16 del UIT-T, como una variante de la norma de la Recomendación H.320 relativa a la videotelefonía por la Red Digital de Servicios

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Integrados (RDSI), adaptada en este caso a las redes de datos locales del tipo Ethernet, *Fast Ethernet* y *Token Ring*. Esta Recomendación se trata del control de llamadas, la gestión de multimedios y la gestión del ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto. También habla sobre la gestión de interfaces entre la red LAN (*Local Area Network* – Red de Área Local) y otras redes. Está concebida para la codificación y compresión de señales de voz e imágenes para su transporte a través de redes IP. Las normas que contiene esta Recomendación pueden aplicarse con independencia del medio físico de la red IP: ATM (*Asynchronous Transfer Mode* – Modo de Transferencia Asíncrona), FDDI (*Fiber Distributed Data Interface* – Interfaz de Datos Distribuida a través de Fibra), etc. En modo no conectado y sin garantía de la calidad de servicio (sin corrección de errores). El protocolo H.323 está actualmente considerado como la norma insoslayable de telefonía por Internet. En lo sucesivo, esta norma se aplica a todas las redes por paquetes y no solamente a las redes locales. (Grupo de expertos sobre telefonía IP de la UIT-D, 2005)

Características Importantes del H.323

- **Soporte para multiconferencias:** A pesar de que H.323 permite mantener multiconferencias sin el uso de unidades especializadas, las MCUs (Multipoint Control Units), proporcionan una arquitectura más robusta y flexible para el mantenimiento de multiconferencias.
- **Gestión del ancho de banda:** El tráfico de audio y de vídeo resulta costoso en cuanto a recursos de ancho de banda, y podría colapsar la red. H.323 permite la gestión del ancho de banda, pudiendo limitar el número de conexiones H.323 simultáneas, así como especificarles el ancho de banda disponible a aplicaciones y terminales H.323. (Montoya Benito, 2006).
- **Establecimiento de llamada rápida (*Fast Call* – Llamada Rápida).** H.323 también establece mecanismos para que la llamada quede establecida con un mínimo de dos paquetes.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- **Capacidades para la redundancia de la red.** Mediante servidores de direccionamiento alternativos (*Alternate Gatekeepers*) la red podrá soportar la caída de estos equipos críticos, sin pérdida de comunicación. (Montoya Benito, 2006)

Arquitectura de H.323

H.323 define cuatro elementos fundamentales en la arquitectura de red

- Terminales.
- *Gateways*.
- *Gatekeepers* y *border elements*.
- MCU.

II.2.2.2 Protocolo SIP

El protocolo de inicio de sesión (*Session Initiation Protocol* – Protocolo de Inicio de Sesión), es un protocolo de señalización y control de la capa de aplicaciones, utilizado para establecer, mantener y terminar sesiones multimedia, estas sesiones incluyen telefonía por internet, conferencias y aplicaciones similares, las cuales sirven para generar medios como datos, audio y video.

Es posible usar las invitaciones SIP para establecer las sesiones, este protocolo soporta sesiones de tipo *Unicast* y *Multicast* es decir tanto de un emisor a un solo receptor o de un emisor a múltiples receptores.

II.2.2.2.1 Visión General

Es muy importante saber que en un sistema SIP existen dos componentes claves los cuales son el *User Agent* y el *Server*, tanto el teléfono que llama como el que recibe la llamada son identificados por direcciones SIP, a continuación se explicara de forma más detallada cada uno de estos componentes.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

***User Agent* o Agentes Usuarios**

Los usuarios agentes son aplicaciones que se subdividen en agentes usuario clientes (UAC) y agentes usuario servidor (UAS), o mejor conocidos como cliente y servidor.

El cliente se encarga de iniciar las peticiones tipo SIP y actúa como el agente de llamadas del usuario, mientras que el Servidor recibe las peticiones y retorna respuestas en nombre del usuario.

Servidores de red

Existen tres tipos de servidores de redes SIP, los cuales son los servidores *Proxy*, los servidores de redirección, y los servidores de registro. Los *Proxy* básicamente actúan en nombre de otros clientes y contienen funciones tanto de servidor como de cliente. Un servidor *Proxy* es capaz de interpretar y de reescribir en las cabeceras de las solicitudes antes de que estas pasen a otros servidores, de esta manera se identifica al *Proxy* como el creador de la solicitud y se asegura de que la respuesta siga la misma ruta de regreso hacia el *Proxy* en lugar de al cliente.

Los servidores de Redirección principalmente aceptan peticiones SIP y envían una respuesta redirigida hacia el cliente la cual contiene la dirección del próximo servidor, este tipo de servidores no aceptan llamadas.

Los servidores de registro se encargan de registrar las direcciones SIP y sus direcciones IP asociadas, por lo general están localizados en los servidores *Proxy* y en los de Redirección. Solo pueden aceptar mensajes de solicitud *Register*, haciendo posible el registro correspondiente de los usuarios. Esto se hace debido a que por ejemplo, en conexiones vía ISP y en usuarios móviles, la dirección IP de dichos usuarios puede cambiar. (Davidson & Peters, 2001).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

II.2.2.2 Mensajes SIP

Existen dos tipos de mensajes SIP: Solicitudes, las cuales son iniciadas por los clientes y Respuestas, que son originadas desde los servidores. Cada mensaje contiene una cabecera que describe los detalles de la comunicación a establecerse. SIP es un protocolo basado en texto cuya sintaxis de mensajes y campos de cabecera son iguales a las del protocolo http, los mensajes SIP se pueden enviar sobre TCP o UDP (*User Datagram Protocol* – Protocolo de Datagrama de Usuario). (Davidson & Peters, 2001).

II.2.2.3 Cabeceras del Mensaje

En la cabecera del mensaje se especifica la estación que está llamando, la que recibe la llamada, la ruta y el tipo de mensaje de la llamada. Se definen tres grupos de cabecera del mensaje:

- **Cabecera general:** Se refiere a solicitudes y respuestas.
- **Cabeceras de Entidad:** Contiene información sobre el tipo de mensaje y la longitud del mismo.
- **Cabeceras de respuesta:** habilita al servidor para incluir información adicional de respuesta.

(Davidson & Peters, 2001).

II.2.2.4 Solicitudes de mensaje

SIP tiene seis tipos de solicitudes de mensaje. Estas solicitudes, que en ocasiones son llamadas métodos, habilitan a usuarios y servidores de la red para localizar, crear y monitorear llamadas. Los seis tipos de solicitudes son las siguientes:

- **Invite:** Este método indica que el usuario o servicio es invitado a participar en una sesión, incluye la descripción de la sesión a realizarse y

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

en el caso de llamadas full dúplex, el agente que llama indica el tipo de datos que se van a transferir.

- **ACK:** Este mensaje corresponde a la respuesta de los mensajes Invite, representan la última confirmación del usuario final y concluyen la transacción iniciada por la solicitud invite. Si la estación que llama incluye la descripción de la sesión en su solicitud ACK, no se utilizan parámetros adicionales en la sesión. En caso de que no haya una descripción de la sesión de los parámetros contenidos en el mensaje invite, estos se toman por defecto.
- **BYE:** Permite la liberación de una sesión anteriormente establecida. Corresponde al mensaje *RELEASE* de los protocolos ISUP y Q.931. Un mensaje *BYE* puede ser emitido por el que genera la llamada o el que la recibe.
- **Register:** es usado por un UAC con el fin de indicar al registrar la correspondencia entre su Dirección SIP y su dirección de contacto (ejemplo: dirección IP).
- **Cancel:** Se usa para pedir el abandono de la llamada en curso pero no tienen ningún efecto sobre una llamada ya aceptada. De hecho, solo el método “*BYE*” puede terminar una llamada establecida.
- **Options:** Sirve para interrogar las capacidades y el estado de un UAC o de un UAS. La respuesta contiene sus capacidades (ejemplo: tipo de medios siendo soportados, idioma soportado) o el hecho de que el UA sea indisponible.

II.2.2.2.5 Respuestas SIP

A continuación se presenta una lista de los tipos de respuestas usados por el protocolo SIP:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- **1xx** : Es una respuesta provisoria, indica la petición recibida. Las respuestas provisionales, también conocidas como respuestas informativas, indican que el servidor contactado está realizando una cierta acción y todavía no tiene una respuesta definitiva. Un servidor envía una respuesta 1xx si calcula que le llevará más de 200 ms obtener una respuesta final. Las respuestas 1xx no son transmitidas en forma confiable. Nunca hacen al cliente enviar un ACK. Las respuestas provisionales (1xx) pueden contener cuerpos de mensaje, incluyendo descripciones de la sesión.
- **2xx** : Se refieren al éxito de alguna acción, la cual fue recibida, entendida y aceptada con éxito.
- **3xx**: Redirección, indican que algunas acciones adicionales necesitan ser tomadas para terminar la petición.
- **4xx** : Error de cliente, la petición contiene sintaxis errónea o no se puede llevar a cabo en este servidor.
- **5xx**: Error de algún servidor, este no pudo llevar a cabo una petición válida.
- **6xx**: Existe alguna falla global, la petición no se puede satisfacer en ningún servidor.

II.2.2.4 Protocolo MFC/ R2

Es un protocolo de señalización telefónica usado ampliamente en diferentes países de Latinoamérica. Las iniciales de MFC/R2 provienen de *Multi Frequency Compelled R2* (R2 dirigido por multifrecuencia). Comparado con protocolos de señalización más recientes como ISDN, PRI/BRI o SS7, R2 ofrece funcionalidades limitadas. La señalización es sólo usada para establecer la llamada o para terminarla.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

MFC/R2 es un protocolo de señalización *peer-to-peer* (punto a punto), lo que significa que solo hay dos participantes involucrados en un enlace E1 R2 y ambas puntas se comportan del mismo modo. Este protocolo utiliza los siguientes tipos de señales.

Señales de Línea que son usadas para monitorear el estado de la llamada y las señales MF son usadas para transmitir información de la llamada durante el establecimiento de la misma (DNIS, ANI, *Calling Party Category*). Las señales de línea se envían usando señales CAS que viajan usando el canal 16 del enlace E1. Todas las señales CAS para cada canal del E1 son multiplexadas por éste canal. Cada 2 milisegundos cada punta del enlace actualiza sus 4 bits de señal CAS conocidos como los bits ABCD. (Silva, 2009).

MFC/R2 usa 2 de esos 4 bits para enviar las siguientes señales: *Idle, Block, Seize, Seize Ack, Clear Back, Forced Release, Clear Forward, Answer*. Ya que sólo 2 bits se usan para 8 posibles señales es imposible no repetir algún patrón, es por eso que algunas de las 8 señales tienen el mismo patrón de bits, pero no representa un problema considerando que, por ejemplo, no puedes ir del estado *Idle* al *Forced Release*, por lo tanto, aunque el patrón de bits para *Forced Release* y *Seize* son los mismos, el protocolo conoce lo que la otra punta del enlace quiere. La razón de usar sólo 2 bits teniendo 4 disponibles es histórica y proviene de la época donde la versión analógica de MFC/R2 fue proporcionada para trabajar en un mundo digital. (Silva, 2009).

A continuación se presenta una tabla con los patrones de bits usados en la señalización R2 mediante los bits ABCD de CAS.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Señales de Línea	Código			
	Hacia adelante		Hacia atrás	
	Af	Bf	At	Bt
Libre	1	0	1	0
Ocupación	0	0	1	0
Reconocimiento de ocupación	0	0	1	1
Contestación	0	0	0	1
Desconexión hacia atrás	0	0	1	1
Desconexión hacia delante	1	0	0	1
Desconexión hacia delante (llamada no contestada)	1	0	1	1
Guarda de liberación	1	0	1	0
Bloqueo	1	0	1	1

Tabla 1. Bits ABCD de la señalización CAS.

Fuente: (Garcia, 2008).

También existen las señales de direccionamiento, o también conocidas señales inter-registro, estas son usadas para transportar toda la información referente a los dígitos que se mandan entre la PBX y la central pública usando para esto el canal de audio.

Estas señales están compuestas por tonos MF (Multi-Frecuencia), las cuales usan frecuencias definidas por la ITU-T para componer estos tonos, sin embargo algunos países utilizan significados diferentes en cada tono. (Silva, 2009).

Al igual que las señales de línea, las señales de registro en el protocolo MFC/R2 se realizan por medio de señales hacia adelante y señales hacia atrás, estas a su vez se dividen en grupos. Para el caso de Venezuela las señales hacia adelante se dividen en dos grupos, grupo I y grupo II, cada uno de estos formado por 15 señales diferentes, mientras que la señales hacia atrás se dividen también en otros dos

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

grupos, llamados grupo A y grupo B, compuestos igualmente por 15 señales cada uno. (García, 2008).

II.2.3 Protocolos de Transporte

II.2.3.1 UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario)

El protocolo UDP tiene la característica de funcionar en un modo sin conexión, es decir, envía datagramas procesados independientemente por la red, los cuales pueden tomar rutas diferentes y ser recibidos en un orden diferente.

Se diferencia con TCP en que a este protocolo no le importa si los datos llegan con errores o no y tampoco le importa si llegan en secuencia. UDP divide la información en paquetes, también llamados datagramas, para ser transportados dentro de los paquetes IP a su destino. Como no es necesario incluir mucha información de control, el protocolo UDP reduce la cantidad de información extra en los paquetes por lo que es un protocolo más rápido que TCP y adecuado para transmisión de información que debe ser transmitida en tiempo real como la voz. (Landivar, 2008).

En la siguiente imagen se puede observar como es el formato de encabezamiento de un datagrama UDP.

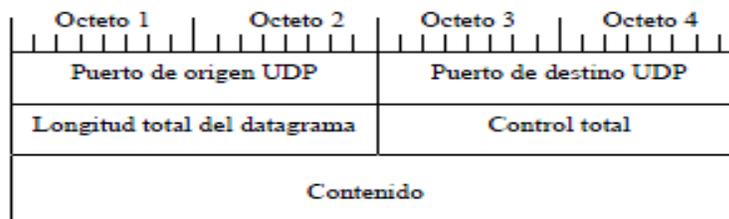


Figura 1. Datagrama UDP

Fuente: (Grupo de expertos sobre telefonía IP de la UIT-D, 2005).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

II.2.3.2 Protocolo RTP

RTP (*Real-time Transport Protocol* – Protocolo de Transporte en Tiempo Real) es un protocolo de transporte y control, adaptado a las aplicaciones que requieren que la información sea enviada en tiempo real.

El protocolo RTP es independiente del protocolo de transmisión subyacente y de las redes involucradas. Generalmente se emplea por encima del protocolo UDP. RTP funciona de extremo a extremo y no reserva ningún recurso en la red, pues no se efectúa ninguna acción en los *routers* (el control de calidad de servicio no se realiza con dicho protocolo). (Grupo de expertos sobre telefonía IP de la UIT-D, 2005).

La función principal de RTP es multiplexar varios flujos de datos en tiempo real en un solo flujo de paquetes UDP, pudiéndose enviar tanto a un solo destino (*Unicast*) o múltiples destinos (*Multicast*). Los paquetes son numerados de la siguiente manera: se le asigna a cada paquete un número inmediatamente mayor que su antecesor. Esto será útil para que la aplicación conozca si ha fallado algún paquete o no en la transmisión. Si ha fallado, al no tener un control de flujo de errores, de confirmaciones de recepción ni de solicitud de transmisión, la mejor opción es la interpolación de los datos, la cual se da en el receptor, en caso de que se trate de una aplicación que posea esta facultad. (Gil Cabezas, 2008).

El protocolo que transporta la voz propiamente dicha o lo que comúnmente se denomina carga útil se llama RTP (*Real-time Transport Protocol*) y su función es simple: transportar la voz con el menor retraso posible. (Landivar, 2008).

II.3 Proceso de conversión de la voz para ser enviada mediante una red IP.

Para que una comunicación se pueda hacer efectiva haciendo uso del Internet es necesario que la voz pase por una serie de procesos que le permitan ser enviada y luego reproducida en el lado receptor sin ningún inconveniente. Para empezar la comunicación, el emisor genera una señal de voz, esta señal originalmente es una

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

señal de tipo analógica. Posteriormente esta debe pasar por un conversor de tipo analógico digital el cual tendrá como función principal, como su nombre lo indica, convertir la señal de tipo analógica a digital. Finalizado este proceso la señal pasa por un códec el cual tiene como función codificar y comprimir el flujo de datos en caso de ser necesario.

Una vez codificada, comprimida y digitalizada la señal viaja a un servidor el cual se encargará de separar la señal en segmentos y enviarlos en paquetes IP. Una vez que la señal viaja por la red y llega al lado receptor, en éste debe estar presente un decodificador que se encargue de recuperar la señal digital del paquete IP y posteriormente la banda base original para que pueda ser reproducida como la señal de voz enviada.

A continuación se explica de manera más detallada el funcionamiento de cada uno de los equipos y procesos por los cuales pasa la señal para poder llegar de manera satisfactoria a su destino.

II.3.1 Conversor Analógico Digital

Para procesar las señales analógicas por medios digitales es necesario convertirlas a un formato digital, esto consiste en transformarlas en una secuencia de números de precisión finita. Este procedimiento es la función de un conversor analógico digital. (Morales Mendoza, 2009).

Los pasos por los cuales pasa una señal para ser digitalizada son los siguientes:

Muestreo: Es el proceso mediante el cual se transforma una señal analógica en una serie de impulsos de diferente amplitud, los cuales son denominados muestras. (Cabezas Galan, 2000).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Si nos basamos en la teoría de la información al momento de querer enviar una señal de frecuencia F de un punto a otro, no es necesario que se transmita la señal completa, con solo transmitir muestras de la señal tomada es suficiente, por ejemplo a una velocidad doble de frecuencia máxima de la señal.

Debemos tener presente que la frecuencia de muestreo a la hora de realizar una grabación digital de buena calidad según el teorema de Nyquist debe ser por lo menos el doble de la frecuencia analógica que se pretende transmitir, para canales de voz telefónicos la frecuencia llega hasta 4khz por lo que si nos basamos en el teorema de Nyquist la frecuencia de muestreo debe ser de 8khz para una transmisión de buena calidad.

Cuantificación: Una vez muestreada la señal analógica, con la cual se han podido tomar valores discretos de la señal en tiempo, se procede a tomar valores discretos de la señal en amplitud. Este proceso es lo que se conoce como cuantificación, en el cual se divide el rango total de la señal en M franjas de tamaño a , donde M es el número de niveles de cuantificación y a es el paso del cuantificador, durante cada intervalo de tiempo se observa en que rango de voltaje se encuentra la señal y en función de esto se le asigna un nivel de voltaje a la salida. (Adrian de Perez, 2005).

“Esta es la conversión de una señal en tiempo discreto con valores continuos a una señal en tiempo discreto con valores discretos (señal digital). El valor de cada muestra de la señal se representa mediante un valor seleccionado de un conjunto finito de valores posibles.” (Morales Mendoza, 2009).

Codificación: Es el proceso mediante el cual se representa una muestra cuantificada, mediante una sucesión de unos y ceros es decir mediante una secuencia Binaria.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Debido a que en la Modulación por impulsos Codificados (MIC) Europea se usan 256 niveles de cuantificación para representar todas las posibles muestras, se necesitan secuencias binarias de 8 bits para representar a todos los intervalos de cuantificación ($2^8 = 256$). Un grupo de ocho bits de este tipo conforman una palabra (MIC). (Cabezas Galan, 2000).

II.3.2 Códecs

La palabra códec proviene de las palabras codificador-decodificador, es un equipo que tiene como función principal adaptar la información digital de la voz para obtener algún beneficio. Este beneficio en muchos casos es la compresión de la voz de tal manera que podamos utilizar menos ancho de banda del necesario. (Landivar, 2008).

Dentro de los códecs de audio más comunes en el mercado tenemos los siguientes:

G.711: Existen principalmente dos leyes de compresión de segmentos, estas son la ley a (*a-law*) y la ley u (*u-law*), las cuales son las utilizadas por el códec G.711. La ley A se utiliza más que todo en los sistemas PCM Europeos mientras que la ley U en los sistemas PCM Americanos.

El ancho de banda utilizado en las comunicaciones VoIP depende de varios factores como la carga útil o *payload*, las cabeceras IP, RTP y UDP y del medio de transmisión que se utilice.

G.711 trabaja bajo el esquema de PCM de la telefonía fija, esto quiere decir que cuenta con una frecuencia de muestreo de 8KHz. La señal de voz luego de ser muestreada es cuantificada con 256 niveles para finalmente ser codificada a 8 bits por muestra, dando como resultado una tasa de bits de 64 Kbps. Este códec se caracteriza por enviar paquetes cada 20 ms, ocasionando un envío de 50 paquetes de voz por segundo con un tamaño de carga útil de 1280 bits o 160 Bytes. Posteriormente a estos

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

paquetes se le deben agregar datos que permitan su transmisión a través de la red. Cabeceras de RTP (12 Bytes), UDP (8 Bytes) e IP (20 Bytes) son añadidas a estos paquetes para efectuar su transmisión. En caso de que se esté utilizando una red Ethernet, es necesario también añadir la cabecera propia de esta red, que tiene una longitud de 26 Bytes junto con una separación entre tramas denominada “*Ethernet Inter-Frame Gap*” (Separación Entre Tramas Ethernet) de 12 Bytes de longitud. Finalmente el paquete VoIP tiene una longitud de 238 Bytes y el cálculo del ancho de banda requerido se realiza de la siguiente manera. (Voip Bandwidth Calculation, 2005).

$$238 \text{ Bytes} \times 50_{pps} \times 8_{bits} \times 2_{full \text{ dúplex}} = 190,4 \text{ Kbps}$$

En cada conversación VoIP es necesaria una tasa de transmisión de 190,4 Kbps.

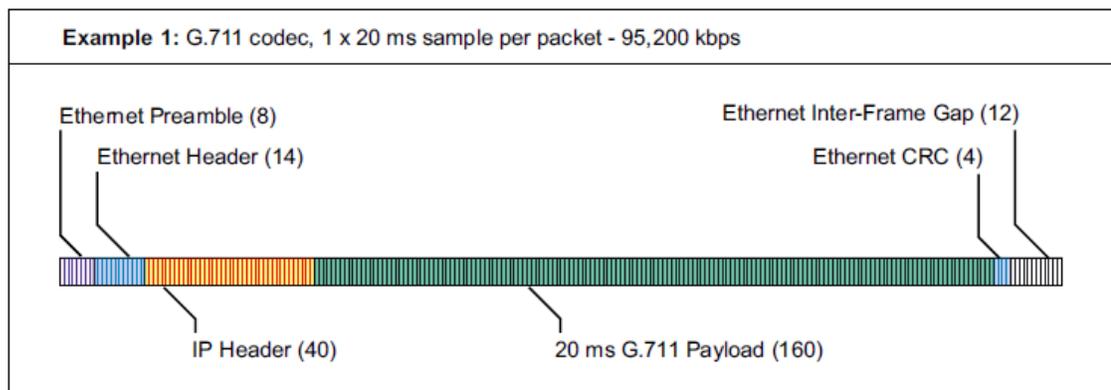


Figura 2. Paquete VoIP.

Fuente: <http://www.cs.ru.ac.za/courses/honours/RTMM/software/52-VoIP-Bandwidth.pdf>

G.723: Este códec es una extensión de la norma G.721 a 24 y 40 kbit/s para aplicaciones en circuitos digitales, usa una frecuencia de muestreo de 8 KHz, actualmente es muy poco común verla en el mercado.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

G.723.1: Es un códec estandarizado por la ITU-T, el cual usa un código de habla de tasa dual, para transmisiones multimedia, con una tasa de bit de 5.6 o 6.3 kb/s y una frecuencia de muestreo de 8 KHz, envía sus paquetes con la información sonora cada 30 ms.

G.729: Usa una tasa de bits de 8 Kbps y una frecuencia de muestreo de 8 KHz. Tarda 10 ms en enviar cada uno de sus paquetes.

II.3.3 Terminales

Son equipos de telecomunicaciones que sirven para prestar un servicio en particular a los usuarios, permitiéndoles el ingreso a alguna red por medio de un canal de acceso. (Biblioteca digital del ilce).

Estos dispositivos electrónicos pueden ser tanto de hardware como de software.

A continuación se presenta una explicación detallada de los equipos terminales más comunes.

II.3.3.1 Adaptador para teléfonos analógicos (ATA)

Son dispositivos que sirven para el aprovechamiento tanto de los teléfonos analógicos, como de las máquinas de fax usados en la red PSTN, el adaptador se encarga de interconectar el teléfono analógico con la computadora o con una red LAN, a través de una conexión tipo Ethernet. La señal analógica es convertida en los diferentes protocolos y estándares de Voz sobre IP, tal cual lo hace un teléfono IP.

Estos adaptadores se caracterizan por tener uno o más conectores RJ-11 para conectar los teléfonos analógicos y un conector RJ-45 para la conexión con la red LAN.

II.3.3.2 Teléfonos IP

Un teléfono IP es un equipo con las mismas características físicas de un teléfono normal, con la única diferencia que en vez de conectarse con la red telefónica se conecta con una red de datos o de telefonía IP. La mayoría de estos teléfonos son basados en hardware, tienen un *switch* incorporado que les sirve para compartir la conexión de red con el computador y también adquieren una dirección IP propia mediante la cual se les puede acceder y configurar.

II.3.3.3 Softphones

Los *softphones* son aplicaciones para equipos digitales como computadores, tabletas, teléfonos inteligentes (*smartphones*), que permiten a los usuarios acceder a una red telefónica de Voz sobre IP. Los *softphones* requieren de una conexión de VoIP o una puerta de enlace (*gateway*) VoIP conectada al equipo donde se está ejecutando la aplicación. Cuando se está usando la aplicación del *softphone*, la computadora o el equipo donde se está ejecutando requiere un ancho de banda suficiente para la conexión a Internet, y una cuenta con un proveedor de servicios de telefonía por Internet en caso de que la conexión vaya a ser remota, esta conexión normalmente usa un formato SIP.(Chicago Web Phones, 2012).

II.3.4 Elementos de red

II.3.4.1 Módem

Módem se origina de las palabras modulador-demodulador, es un equipo que permite a un computador o terminal transmitir datos sobre una conexión conmutada de línea telefónica, normalmente son usados para señales analógicas. Existen los llamados *dial-up* módems o también conocidos como módems analógicos los cuales

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

convierten pulsos digitales desde el computador a tonos de audio que las líneas telefónicas analógicas pueden llevar y viceversa.

II.3.4.2 Router

Son dispositivos de la capa tres del modelo OSI (*Open System Interconnection* – Sistema de Interconexión Abierta), es decir de capa de red, los cuales permiten la interconexión de distintas redes y se encargan del encaminamiento de paquetes de una red a otra. Dentro de sus principales funciones tenemos que eligen las mejores rutas de salida para los paquetes de datos que entran por medio de sus interfaces, también realizan la conmutación de paquetes hacia la interfaz de salida que más se adecue, y por ultimo realizan un filtrado de las colisiones y *broadcast* local.(Romero, 2003).

II.3.4.3 Gateway

En una red de comunicaciones un *gateway* es un nodo de la red cuya función principal es hacer de interfaz con otra red que use diferentes tipos de protocolos. Pueden existir *gateways* a nivel de *hardware* los cuales contienen traductores de protocolos, dispositivos de adaptación de impedancias, conversores de ratio entre otros y a nivel de *software* que sirven para interconectar redes que tengan diferentes protocolos de red encargándose de realizar la conversión de protocolos requerida.(Diccionario de Informatica, Alegs).

Un *Gateway* en VoIP es un dispositivo el cual sirve para convertir todo el tráfico de la telefonía tradicional en tráfico IP, y posteriormente transmitirlo en una red de datos. Básicamente sirve para conectar la red pública telefónica con la red IP. Estos *gateways* permiten que las llamadas salientes generadas por la central tradicional se conviertan a IP y salgan por la red de internet o viceversa.

Existen unidades analógicas y unidades digitales de *Gateway*. Las analógicas sirven para conectar las líneas telefónicas regulares al *gateway*, están disponibles

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

entre 2 y 4 líneas, mientras que las unidades digitales permiten conectar líneas digitales, una o más líneas E1, o una o más líneas T1.

II.3.4.4 Tarjetas Digitales

Las tarjetas digitales están diseñadas para recibir enlaces digitales, como T1, E1, J1 etc. Estas son capaces de soportar varios tipos de señalización como ISDN (*Integrated Services Digital Network* – Red Digital de Servicios Integrados) y R2. Por lo general este tipo de tarjetas se presentan con 3 capacidades: 1, 2 y 4 E1, lo que representa 30, 60 y 120 canales de comunicación. Estas tarjetas suelen venir con canceladores de eco, que básicamente se trata de un módulo externo que se le añade a la tarjeta a utilizar. (Muñoz, 2009-2010).

II.3.4.5 Ethernet hub (concentrador Ethernet)

Es un dispositivo de red de capa física poco sofisticado que ha entrado en desuso en las redes LAN privadas. Se caracteriza por contar con una serie de puertos RJ45 Ethernet a los cuales se conectan las computadoras que se desean tener bajo un mismo segmento de red. Trabaja bajo el esquema de un repetidor multi-puerto, donde la información que llega a uno de sus puertos es retransmitida a todos los demás, exceptuando el transmisor, sin importar que la información esté destinada a sólo uno de ellos. En segmentos de red pequeños, de hasta 30 estaciones, esto no supone un problema significativo, pero cuando se trata de una red más grande existen problemas importantes debido a las colisiones ocasionadas por este dispositivo.



Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Figura 3. Ejemplo de un *hub* Ethernet de IBM
Fuente: <http://www.automation-drive.com/ethernet-hubs>

II.4 Parámetros en una comunicación VoIP

II.4.1 Calidad de Servicio (QoS)

Todas las características de un servicio de Telecomunicaciones, las cuales van a determinar su capacidad para satisfacer las necesidades, tanto explícitas como implícitas del usuario que va a usar el servicio es lo que se conoce como calidad de servicio. (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2008-2009).

La calidad de servicios se puede definir como la capacidad de una red para generar un tratamiento diferente a los diversos tipos de tráfico, mejorando de esta manera el servicio prestado. Para ofrecer calidad en las conversaciones de una red de voz sobre IP, el ancho de banda requerido por los dos flujos de tráfico (voz y datos) se debe garantizar con independencia del estado del resto de las conexiones, basándose para esto en criterios como:

- Control de las Fluctuaciones de la red.
- Priorización de los paquetes que requieran menor latencia.
- Supresión de Silencios.

(Fernandez & Saturno, 2007).

A continuación en este mismo apartado se explicaran detalladamente cuales son estas características en cuanto a calidad de servicio que presenta la tecnología Voz sobre IP.

II.4.2 Ancho de banda

En los sistemas digitales el término ancho de banda se refiere a la cantidad de datos que pueden ser transportados por algún medio en un determinado periodo de tiempo, generalmente el ancho de banda es expresado en bits por segundo. En la

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

redes de voz sobre Ip, como en otro tipo de redes, a mayor ancho de banda la transferencia de datos por unidad de tiempo va a resultar mayor.(Diccionario de Informatica, Alegsa) .

De esta forma, una de las opciones para prestar calidad de servicio es optimizando el ancho de banda que dispondrá la red.

II.4.3 Jitter o variación de retardo

“El *jitter* es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se discretiza en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino”.(Voip Foro, 2012).

Técnicamente podemos definir al *jitter* como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, la cual puede ser causada por congestión en la red, pérdida de sincronización, o por las diferentes rutas que toma el paquete para llegar a su destino. Voz sobre IP debido a ser una tecnología que trabaja en tiempo real es muy sensible a esto.

Dentro de las posibles soluciones para este problema tenemos lo que se conoce como el *jitter buffer*, el cual es un mecanismo que consiste en asignar una cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso, si algún paquete no está en el *buffer* cuando sea necesario se descarta. Generalmente en los teléfonos IP se puede modificar el *buffer*, lo cual puede implicar tanto menos pérdidas de paquetes y más retardo o viceversa. (Voip Foro, 2012).

II.4.4 Eco

El Eco es un fenómeno producido por la conversión de 2 a 4 hilos de los sistemas telefónicos, o por un retorno de la señal que es generada por los altavoces y se cuela de nuevo en el micrófono.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

El Eco también se puede definir como una reflexión retardada de la señal acústica original. Los principales productores de eco en la telefonía VoIP son las interfaces FXO, FXS, por lo cual la calidad de estas incidirá en la calidad de la voz.

Un Eco menor de 50 ms se dice que es imperceptible, por encima de este valor, el hablante oír su propia voz después de haber hablado. En el caso que se quiera brindar un servicio de telefonía IP, los *gateways* tendrán que procesar el eco generado por la transferencia de dos a cuatro hilos, de lo contrario, no será posible utilizar el servicio con equipos analógicos clásicos. (Grupo de expertos sobre telefonía IP de la UIT-D, 2005).

Existen dos soluciones para evitar un poco este efecto tan molesto como lo es el eco, estas son los supresores de eco y los canceladores de eco.

II.4.5 Retardo o latencia

El retardo es la cantidad de tiempo que le toma a la señal de voz en salir de la boca del emisor y llegar al oído del receptor.

Actualmente existen tres tipos de retardos en las redes telefónicas: 1) El retardo de propagación que es causado por la velocidad de la luz en las redes de fibra. 2) El retardo procesado o manejado que es causado por todos los dispositivos por los que pasa la trama a través de la red. 3) El retardo de serialización, el cual es la cantidad de tiempo que le toma a un bit o un byte colocarse en la interfaz, generalmente es muy pequeño. (Davidson & Peters, 2001).

II.4.6 Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes en redes de datos es bastante común, varios protocolos de datos utilizan la pérdida de paquetes para saber el estado en el que se encuentra la red y de esta manera poder reducir el número de paquetes que están enviando. (Davidson & Peters, 2001).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Entre las principales causas por las cuales se produce la pérdida de paquetes en VoIP tenemos que como la comunicación en tiempo real utiliza el protocolo UDP el cual es un protocolo no orientado a conexión, si se produce una pérdida de algún paquete este no es reenviado. La pérdida también se puede producir por descarte de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

II.5 Plataforma Elastix

Elastix es una aplicación de “Software Libre” de Servidor de Comunicaciones Unificadas que integra en un solo paquete algunas tecnologías claves como:

- VoIP PBX
- Fax
- Mensajería Instantánea
- Email
- Colaboración

Elastix implementa gran parte de su funcionalidad sobre 4 programas de software muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea e Email, respectivamente. La parte de sistema operativo se basa en CentOS, una popular distribución Linux orientada a servidores. Cada uno de estos programas son desarrollados y mantenidos por diferentes compañías y comunidades. Donde está la grandeza de Elastix es en la creación de una interfaz web común para la administración de estos servicios y la integración de los mismos de forma sumamente fácil y sencilla. (Muñoz, 2009-2010).

Dentro de los principales programas que usa Elastix tenemos los siguientes:

- Asterisk

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- VTigerCRMR and SugarCRMR, Sistemas de CRM (*Customer Relationship Manager* – Gerente de Relación con el Cliente)
- A2BillingR: Plataforma de tarjetas de llamadas y facturación para Asterisk.
- Flash Operator Panel, Consola de Operadora vía Web
- HylafaxR: un software bastante depurado y estable para sistemas de faxes
- OpenfireR: Servidor de mensajería instantánea.
- FreePBXR: Interface de administración Web de Asterisk y componente esencial en Elastix.
- Sistemas de reportes: Este se encarga de brindar información detallada de las operaciones de la PBX.
- Postfix: servidor de correos sumamente estable y ampliamente difundido.

(PaloSanto Solutions., 2012).

Otra de las grandes ventajas de Elastix es que viene con todos estos componentes instalados, adicionalmente añade algunas interfaces para el control y los reportes de sí mismo, lo cual lo hace un paquete sumamente completo. Dentro de las características más resaltantes provistas por la plataforma Elastix se tienen:

- Soporte para VIDEO: se puede usar videollamadas con Elastix.
- Soporte para Virtualización: es posible correr múltiples máquinas virtuales de Elastix sobre un mismo equipo.
- Módulo de correo de voz integrado.
- Interfaz *Web* para correo de voz.
- Servidor de mensajería instantáneo (Openfire) integrado.
- Modulo de *call center*

El módulo de *call center* es una característica sumamente importante para fines de nuestro trabajo de grado, ya que será la herramienta que usaremos para

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

desarrollar nuestro objetivo principal. A continuación se presenta una explicación más detallada del funcionamiento del mismo.

II.5.1 Módulo de *call center*

Un *call center* como tal podemos definirlo como un centro de atención de llamadas en el cual trabajan personas previamente entrenadas para tanto la recepción como para la realización de llamadas, hacia clientes, socios comerciales, entre otros de alguna empresa en particular. Elastix fue la primera distribución en incluir un módulo de *call center* de código abierto con un marcador predictivo.

Este módulo se puede instalar desde la misma interfaz web de Elastix, haciendo uso de un cargador de módulos

El módulo se caracteriza por manejar campañas entrantes y salientes, dentro de sus principales especificaciones tenemos:

- Marcador predictivo de código abierto.
- Soporte para *Do-Not-Call List*.
- Soporte para campañas salientes y entrantes.
- Formularios pueden ser asociados a una campaña y diseñados a través de un *web wizard*.
- Un *Script* puede ser asociado a una campaña.
- Consola de agente.
- Soporte para varios tipos de *Breaks*.
- Capacidad de conexión a bases de datos:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- Oracle
- MS-SQL
- MySQL
- Postgresql

(PaloSanto Solutions., 2012).

II.5.1.1 Dimensionamiento

Uno de los principales parámetros que se necesitan saber a la hora de realizar un nuevo proyecto de telefonía son el número de líneas exactas que este va a utilizar de manera que satisfaga la demanda prevista. Generalmente cuando las grandes empresas se trazan estos proyectos de telefonía quieren aprovechar los recursos disponibles de la mejor manera posible, así como también desean que los usuarios que utilizaran el sistema sean atendidos a la brevedad posible sin conseguir el tono de ocupado muy seguido. Todos estos cálculos que se realizan para lograr lo anteriormente descrito se basan en modelos probabilísticos y es lo que se conoce como Dimensionamiento Telefónico. (Landivar, 2008).

II.5.1.2 Teoría de Colas

Un sistema de colas lo podemos describir como “Clientes” que llegan buscando un tipo de servicio, esperan si este no es inmediato y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En ciertos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan por esperar. El termino cliente se usa con un sentido general no implica necesariamente que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red.

“La teoría de colas fue originariamente un trabajo práctico. La primera aplicación de la que se tiene noticia es del matemático danés Erlang sobre conversaciones telefónicas en 1909, para el cálculo de tamaño de centralitas.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Después se convirtió en un concepto teórico que consiguió un gran desarrollo, y desde hace unos años se vuelve a hablar de un concepto aplicado aunque exige un importante trabajo de análisis para convertir las fórmulas en realidades, o viceversa.”(Garcia Sabater, 2010-2011).

II.5.1.3 Modelo de Erlang C

Antes de mencionar el modelo de Erlang C, es importante recalcar que el Erlang es una unidad adimensional la cual es usada generalmente para medir el tráfico telefónico durante una hora, también es posible medirlo respecto a una cantidad de tiempo específica.

El Erlang C es el modelo tradicionalmente usado para el dimensionamiento de los *call centers*, es conocido como el M/M/N, donde N representa el número de agentes, y el número de líneas es infinito. Este modelo se caracteriza por considerar arribos y tiempos de servicio exponenciales de tasas λ y μ respectivamente, y no toma en cuenta posibilidades como abandonos, bloqueos o reintentos. (Capdehourat, 2006).

Con la implementación de este modelo lo que se calcula básicamente es la probabilidad de espera al momento de realizar alguna llamada al *call center*.

Los parámetros requeridos para el cálculo de esta probabilidad son:

- Número de Agentes (M)
- Intensidad del Tráfico (U)
- Ocupación de los Agentes (ρ) (Tanner, 2000).

Siendo la fórmula de Erlang C la siguiente:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

$$E_c(M,U) = \frac{U^M}{\frac{U^M}{M!} + (1-\rho) \times \sum_{k=0}^{M-1} \frac{U^k}{k!}}$$

II.5.1.4 Modelo de Poisson

La mayor parte de los modelos de colas estocásticas asumen que el tiempo entre diferentes llegadas de clientes sigue una distribución exponencial. O lo que es lo mismo que el ritmo de llegada sigue una distribución de Poisson.

Siguiendo la distribución de Poisson se define la probabilidad de la entrada de n llamadas en un intervalo de tiempo t , con una tasa de llegada λ de acuerdo a la siguiente relación:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$$

Siendo el tiempo entre llamadas, la probabilidad de que no exista ninguna llamada:

$$P_0(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde λ es la tasa de llamadas.

(Garcia Sabater, 2010-2011).

II.6 Software Asterisk

“Asterisk es una central software (PBX) de código abierto. Al ser una central PBX híbrida permite interconectar teléfonos IP, análogos, etc., y conectar dichos teléfonos a la red telefónica convencional. Su nombre se deriva del símbolo Asterisco en inglés y se debe al uso del mismo como comodín para poder representar casi cualquier cosa”.(Muñoz, 2009-2010) .

Asterisk corre bajo el Sistema Operativo Linux y provee todas las funcionalidades que se pueden esperar de un Conmutador. A pesar de que Asterisk es

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

un software de implementación de centrales telefónicas VoIP, también es capaz de inter-operar con todos los equipos telefónicos basados en estándares diferentes, usando terminales cuyos costos son bajos al compararlos con otras soluciones.

Asterisk provee los siguientes servicios:

- *Voicemail* con Directorio
- Conferencias
- Colas de llamadas
- Menus Interactivos (IVR)

Con Asterisk se puede acceder a la PSTN mediante un proveedor, utilizando una tarjeta analógica conectada al equipo, sin embargo para comunicarse mediante VoIP no se necesita hardware adicional. Para interconexión con equipos telefónicos tanto analógicos como digitales Asterisk acepta un buen número de dispositivos, soporta una amplia gama de Protocolos TDM para el manejo y transmisión de voz sobre interfaces telefónicas tradicionales y también permite señalización que es comúnmente usada en América y Europa, la cual usan los equipos telefónicos empresariales. Asterisk no sólo soporta equipos telefónicos tradicionales, también permite agregar a ellos capacidades adicionales de manera transparente. (Juarez, 2011).

Si bien toda implementación de un nuevo sistema supone una inversión inicial importante, el costo de instalar una central telefónica Asterisk es bastante reducido en comparación con otras soluciones de telefonía. En primer lugar el software es gratis y está disponible para ser descargado por cualquier persona que lo desee. Por otro lado, el *hardware* requerido no tiene que cumplir con los últimos avances del mercado, una computadora sencilla puede servir para crear una red VoIP de pequeña o mediana envergadura. Por último Asterisk soporta la comunicación a través de *softphones*, los cuales también se encuentran disponibles *on-line* de manera gratuita en sus versiones

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

más sencillas, a diferencia del costo que supondría instalar teléfonos para cada una de las extensiones que conforman el sistema telefónico. Es importante resaltar que el costo de implementación de Asterisk dependerá del tamaño de la red que se desee implementar.

II.6.1 Paquete DAHDI

A pesar de que Asterisk es un gran producto de software, necesita de algunos complementos para realizar todo el trabajo, uno de los principales complementos es el paquete conocido como DAHDI por su siglas en inglés *Digium/Asterisk Hardware Device Interface*, básicamente DAHDI es un conjunto de drivers que sirve para controlar hardware telefónico como tarjetas PCI que permiten la conexión hacia la red PSTN.

Estos drivers se comunican con Asterisk a través de módulos los cuales se configuran en un archivo llamado **sytem.conf**, ubicado en el directorio **/etc/dahdi**, mientras que los canales DAHDI son configurados en un archivo llamado **chan_dahdi.conf**. (Landivar, 2008).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

En el presente capítulo se explican detalladamente cada una de las fases en las cuales fue dividido este Trabajo Especial de Grado para poder cumplir con los objetivos planteados inicialmente.

Las fases fueron las siguientes:

III.1 Investigación Teórica

La fase de investigación consistió en obtener información relacionada al proyecto, utilizando para ello diversas fuentes bibliográficas, tales como libros, trabajos de grado anteriores y artículos de internet, entre otros.

Para iniciar, se estudió detalladamente la tecnología VoIP, abarcando temas como la definición de la misma, los diferentes protocolos que se ven involucrados en esta tecnología, los tipos de mensajes que usan estos protocolos y todos los demás elementos que son necesarios para establecer una comunicación a través de esta tecnología.

Posteriormente se procedió con un estudio detallado tanto de los *software* Asterisk y Elastix, como también de la parte referente al *hardware* que se utilizó en este trabajo de grado, específicamente la tarjeta digital Digium, ya que consideramos estos puntos factores claves para el desarrollo de este proyecto, pudiéndose lograr a través de los mismos el funcionamiento de la PBX y la conexión de esta hacia la red PSTN.

Por último se analizó el procedimiento de instalación del software Elastix, las diferentes versiones que están disponibles, los beneficios que proporciona y toda la información relacionada con la configuración de este software.

III.2 Selección de protocolos, troncales y códec para la configuración del *call center*.

Para el funcionamiento del *call center* fue necesaria la selección de importantes parámetros al momento de la configuración del mismo, dentro de estos parámetros existen varios tipos de protocolos que se encargan de manejar la señalización necesaria para que pueda establecerse una comunicación en un sistema de Voz Sobre IP. Debido a que el proveedor del servicio E1 a utilizar en el presente proyecto fue la compañía Movistar, se les solicito información acerca de la señalización utilizada por los canales del E1. La respuesta del proveedor fue que para ese enlace E1 en particular, la señalización de los canales entrantes era MFC/R2, mientras que los canales salientes utilizaban señalización DTMF. Debido a que en el entorno de Elastix resulta más sencilla la configuración de canales con señalización MFC/R2 se les solicito que hiciesen un cambio de señalización de DTMF a MFC/R2. Al momento de configurar los parámetros de este protocolo se escogió la señalización de canal asociado CAS (*Channel Associated Signaling* – Señalización de Canal Asociado) debido a que MFC/R2 utiliza este tipo de señalización.

Por otro lado, luego de investigar y evaluar otros protocolos de señalización usados para los sistemas de Voz Sobre IP, se decidió escoger el protocolo SIP para las extensiones a usar en el proyecto, el cual esta estandarizado por la IETF (*Internet Engineering Task Force* - Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet) desde hace varios años, mientras que otros protocolos de Voz sobre IP como IAX por ejemplo fueron estandarizados recientemente. Otra de las razones, pensando en futuras aplicaciones que pueda tener el *call center* es que con el protocolo SIP se puede transmitir fácilmente cualquier tipo de información sin limitarse solo al audio y video como en otros protocolos de VoIP.

Un parámetro de suma importancia para el desarrollo del *call center* es la selección del tipo de troncal por la cual entrarán y saldrán las llamadas del mismo, Elastix ofrece varios tipos de troncales, las cuales se ajustan a las necesidades del

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

usuario tomando en cuenta parámetros como el *hardware* disponible y los protocolos que maneja el proveedor de servicios para una instalación.

Uno de los paquetes de software implementados que usa Asterisk es DAHDI, antiguamente conocido como Zaptel, en el presente proyecto se usó para controlar la tarjeta PCI que permitió la conexión con la red PSTN. El tipo de troncal que funciona correctamente al momento de utilizar la herramienta DAHDI es la troncal tipo ZAP, esta cumple con los parámetros de configuración necesarios para el correcto establecimiento de las llamadas.

Por último en esta fase del proyecto también se realizó la escogencia del códec de audio más adecuado que usó la central Elastix, se efectuaron comparaciones entre los códecs G.711 y GSM, evaluando sus principales características y viendo cómo estas se adaptaban a las necesidades del sistema.

III.3 Dimensionamiento e implementación de la red del *call center*

Un método comúnmente usado para el dimensionamiento de *call centers* es el modelo de Erlang C, a través de este método lo que se busca es realizar una proyección de cómo varía el tráfico telefónico en las diferentes horas y de esta manera utilizar los recursos disponibles de una forma eficiente.

Para realizar el cálculo del dimensionamiento del *call center* se tomaron en cuenta diferentes variables como tiempo de descanso de los agentes, promedio de las llamadas, duración de la jornada laboral etc. Para así de esta manera lograr un máximo rendimiento del *call center* en general.

El *call center* está implementado sobre una red que soporta diferentes protocolos como Ethernet, IP, TCP, UDP, SIP y RTP. La conexión entre los diferentes equipos de *hardware* fue mediante un cableado Ethernet con conectores RJ45. También fue necesario hacer un direccionamiento IP eficiente que permitiera la

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

menor cantidad de *broadcast* en la red, asegurando un mejor aprovechamiento del ancho de banda disponible.

III.4 Instalación y Configuración De Elastix

Se instaló el *software* Elastix, a través del cual se ejecutaron las principales funciones de este proyecto, todo este paquete de *software* fue descargado de manera gratuita de la página oficial de Elastix.

Por otro lado también se realizaron cambios en algunos archivos de configuración del *software* Elastix tales como:

- **dahdi-channels.conf**
- **system.conf**

Todos estos cambios fueron necesarios para lograr varios de los objetivos propuestos en el presente proyecto.

III.5 Instalación y configuración de la Tarjeta Digium

En cuanto a la parte de *hardware* necesaria para la realización de este proyecto, se utilizó una tarjeta digital marca Digium, modelo TE122, la cual ejerció como función principal, la conexión de la red VoIP con la red PSTN. Esta tarjeta fue instalada en el servidor donde también se instaló el *software* Elastix, y se realizaron las configuraciones pertinentes a esta tarjeta, basándonos en los parámetros que usa el enlace E1 que fue conectado a la tarjeta.

III.6 Instalación y configuración del *softphone* Zoiper

Para continuar con el desarrollo del proyecto, fue necesaria la instalación de un *softphone*, con la finalidad de que funcionara como teléfono de los agentes del *call center* en cada una de sus computadoras. El *softphone* elegido fue Zoiper, ya que la interfaz gráfica es bastante amigable para el usuario, también debido a que

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

acepta el protocolo SIP al igual que Elastix y la configuración del mismo es relativamente sencilla.

Más adelante se explica detalladamente cómo se realizó todo este proceso de instalación y configuración de este *softphone*.

III.7 Pruebas De Funcionamiento

Luego de terminar las instalaciones referentes al *hardware* y a la configuración de los diferentes parámetros de *software* de Elastix, se procedió a la realización de pruebas, para esto se utilizaron ciertos comandos de Asterisk. En cuanto a las pruebas con llamadas telefónicas, inicialmente estas se realizaron entre diferentes extensiones de la misma red, posteriormente entre la red PSTN y extensiones de pruebas creadas exclusivamente para esto y por último se realizaron pruebas desde la red PSTN hacia el *call center* y viceversa en las cuales se pudo observar el estado de los agentes, los canales que toman las llamadas haciendo uso de las troncales, el funcionamiento de los IVRs y de esta manera evaluar el desempeño en general del *call center* y así poder realizar ciertas correcciones en caso de ser necesarias.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

CAPÍTULO IV

Desarrollo

En el siguiente capítulo se explican detalladamente las fases descritas en el capítulo anterior, incluyendo todos los procesos de instalación y configuración del *software* necesario para la implementación del *call center*, la topología bajo la cual esta implementada la red y el dimensionamiento realizado, tomando en consideración los recursos disponibles y las necesidades de la empresa.

IV.1 Investigación

La primera etapa de este proyecto se basó en realizar una profunda investigación teórica, enfocada principalmente en el funcionamiento de la tecnología de VoIP. Para lograr esto fue necesario abarcar una serie de parámetros a través de los cuales es posible el funcionamiento de esta tecnología.

Se analizó detalladamente todo el proceso por el cual pasa la señal de voz desde que es originada por un emisor, hasta que llega al receptor, incluyendo todos los equipos terminales necesarios para que este proceso pueda realizarse. Otro de los parámetros estudiados fueron los diferentes protocolos que utiliza la tecnología VoIP, se estudiaron aspectos como la clasificación de estos protocolos, si son de señalización o de transporte, entre otros, así como también información referente a las cabeceras usadas por cada uno, las capas del modelo OSI a las cuales pertenecen y el funcionamiento de estos diferentes protocolos.

Adicionalmente se evaluaron las principales características del paquete Elastix, incluyendo temas como configuraciones a través de software, y compatibilidad con equipos de *hardware* para permitir conexiones hacia la red PSTN, específicamente la tarjeta digital que se usó en el presente proyecto.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Toda esta primera etapa de investigación la cual está reflejada con más detalles en el capítulo II del presente trabajo, se realizó con la finalidad de tener los conocimientos claros acerca del funcionamiento de la tecnología IP y así poder realizar una correcta selección de parámetros que permitieran el óptimo funcionamiento de todo el sistema a implementar.

En las siguientes fases de este capítulo se explican detalladamente las etapas de selección y configuración de los parámetros mencionados anteriormente.

IV.2 Selección de Códec.

Las conversaciones VoIP manejan el concepto de códec para comprimir la voz y así lograr un uso más eficiente del ancho de banda. Para efectos del presente trabajo se comparó el desempeño de los códecs G.711 y GSM, que vienen instalados en Elastix por defecto y se determinó el más adecuado. El cálculo del ancho de banda requerido se realizó de la siguiente manera:

Para GSM:

- Tamaño de la carga útil GSM (C_u) = 264 bits = 33 Bytes
- Paquetes por segundo = 50
- Tamaño de la cabecera IP = 20 Bytes
- Tamaño de la cabecera UDP = 8 Bytes
- Tamaño de la cabecera RTP = 12 Bytes
- Tamaño de la cabecera Ethernet = 26 Bytes

$$T_{VoIP} = 33C_u + 20_{IP} + 8_{UDP} + 12_{RTP} + 38_{Eth} = 111 \text{ Bytes}$$

$$BW_{conv} = 111\text{Bytes} \times 50_{pps} \times 8\text{bits} = 44,4 \text{ Kbps}$$

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

$$BW_{LAN} = 44.4 \text{ Kbps} \times 2_{\text{dúplex}} \times 20_{\text{agentes}} = 1,776 \text{ Mbps}$$

Para G.711

En este caso el único parámetro que cambia es el tamaño de la carga útil de la trama G.711, por lo tanto, se toman los mismos valores del caso anterior.

- Tamaño de la carga útil G.711 (C_u) = 1280 bits = 160 Bytes

$$T_{VoIP} = (160_{C_u} + 20_{IP} + 8_{UDP} + 12_{RTP} + 38_{Eth}) \text{ Bytes} = 238 \text{ Bytes}$$

$$BW_{conv} = 238 \text{ Bytes} \times 50_{pps} \times 8_{bits} = 95,2 \text{ Kbps}$$

$$BW_{LAN} = 95,2 \text{ Kbps} \times 2_{\text{Fulldúplex}} \times 20_{\text{agentes}} = 3,808 \text{ Mbps}$$

Una vez realizado este cálculo se eligió el códec G.711 como el más adecuado para utilizar en el *call center* ya que, a pesar de que GSM es 46,6% más eficiente en el uso de ancho de banda, maneja la misma cantidad de paquetes por segundo que G.711, ocasionando que la carga en el *hub* sea igual en ambos casos. También la utilización de GSM haría necesario un proceso de *transcoding* (transcodificación) en la PBX debido a que los canales del E1 utilizan PCM para su codificación, puesto que GSM se vale de LPC-RPE (*Linear Prediction Coding with Regular Pulse Excitation* – Codificación por Predicción Lineal con Excitación Regular de Pulsos), que es un complicado algoritmo de compresión, lo cual causaría una carga adicional en el procesador de la central. En cambio, G.711 utiliza el esquema PCM, lo que hace que se elimine el proceso de *transcoding*.

IV.3 Dimensionamiento del *call center*

El dimensionamiento de un *call center* es un proceso que realizan las empresas con el fin de prever la demanda en diferentes horarios, más que todo en las horas de mayor tráfico, para que así se puedan administrar los recursos disponibles

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

de la mejor manera posible y brindarles una mejor calidad de servicios a los usuarios que llaman.

Para el dimensionamiento del *call center* realizado en el presente proyecto se utilizó el modelo de Erlang C, el cual se basa en la teoría de colas. Con la implementación de este modelo se calculó principalmente la probabilidad de espera que tendrán los usuarios que llamen a este *call center*.

Los datos utilizados para los cálculos relacionados al modelo de Erlang C fueron los siguientes.

Número de llamadas por hora (CpH)	80 llamadas
Duración del periodo (Dp)	1 hora (3600seg)
Promedio de duración de la llamadas (T_s)	3 min (180seg)
Número de Agentes (M)	20 Agentes
Tiempo fijado de respuesta (t)	10 segundos

Tabla 2. Datos del *call center*. Fuente:

Elaboración Propia.

Una vez recolectados los datos anteriores se procedió con los cálculos de diferentes variables las cuales se explican a continuación.

IV.31 Tasa Promedio de Llamadas entrantes:

Este parámetro es denotado con la letra griega λ , para el cálculo del mismo las unidades de todas las variables que se usaron estaban en segundos.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

$$\lambda = \frac{CpH}{Dp}$$

$$\lambda = \frac{80_{CpH}}{3600_s}$$

$$\lambda = 0,0222 \frac{Llamadas}{s}$$

IV.3.2 Intensidad del Tráfico:

Este parámetro fue denotado con la letra U.

$$U = \lambda \times T_s$$

$$U = 0,0222 \times 180_s$$

$$U = 4E$$

La intensidad de tráfico telefónico representa la medida de ocupación promedio durante un periodo de tiempo determinado en este caso una hora. En otros términos representa el número de agentes mínimos necesarios para contestar todas las llamadas entrantes.

IV.3.3 Ocupación de los Agentes:

Esta variable fue denotada por la letra griega ρ .

$$\rho = \frac{U}{M}$$

$$\rho = \frac{4}{20} \times 100 = 20\%$$

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

La ocupación de los agentes es un parámetro que siempre debe estar entre 0 y 1, en caso de que resulte un valor mayor de 1 los agentes van a estar sobrecargados y los cálculos del modelo de Erlang C no serían significativos.

IV.3.4 Formula de Erlang C:

Con todos los parámetros calculados anteriormente fue posible la implementación de la fórmula de Erlang C.

$$Ec(M, U) = \frac{\frac{U^M}{M!}}{\frac{U^M}{M!} + (1 - \rho) \times \sum_{k=0}^{M-1} \frac{u^k}{k!}} = 10,346 \times 10^{-9}$$

IV.3.5 Probabilidad de Espera:

Luego de haber calculado el valor del Erlang C, fue sumamente fácil el cálculo de la probabilidad de espera que tendrán los usuarios que llamen al *call center*. Este parámetro es conocido también como ASA por sus siglas en inglés “*Average Speed of Answer*”, es decir la velocidad promedio de respuesta.

$$ASA = \frac{Ec(M, U) \times Ts}{M \times (1 - \rho)} = 0,1164 \mu s$$

IV.3.6 Nivel de servicio:

Generalmente se establece arbitrariamente un tiempo mínimo de espera, el cual los usuarios no deberían superar antes de ser atendidos. Luego se calcula la probabilidad de que las llamadas no superen este tiempo para ser atendidos.

$$W(t) = Prob(\text{tiempo de espera} \leq t)$$

$$W(t) = 1 - Ec(M, U) \cdot e^{-(M-U)\frac{t}{Ts}} = 0,999$$

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Esto significa que en el 99.9% de los casos se logrará un tiempo de espera menor a 10 segundos.

IV.4 Instalación De Elastix

Para instalar Elastix se obtuvo la última versión estable de este *software*, la cual se encuentra en la página de descargas <http://sourceforge.net/projects/elastix/> En este portal se consigue el programa como un archivo imagen ISO que fue quemado a un CD utilizando el *software* de creación de CDs NERO Burning ROM 11. Una vez finalizado el proceso de grabación del CD, se insertó el mismo en la unidad de CD-ROM de la máquina que se utilizó como servidor Elastix y luego se procedió a reiniciarla. Fue necesario configurar el BIOS para que el servidor tuviese a la unidad de CD-ROM como primera opción de arranque.

Se obtuvo la siguiente pantalla de instalación:

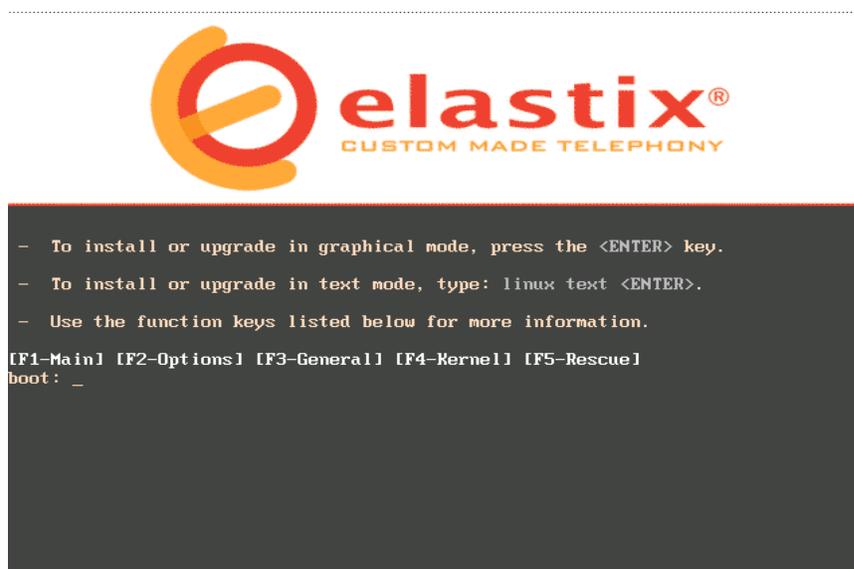


Figura 4. Pantalla inicial de instalación de Elastix.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Para instalar en el modo gráfico se presionó la tecla <ENTER>

Se escogió como idioma para la utilización del programa, el español, para esto se seleccionó la opción “es” de la pantalla de selección del idioma.

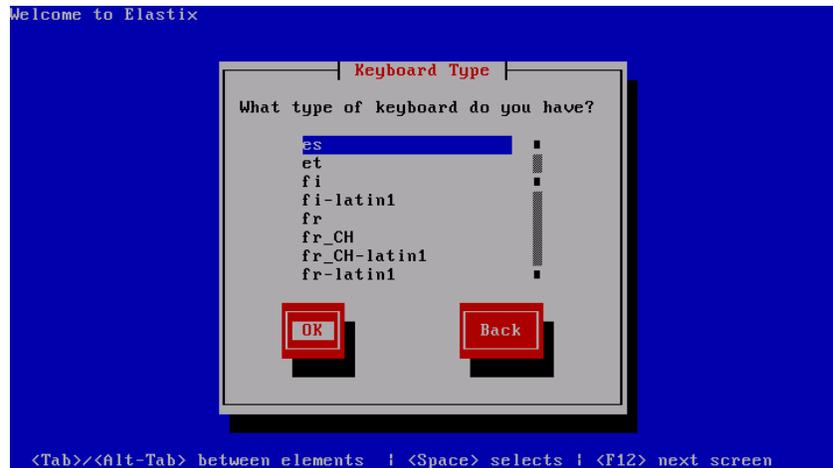


Figura 5. Selección del tipo de teclado.

Fuente: Elaboración Propia.

Acto seguido se configuró la zona horaria en la siguiente pantalla, se escogió la perteneciente a Caracas.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom



Figura 6. Selección de la zona horaria.

Fuente: Elaboración Propia.

Después de seleccionar la zona horaria bajo la cual se trabajó en el servidor Elastix, se procedió a configurar las características IPv4 del servidor, para lograr un mayor control del entorno del *call center*, se escogió configurar las direcciones IP de forma manual. Se identificó el servidor con la dirección IP 192.168.0.60 y como máscara de subred se utilizó 255.255.240.0



Figura 7. Selección del modo de configuración de las direcciones IP.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Se definió la dirección IP del *gateway* que utilizó el servidor Elastix así como también las direcciones de los DNS primario y secundario que utilizará el servidor en caso de necesitar acceder a dominios de Internet. Para las primeras pruebas se definió el Gateway con la dirección 192.168.0.1.

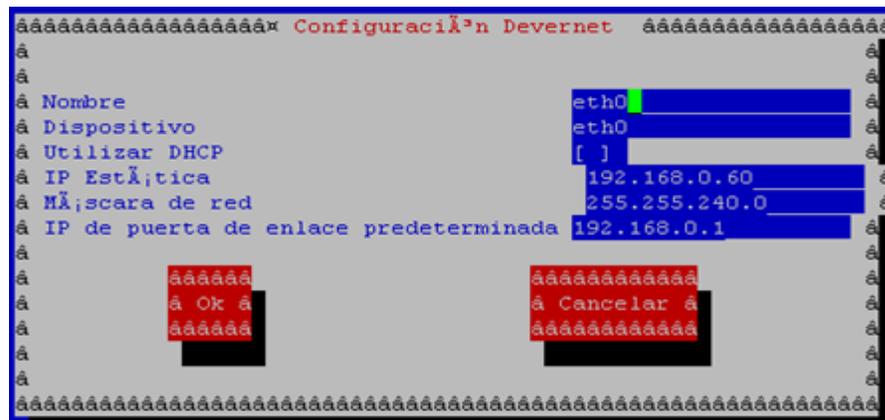


Figura 8. Definición de la dirección IP del Servidor y del Gateway.

Fuente: Elaboración Propia.

Se definió un nombre de dominio para el servidor, el cual fue “CentralElastix” para identificar de esta manera al mismo.



Figura 9. Definición del nombre del servidor.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Se introdujo la contraseña que será utilizada por el administrador del sistema Elastix, para este caso de las primeras pruebas presente se escogió “112233” por ser una contraseña sencilla y fácil de recordar mientras realizaron los primeros diagnósticos.



Figura 10. Definición de la contraseña del administrador de la central Elastix.

Fuente: Elaboración Propia.

Al presionar la tecla Aceptar, el sistema comenzó la instalación de Elastix, como se puede apreciar en la siguiente captura de pantalla:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

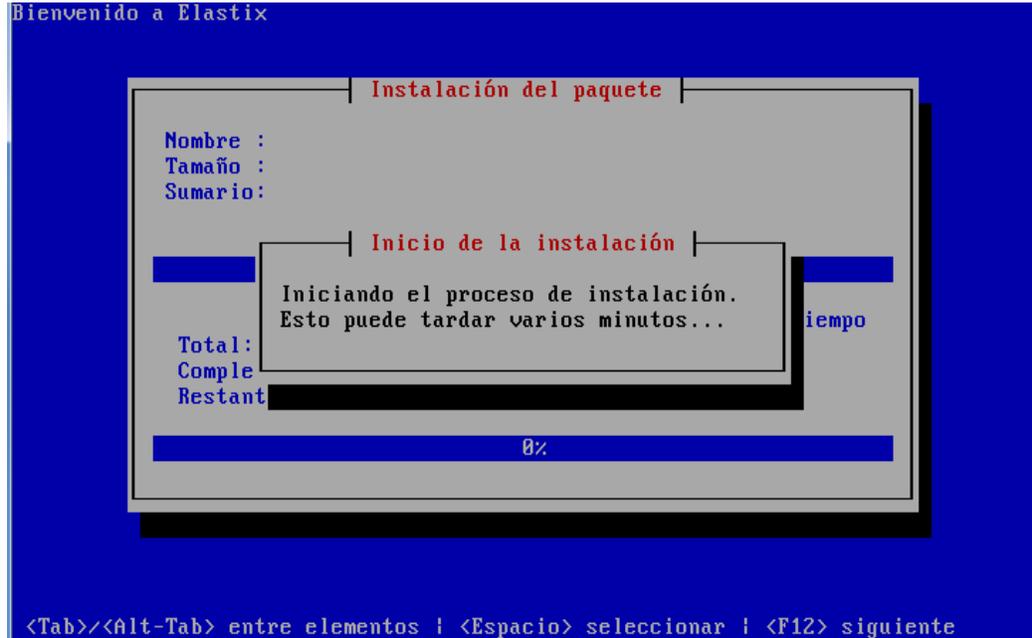


Figura 11 . Proceso de instalación del servidor Elastix.

Fuente: Elaboración Propia.

Después de pasar una serie de pantallas donde se revisaron las dependencias de los paquetes necesarios para la instalación y luego se instalaron dichos paquetes, el servidor Elastix se reinició. Una vez reiniciado el servidor, se requirió que se definiera un *password* para la cuenta MySQL, en este caso, y a efectos de las primeras pruebas se eligió el mismo password del root: "112233" debido a que Elastix utiliza este sistema de base de datos para almacenamiento de información importante de telefonía.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

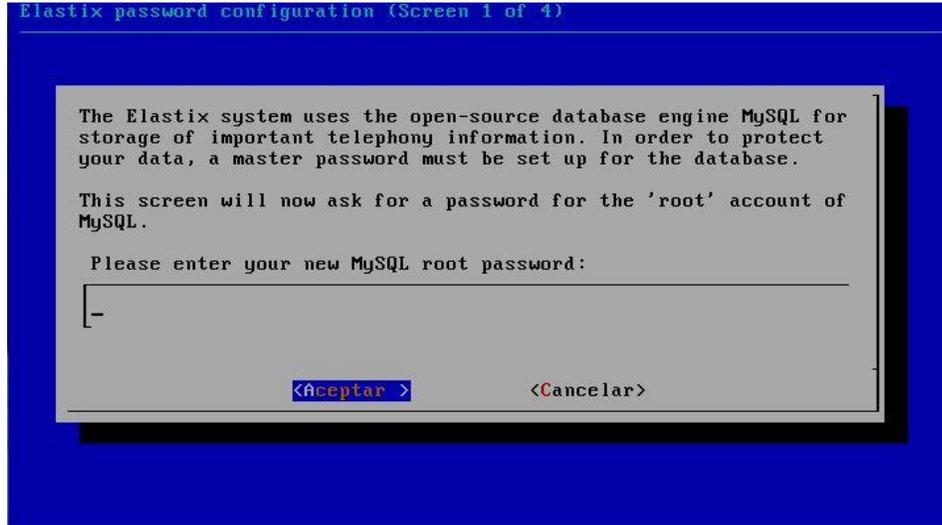


Figura 12. Definición del *Password* MySQL.

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que el servidor Elastix es accesible vía *web* para realizar cambios, monitorear actividades, etc. Es necesario determinar una contraseña que proteja la integridad del sistema Elastix, el usuario por defecto para el acceso web es “admin”, Como se observa en la siguiente captura de pantalla

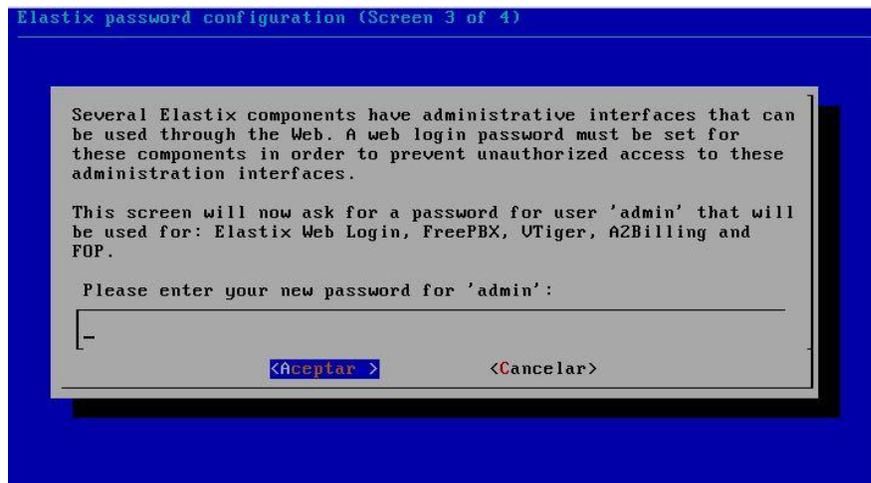


Figura 13 . Creación del *Password* para el acceso a la interfaz web.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Finalmente se presenta la pantalla de inicio de sesión en el servidor Elastix, donde se colocó como *login* “root” y como contraseña de acceso al servidor: 112233, y se mostró la dirección que se debe colocar en el navegador web de otro sistema si se quiere acceder al servidor Elastix desde otro equipo que se encuentre en la red.

```
CentOS release 5.6 (Final)
Kernel 2.6.18-238.12.1.el5 on an i686

centralElastix login: root
Password:
Last login: Mon Jul 30 21:58:42 on tty1

Welcome to Elastix
-----

To access your Elastix System, using a separate workstation (PC/MAC/Linux)
Open the Internet Browser using the following URL:
http://192.168.1.103

[root@centralElastix ~]# _
```

Figura 14. Inicio de sesión en la consola del servidor Elastix

Fuente: Elaboración Propia.

IV.5 Instalación de tarjeta Digium TE122.

Como ya hemos comentado anteriormente para la conexión de la red interna de Voz sobre IP, con la red PSTN del presente proyecto se utilizó una tarjeta digital marca Digium, específicamente el modelo TE122.

Estas tarjetas generalmente vienen con un *jumper* el cual permite seleccionar si la conexión a realizar será con enlaces T1 o E1, en nuestro caso se seleccionó E1, ya que en Venezuela el formato de transmisión digital prestado por las proveedoras es este, el cual es capaz de proporcionarnos hasta 30 canales de voz simultáneamente.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Luego de seleccionar el *Jumper* en el modo a utilizar, se procedió a revisar la compatibilidad de los puertos PCI del servidor con esta tarjeta Digium, así como también que el voltaje proporcionado por el puerto seleccionado fuese el acorde con la tarjeta, en este caso el voltaje suministrado a la tarjeta fue de 5V.

Con el servidor completamente apagado y desconectado de la alimentación de corriente, se procedió a la instalación de la tarjeta en el mismo, fijándola correctamente en las ranuras del puerto PCI y poniéndole un tornillo para mayor estabilidad.

Una vez instalada completamente la tarjeta dentro del servidor se procedió a la conexión del enlace E1 en la misma y a la configuración de los archivos necesarios para el buen funcionamiento de esta tarjeta, estos pasos se explican a continuación.

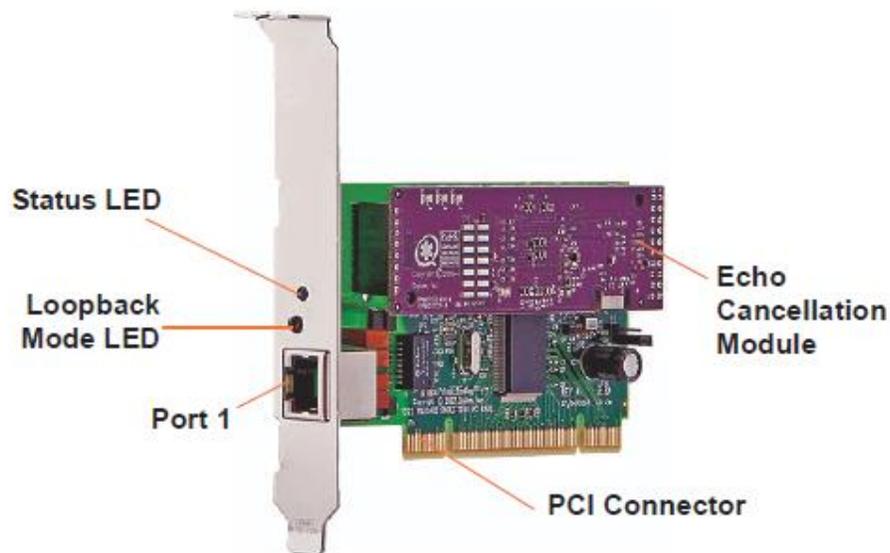


Figura 15. Tarjeta digital Digium TE122

Fuente: (Digium, 2011)

IV.6 Conexión Del Enlace E1 a la tarjeta.

Una vez insertada de manera fija la tarjeta digital Digium en el servidor el siguiente paso fue conectarle el enlace E1, sin embargo, para realizar esta conexión fueron necesarios una serie de ajustes ya que el enlace que entrega el proveedor, en nuestro caso Movistar, viene con cable tipo coaxial, el cual solo permite conectores BNC, y en el otro extremo la tarjeta Digium solo acepta cables tipo UTP con conectores RJ45.

Para solucionar este problema de conexiones físicas se utilizó, un tipo de adaptador llamado *Balun*, este acrónimo debido a sus siglas en ingles *Balanced-to-Unbalanced*, este adaptador es capaz de realizar la transformación de líneas que trabajan en par coaxial no balanceado a trenzado balanceado, realizando al mismo tiempo la adaptación de impedancias, en este caso de 75 Ohm a 120 Ohm.

En uno de sus extremos el *Balun* tiene dos entradas para conectores tipo BNC, identificadas como Rx de receptor y Tx de transmisor, en la entrada del receptor (Rx) conectamos el cable coaxial que sale del transmisor (Tx) de la CPA, y en la entrada del transmisor (Tx) del *Balun* se conectó el cable de Rx de la CPA,. Finalmente desde el otro extremo del *Balun* se conectó un cable UTP hasta la tarjeta digital instalada en el servidor.

En la siguiente foto se puede observar el *Balun* utilizado:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom



Figura 16. Balun marca Patton modelo 460F

Fuente: http://nuevoleon.quebarato.com.mx/monterrey/balun-convertidor-de-enlace-e1-a-rj45-75ohm-bnc-a-120ohm__68BD3E.html

IV.7 Configuración de Archivos DAHDI.

Debido a que se incluyó en los paquetes de software de nuestra PBX, el paquete DAHDI, fue necesaria su configuración. DAHDI básicamente funciona como la tecnología de interfaz de código abierto que permite la conexión entre Asterisk y las Tarjetas digitales.

Para asegurarse de que la versión de Elastix Instalada incluyera dentro de sus paquetes el archivo DAHDI se utilizaron los siguientes comandos.

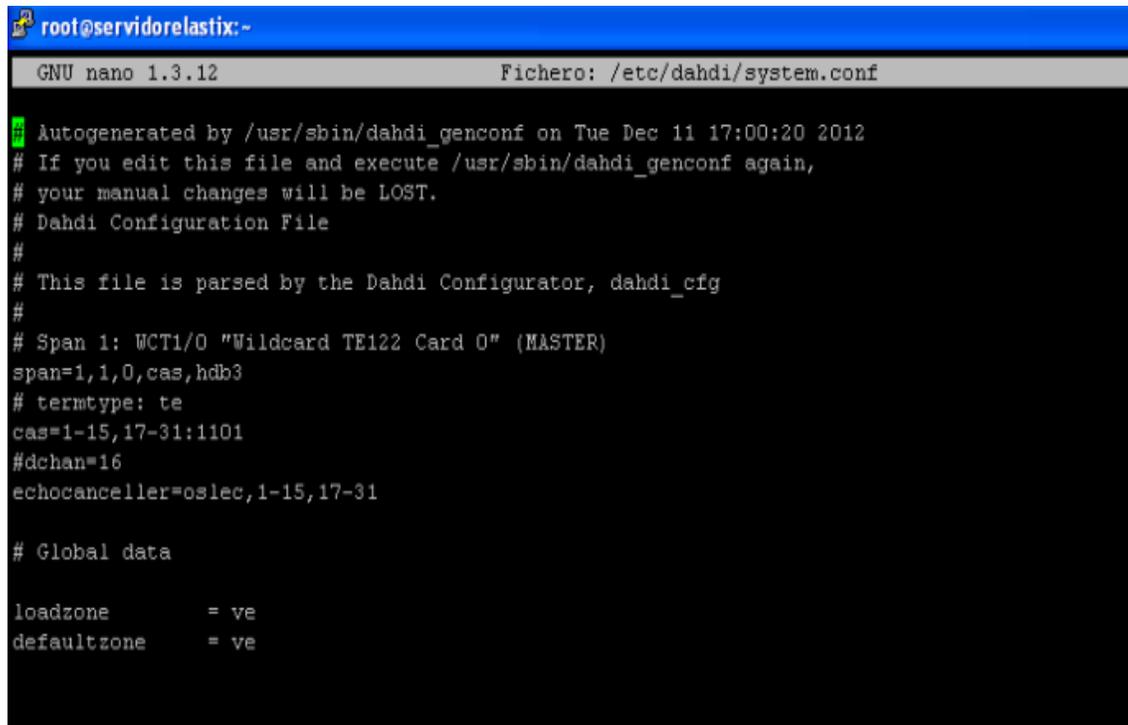
Se ingresó a la consola de Asterisk con el comando **asterisk -vvvr**.

Luego estando dentro de la consola de Asterisk se usó el comando **dahdi show version**, el cual sirve para ver que versión de DAHDI tiene instalado el servidor Elastix. En nuestro caso la versión de DAHDI que utilizada fue la 2.4.1.2.

Dentro de los archivos que fueron necesarios modificar referentes a DAHDI se tiene el archivo **system.conf**, al cual se accede ejecutando el comando **nano**

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

/etc/dahdi/system.conf, en este archivo se colocaron los parámetros del *Span*, tales como Numero de *Span*, tipo de Señalización, codificación, entre otros; Estos parámetros fueron modificados tomando en cuenta los datos proporcionados por el proveedor del enlace E1, el cual fue Movistar. A continuación se muestra la configuración exacta realizada en este archivo.



```
root@servidorelastix: -
GNU nano 1.3.12                               Fichero: /etc/dahdi/system.conf
Autogenerated by /usr/sbin/dahdi_genconf on Tue Dec 11 17:00:20 2012
# If you edit this file and execute /usr/sbin/dahdi_genconf again,
# your manual changes will be LOST.
# Dahdi Configuration File
#
# This file is parsed by the Dahdi Configurator, dahdi_cfg
#
# Span 1: WCT1/O "Wildcard TE122 Card 0" (MASTER)
span=1,1,0,cas,hdb3
# termtype: te
cas=1-15,17-31:1101
#dchan=16
echocanceller=oslcc,1-15,17-31

# Global data

loadzone      = ve
defaultzone   = ve
```

Figura 17. Archivo system.conf

Fuente: Elaboración Propia.

La línea *span* está referida a la configuración del *Span* con todos sus parámetros los cuales se indican a continuación:

span=<número de *span*>,<fuente de sincronización>,<line build out

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

(LBO)>,<framing>,<codificación>.

- Número de *Span*: En nuestro caso es 1 debido a que es el único *Span* que estamos utilizando.
- Fuente de Sincronización: Este parámetro está referido a un número entero que identifica si la central será receptora o emisora de la señal de reloj, el 1 indica recepción, en este caso la señal de reloj es recibida y usada como fuente para la sincronización ya que el proveedor es quien envía la señal de sincronismo.
- *Line Build Out*: Este parámetro puede ser un número entero entre 0 y 7, el cual determina el nivel de transmisión del *span*, con el valor 0 no se amplifica la señal ya que la longitud del cable es considerada normal.
- *Framing*: Este parámetro determina la señalización de nivel bajo y el tipo de tramas. Como el tipo de señalización usada por nuestro proveedor del E1 es R2, el parámetro correspondiente es CAS.
- Codificación: En ese parámetro se colocó HDB3 ya que es el tipo de codificación que utiliza R2.

Archivo **dahdi_channels.conf**

Otro archivo de configuración de gran importancia que se modificó fue el **dahdi_channels.conf**, siguiendo la ruta **/etc/asterisk/dahdi-channels.conf** en éste se realiza toda la configuración referente a los canales, tanto entrantes como salientes de la central, y la agrupación de estos en diferentes grupos. Cabe destacar que para modificar este archivo se utilizó el editor de textos nano el cual funciona perfectamente con sistemas operativos Linux. En la siguiente imagen se pueden observar todos los cambios realizados en tal archivo.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

```
GNU nano 1.3.12                                Fichero: /etc/asterisk/dahdi-channels.conf
; Autogenerated by /usr/sbin/dahdi_genconf on Tue Dec 11 17:00:20 2012
; If you edit this file and execute /usr/sbin/dahdi_genconf again,
; your manual changes will be LOST.
; Dahdi Channels Configurations (chan_dahdi.conf)
;
; This is not intended to be a complete chan_dahdi.conf. Rather, it is intended
; to be #include-d by /etc/chan_dahdi.conf that will include the global settings
;
; Span 1: WCT1/0 "Wildcard TE122 Card 0" (MASTER)

;Movistar
context=from-pstn
signalling=mfcr2
mfcr2_variant=ve
mfcr2_get_ani_first=yes
mfcr2_immediate_accept=yes
mfcr2_max_ani=11
mfcr2_max_dnis=4
mfcr2_category=national_subscriber
mfcr2_logging=all
mfcr2_mfback timeout=-1
mfcr2_forced_release=yes

;entrantes
group=1
channel => 11-15,17-31

;salientes
context=default
group=11
channel => 1-10
```

Figura 18. Archivo dahdi_channels.conf.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Context:** Todas las llamadas provenientes de la red PSTN utilizaran la configuración que tenga este contexto, por eso su nombre *from-pstn*.
- **Signalling:** Tipo de Señalización que utilizan los canales del enlace E1, en este caso, Movistar proporciona señalización MFC/R2.
- **mfcr2_variant:** En este parámetro se colocó *ve* para que el sistema reconozca la variación de la señalización MFC/R2 usada en Venezuela.
- **mfcr2_get_ani_first:** Este parámetro depende del proveedor del enlace E1 y se refiere al envío mediante tonos DTMF del número desde el cual se

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

está realizando la llamada. Se colocó la opción **yes** de manera que la PBX recibiera primero el parámetro “ANI”.

- ***mfc2_inmediate_accept***: De igual manera se colocó la opción **yes** ya que esta es una manera de ir al estado de las llamadas que han sido aceptadas.
- ***mfc2_max_ani***: Se colocó el valor 11 porque es el formato de numeración en la telefonía venezolana, es decir, los números de teléfono en Venezuela no pueden superar los 11 dígitos.
- ***mfc2_max_dnis***: DNIS (*Dialed Number Identification Service* – Servicio de Identificación del Número Discado) se refiere al servicio que prestan los proveedores a los clientes corporativos que permite ver el número que marcó el abonado para llegar a la PBX del cliente. Por ejemplo, si un *call center* maneja varios servicios (0-900, 0-800, etc.), los agentes son capaces de ver el número que discó el abonado y así proveerle el servicio requerido. En este caso se fijó en 4.
- ***mfc2_category***: Aquí se colocó la categoría de las personas que llamasen a través de estos canales, en inglés son conocidas como *The calling party* (entidad que realiza la llamada). La categoría puesta fue ***national subscriber*** que se refiere a un suscriptor nacional.
- ***mfc2_logging***: A este parámetro se le colocó ***all***, ya que con esta configuración es posible realizar una depuración completa del sistema (*debug*) y así poder visualizar errores en caso de que existan.
- ***mfc2_mfback_timeout***: Asterisk toma cualquier valor negativo en este parámetro como “*default*” o por defecto. Generalmente los valores menores a 500 ms no son recomendados para este parámetro.
- ***mfc2_forced_release***: Este parámetro está referido a la señal que recibe la central al momento en que una llamada es colgada. Se colocó la opción **yes**, de manera tal que la central libere la línea inmediatamente después de haber sido colgada la llamada.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- **Group:** Aquí se definió el número de identificación en los cuales iban a estar ubicados los canales, se usó el grupo 1 para los canales entrantes y el grupo 11 para los salientes.
- **Channel:** En este parámetro se indicaron el número de canales que iba a tener cada grupo, esto de acuerdo a información suministrada por el proveedor del E1, exactamente fueron 20 canales entrantes y 10 salientes.

Una vez realizada la configuración en estos dos archivos se procedió a reiniciar los *drivers* de DAHDI y el servicio de Asterisk, esto con el fin de que reconociera los cambios realizados.

Para esto se utilizaron los siguientes comandos:

- **Service dahdi restart:** Con este comando se reinician todos los módulos y controladores del paquete DAHDI.
- **Amportal restart:** Este comando es utilizado para reiniciar por completo todos los servicios de Asterisk.

IV.8 Configuración de Parámetros de Elastix

IV.8.1 Creación de Extensiones

El Software de Elastix permite la opción de crear diferentes tipos de extensiones dependiendo del protocolo que se necesite usar.

En el presente proyecto todas las extensiones que se crearon fueron tipo SIP, ya que este es un protocolo bastante simple, estandarizado por la IETF en la recomendación RFC 3261, y con una gran capacidad de integración ya sea para realizar aplicaciones o integrarse con otros protocolos.

Para la creación de extensiones se seleccionó a la pestaña “**PBX**”, posteriormente la opción “*extensions*”, una vez dentro de esta opción se seleccionó crear una nueva extensión tipo SIP.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Cuando se crea una extensión de este tipo el sistema abre automáticamente una ventana en la cual están todos los parámetros que definen a la extensión, en este caso la mayoría de estos se dejaron con la configuración que trae por defecto, solo se modificaron los siguientes parámetros:

- **User Extension:** Este es el número que tiene la extensión que se está creando.
- **Display Name:** Es el nombre que aparecerá en las otras extensiones cuando se marque hacia ellas.
- **Secret:** Esta es la contraseña que se la asigna a la extensión que se está creando.

Este proceso se realizó inicialmente para crear dos extensiones que sirvieran para pruebas, una extensión para el departamento de Presidencia de Operaciones, otra para la gerencia de tecnología y posteriormente se crearon 20 extensiones que identificarán a los 20 agentes que conforman el *call center*.

A continuación se puede observar en el lado derecho de la imagen todas las extensiones que fueron creadas.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

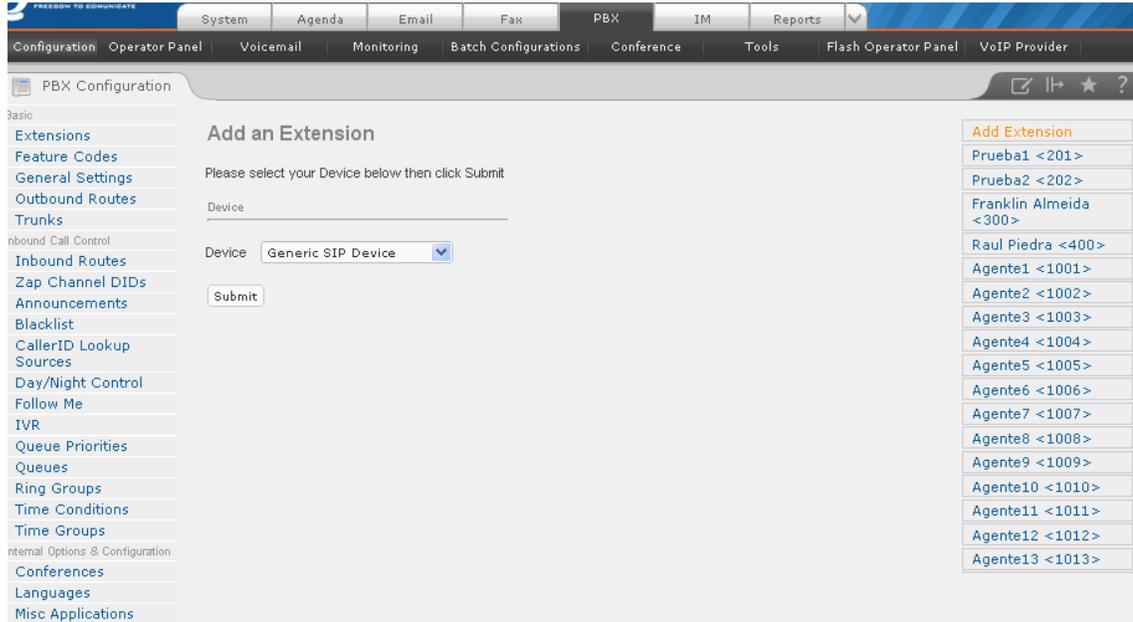


Figura 19. Lista de las Extensiones Creadas.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.8.2 Creación de troncales

Tal como se mencionó en capítulos anteriores las troncales son un parámetro de suma importancia para los sistemas de telefonía, donde por supuesto entran los sistemas de VoIP ya que básicamente son el canal principal de transmisión por el cual se manejan los diferentes sub canales individuales de comunicación que tiene el sistema.

El software Elastix permite la opción de utilizar diferentes tipos de troncales dependiendo de los requerimientos que tenga el sistema, para el presente Trabajo de Grado, la selección del tipo de troncales se basó en que la red VoIP se comunique con la red PSTN por medio de la tarjeta digital Digium, por lo que se eligieron troncales tipo Zap, las cuales se adaptan perfectamente a este tipo de tarjetas. Estas troncales se crearon en la pestaña “PBX”; en la parte izquierda tiene una sección llamada

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

“*Trunks*”, luego de hacer clic ahí se seleccionó la opción “*Add Zap Trunk*”, es decir crear una nueva troncal tipo Zap.

Es importante destacar que para este sistema de VoIP, se crearon solamente dos troncales, una para las llamadas entrantes y otra para las salientes.

A continuación se muestra una imagen con los parámetros que se modificaron de la troncal de entrada.

Edit ZAP Trunk (DAHDI compatibility Mode)

[Delete Trunk entrante](#)

WARNING: This trunk is not used by any routes!

General Settings

Trunk Name:

Outbound Caller ID:

CID Options:

Maximum Channels:

Disable Trunk: Disable

Monitor Trunk Failures: Enable

Dialed Number Manipulation Rules

(prepend) + prefix | match pattern

+ Add More Dial Pattern Fields Clear all Fields

Dial Rules Wizards:

Outbound Dial Prefix:

Outgoing Settings

Zap Identifier:

Figura 20. Troncal Tipo Zap para canales Entrantes.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Parámetros modificados:

- **Trunk Name:** Es el nombre con el que se guardara la troncal, para este caso le pusimos entrantes ya que está relacionado con las llamadas entrantes.
- **Zap Identifier:** Este parámetro por defecto viene como zap/g0 y está referido a un grupo donde están especificados los canales que se usaran por esta troncal, en este proyecto se definió la troncal g1, que es la abreviación de “**grupo 1**” el cual se utilizó para los canales entrantes al momento de configurar el archivo dahdi_channels.

El resto de parámetros de la troncal se dejaron como los trae Elastix por defecto, ya que no es necesario ningún cambio en ellos. Para el caso de la troncal de salida la única diferencia fue el nombre el cual fue “**Salientes**”, y en el parámetro “**Zap Identifier**” se colocó “g11” ya que el grupo que nombramos para los canales salientes fue el número 11.

IV.8.3 Creación de Rutas Entrantes

El siguiente paso en la configuración del sistema Elastix fue la creación de las rutas entrantes por las cuales se pudiese manejar el destino de las llamadas que recibirá el sistema.

La opción de Rutas entrantes en Elastix dispone de una pestaña llamada “**Set Destination**”, a través de la cual se puede seleccionar hacia donde se dirigen las llamadas, ya sea un IVR, una Extensión Etc.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

The screenshot displays the 'Edit Incoming Route' configuration page in the Elastix web interface. On the left is a navigation menu with categories like 'Trunks', 'Inbound Call Control', 'Internal Options & Configuration', 'Remote Access', and 'Option'. The main content area is titled 'Edit Incoming Route' and contains several sections: 'Description' with fields for 'Description' (set to 'Todo'), 'DID Number', 'Caller ID Number', and 'CID Priority Route' (checkbox); 'Options' with fields for 'Alert Info', 'CID name prefix', 'Music On Hold' (set to 'Default'), 'Signal RINGING' (checkbox), and 'Pause Before Answer'; 'Privacy' with a 'Privacy Manager' dropdown (set to 'No'); 'Language' with a 'Language' field; 'CID Lookup Source' with a 'Source' dropdown (set to 'None'); 'Fax Detect' with 'Detect Faxes' radio buttons (set to 'No'); and 'Set Destination' with two dropdown menus, the first set to 'Extensions' and the second set to '<201> Prueba1'.

Figura 21. Ruta Entrante con destino hacia la extensión de Prueba 201.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la Figura 20, el parámetro de destino en esta ruta entrante es la extensión “<201>Prueba1”, la cual fue una extensión de prueba que se creó inicialmente antes de probar las llamadas directamente con los agentes del *call center*. El otro parámetro que se colocó en la configuración de esta ruta entrante fue el nombre de la misma, la cual se definió con el nombre de “Todo”. El resto los demás parámetros de la ruta entrante no se modificaron.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

IV.8.4 Creación de rutas salientes

Las rutas de salida son otro importante parámetro que se debe tomar en cuenta para el correcto funcionamiento de un sistema VoIP.

En esta sección es donde se realiza toda la configuración referente a los patrones de marcado que el sistema permite a la hora de realizar una llamada.

Para la creación de estas rutas se procedió nuevamente a la pestaña “**PBX**”, luego se seleccionó “**PBX Configuration**”, y finalmente “**Outgoing Routes**”. Una vez en este parámetro se añadió una nueva ruta cuyo nombre fue “**SalientesPSTN**” y se realizaron los siguientes cambios en su configuración:

En la pestaña llamada “**Dial Pattern**” de la ruta se introdujeron dos patrones de marcado uno para teléfonos móviles y otro para teléfonos fijos, estos patrones fueron **04ZZ-XXXXXXX** y **02ZZ-XXXXXXX** respectivamente, Elastix reconoce la letra Z como cualquier número entre 1-9, mientras que la X representa cualquier número entre 0-9. Se colocó 04ZZ ya que así se estarían abarcando todas las opciones de telefonía móvil que existen en el país como 0414, 0426, 0414, 0424 y 0412. Para las llamadas locales se colocó 02ZZ debido a que los códigos de área usados en Venezuela empiezan con los dígitos 02 y después cambian dependiendo del estado al que se está llamando.

Elastix permite seleccionar por cual troncal salen estas llamadas, para esto en la pestaña llamada “**Trunk Sequence**” se seleccionó como primera opción la troncal llamada “**Salientes**”, la cual fue creada previamente.

En la siguiente imagen se puede observar como quedo la ruta “**SalientesPSTN**” después de configurada.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

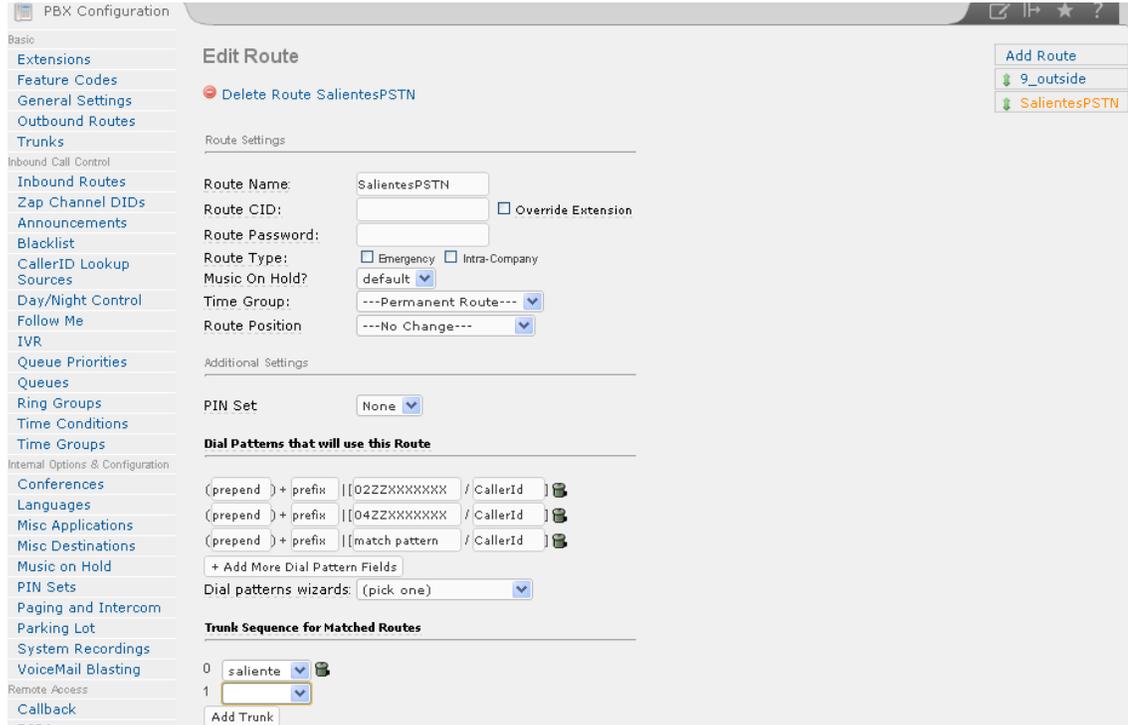


Figura 22. Ruta Saliente hacia la red PSTN.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.9 Instalación y configuración del *softphone* Zoiper

IV.9.1 Instalación

Para la elaboración de este proyecto, fue necesaria la instalación de un *software* de *softphone*, con la finalidad de que funcionara como teléfono de los agentes del *call center* en cada una de sus computadoras. El *softphone* elegido fue el Zoiper, ya que la interfaz gráfica de este programa es bastante amigable y sencilla para las personas que no tienen conocimiento sobre los sistemas VoIP, también debido a que acepta el protocolo SIP al igual que Elastix y la configuración del mismo es relativamente sencilla.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

A continuación se explican de manera detallada cada uno de los pasos que se siguieron para la instalación de este *softphone*:

- Para empezar, la descarga del software se hizo desde la página http://www.zoiper.com/download_list.php, este *software* está disponible de manera gratuita en su versión más simplificada.
- Luego de presionar la opción de descargar aparece la siguiente pantalla de inicio.



Figura 23. Pantalla inicial de instalación de Zoiper.

Fuente: Elaboración Propia.

- El *software* indica el espacio requerido en la computadora para instalarlo, y se seleccionó la ubicación donde se instaló.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

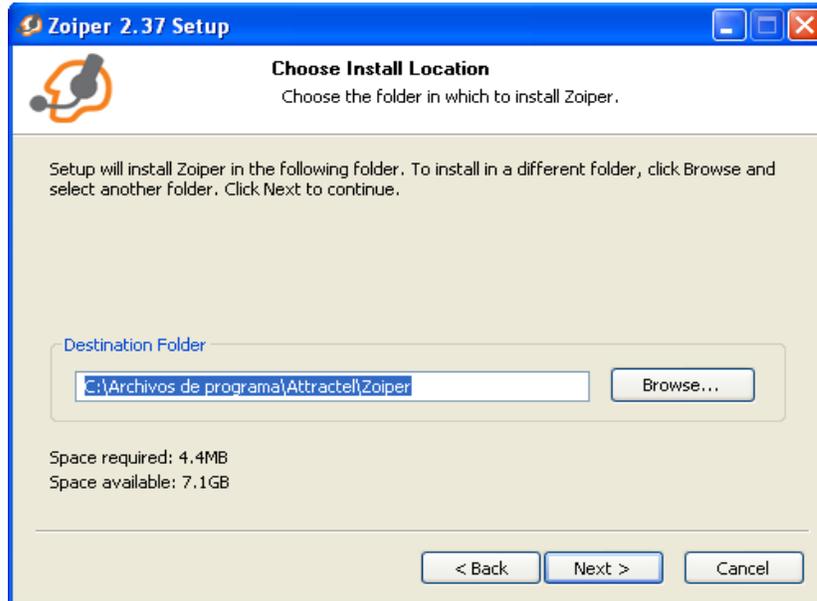


Figura 24. Selección de la ubicación de la instalación.

Fuente: Elaboración propia.

- Se seleccionaron los componentes que se instalaron:

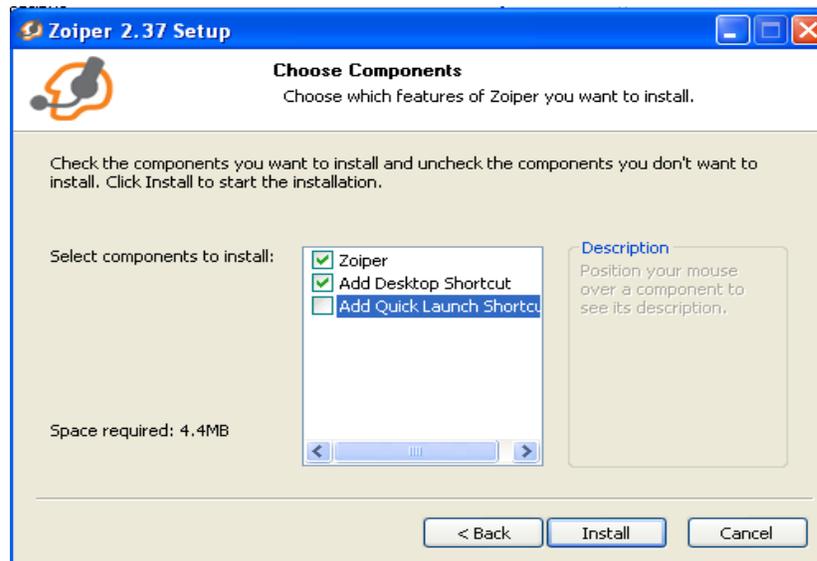


Figura 25. Selección de los componentes que se instalaron

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- El proceso de instalación duró unos pocos segundos

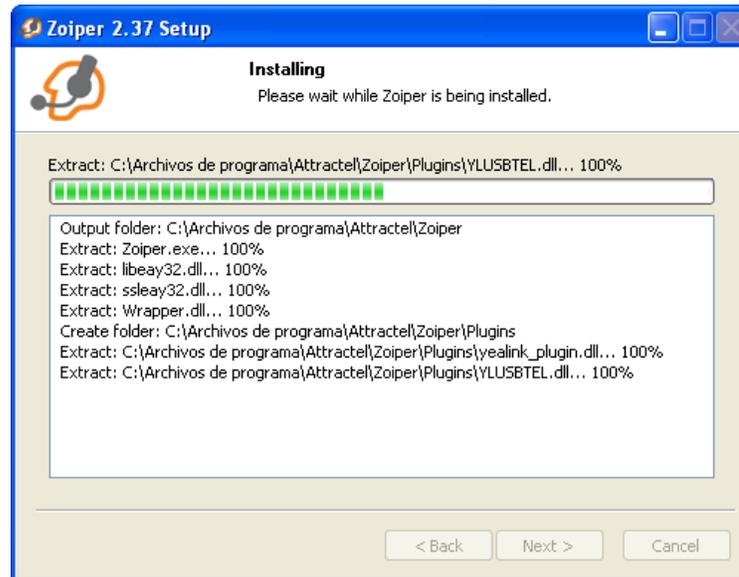


Figura 26. Proceso de instalación de Zoiper

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 27. Finalización del Proceso de Instalación de Zoiper.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Esta última foto indica que el proceso de instalación de Zoiper ha finalizado de manera correcta.

IV.9.2 Configuración del *softphone*

Para poder realizar la conexión entre el *softphone* y el sistema Elastix es necesaria la configuración de ciertos parámetros en este *software*.

Inicialmente al abrir este programa se despliega una especie de teléfono virtual, el cual cuenta con su respectivo teclado, y con una barra de menú principal en la cual están otras funciones que trae disponible este *software*.

Para la configuración de extensiones o cuentas que utilizó el *softphone* se seleccionó en el menú principal la pestaña de opciones tal como se muestra a continuación.



Figura 28. Menú Principal del *softphone* Zoiper.

Fuente: Elaboración propia.

Automáticamente se abre una nueva ventana, con una serie de opciones, dentro de estas está la opción de crear una nueva cuenta tipo SIP, se seleccionó esta opción ya que el protocolo SIP es el más simple a la hora de realizar configuraciones.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

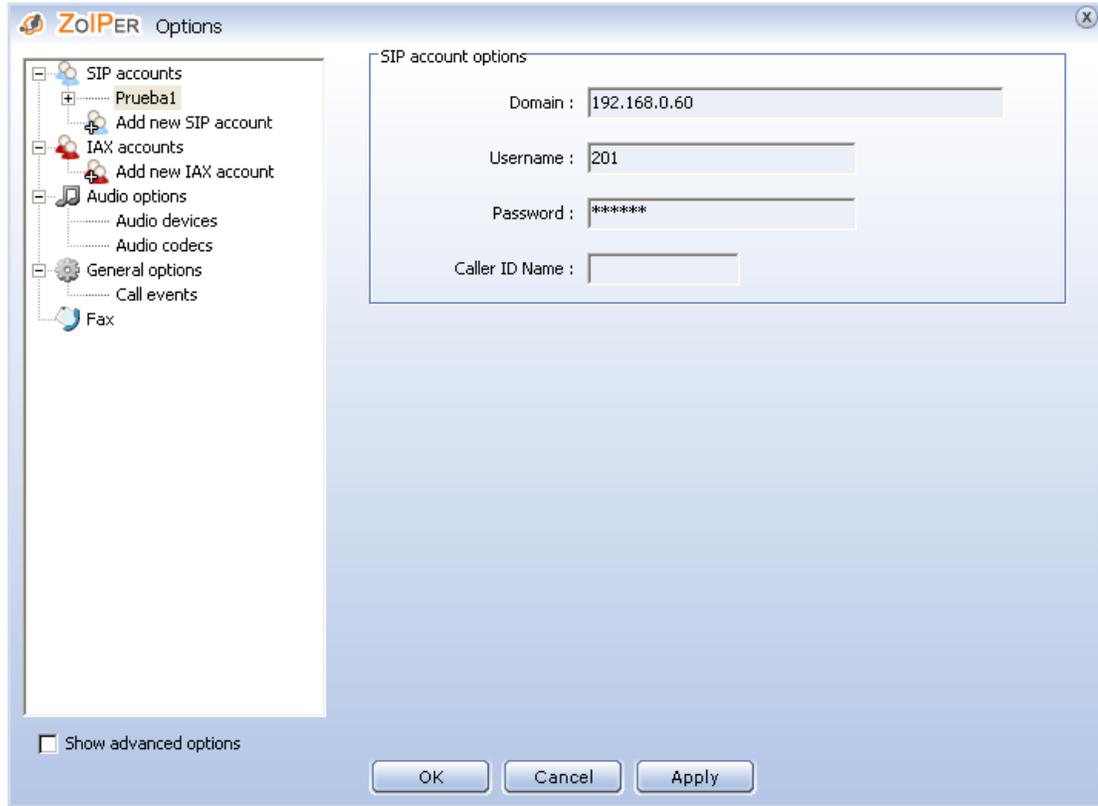


Figura 29. Creación de una cuenta SIP

Fuente: Elaboración Propia.

El primer dato requerido por el sistema es el nombre el cual va a tener la nueva cuenta SIP, en el ejemplo de la Figura 29 se puede observar que el nombre introducido fue **“Prueba1”**.

Posteriormente después de haber ingresado el nombre se despliega una nueva pestaña con otros parámetros los cuales se modificaron a fin de lograr configuración del *softphone*.

A continuación se explican estos parámetros

- **Domain:** En esta opción se debe colocar la dirección IP de la central Elastix.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- **Username:** En este campo se coloca el número de extensión al cual se desea asociar esta cuenta. En el ejemplo se utilizó “201” ya que es el número de extensión definido para realizar las pruebas.
- **Password:** Esta es la contraseña de la cuenta, se debe poner la misma que se colocó en el campo “*secret*” cuando se creó la extensión.

El último campo “*Caller ID Name*” se dejó en blanco ya que opcional llenarlo. Una vez completado todos estos campos se seleccionó en la parte inferior la pestaña “*Apply*” de manera que se aplicaran los cambios en el sistema.

Para finalizar la configuración de la cuenta se regresó al menú principal y en la pestaña “*Accounts*” se seleccionó la cuenta creada, en este caso “**Prueba1**”, para cerciorarnos de que la conexión entre la cuenta del *softphone* y Elastix se realizó correctamente se esperó por unos segundos hasta que el estado de la cuenta cambió a “*Registered*”, es decir, registrado.

Este mismo proceso se realizó para el resto de las extensiones de cada uno de los agentes, así como también para las otras extensiones de prueba.

IV.10 Configuración del módulo de *call center*

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores el objetivo principal de este proyecto es la creación de un *call center* para 20 agentes que funcione con tecnología VoIP. A continuación se explican los parámetros claves que se configuraron para poder lograr el perfecto funcionamiento de este módulo de *call center* en Elastix.

IV.10.1 Descarga del módulo de *call center* en Elastix

Para que el sistema Elastix previamente instalado en el servidor, dispusiera del módulo de *call center*, fue necesario la descarga del mismo, para esto se seleccionó la pestaña “*Addons*” y posteriormente se inició automáticamente la

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

descarga del módulo de *call center* versión 2.1.99-9.beta. Para la culminación de esta descarga se tuvo que esperar 20 minutos aproximadamente y fue necesario que el servidor estuviese conectado a Internet.

IV.10.2 Creación de Agentes

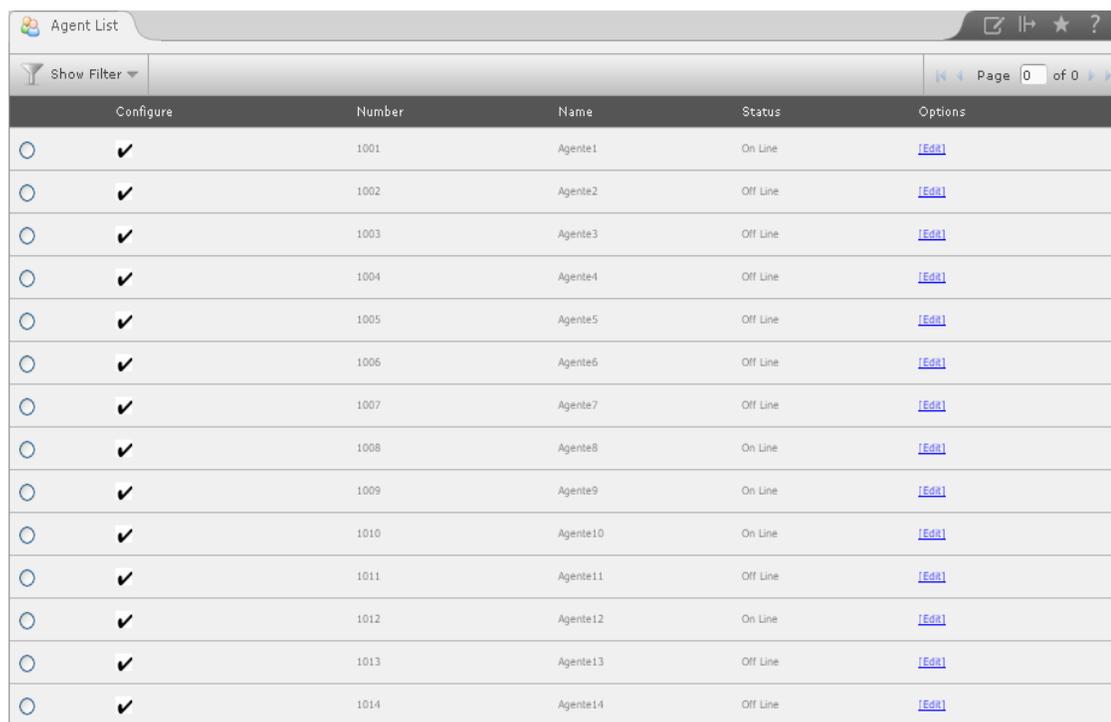
Una vez descargado e instalado el módulo de *call center* se procedió con la creación de agentes, los cuales serán los principales operadores en este proyecto, serán los encargados tanto de recibir como hacer llamadas, y a su vez responderán las inquietudes de los diferentes usuarios que requieran algún servicio.

Para la creación de los agentes se seleccionó la opción “**Agent Options**”, posteriormente “**Show Filter**” y por último “**Create New Agent**”. Una vez dentro de esta opción para crear nuevos agentes el sistema desplegó una nueva ventana en la cual se introdujeron los datos del agente.

Los campos obligatorios para la creación de los agentes son número de agente, nombre del agente y una contraseña para que pueda iniciar sesión en el módulo de *call center*. En este proyecto el rango escogido para el número de los agentes fue desde 1001 hasta 1020 y se le asignó como nombre agente1, agente2 y así sucesivamente hasta el agente20.

A continuación se puede observar una lista con algunos de los agentes que se crearon, en la cual el sistema indica si el agente está conectado o no a la PBX.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom



	Configure	Number	Name	Status	Options
<input type="radio"/>	✓	1001	Agente1	On Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1002	Agente2	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1003	Agente3	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1004	Agente4	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1005	Agente5	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1006	Agente6	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1007	Agente7	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1008	Agente8	On Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1009	Agente9	On Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1010	Agente10	On Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1011	Agente11	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1012	Agente12	On Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1013	Agente13	Off Line	[Edit]
<input type="radio"/>	✓	1014	Agente14	Off Line	[Edit]

Figura 30. Agentes creados en el Modulo de *call center*.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.10.3 Creación de Colas

Las colas son un elemento fundamental para el desarrollo de un *call center*, la creación de éstas se realizó en la pestaña “**PBX**”, luego en la opción “**PBX Configuration**”, acto seguido la opción “**Queues**”, y finalmente “**Add new Queue**”, una vez estando dentro de esta opción que sirve para añadir una nueva cola al sistema se desplegó una ventana para la configuración de los parámetros de la cola.

En la siguiente imagen se puede observar los parámetros de configuración que se colocaron en la creación de la cola de entrada.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

The screenshot displays the 'Queue: 123' configuration page in the Elastix web interface. On the left is a sidebar menu with categories like 'Extensions', 'Inbound Call Control', and 'Internal Options & Configuration'. The main area shows the following configuration details:

- Queue Name:** ColaEntrada
- Queue Password:** 112233
- CID Name Prefix:** (empty)
- Wait Time Prefix:** No
- Alert Info:** (empty)
- Static Agents:** A1001,0; A1003,0; A1002,0; A1004,0; A1005,0; A1006,0; A1007,0
- Extension Quick Pick:** (pick extension)
- Dynamic Members:** (empty)

Buttons for 'Delete Queue' and 'Add Queue' are visible at the top of the configuration area.

Figura 31. Cola de entrada

Fuente: Elaboración Propia.

- **Queue Number:** Este es el número que se le asignó a la cola, al marcar este número desde cualquier extensión, esta pasa automáticamente a la cola. Es importante destacar que este debe ser un número único ya que sirve para identificar a la cola. Para nuestro caso el número asignado a la cola de entrada fue “123”.
- **Queue Name:** Este es el nombre que identifica la cola, se colocó como nombre “ColaEntrada”.
- **Static Agents:** En esta opción se ingresaron todos los agentes que podrían entrar en la cola en un momento dado. El formato para agregar a los agentes es colocando la letra A seguido del número del agente, esta sintaxis se utiliza para que el sistema entienda con la letra A que se trata de un agente del *call center* y no de una extensión convencional. En la cola creada se agregaron los 20 agentes del *call center*.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- **Max Caller:** Este parámetro se refiere al número máximo de personas que puede soportar la cola, el número colocado fue 15.
- **Ring Strategy:** Esta opción se refiere a alguna estrategia de marcado para atender las llamadas que están en cola. Se seleccionó la opción “**Ringall**”, la cual le timbra a todos los agentes registrados en la cola hasta que alguno conteste.
- **Retry:** Este es el tiempo en segundos que espera la cola antes de volver a repetirle la llamada a todos los agentes. El tiempo colocado fue 5 segundos.

Para que los agentes del *call center* pudiesen realizar llamadas salientes también fue creada una cola de salida, en este caso las opciones que fueron diferentes de la cola de entrada fueron el nombre, el cual fue “**ColaSalida**”, el número en este caso se usó “**321**”, e igualmente se añadieron los 20 agentes a esta cola. El resto de parámetros se configuraron de igual manera que en la cola de entrada.

IV.10 .4 Creación de Formularios

Otro de los parámetros que se configuraron en esta implementación de *call center* fueron los formularios, a través de los cuales en la pantalla del agente se despliega un conjunto de preguntas que sirven para recolectar información según la campaña que se esté realizando en el *call center*.

Para la creación del formulario se seleccionó la opción “**FORMS**” en el menú principal del módulo de *call center*, posteriormente se seleccionó crear un nuevo formulario y se procedió a escribir los campos del mismo.

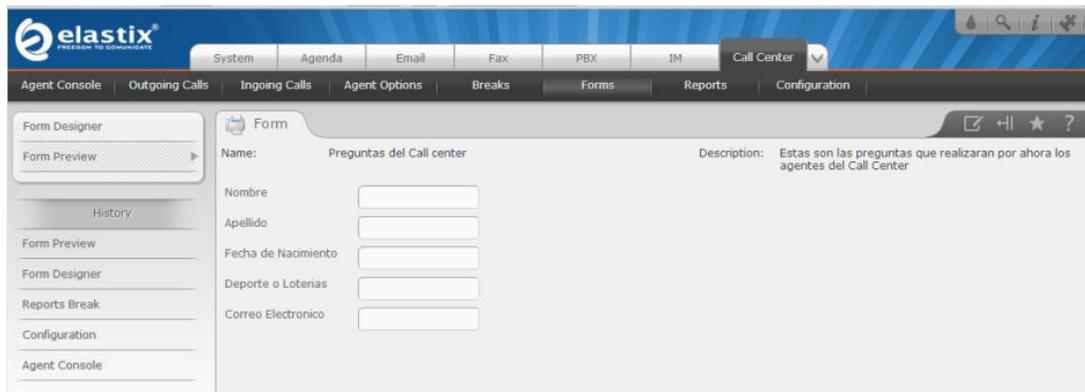
A efectos de la empresa Quórum Telecom, los agentes del *call center* inicialmente les preguntarán a las personas que llamen los siguientes parámetros:

- Nombre.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

- Apellido.
- Fecha de Nacimiento.
- Razón de la llamada (información de deportes o de lotería)
- Correo Electrónico.

En la siguiente imagen se puede observar el formulario creado con los campos descritos anteriormente.



The screenshot shows the Elastix web interface. The top navigation bar includes 'System', 'Agenda', 'Email', 'Fax', 'PBX', 'IM', and 'Call Center'. Below this is a secondary navigation bar with 'Agent Console', 'Outgoing Calls', 'Ingoing Calls', 'Agent Options', 'Breaks', 'Forms', 'Reports', and 'Configuration'. The main content area is titled 'Form Designer' and shows a form titled 'Form' with the name 'Preguntas del Call center'. The form has a description: 'Estas son las preguntas que realizaran por ahora los agentes del Call Center'. The form fields are: 'Nombre', 'Apellido', 'Fecha de Nacimiento', 'Deporte o Loterías', and 'Correo Electronico'. Each field has a corresponding input box.

Figura 32. Formulario del módulo de *call center*.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.10.5 Creación de Campañas.

IV.10 .5.1 Campaña Entrante

La creación de la campaña entrante se realizó en la pestaña “*Call Center*”, se seleccionó la opción “*Ingoing Campaign*”, es decir, campaña entrante, una vez en esta opción se procede a crear una nueva campaña entrante haciendo clic en “*Create New Campaign*”. Para poder crear de manera satisfactoria esta campaña fue necesario agregar ciertos parámetros en la misma, estos son mostrados a continuación:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

The screenshot shows the 'New Campaign' configuration window. It contains the following fields and options:

- Name:** Campana1
- Range Date:** Start: 14 Jan 2013, End: 25 Feb 2013
- Schedule per Day:** Start time: 00:00, End time: 23:59
- Form:** Formulario1 (with 'Manage Forms' link)
- External URLs:** (No external URL) (with 'Manage External URLs' link)
- Queue:** 123 ColaEntrada (with 'Manage Queues' link)
- Script:** A rich text editor with options for Style, Font, and Size, and various formatting icons.

Figura 33. Campaña Entrante.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Name:** Este es el nombre con el cual se guardará la campaña entrante creada, en este caso fue llamada “Campaña1”.
- **Range Date:** En esta opción se seleccionó un rango de días durante los cuales estará activa esta campaña. Se eligió un rango aproximado de un mes y medio.
- **Form:** En este campo se agregó el formulario que se desea asociar a la campaña creada
- **Queue:** en este parámetro se le eligió la cola creada para las llamadas entrantes que recibirá el *call center*.

IV.10 .5.2 Campaña saliente

Con el fin de que los agentes del *call center* también pudiesen realizar llamadas se creó una campaña saliente, a través de la cual los agentes podrán ejercer llamadas a números telefónicos previamente cargados en el sistema y realizar una serie de preguntas en caso de ser requerido por dicha campaña.

Al igual que en la campaña entrante se configuraron parámetros como nombre, rango de días y formulario, también fue necesario configurar parámetros específicos para las llamadas salientes tales como la troncal, en este caso la denominada “**DAHDI /g11**” y la cola de salida creada previamente.

Esta opción de campañas salientes de Elastix permite cargar un archivo en formato .CSV, a través del cual se generaran llamadas automáticas por parte de los agentes a números que previamente han sido guardados en este archivo. Para el presente proyecto se creó un archivo de pruebas en formato .CSV haciendo uso del programa *Microsoft Excel* el cual contenía nombre, apellido y número telefónico de un grupo de personas, el nombre que se le dio a este archivo fue “testtt.csv”.

En la siguiente imagen se pueden observar todos estos parámetros que se configuraron en la campaña de salida

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

The screenshot displays the 'New Campaign' configuration interface in Elastix. The left sidebar contains navigation options: Campaigns, Do not Call List, External URLs, History, Campaigns, Ingoing Campaigns, Queues, Agent Console, and Agents. The main form includes the following fields and values:

- Name: * campañasalida
- Range Date: * 22 Jan 2013 (Start) to 05 Mar 2013 (End)
- Schedule per Day: * 00 (Start time) to 23 (End time) : 01 (Start time) to 59 (End time)
- Form: * Preguntas del Call cent
- External URLs: (No external URL)
- Trunk: * DAHDI/g11
- Max. used channels: * 23
- Context: * from-internal
- Queue: * 321 ColaSalida
- Retries: * 5
- Call File: * [Seleccionar archivo] testtt.csv
- Call File Encoding: * UTF-8 - Universal
- Script: * [Style] [Font] [Size]

Figura 34. Campaña Saliente.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.10.6 Grabación de Mensajes de Voz.

El Software Elastix permite varias opciones referentes al tema de las grabaciones de voz que tendrá el sistema VoIP, siendo más concreto Elastix permite utilizar grabaciones que trae por defecto el sistema, así como también la opción de cargar alguna grabación realizada previamente y por ultimo permite crear una nueva grabación.

Para este proyecto se utilizó la opción de crear una nueva grabación, se crearon 5 grabaciones, la primera un mensaje de bienvenida el cual escucharan las personas que deseen comunicarse con el *call center*, y que a su vez le indica a la persona que llama la opciones que tiene disponibles. Este mensaje dice las siguientes

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

palabras **“Bienvenidos a Quórum Telecom, si conoce el número de extensión márkelo ahora, si desea ser atendido por algún agente presione “UNO” o si desea finalizar esta llamada presione “CERO”**.

El segundo mensaje que se creó recibió el nombre de **“Numero Inválido”** el cual les indica a los usuarios que llaman que han marcado un número de extensión o una opción invalida.

La tercera grabación realizada fue llamada **“Agentes_Ocupados”** con este mensaje en caso de que todos los agentes estén ocupados se les indica a los usuarios que llaman que deben esperar cierto tiempo hasta que algún agente se desocupe, es importante destacar que los usuarios se mantienen en espera gracias a la existencia de una cola de entrada.

La cuarta grabación consistió en un mensaje de saludo para ser utilizado en las campañas salientes, es decir, un mensaje que escucharan las personas cuando atiendan una llamada proveniente del *call center*. La función de este mensaje es evitar que los agentes tengan que decir las mismas palabras cada vez que una persona sea contactada.

La quinta y última grabación tuvo como finalidad avisar al agente que existe una llamada activa asignada a él y que está a punto de ser transferida a su extensión. La idea de esto es que el agente no se encuentre desprevenido en el momento que entra la llamada.

El Proceso para la realización de estas grabaciones consistió en ir a la pestaña **“PBX”**, luego a **“PBX Configuration”** y finalmente seleccionar la opción **“System Recording”** , una vez estando dentro de esta opción el sistema te indica que si se desea realizar una nueva grabación se debe introducir un numero de extensión , para nuestro caso se introdujo el número **“201”** el cual corresponde a una extensión creada para pruebas, al mismo tiempo se tuvo que abrir el *softphone* y configurarlo para que estuviese sincronizado con la misma extensión indicada

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

anteriormente, una vez abierto el *softphone* se marcó el número “*77”, el cual forma parte de este proceso de grabación, posteriormente se esperó aproximadamente diez segundos un tono de “*beep*” el cual es el indicador para empezar a grabar el mensaje, y por ultimo luego de haber grabado el mensaje se presionó la tecla “#” para indicarle al sistema que la grabación ha terminado.

Este proceso se repitió cinco veces para cada una de los mensajes explicados anteriormente.

A continuación se muestra una imagen en la cual se puede observar en el lado derecho como quedan guardadas en el sistema estas grabaciones.

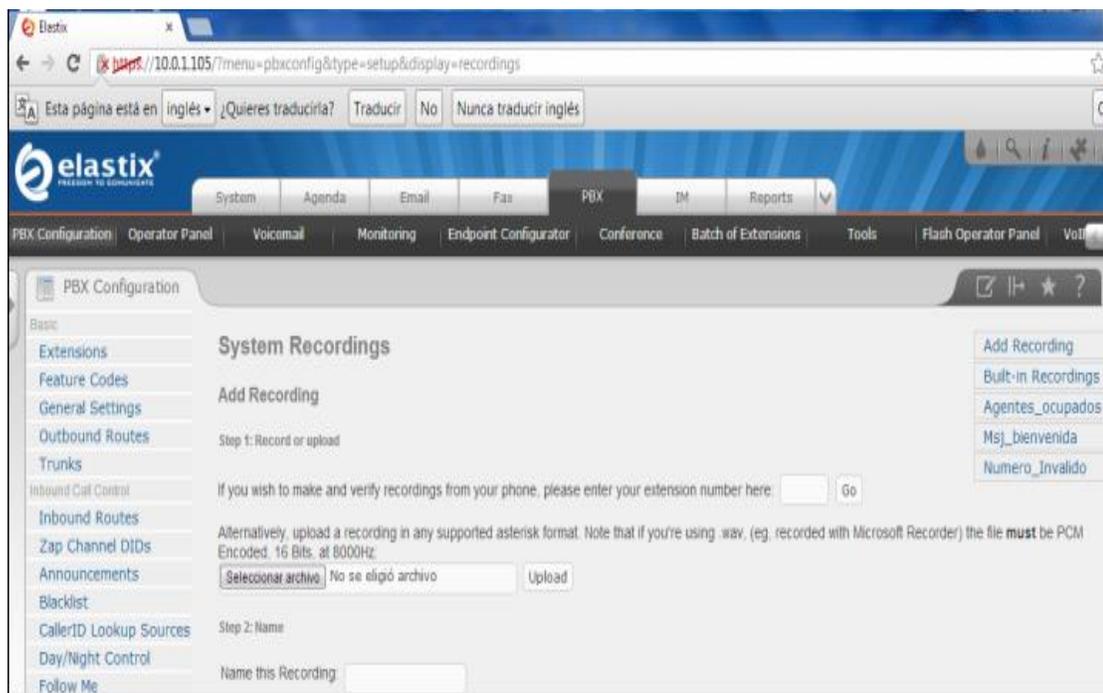


Figura 35. Mensajes Grabados en el Sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.10.7 Creación de IVRs.

Los IVRs son sistemas de respuestas de voz interactivas los cuales sirven para ayudar más que todo a las recepcionistas de las de las empresas y así alivianar la

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

carga de trabajo que pudieran tener por concepto de llamadas puntuales a extensiones predefinidas.

Una vez grabados los mensajes de voz que escucharán los usuarios que llamen al *call center* se procedió directamente con la creación del IVR, esto se logró dirigiéndose a la pestaña “**PBX**”, luego a “**PBX Configuration**”, una vez estando en esta sección se seleccionó la opción IVR y por último “**Add new IVR**”.

Para poder crear un IVR en Elastix se deben configurar una serie de parámetros mediante los cuales se va a lograr el correcto funcionamiento del IVR. A continuación se explican cada uno de ellos:

- **Change Name:** En esta opción se le agrega el nombre que tendrá el IVR, se le colocó el nombre de “**Principal**” al IVR creado.
- **Announcement:** Esta opción permite agregarle al IVR un mensaje previamente grabado en el sistema, en nuestro caso seleccionamos el mensaje llamado “**Bienvenida**”, el cual como su nombre lo indica dice algunas palabras de saludo a las personas que llaman.
- **Enable Direct Dial:** Esta opción se seleccionó ya que permite enviar la llamada directamente a una extensión en caso de que la persona que está llamando la marque.
- **Invalid Message:** Aquí se cargó un mensaje el cual indica que la persona ha introducido una opción inválida, es decir ha marcado alguna entrada que no está configurada en las opciones del IVR.

En la siguiente imagen se muestran los campos descritos anteriormente.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

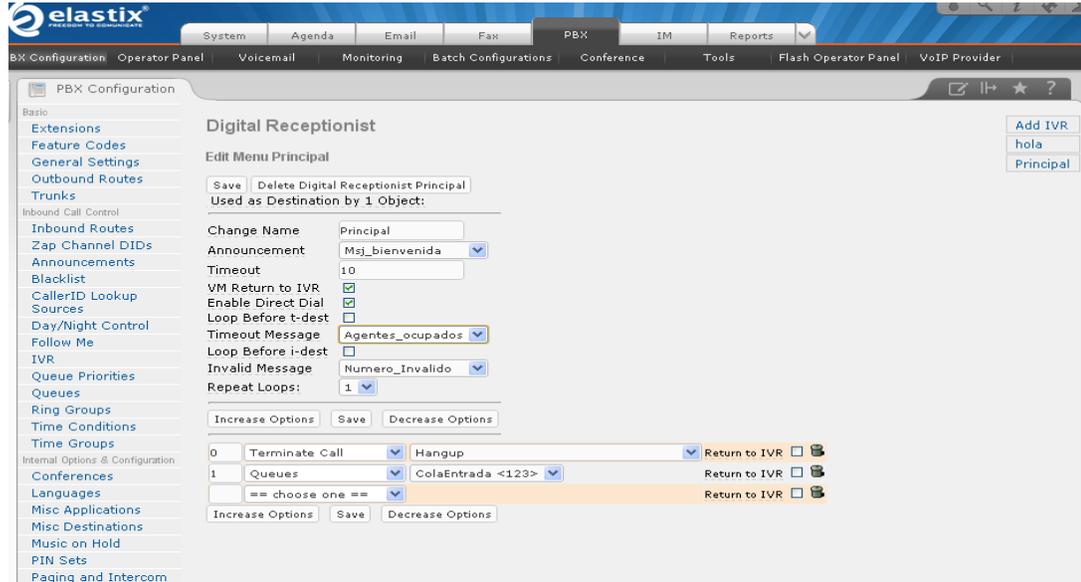


Figura 36. IVR Principal.

Fuente: Elaboración Propia.

Al momento de realizar las pruebas de llamadas hacia los agentes del *call center*, en el parámetro de destino de la ruta entrante creada anteriormente se colocó la opción “**IVR**”, para así de esta manera lograr que todas las llamadas que reciba el *call center* sean desviadas hacia el IVR.

En la siguiente imagen se puede observar la configuración de la ruta de entrada que se usó al momento de realizar las llamadas hacia el *call center*.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

The screenshot displays the 'Route: Todo' configuration page in the Elastix web interface. The left sidebar contains a navigation menu with categories like 'Extensions', 'Inbound Routes', and 'Remote Access'. The main content area is titled 'Route: Todo' and includes a 'Delete Route Todo' button. Below this, there are several configuration sections: 'Edit Incoming Route' with fields for Description (set to 'Todo'), DID Number, Caller ID Number, and CID Priority Route (checkbox); 'Options' with fields for Alert Info, CID name prefix, Music On Hold (set to 'Default'), Signal RINGING (checkbox), and Pause Before Answer; 'Privacy' with a Privacy Manager dropdown (set to 'No') and a Language field; 'CID Lookup Source' with a Source dropdown (set to 'None'); 'Fax Detect' with a Detect Faxes radio button (set to 'No'); and 'Set Destination' with a dropdown menu (set to 'IVR') and a 'Principal' dropdown.

Figura 37. Ruta Entrante con destino hacia el IVR Principal.

Fuente: Elaboración Propia.

En el parámetro *“destination”* de esta ruta se colocó la opción IVR, específicamente el IVR cuyo nombre es **“Principal”**, de manera que las llamadas entrantes fueran desviadas directamente a este IVR; su configuración se explica a continuación.

Al entrar una llamada en el sistema el usuario escucha un mensaje previamente grabado en el cual se les indica las opciones disponibles.

En caso de que el usuario marque la tecla número “0” la llamada se cortara automáticamente.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Si el usuario presiona la tecla “1” es porque desea hablar con algún agente del *call center*, por esta razón en la configuración del IVR se colocó que al marcar “1” las llamadas fueran desviadas hacia la cola con nombre “ColaEntrada<123>”.

En caso de que el usuario marque alguna tecla que no sea ninguna de las opciones anteriores el sistema reproduce un mensaje de error grabado previamente, el nombre de este fue “NumeroInvalido”.

IV.11 Seguridad del servidor Elastix

Todo servidor que tenga acceso a diferentes redes como internet se ve expuesto a sufrir diferentes tipos de ataques que pueden afectar la estabilidad del mismo, sin embargo con la configuración de ciertos parámetros se puede lograr que la vulnerabilidad a sufrir este tipo de ataques no sea tan alta.

IV.11.1 Activación del *Firewall*.

Se utilizó la opción de *firewall* que trae instalado Elastix, para realizar la activación de este fue necesario seleccionar la opción llamada “**Security**”, posteriormente la pestaña “**Firewall**” y finalmente “**activar Firewall**”. Este *firewall* utilizado funciona básicamente con *Iptables* (tablas Ip) la diferencia es que en vez de introducir los parámetros a través de comandos se utiliza la interfaz gráfica que ofrece Elastix para definir las reglas.

Se crearon dos reglas para el funcionamiento del *firewall*, una para las comunicaciones entrantes y otra para las salientes. En cada una de estas reglas se seleccionó como opción de interfaz por la cual se podían establecer las comunicaciones la opción “**any**”, de manera que funcionara con cualquier interfaz.

En la opción de la dirección fuente se colocó la red 192.168.0.0/20 de manera que solo se pudiesen establecer comunicaciones entrantes y salientes de alguna dirección IP de esta familia, también fue necesario colocar una dirección de destino para cada una de las reglas establecidas, en este caso se usó la dirección IP

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

0.0.0.0/0 que permite la comunicación con todas las direcciones provenientes de esta red.

En la siguiente imagen se observan las reglas del *firewall* creadas mediante la interfaz gráfica de Elastix.



Figura 38. Reglas del Firewall creadas en el Sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.11. 2 Cambio de Puerto SSH.

SSH es el protocolo usado para permitir el acceso a servidores desde maquinas remotas que se encuentren en la misma red o en redes remotas, el puerto que usa por defecto este protocolo para recibir las conexiones entrantes es el número 22, por lo que los *hackers* generalmente intentan atacar a través de este.

En esta implementación se realizó un cambio de este puerto a manera de reducir las posibilidades de ataques al sistema, los pasos ejecutados para este cambio fueron los siguientes:

Primero se modificó el archivo de configuración `/etc/ssh/sshd_config`, usando para esto el editor nano, una vez dentro del archivo se ubicó la línea `#Port 22`, y se procedió a editarla, quitando el símbolo numeral y colocando `"Port 50137"`, se

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

eligió este número de puerto de manera aleatoria con el objetivo de lograr que un atacante que desea entrar al sistema a través del protocolo SSH tenga que adivinar el número de puerto por el que se está estableciendo esta comunicación. Es recomendable usar puertos mayores al 1024. Finalmente se guardaron los cambios realizados en este archivo.

El segundo paso consistió en editar el fichero *etc/services*, en el cual se encuentra toda la información referente a los servicios de red existentes. Se ubicaron las líneas con la información del puerto usado por el protocolo SSH y se realizó el cambio de la siguiente manera.

SSH 50137/TCP

SSH 50137/UDP

Se procedió a detener el servidor SSH con el comando */etc/init.d/ SSH Stop*.

Se inició nuevamente el servidor SSH con el comando */etc/init.d/ SSH Start*.

Una vez realizados todos estos cambios para poder acceder al servidor de manera remota se debió utilizar el puerto número 50137.

IV.11.3 Acceso de usuarios SIP

Debido a que todos los usuarios del sistema implementado se conectaron a la central Elastix vía SIP, se realizó una configuración de manera tal que la central solo aceptara pedidos SIP desde maquinas provenientes con alguna dirección IP de la misma familia del servidor.

El cambio de configuración se realizó en el archivo *sip.conf* y en las líneas “*permit*” y “*deny*” se colocaron las respectivas direcciones IP permitidas. Sólo se permitió que accedieran vía SIP las direcciones de la familia 192.168.0.1./20; todas las demás fueron negadas.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Otro cambio que se realizó en el sistema para aumentar la seguridad del mismo fue la prohibición de llamadas que no estuviesen autenticadas, para esto en el archivo **sip_general_custom.conf** a el parámetro “**Allowguest=no**” se le coloco la opción no, prohibiendo de esta manera el acceso de invitados.

IV.11.4 Instalación de Fail2Ban

Fail2Ban es un analizador de intentos de inicio de sesión con direcciones IP remotas, que busca intentos fallidos de registro y bloquea las IPs de donde provienen estos intentos.

La instalación se realizó de acuerdo a los pasos descritos a continuación

- **Paso #1:** instaló Python en el servidor, para ello se ejecutó el comando **yum install python***
- **Paso #2:** se descargó Fail2Ban en la carpeta **/usr/src** desde su página en sourceforge: **wget**
http://downloads.sourceforge.net/project/fail2ban/fail2ban-stable/fail2ban-0.8.4/fail2ban-0.8.4.tar.bz2?use_mirror=hivelocity
- **Paso #3** Se descomprimió e instaló Fail2Ban con los comandos
tar xvfj fail2ban-0.8.4.tar.bz2
cd fail2ban-0.8.4
python setup.py install

Con esto se obtuvo instalado Fail2Ban en la dirección **/usr/share/fail2ban** y los scripts en la dirección **/usr/bin**.

Finalmente se configuró Fail2Ban para que analizase los intentos de acceso al servidor y bloquee las direcciones IP que se presume que no conocen la contraseña del servidor. Esto se logró modificando el archivo **jail.conf** ubicado en el directorio

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

`/etc/fail2ban`. Para que Fail2Ban busque intentos fallidos de inicio de sesión por ssh se modificó la sección `[ssh-iptables]` y se colocó de la siguiente manera:

```
[ssh-iptables]
enabled = true
filter = sshd
action = iptables-allports[name=SSH, port=ssh, protocol=tcp]
logpath = /var/log/secure
maxretry = 3
```

Donde la opción *enabled* se coloca en el valor *true* para indicar que el servicio se encuentra activo, *filter = sshd* define que el puerto SSH se encuentra en estado de escucha para posibles conexiones entrantes, *action* se refiere a las acciones a realizar en caso de que se cumplan las condiciones y *maxretry* controla el número de intentos fallidos que una persona puede realizar antes de ser bloqueada.

Los intentos de conexión al servidor son almacenados en el directorio `/var/log` en el archivo `secure`. (Sepúlveda, 2010).

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

CAPÍTULO V

Resultados

En el siguiente capítulo se muestran cada uno de los resultados obtenidos en relación con los objetivos que se plantearon inicialmente en este proyecto, para la recolección de todos estos resultados fue necesario cumplir con cada una de las pautas que se plantearon en el Marco Metodológico.

V .1 Diseño de la red y plan de numeración IP

Inicialmente haciendo uso del software Microsoft Visio 2010 se realizó el diseño de la topología de red necesaria para el funcionamiento del *call center*.

En el sistema implementado se utilizó un *hub* CentreCom 3024SL de 24 puertos, existente ya en la empresa Quórum Telecom. A este *hub* le fueron conectadas las 20 computadoras de cada uno de los agentes del *call center* junto con el Servidor Elastix.

Asi mismo el *hub fue* conectado a un *router* que proporciono conectividad a el servicio de Internet, sin embargo a efectos de productividad, no está previsto que los agentes del *call center* cuenten con conexión a Internet.

Dentro de los equipos fundamentales para la implementación de esta red tenemos el servidor Elastix, el cual ejerció todas las funciones de PBX necesarias para la transmisión y recepción de la voz. A su vez a este servidor también se le instaló otro importante elemento de la red como lo fue la tarjeta digital Digium que desempeño como labor principal establecer la conexión con la red pública PSTN.

A continuación se puede observar el diseño de red obtenido a través del programa Visio, el cual se implementó en las instalaciones de la empresa.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

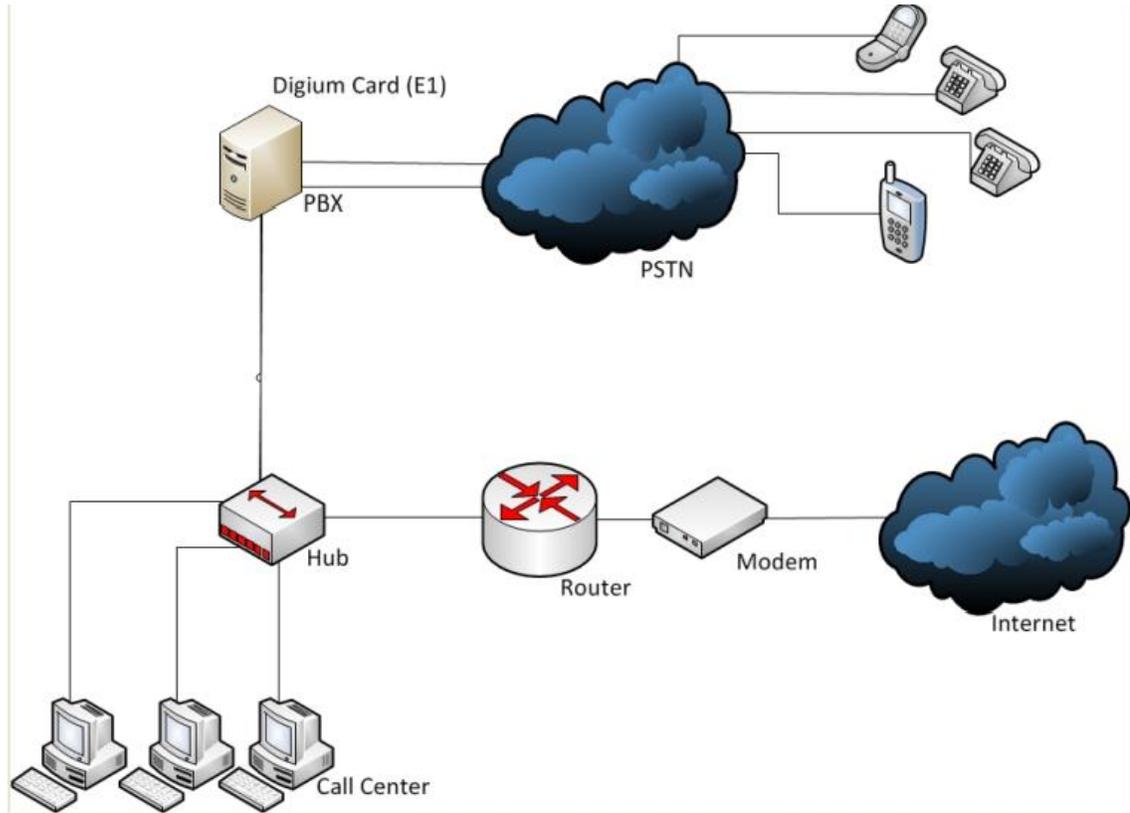


Figura 39. Topología de la red del sistema implementado.

Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra con más detalle las características de todos los elementos de hardware que se utilizaron en la red.

Cantidad	Equipo	Marca/Modelo	Principales Características
1	Servidor	Procesador AMD/Fx8350	12 Gb de Ram. Procesador de 8 núcleos

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

1	Hub	CentreCOM/ AT-3024SL	24 Puertos de red (RJ45)-
1	Router	TrendNet/ TW100-BRV214	4 puertos VPN, IPSec, L2TP
1	Modem	Tp-link /Tl8616	Micro-filtro para línea telefónica.
20	Computador	Acer	2 Gb de Ram, 100 Gb de disco duro.
1	Tarjeta Digital	Digium/Te122p	1 Puerto de red (RJ45), Cancelador de Eco.

Tabla 3. Componentes de Hardware de la Red Implementada.

Fuente: Elaboración Propia.

Para el *call center* se utilizaron direcciones IP privadas de clase C de la familia 192.168.0.0/20. Se escogió esta máscara de subred para lograr un uso más eficiente del ancho de banda, con la finalidad de evitar una mayor congestión de la red causada por los mensajes de *broadcast*, que son un problema característico de IPv4.

PBX.	192.168.0.60
Máquinas de los Agentes.	Direcciones por DHCP de la familia 192.168.0.0/20

Tabla 4. Direcciones IP del Sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

V.2 Verificación de tarjeta Digital Digium

Luego de haber instalado físicamente la tarjeta digital Digium, y haber realizado todos los cambios referentes en la configuración de archivos se procedió a la utilización de ciertos comandos de Asterisk para verificar el estado actual de la tarjeta.

Primero se ingresó a la consola de Asterisk, esto a través del comando “**Asterisk -vvvr**”, una vez dentro de la consola de Asterisk se introdujeron por teclado los siguientes comandos:

- **Dahdi_scan:** Este comando básicamente muestra en pantalla toda la información referente a los *spans* que se encuentran instalados en el sistema. En este caso sólo mostro la información referente a un *span* ya que solamente fue instalado uno en el servidor. Si ocurriese que la empresa desea ampliar el alcance del *call center* agregando otro enlace E1 a una tarjeta adicional, al aplicar este comando se vería como resultado ambos *spans*.

La siguiente imagen muestra los resultados obtenidos con la utilización de este comando:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

```
servidorelastix*CLI> exit
[root@servidorelastix ~]# dahdi_scan
[1]
active=yes
alarms=OK
description=Wildcard TE122 Card 0
name=WCT1/0
manufacturer=Digium
devicetype=Wildcard TE122 (VPMADT032)
location=PCI Bus 04 Slot 06
basechan=1
totchans=31
irq=58
type=digital-E1
syncsrc=1
lbo=0 db (CSU)/0-133 feet (DSX-1)
coding_opts=AMI,HDB3
framing_opts=CCS,CRC4
coding=HDB3
framing=CAS
[root@servidorelastix ~]# █
```

Figura 40. Resultado obtenido con el comando “dahdi_scan”.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la imagen a través del comando “dahdi_scan” el sistema muestra información sobre el nombre del *span* que está instalado, indicando marca y modelo, también indica tanto el BUS PCI donde está instalado el *Span* así como el *slot*. El tipo de conexión que está recibiendo en este caso una conexión digital (E1), y toda la información referente a la codificación y señalización que usa el mismo la cual fue explicada en capítulos anteriores.

- **dahdi_tool:** Este comando sirve para indicar el estado actual de las alarmas que tiene la tarjeta Digium, en este proyecto inicialmente cuando sólo se instaló la tarjeta físicamente la misma presentaba una alarma evidenciada por un LED de color rojo, lo cual se refiere generalmente a una falla de tipo física.

Posteriormente, luego de configurar los archivos DAHDI y de conectar el enlace E1 a la tarjeta, el estado de la alarma cambio de color rojo a verde, lo que

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

indicó que todo estaba bien configurado. En la siguiente imagen se puede observar el estado de las alarmas a través del este comando.



Figura 41. Estado de las Alarmas de la tarjeta digital Digium TE122.

Fuente: Elaboración Propia.

V.3 Comprobación del estado de los canales.

Como ya se ha mencionado anteriormente el tipo de señalización que usa el proveedor del enlace E1 en el presente proyecto es MFC/R2, por lo que los parámetros de señalización de Asterisk se tuvieron que configurar basándose en este tipo de señalización y las diferentes modificaciones que esta tiene dependiendo del país, de manera que no hubiesen problemas de señalización entre Asterisk y el enlace E1.

Con el enlace E1 usado para el presente proyecto se tuvieron 30 canales de voz disponibles. Este enlace con ese tipo de señalización usa el formato CAS para la señalización de cada canal, usando exclusivamente para ello los bits del canal

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

número 16. Fue por este motivo que al momento de realizar la configuración del archivo **System.conf** en la parte referente a los canales se colocó el parámetro CAS para la señalización, incluyendo los bits ABCD los cuales representan el estado de la línea y sirven para la comunicación de los dispositivos. Es importante destacar que estos bits se colocaron de la manera “1101” ya que con esta configuración los canales permanecen bloqueados cuando no se estén usando y disponibles cuando los dos extremos estén listos para realizar alguna comunicación.

Después de haber realizado todas estas modificaciones se ingresó nuevamente a la consola de Asterisk, a través del comando “**Asterisk -vvvr**” y posteriormente usando el comando “**mfc2 show channels**” se pudo observar el estado actual de los 30 canales.

A continuación se muestra una imagen la cual indica el estado de los canales:

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

```
servidorelastix*CLI> mfc2 show channels
Chan Variant Max ANI Max DNIS ANI First Immediate Accept Tx CAS Rx CAS
 1 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 2 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 3 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 4 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 5 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 6 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 7 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 8 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
 9 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
10 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
11 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
12 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
13 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
14 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
15 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
17 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
18 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
19 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
20 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
21 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
22 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
23 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
24 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
25 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
26 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
27 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
28 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
29 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
30 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
31 VE      11      4      Yes      Yes      Yes      IDLE  IDLE
servidorelastix*CLI>
```

Figura 42. Estado de los canales.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la imagen tanto la transmisión como la recepción tipo CAS de los 30 canales se encontraba en estado **“IDLE”** lo que significaba que estaban libres para ser usados.

V.4 Comprobación del estado de las Extensiones.

Se utilizó el comando **“sip show peers”** a través de la consola de Asterisk el cual sirvió para mostrar los datos referentes a las extensiones tipo **“SIP”** creadas en el sistema.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

A continuación se muestra una imagen con los resultados obtenidos a través de este comando.

```
[root@servidorelastix ~]# asterisk -r
Verbosity is at least 3
servidorelastix*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Forcerport ACL Port      Status
1001/1001          192.168.0.29        D N          A 5060        OK (3 ms)
1002/1002          192.168.0.28        D N          A 5060        OK (13 ms)
1003               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1004/1004          192.168.0.36        D N          A 5060        OK (14 ms)
1005               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1006               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1007               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1008/1008          192.168.0.33        D N          A 5060        OK (8 ms)
1009/1009          192.168.0.34        D N          A 5060        UNREACHABLE
1010/1010          192.168.0.38        D N          A 5060        OK (18 ms)
1011               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1012               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1013               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1014               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1015               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1016               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1017               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1018               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1019               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
1020               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
201/201           (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
202/202           (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
300               (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
3000              (Unspecified)       D N          A 0          UNKNOWN
400/400           192.168.0.7         D N          A 57594       OK (107 ms)
25 sip peers [Monitored: 6 online, 19 offline Unmonitored: 0 online, 0 offline]
servidorelastix*CLI>
```

Figura 43. Conexiones tipo SIP del sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que este comando arrojó datos como el nombre de todas las extensiones creadas, la dirección IP asociada a cada extensión, el puerto que están usando para la señalización en este caso el 5060, propio del protocolo SIP y el estado actual de cada extensión.

V.5 Llamadas entre diferentes extensiones.

Otra de las pruebas de funcionamiento realizadas mediante la cual se pudo constatar que la implementación de la red descrita en secciones anteriores se hizo de manera correcta fue la realizando llamadas entre diferentes extensiones de la red interna. Con este tipo de llamadas entre extensiones también se logró observar el

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

buen el funcionamiento de la respectiva central PBX implementada en el diseño de red.

Se utilizaron las extensiones número 201 y 202 para realizar estas pruebas, siendo más específicos desde diferentes computadoras se realizó la conexión entre Elastix y el *softphone* Zoiper configurando en cada *softphone* un número de extensión de los mencionados anteriormente.

A través de las siguientes imágenes se puede observar el establecimiento y funcionamiento de la llamada entre las dos extensiones.



Figura 44. Extensión “201” recibiendo una llamada de la extensión “202”.

Fuente: Elaboración Propia.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom



Figura 45. Estado de las llamadas activas a través del “Operator Panel”.

Fuente: Elaboración Propia.

En las imágenes se puede observar que el *softphone* está conectado a través de la extensión “Prueba1<201>” y está recibiendo una llamada proveniente de la extensión “Prueba2 <202>”, al contestar la llamada el flujo de voz entre las dos extensiones funcionó de manera correcta. A través de la segunda imagen utilizando la función del “Operator Panel” de Elastix también se pudo ver que las dos extensiones tenían una llamada en proceso.

V. 6 Establecimiento de llamadas entre la PSTN y la Red VoIP.

Luego se procedió a realizar pruebas de llamadas desde números fijos de CANTV y desde celulares, hacia extensiones creadas previamente. Esto se hizo con el motivo de verificar que la conexión entre la red PSTN y la red VoIP creada en el proyecto estuviese funcionando de manera correcta.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Inicialmente se utilizaron las extensiones que funcionaron como pruebas del sistema, en la sección anterior, y luego se procedió a seguir los pasos indicados por el IVR.

A través de estas pruebas se comprobó el funcionamiento del *call center*. Elementos como las colas definidas, las troncales, las extensiones, los *softphones* y los protocolos de señalización deben estar configurados adecuadamente para que el sistema VoIP pueda funcionar.

A continuación se muestra una imagen en la que se puede observar el establecimiento de llamadas entre las dos redes mencionadas anteriormente.

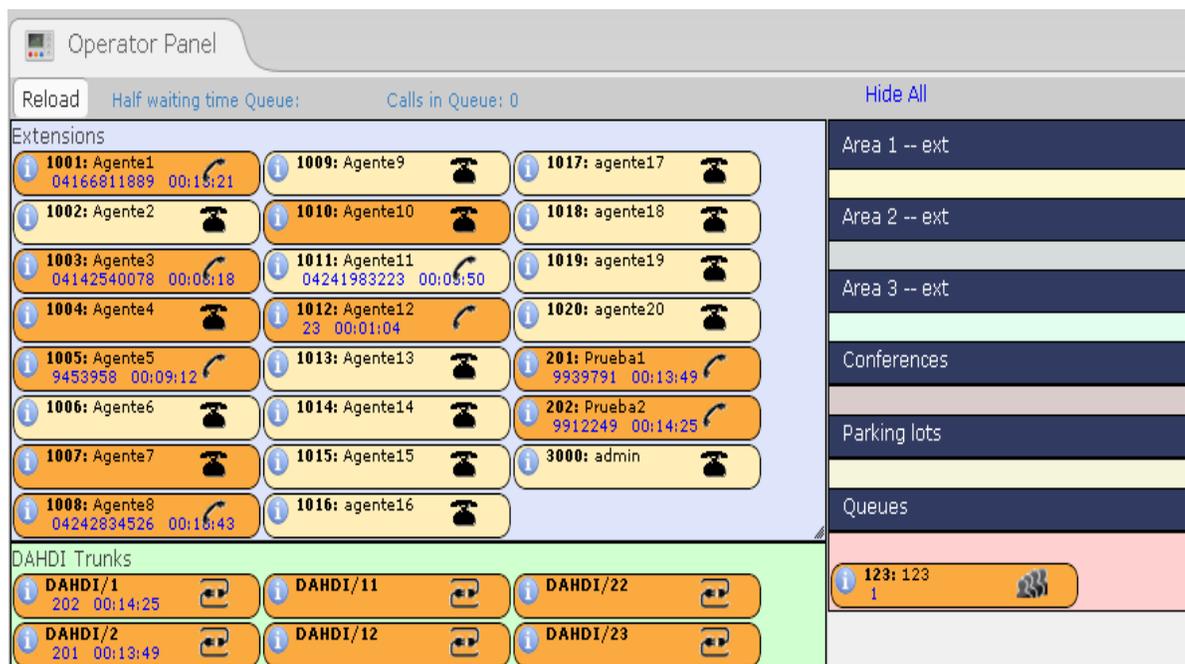


Figura 46. Llamadas entre la red VoIP y la red PSTN.

Fuente: Elaboración Propia.

También es importante destacar el funcionamiento de la cola del *call center*, al momento del ejemplo anterior todos los agentes conectados se encontraban ocupados, y la central al recibir una nueva llamada la envió automáticamente al

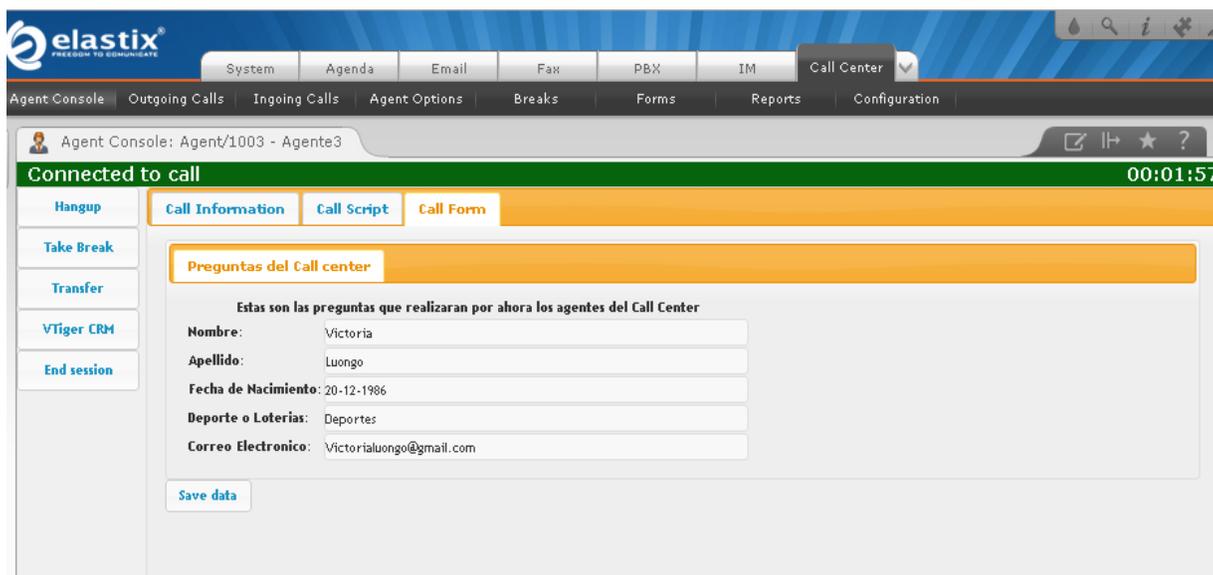
Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

sistema de colas, esto se puede observar en la parte inferior derecha del “*Operator Panel*”.

V.7 Funcionalidades del *call center*

V.7.1. Formulario de Llamadas

Una vez establecida la llamada entre un usuario y un agente, el sistema automáticamente abrió en la pantalla del agente un formulario con ciertas preguntas las cuales el agente debe realizar a la persona que llama antes de proporcionarle algún otro tipo de información.



The screenshot displays the Elastix Agent Console interface during an active call. The top navigation bar includes tabs for System, Agenda, Email, Fax, PBX, IM, and Call Center. The main interface shows the agent's console for 'Agent/1003 - Agente3', which is 'Connected to call' with a duration of 00:01:57. A sidebar on the left contains buttons for Hangup, Take Break, Transfer, VTiger CRM, and End session. The main content area features a 'Call Form' tab with a section titled 'Preguntas del Call center'. Below this, a message states: 'Estas son las preguntas que realizaran por ahora los agentes del Call Center'. The form contains the following fields:

Nombre:	Victoria
Apellido:	Luongo
Fecha de Nacimiento:	20-12-1986
Deporte o Loterías:	Deportes
Correo Electronico:	Victorialuongo@gmail.com

A 'Save data' button is located at the bottom of the form.

Figura 47. Formulario completado por un agente en una llamada activa.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ejemplo mostrado en la imagen se puede observar que el agente “**numero 3**” cuyo número de agente es el “**1003**” recibió una llamada, y posteriormente procedió a llenar los datos de la persona que llamó. Dentro de las preguntas que realizó se encuentra el nombre y apellido de la persona que llama, si llama por algún deporte en específico o por apuesta de loterías, correo electrónico

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

entre otras. El agente al finalizar las preguntas presiono la opción “*save data*” guardando automáticamente todos estos datos en el sistema.

V.7.2 Solicitud de Transferencia.

Otra de las características que se implementó en este *call center*, fue la posibilidad de que los agentes pudiesen transferir la llamada a otras extensiones, esto debido a que en muchos casos los usuarios que llaman desean hablar con otros departamentos de la empresa o con personal de la organización que no laboran como agentes.

Para realizar esta función el agente debe presionar la opción “*transfer*”, la cual está ubicada en la barra del lado izquierdo de su pantalla, una vez seleccionada está el sistema le pide al agente que marque el número de extensión a el cual va a transferir la llamada y esta es transferida a otra línea.

V.7.3 Breaks - descansos

Los *breaks* o pequeños descansos es otro de los beneficios que tienen los agentes del *call center* implementado, luego de haber iniciado sesión como agente se tiene la posibilidad de seleccionar un *break* en el cual se debe indicar algún motivo, ya sea para ir al baño, cansancio, alguna emergencia etc. Luego de que el agente selecciona el tipo *break* el sistema automáticamente pone como ocupado la línea del agente de manera que no pueda recibir ningún tipo de llamadas.

Desde otro punto de vista este parámetro es importante ya que los encargados del *call center* a través de los reportes pueden observar el número de *breaks* tomados por los agentes en cierto tiempo y así poder evaluar el comportamiento de los mismos.

En las siguientes imágenes se puede observar el funcionamiento de los “*breaks*” en la sesión de un agente.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

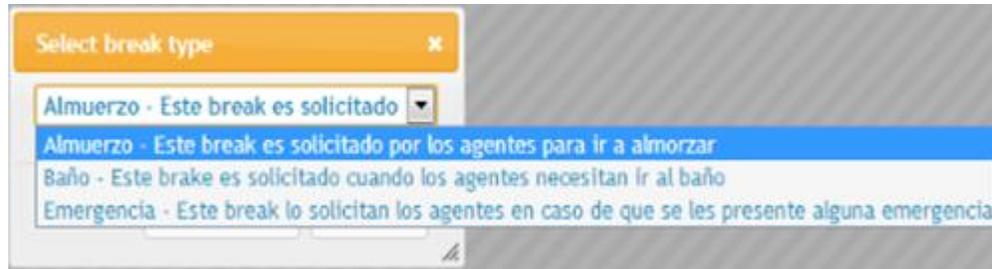


Figura 48. Selección del tipo de *Break* por parte de un Agente.

Fuente: Elaboración Propia.

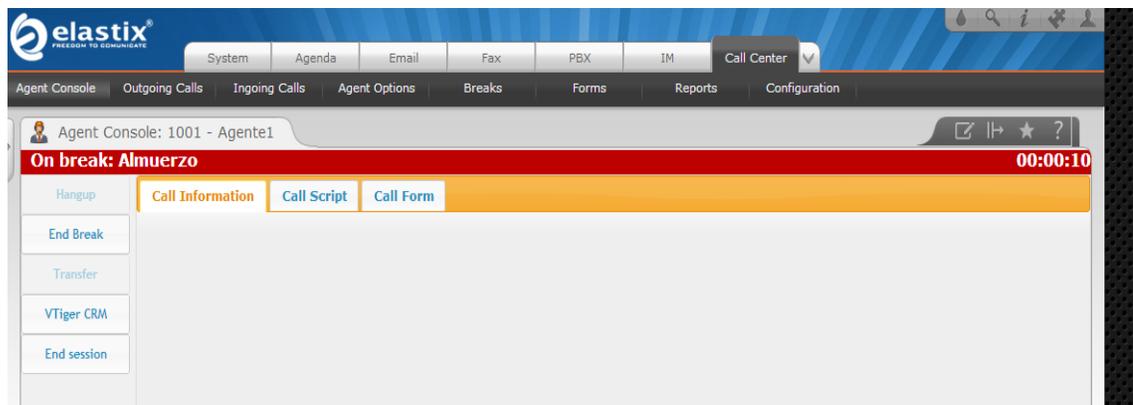


Figura 49. Agente 1 no disponible por *Break* de almuerzo.

Fuente: Elaboración Propia.

V.7.4 Reportes

Haciendo uso de las herramientas que ofrece el software Elastix se pudieron obtener diferentes tipos de reportes. A través de estos es posible que el personal indicado por la empresa pueda realizar un estudio detallado de ciertos parámetros, tales como el comportamiento de los agentes durante toda la jornada laboral, incluyendo puntos como el total de llamadas recibidas y realizadas, la cantidad de

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

breaks tomados por los agentes, entre otros. También es posible el estudio de la ocupación de los canales en horas pico o durante una jornada.

V.7.4.1 Reportes de Agentes

Para obtener un reporte en cuanto al número de llamadas recibidas y realizadas por un agente durante una jornada laboral, fue necesario seleccionar la opción denominada “*Reports*” del menú principal de Elastix, una vez en esta pestaña se seleccionó la opción “*Graphic Reports*” y al introducir ciertos parámetros el resultado obtenido fue el siguiente:

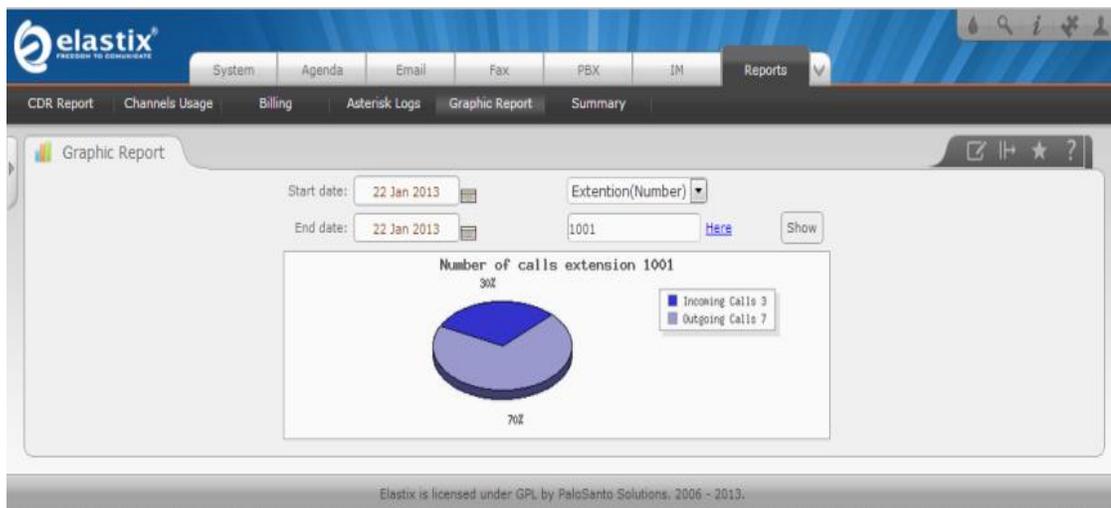


Figura 50. Reporte Grafico de la extensión número 1001.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la imagen luego de introducir una fecha de inicio y de fin, así como también el número de extensión que se desea evaluar, el sistema muestra automáticamente una gráfica tipo pastel indicando el número de llamadas recibidas y realizadas por la persona de esa extensión durante una determinada fecha.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Este procedimiento se puede realizar con cada una de las extensiones asignadas a los agentes del *call center*, a fines de este proyecto no se realizó un estudio del número de llamadas totales ejecutadas por los agentes ya que el *call center*, si bien esta implementado en su totalidad, todavía no está en funcionamiento.

V.7.4.2 Utilización de Canales

En caso de querer realizar un estudio detallado de la ocupación de los canales que posee el sistema de Voz sobre Ip, Elastix proporciona diferentes tipos de gráficos en los cuales especifica el tipo de canal y su ocupación con respecto a la variable tiempo.

Luego de haber realizado pruebas durante un periodo determinado de tiempo, la ocupación de los diferentes tipos de canales que se obtuvo fue la siguiente.



Figura 51. Ocupación de los Canales según el tipo.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar Elastix agrupa los diferentes tipos de canales, ya sean tipo SIP, DAHDI, IAX etc. Indicando el número total de canales que permanecieron ocupados a lo largo del tiempo. Esta opción puede ser muy útil en el

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

caso de que se tenga un sistema con altos índices de tráfico y se necesite la utilización de más canales para disminuir la carga de trabajo de los agentes.

Con el funcionamiento de todas estas características del *call center* al momento de presentar alguna llamada activa se logró cumplir el objetivo de su implementación para 20 operadores planteado inicialmente en este proyecto.

V.8 Numero Agentes Necesarios

Basándonos en la teoría usada por el modelo de Erlang C, se notó que la propuesta inicial de 20 agentes fue muy ambiciosa tomando en cuenta los datos proporcionados por la empresa referente a las llamadas y su duración. Debido a esto se hicieron nuevos cálculos utilizando el método de ensayo y error para evaluar la posibilidad de tener un menor número de agentes en el *call center* manteniendo una buena calidad de servicio.

Luego de probar con diferentes valores la variable referente al número de agentes y proceder con el cálculo y análisis de otras variables como la de Erlang C, el “ASA” (Velocidad Promedio de Respuesta), el nivel de servicio se observó que con 8 agentes para el *call center* los resultados son aceptables.

La ocupación de los agentes obtenida con un número de agentes igual a 8 fue la siguiente:

$$\rho = \frac{U}{M}$$

$$\rho = \frac{4}{8} \times 100 = 50\%$$

Donde “U” representa la misma intensidad de tráfico calculada en secciones anteriores y “M” el número de agentes en este caso 8.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Por otro lado la fórmula de Erlang C realizando estas modificaciones, arrojó el siguiente resultado:

$$Ec(M, U) = \frac{\frac{U^M}{M!}}{\frac{U^M}{M!} + (1 - \rho) \times \sum_{k=0}^{M-1} \frac{u^k}{k!}} = 0,0864$$

Para realizar el cálculo del parámetro “ASA” se utilizó el mismo valor promedio de tiempo de llamadas usado en la sección anterior el cual fue de 3 minutos, el resultado fue el siguiente:

$$ASA = \frac{Ec(M, U) \times Ts}{M \times (1 - \rho)} = 3,92 \text{ seg}$$

Finalmente el cálculo del nivel de servicio que tendría el sistema con 8 agentes arrojó el siguiente resultado.

$$W(t) = Prob(\text{tiempo de espera} \leq t)$$

$$W(t) = 1 - Ec(M, U) \cdot e^{-\frac{(M-U)t}{Ts}} = 0,9307 \text{ o } 93.07 \%$$

Al haber evaluado los resultados obtenidos con otros números de agentes se decidió escoger esta cantidad, ya que de igual manera el sistema dispone de una buena calidad de servicio. El tiempo de espera arrojado está dentro de los niveles aceptables y con esta menor cantidad de agentes la empresa podrá disminuir los gastos por concepto de salarios.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

CAPÍTULO VI

Conclusiones y Recomendaciones

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones obtenidas al finalizar el trabajo especial de grado, y las recomendaciones que se consideran necesarias para la implementación del software Elastix a futuro en un entorno similar.

VI. 1 Conclusiones

Con la realización de este proyecto, se pudo observar la importancia que tiene hoy en día la tecnología de Voz sobre IP, no solo en el campo de las telecomunicaciones sino también en el área empresarial, donde cada día el número de empresas que quieren hacer modificaciones o cambios en sus sistemas de telefonía para poder transmitir la voz a través del protocolo IP, es mayor. Esto se debe a la fácil adquisición de distribuciones libres como Elastix, las cuales ofrecen una amplia gama de beneficios tanto a los empleados de cargos bajos, como también a los dueños o personas que ocupan altos puestos en alguna organización.

De esta manera, para realizar una correcta implementación de algún sistema con Voz sobre IP, es necesario tener niveles básicos de conocimiento en tópicos relacionados a la telefonía, redes, protocolos, equipos de hardware y software, ya que con la correcta selección y configuración de estos parámetros, es posible lograr el óptimo funcionamiento del sistema.

Las limitaciones en la disponibilidad de los recursos, fue un factor de aprendizaje en el presente proyecto, debido a que las empresas tratan de optimizar sus costos de tal manera que puedan generar altos porcentajes de ganancias. En sistemas como el implementado, existen diversos modelos para calcular los recursos requeridos de acuerdo a las necesidades del proyecto. En éste en particular, la propuesta inicial planteaba un número de 20 agentes para el *call center*. Basándonos en el modelo matemático de Erlang, se hizo un dimensionamiento donde se llegó a la

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

conclusión de que el número de agentes planteados fue mucho mayor que el que la empresa en realidad necesita. Sin embargo, se debe resaltar que los principales equipos en los cuales se basa el funcionamiento de este *call center* permiten escalabilidad, pudiendo realizar modificaciones como el aumento del número de agentes, suponiendo que la empresa así lo necesite.

El diseño de la red VoIP implementada, con una previa selección de parámetros para su funcionamiento, resulto exitoso ya que fue capaz de soportar 20 llamadas de manera simultánea, incluyendo llamadas internas en la empresa y otras direccionadas hacia la red PSTN.

La red implementada beneficiará desde el personal que labora como agente en el *call center*, ya que el módulo de Elastix dispone de ciertas aplicaciones con una interfaz gráfica amistosa para el usuario, hasta el personal que ocupe cargos superiores, los cuales tendrán la posibilidad de visualizar el comportamiento de los agentes del *call center*, evaluando así parámetros como duración de llamadas, descansos tomados por cada agente, entre otros.

VI.2 Recomendaciones

Se recomienda orden al momento de realizar la implementación de la red IP, así como también realizar anotaciones y planos del diseño de la misma. De igual manera, la realización de una base de datos que contenga información referente a los puertos de conexión entre el *hub* y las diferentes computadoras, el servidor Elastix y el *router* que sirve de puerto de enlace para el servicio de internet.

En caso de que la empresa desee en un futuro aumentar el número de operadores del *call center*, se recomienda sustituir el *hub* instalado actualmente por un *switch*, ya que de esta manera se distribuye eficientemente el ancho de banda disponible en la red.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Si bien para efectos de las pruebas se utilizaron contraseñas sencillas, es importante que la empresa Quórum Telecom defina claves con un nivel de seguridad más alto.

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adrian de Perez, T. (2005). *Universidad Simon Bolivar, Cuerpo de Profesores*, *Páginas del Personal Académico de la USB*. Recuperado el 05 de mayo de 2012, de <http://prof.usb.ve/tperez/docencia/2422/contenido/Cuantifico/CUANTIFICO.htm>

Anderruthy. (2007). *Skype y Telefonía IP*.

Belen, M. (05 de 11 de 2009). *Scribd*. Recuperado el 10 de mayo de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/22659751/Protocolo-de-Internet>

Biblioteca digital del ilce. (s.f.). Recuperado el 10 de diciembre de 2012, de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm

Cabezas Galan, A. (Enero de 2000). *Servicios de Formacion de Telefonía de España, S.A.U*. Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Manual%20Basico%20Telefonía%20Tradicional.pdf

Capdehourat, G. (2006). *Instituto de Ingeniería Eléctrica*. Recuperado el 06 de Junio de 2012, de http://iie.fing.edu.uy/~gcapde/trabajos/perfo/trabajo_perfo.pdf

Chicago Web Phones. (2012). Softphones. *Chicago Web Phone*, 1.

Davidson, J., & Peters, J. (2001). *Fundamentos de Voz sobre IP*. Madrid: Pearson Education.

Diccionario de Informática, Alegsá. (s.f.). *Alegsá*. Recuperado el noviembre de 2012, de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/gateway%20telecomunicaciones.php>

Digium. (2011). *TE120 Series*. Huntsville, AL.

Fernandez, M., & Saturno, V. (24 de septiembre de 2007). *Diseño de la plataforma tecnológica para centros de Comunicaciones mediante VoIP*. Caracas, Venezuela.

García Sabater, J. (2010-2011). *Universidad Politécnica de Valencia España*. Recuperado el 10 de Junio de 2012, de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/Teoriadecolasdoc.pdf>

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Garcia, R. (2008). Integración de PBX analógica/digital (NEC) con PBX IP por software (ASTERISK) del ministerio del poder popular para la cultura e interconexión con la red PSTN de CANTV. Caracas, Venezuela.

Gil Cabezas, J. (2008). *Universidad de Córdoba*. Recuperado el 20 de mayo de 2012, de <http://www.uco.es/~i62gicaj/RTP.pdf>

Grupo de expertos sobre telefonía IP de la UIT-D. (2005). *Union Internacional de Telecomunicaciones*. Recuperado el 15 de mayo de 2012, de http://www.itu.int/ITU-D/cyb/publications/2003/IP-tel_report-es.pdf

Juarez. (Julio de 2011). *J & A Consulting*. Recuperado el 10 de Junio de 2012, de <http://www.jacons.net/que-es-asterisk/>

Landivar, E. (2008). *Comunicaciones Unificadas con Elastix, Volumen 1*.

Montoya Benito, R. (2006). *Diseño y Configuración de dos plataformas de Interfonía H.323*. Sevilla.

Morales Mendoza, L. J. (2009). *Universidad Veracruzana, Mexico*. Recuperado el 20 de mayo de 2012, de <http://www.dicis.ugto.mx/profesores/ljavier/documentos/Lec01%20-%20Teorema%20de%20Muestreo.pdf>

Muñoz, A. (2009-2010). *Elastix a Ritmo de Merengue*.

PaloSanto Solutions. (2012). *Elastix*. Recuperado el 25 de mayo de 2012, de <http://www.elastix.com/index.php/es/informacion-del-producto/informacion.html>

Romero, M. C. (2003). *Aprenda Redes*. Recuperado el 02 de junio de 2012, de <http://www.aprendaredes.com/downloads/manual-routers.pdf>

Sepúlveda, A. (14 de Enero de 2010). *Elastix.org*. Obtenido de <http://blogs.elastix.org/es/2010/01/14/instalacion-de-fail2ban/>

Silva, M. (2009). *La Guía OpenR2*.

Tanner, M. (2000). *The Erlang-C Formula*. Retrieved Junio 10, 2012, from <http://www.mitan.co.uk/erlang/elgcmath.htm>

Union Internacional de Telecomunicaciones. (2008-2009). Recuperado el 05 de Junio de 2012, de <https://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja>

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Frec%2Fdologin_pub.asp%3Flang%3De%26id%3DT-REC-E.800-200809-I!!PDF-S%26type%3Ditems&ei=tPQOUc_MM5G88wS5xoHwDg&usg=AFQjCNHTLAJIu ebF_yWAmz

Voip Foro. (2012). Recuperado el 05 de Junio de 2012, de <http://www.voipforo.com/QoS/QoSVoip.php>

Voip Bandwidth Calculation. (2005). *New Port Networks*. Retrieved Junio 1, 2012, from <http://www.cs.ru.ac.za/courses/honours/RTMM/software/52-VoIP-Bandwidth.pdf>

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

APÉNDICES

APÉNDICE A

Abreviaturas y Acrónimos

ANI	<i>Automatic number identification</i> – Número automático de identificación)
ASA	<i>Average speed Answer</i> – Velocidad promedio de respuesta.
BNC	<i>Bayonet Neill-Concelman</i> – Tipo de conector para uso con cable coaxial.
BW	<i>Band Width</i> – Ancho de Banda.
CAS	<i>Channel Associated Signaling</i> – Señalización de canal Asociado.
CÓDEC	Codificador/decodificador.
DAHDI	<i>Digium Asterisk Hardware Device Interface</i> – Driver para tarjetas PCI de Asterisk.
DNIS	<i>Dialed Number Identification Service</i> – Servicio de identificación de Número marcado.
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i> – Sistema Global para Comunicaciones Móviles.
HDB3	<i>High Density Bipolar 3</i> – Alta densidad Bipolar.
IAX	<i>Inter-Asterisk Exchange protocol</i> – Protocolo de intercambio usado por Centrales Asterisk.
IP	<i>Internet Protocol</i> – Protocolo de Internet.
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i> – Red Digital de Servicios Integrados

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

IVR	<i>Interactive Voice Response</i> – Respuesta de Voz Interactiva
LAN	<i>Local Area Network</i> – Red de Area Local.
MFC/R2	<i>Multi Frequency Compelled R2</i> – R2 Dirigido por Multifrecuencia.
OSI	<i>Open System Interconnection</i> – Modelo de interconexión de sistemas Abiertos.
PBX	<i>Private Branch Exchange</i> – Central Telefónica Privada.
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i> – Bus interconexión de Componentes Periféricos.
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i> – Modulación por impulsos codificados.
PSTN	<i>Public Switching Telephone Network</i> – Red de Teléfono de Conmutación Publica.
RTP	<i>Real-time Transport Protocol</i> – Protocolo de Transporte en Tiempo Real.
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i> – Protocolo de Inicio de Sesiones.
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> – Protocolo de Control de Transmisión.
UAC	<i>User Agent Client</i> - Agente de Usuarios Clientes.
UAS	User Agent Server-Agente de Usuarios Servidor.
UTP	<i>Unshielded twisted pair</i> – Par trenzado no blindado.
UIT	<i>International Telecommunication Union</i> – Union Internacional de Telecomunicaciones.
VoIP	<i>Voice over IP</i> – Voz sobre IP

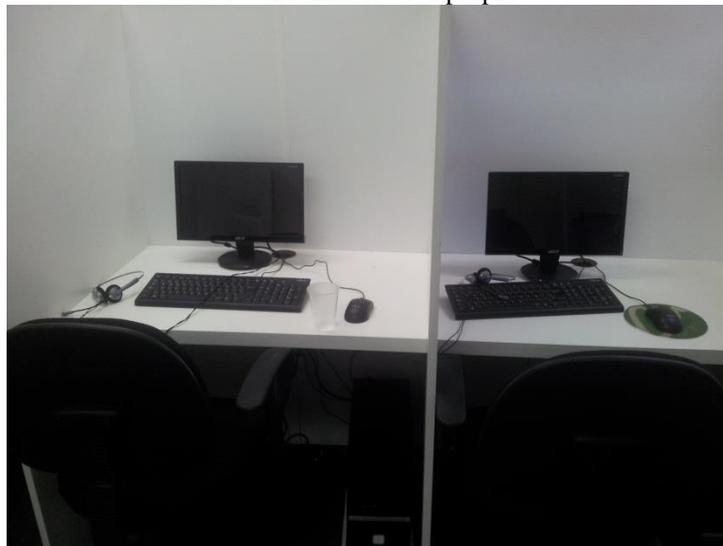
Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom

Anexos



Anexo A. Módulos de operación de los agentes

Fuente: Elaboración propia



Anexo B. Estaciones de trabajo de los agentes

Fuente: Elaboración propia

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom



Anexo C. Router proveedor de acceso a internet a la PBX

Fuente: Elaboración propia



Anexo D. Central telefónica Meridian de Nortel, actualmente en funcionamiento en la empresa.

Fuente: Elaboración propia

Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom



Anexo F. Cableado de las extensiones que llegan a la central telefónica

Fuente: Elaboración propia