



**IMPLANTACIÓN DE UNA RED DE
TELEFONÍA QUE FUNCIONE CON
LA TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP
BASADO EN LA PLATAFORMA
ELASTIX, PARA LA ALCALDÍA DEL
MUNICIPIO GUACARA, EDO.
CARABOBO.**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA TECOMUNICACIONES

**IMPLANTACIÓN DE UNA RED DE TELEFONÍA QUE FUNCIONE CON LA
TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP BASADO EN LA PLATAFORMA ELASTIX,
PARA LA ALCALDÍA DEL MUNICIPIO GUACARA, EDO. CARABOBO.**

EMPRESA: ALCALDÍA DE GUACARA

AUTOR: ERIKA BARRETO

C.I. 22736.415

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA TECOMUNICACIONES

**IMPLANTACIÓN DE UNA RED DE TELEFONÍA QUE FUNCIONE CON LA
TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP BASADO EN LA PLATAFORMA ELASTIX,
PARA LA ALCALDÍA DEL MUNICIPIO GUACARA, EDO. CARABOBO.**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Tutor académico, Ing. Raniere Alezones C.I.: 8.843.809

Tutor empresarial, Ing. Cesar López C.I.: 12.320.030

AUTOR: ERIKA BARRETO

C.I. 22.736.415

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Martina España y Luis Barreto por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. Los que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a mi tío y padrino Onasis Nieves por confiar y creer en mí, por sus consejos y por todo su apoyo.

De igual manera doy gracias a Nikol Rodríguez que ha sido el apoyo fundamental para lograr esto, ya que con sus consejos y con su motivación, me encamino a seguir siempre adelante dándome esperanzas y teniendo fe en mí, demostrándome que para ser hermanas no necesariamente se debe llevar la misma sangre.

Por supuesto debo agradecer a Ramiro Irausquin que con su amplia experiencia y conocimiento me oriento al correcto desarrollo y culminación de este trabajo.

Mi agradecimiento a todos, familia, amigos que de una u otra manera me brindaron su colaboración y se involucraron en este proyecto.

Erika Barreto

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PP.
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I LA EMPRESA	
1.1. Descripción de la empresa.....	3
1.2. Reseña histórica.....	4
1.3. Misión de la empresa.....	4
1.4. Visión de la empresa.....	4
1.5. Valores de la empresa.....	5
1.6. Objetivos de la empresa.....	5
1.7. Estructura organizativa.....	6
II EL PROBLEMA	
2.1. Planteamiento del problema.....	8
2.2. Formulación del Problema.....	9
2.3. Objetivos de la investigación.....	9
2.3.1. Objetivo general.....	9
2.3.2. Objetivos específicos.....	9
2.4. Justificación de la investigación.....	9
2.5. Alcance.....	10

III	MARCO TEÓRICO	
3.1.	Antecedentes de la investigación.....	11
3.2.	Bases teóricas.....	13
3.3	Definición de términos básicos.....	34
IV	MARCO METODOLOGICO	
4.1.	Tipo de investigación.....	37
4.2.	Diseño de la investigación.....	38
4.3.	Nivel de la investigación.....	38
4.4.	Fases de la investigación.....	39
V	RESULTADOS	
5.1.	Investigación.....	41
5.2	Requerimientos necesarios de protocolos, equipos hardware y software para el montaje de la central telefónica.....	42
5.2.1.	Selección de Códec.....	42
5.2.2.	Dimensionamiento del call center.....	44
5.2.2.1.	Tasa Promedio de Llamadas entrantes.....	45
5.2.2.2.	Intensidad del Tráfico.....	45
5.2.2.3.	Ocupación de los Agentes.....	46
5.2.2.4.	Formula de Erlang C.....	46
5.2.2.5.	Probabilidad de Espera.....	46
5.2.2.6.	Nivel de servicio.....	47
5.3.	Estudio de la factibilidad económica y técnica de la telefonía VoIP.....	47
5.3.1.	Ancho de Banda.....	48
5.3.2.	Calidad de Servicio.....	48
5.3.3.	Elementos de Hardware utilizados.....	49

5.4.	Instalación De Elastix.....	50
5.4.1.	Instalación de tarjeta Digium TE122.....	57
5.4.1.1.	Conexión Del Enlace E1 a la tarjeta.....	58
5.4.2.	Configuración de Parámetros de Elastix.....	59
5.4.2.1.	Creación de Extensiones.....	59
5.4.3.	Llamadas entre diferentes extensiones.....	65
5.4.4.	Establecimiento de llamadas entre la PSTN y la Red VoIP...	66
5.4.5.	Aplicación softphone para Android.....	67
5.4.5.1	Instalación y configuración de la aplicación CSipSimple.....	67
	CONCLUSIONES	72
	RECOMENDACIONES	74
	REFERENCIAS	
	Impresas.....	75
	Electronicas.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PP.
1	Datos del call center.....	44
2	Componentes de hardware de la red implementada.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PP.
1	Organigrama general de la Alcaldía de Guacara.....	7
2	Teléfono IP.....	23
3	Módem CANTV sendtel.....	24
4	Router TP-LINK Archer C5 AC1200.....	25
5	Hub Ethernet.....	27
6	Pantalla inicial de instalación de Elastix.....	50
7	Selección del lenguaje.....	51
8	Configuración de red para eth0.....	51
9	Selección del modo de configuración de las direcciones IP.....	52
10	Definición del nombre del servidor.....	53
11	Definición de la contraseña del administrador de la central Elastix.....	53
12	Selección de la zona horaria.....	54
13	Proceso de instalación del servidor Elastix.....	54
14	Definición del Password MySQL.....	55
15	Creación del Password para el acceso a la interfaz web.....	56
16	Inicio de sesión en la consola del servidor Elastix.....	56
17	Tarjeta digital Digium TE122.....	58
18	Balun marca Patton modelo 460F.....	59
19	Configuración de la Extensión.....	60
20	Lista de Extensiones creadas.....	61
21	Configuración de cuenta SIP.....	62

22	Panel de configuración del teléfono VoIP.....	62
23	Pestaña de configuración de la cuenta SIP.....	63
24	Ingreso de datos de la extensión SIP.....	64
25	Estado de registro de la extensión.....	65
26	Estado de las llamadas activas a través del “Operator Panel”...	66
27	Llamadas entre la red VoIP y la red PSTN.....	67
28	Selección de asistente genérico.....	68
29	Registro de usuario.....	68
30	Adición de nombre de cuenta.....	69
31	Registro de contraseña.....	69
32	Registro de extensión en CSipSimple.....	70
33	Registro de extensión guardado en CSipSimple.....	70
34	Selección de modo de realización de llamada.....	71

INTRODUCCIÓN

La industria de las comunicaciones ha sido testigo de importantes avances tecnológicos en lo que respecta a la infraestructura de comunicaciones de voz en los últimos 25 años. El primer cambio se produjo con el paso de sistemas predominantemente analógicos a sistemas digitales y el segundo, con origen a finales de los 90 y que aún a fecha de hoy está cobrando intensidad, con el paso a la telefonía IP. 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.

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 del habla. 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 Alcaldía de Guacara 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 implantación de un call center para 10 agentes, basado en plataforma 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). Este trabajo está estructurado de la siguiente manera:

El capítulo I en el cual se realiza una breve descripción sobre la empresa, su historia, misión, visión entre otros.

Seguidamente se presenta el capítulo II, en el cual se realiza el planteamiento del problema, los objetivos y se señala la justificación y alcance.

El capítulo III está comprendido por las bases teóricas en las cuales se sustenta la investigación, y reúne los elementos conceptuales que define el objeto de estudio.

En el capítulo IV se describe la metodología necesaria para desarrollar la investigación. Describe las fases metodológicas características de la investigación efectuada, especificando el tipo y diseño de investigación.

De igual forma, el capítulo V presenta los resultados 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 institución Y finalmente se incluyen referencias bibliográficas que dan soporte a la presente investigación.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. Descripción de la empresa

La Alcaldía de Guacara Estado Carabobo, es un ente público constituye parte del Poder Municipal que está regido por la Ley Orgánica de Régimen Municipal, sancionada con fecha 14 de junio de 1.989 y publicada en la Gaceta Oficial N° 4.109, extraordinaria, de fecha 15 de junio de ese mismo año y su reglamento parcial N° 1 creó la figura del Alcalde.

El área específica de trabajo es la Dirección de Informática, esta tiene a su cargo la automatización de la Alcaldía del Municipio Guacara y dependencias adscritas, así como también lo relacionado a la red informática, para el óptimo funcionamiento de los procesos, encaminados al fortalecimiento y multiplicación de los potenciales del desarrollo tecnológico. El Director de la dirección de informática es el ING. CESAR LÓPEZ ingeniero en sistema, jefe encargado del departamento.

Su equipo está conformado por Jefes de Unidad altamente capacitados para prestar servicio, tanto en sitio, cómo en todas las direcciones adscritas a la Alcaldía, detectar fallas, desarrollar proyectos de mejoras, administración y mantenimiento de la red, prestar servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, instalación, reparación y programación de equipos eléctricos, entre otros.

Actualmente la dirección de informática de la Alcaldía de Guacara se encuentra ubicada en Calle Piar cruce con Arévalo González, Centro Comercial Profesional Guacara Plaza, 2da planta local N° 21, Guacara, Edo. Carabobo.

1.2. Reseña histórica

La Alcaldía de Guacara Estado Carabobo, es una institución creada por la Ley Orgánica de Régimen Municipal, sancionada con fecha 14 de junio de 1.989 y publicada en la Gaceta Oficial N° 4.109 , extraordinaria, de fecha 15 de junio de ese mismo año y su reglamento parcial N° 1 creó la figura del Alcalde.

La función de control fiscal corresponde a la Contraloría Municipal, en los términos establecidos en la Ley. La función de planificación es ejercida en corresponsabilidad con el Consejo Local de Planificación Pública con la incorporación de la participación ciudadana en el proceso de definición y ejecución de la gestión pública y control y evaluación de sus resultados.

1.3. Misión de la empresa

Impulsar la transformación radical de las relaciones sociales generadas dentro del municipio Guacara desde el trabajo popular colectivo y organizado como eje central de la praxis histórica humana, sustentada en la planificación participativa y protagónica, a los fines de avanzar hacia el gobierno comunal planificado, el sistema de producción socialista, y la reorganización del territorio sobre la figura organizativa de las comunas, en la cual el consejo comunal se inserta como el núcleo social básico que configura la realidad espacial municipal y aviva el surgimiento de la nueva subjetividad en la conciencia del ser humano, de los guacareños y guacareñas, en el marco de la construcción del Socialismo Bolivariano y el desarrollo endógeno sustentable.

1.4. Visión de la empresa

Convertirnos en un puente para la participación popular organizada, en todas las esferas de la vida municipal, estimulando el surgimiento de una conciencia crítica.

Y el trabajo en equipo integral e integrado en función de alcanzar la “*suprema felicidad social*” para nuestro pueblo, que permita la plena satisfacción de las necesidades fundamentales del ser humano. Constituirse en una institución de elevada capacidad técnica y formativa conducida conjuntamente por el Poder Popular organizado y el gobierno municipal, a la vez que asume los pilares de la democracia participativa como eje transversal para la gestión socialista.

1.5. Valores de la empresa

Los valores que caracterizan a esta institución pública son los siguientes:

- Vocación de servicio y mística de trabajo.
- Respeto, honestidad y disciplina.
- Orientación al logro de objetivos y metas.
- Trabajo en equipo.
- Formación y liderazgo.

1.6. Objetivos de la empresa

Los principales objetivos de la institución se listan a continuación:

- Asesoría y Capacitación a los Diferentes Departamentos y Entes adscritos a la Alcaldía.
- Estudios de Factibilidad y Control de Compras de todo lo relacionado con equipo, software, consumibles y accesorios computacionales.
- Desarrollo, Implementación y Actualización de Sistemas.
- Elaboración de Manuales y Documentación
- Administración y mantenimiento de PC, redes y servidores, red telefónica.

- Brindar Soporte Técnico a todas los Departamentos y Dependencias de la Secretaria.
- Monitorizar y Evaluar el Desempeño de los Equipos.
- Llevar el control de entrada, salida y movimientos del inventario de la infraestructura Tecnológica.
- Implementación y administración de los servicios de Internet e Intranet y Correo Electrónico.

1.7. Estructura organizativa

La estructura organizativa de la empresa se muestra en la figura 1. La misma está formada por el Alcalde, director ejecutivo. De allí se derivan direcciones generales como lo son: gestión administrativa y financiera, hacienda pública, gestión social, desarrollo urbano, suministros públicos, seguridad y prevención, desarrollo económico productivo. A su vez estas direcciones generales contienen distintos departamentos. Las pasantías se desarrollaran en la Dirección de informática.

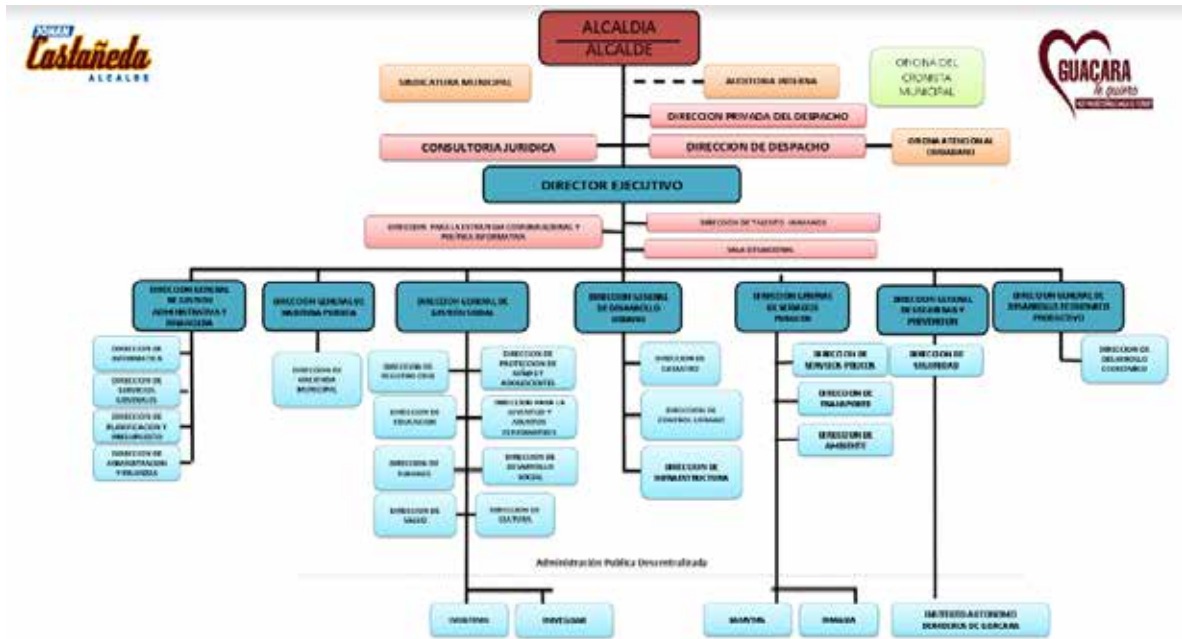


Figura 1: Organigrama general de la Alcaldía de Guacara.

Fuente: Alcaldía de Guacara (2018)

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

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.

La Alcaldía de Guacara es una institución pública que consta de varias direcciones en las cuales no hay ningún tipo de comunicación por extensión telefónica entre ellas y esto ocasiona que el personal tenga que movilizarse de una dirección a otra para comunicarse. La Dirección de Informática de la Alcaldía de Guacara se dedica a prestar servicios tanto de soporte técnico como de Red.

Actualmente la Dirección cuenta con una infraestructura de Red para prestar el servicio de Internet e Intranet a todos los departamentos a través de subredes VLAN. Ante esta realidad, la institución está buscando migrar toda su infraestructura de red a la tecnología de Voz sobre IP (VoIP), debido al gran número de beneficios que esta ofrece y a la reducción de coste que esta representa, para ello, se planteó la creación de un centro de llamadas de 8 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.

2.2. Formulación del Problema

Por las razones descritas anteriormente surge la siguiente interrogante:

¿De qué manera se puede evitar que el personal de la Alcaldía de Guacara tenga que trasladarse de una dirección a otra para comunicarse?

2.3. Objetivos de la investigación

2.3.1. Objetivo general

Implantar una red de telefonía que funcione con la tecnología voz sobre IP basado en la plataforma Elastix, para la Alcaldía del Municipio Guacara, Edo. Carabobo.

2.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los principales aspectos de la telefonía VoIP haciendo énfasis en la plataforma Elastix y el software Asterisk.
- Determinar los requerimientos necesarios de protocolos, equipos hardware y software para el montaje de la central telefónica.
- Estudiar la factibilidad económica y técnica de la telefonía VoIP.
- Instalar y configurar cada uno de los elementos requeridos en la central telefónica con funcionalidad básica de acuerdo a las necesidades de la institución.

2.4. Justificación de la investigación

El sistema de VoIP es una tecnología que le puede ofrecer grandes beneficios tanto a empresas o instituciones que tienen sedes separadas entre sí.

Al solucionar el problema que presenta la falta de comunicación telefónica entre las direcciones de la Alcaldía de Guacara, los trabajadores podrán operar con mayor facilidad, eficiencia y seguridad, evitando principalmente el daño al personal debido a que las distintas direcciones se encuentran en diversos niveles del Centro Comercial y esto ocasiona que el personal se tenga que movilizar por las escaleras del mismo ya que no se cuenta con ascensores.

La institución se beneficiara contando con menor riesgo de accidente y desgaste a su personal, ahorrando coste y además de esto será masiva la comunicación entre las direcciones y la información tendrá un tránsito más rápido y fluido a través de la tecnología Voz sobre IP aprovechando la red de internet existente.

2.5. Alcance

El presente proyecto tiene como alcance todos los aspectos relacionados con el análisis, planteamiento e implantación de un sistema de cableado estructurado de voz sobre IP en algunas direcciones de la Alcaldía de Guacara, asimismo definir el software y hardware a usar, como también las conexiones de red que debe tener el sistema de VoIP.

Se refiere a la implementación de un centro de llamadas con su respectiva central telefónica VoIP, para uso exclusivo de los operadores de la institución, específicamente para 8 direcciones. El centro de llamadas 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 centro de llamadas.

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 centro de llamadas, la versión del *software* que se utilizó fue Elastix 2.3.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación

Es preciso considerar que para el desarrollo de toda propuesta de ingeniería, es de gran importancia la descripción y análisis de proyectos semejantes, debido a la contribución que puedan aportar para el desarrollo del mismo, es por ello que se analizan diferentes trabajos a nivel nacional e internacional, con uso y características de implantación de la tecnología Voz sobre IP en empresas o instituciones.

Álvarez, A., Lozano, L. (2015) con su trabajo titulado **“Propuesta e implementación de red telefónica a través de IP basado en una herramienta de software libre, para la Alcaldía del Municipio Carlos Arvelo”**. Presentado en la Universidad José Antonio Páez, Carabobo, para obtener el título de Ingeniero en Telecomunicaciones. El objetivo de dicho trabajo fue proponer un sistema de telefonía de voz por IP basado en una herramienta de software libre, que permita múltiples beneficios en la Alcaldía del Municipio Carlos Arvelo. Esta institución desde su creación sostiene una red de telefonía tradicional para llamadas internas y externas, el sistema era ineficiente y muy costoso trayendo como consecuencia la prestación de un mal servicio de dicha Alcaldía hacia la comunidad de dicho municipio. Por esta razón se realizó la implementación de la red de telefonía VoIP además del ahorro de costos y aprovechamiento de la red de internet.

Así mismo, Berruecos, A., Maldonado, M., Torres, N. (2015) con su trabajo titulado **“Implementación de un sistema telefónico basado en telefonía IP”**. Presentado en el Instituto Politécnico Nacional, México con la finalidad de obtener el título de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. El mismo está orientado a la implementación de telefonía

para pequeñas y medianas empresas, basado en telefonía IP, como opción válida para que las empresas que están en desarrollo y que se han quedado con la telefonía analógica tradicional que paulatinamente está siendo sustituida por la tecnología VoIP, se arriesguen a migrar su infraestructura utilizando un servicio en común como es la Red de Internet obteniendo el beneficio de ahorro de costos. Esto se elabora a través del software Asterisk y las pruebas de este proyecto fueron realizadas en las instalaciones del Instituto ya antes mencionado utilizando direcciones IP públicas.

Finalmente, Marín, L., Illas, R. (2013) con su trabajo titulado **“Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom”**. Presentado en la Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela con la finalidad de obtener el título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Este proyecto está orientado 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. 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.

Estos trabajos son de gran utilidad y sirven como base para la presente investigación debido a que consisten en la implementación de sistemas VoIP en empresas e instituciones como parte de modernización y aprovechamiento de la infraestructura de datos además del ahorro en costos. Dichas investigaciones previas representaron la referencia para guiar este proyecto al ámbito de la implantación de la red VoIP formando bases sólidas en lo que a protocolos más comunes se refiere, 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.

3.2. Bases teóricas

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.

3.2.1. 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.

3.2.2. Protocolos

3.2.2.1. Protocolos 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 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. (Belén, 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).

3.2.2.2. Protocolo de Señalización

3.2.3.2.1. 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.

3.2.3.2.1.1. 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.

***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).

3.2.3.2.1.2. 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).

3.2.3.2.1.3. 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).

3.2.3.2.1.4. 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 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.

3.2.3.2.1.5. Respuestas SIP

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

- **1xx:** Es una respuesta provisoria, indica la petición recibida. Las respuestas provisorias, 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 provisorias (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.

3.2.3.2.2. Protocolos de Transporte

3.2.3.2.1.1. 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).

3.2.3.2.1.2. 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).

3.2.3. 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. 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.

3.2.3.1. 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 Galán, 2000).

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.

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).

3.2.3.2. 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).

3.2.3.3. 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.

3.2.3.3.1. 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, atreves 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.

3.2.3.3.2. 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 interruptor 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.



Figura 2. Teléfono IP

Fuente: Teléfono BudgeTone-200/201 SIP Grand Stream Manual de Usuario

3.2.3.3.3. 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 requieren 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).

3.2.3.4. Elementos de red

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



Figura 3. Módem CANTV sendtel

Fuente: <https://soluciondigital.com.ve/2018/08/24/modem-sendtel-ms8-8817>

3.2.3.4.2. 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).



Figura 4. Router TP-LINK Archer C5 AC1200

Fuente: <https://www.pccomponentes.com/routers/TP-LINK>

3.2.3.4.3. 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 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.

3.2.3.4.4. 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).

3.2.3.4.5. 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 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.



Figura 5. Hub Ethernet

Fuente: <https://www.tiendacables.com/Hub-ethernet-de-16-puertos-10/100>

3.2.4. Parámetros en una comunicación VoIP

3.2.4.1. 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.

3.2.4.2. 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 las 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 Informática, Alegs).

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

3.2.4.3. 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 se tiene 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).

3.2.4.4. 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.

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.

3.2.4.5. 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).

3.2.4.6. 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).

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.

3.2.5. 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
- 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 video llamadas 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.
- Módulo de *call center*

3.2.6. 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 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 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.

3.2.6.1. 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 sus 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).

3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Call center.- 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.

Códec.- 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.

Conmutador.- (*Switch*) es el dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más host de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red y eliminando la conexión una vez finalizada ésta.

Dirección IP.- Es un número que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una Interfaz en red (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo (computadora, tableta, portátil, smartphone) que utilice el protocolo IP o (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red del modelo TCP/IP.

Enrutador.- (*Router*) Es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red (o lo que es lo mismo, el nivel tres en el modelo OSI). Su función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar sin la intervención de un encaminador (mediante puentes de red o un switch), y que por tanto tienen prefijos de red distintos.

Ethernet.- Es un estándar de redes de área local para computadores, por sus siglas en español Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones (CSMA/CD). Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Host.- El término host o anfitrión se usa en informática para referirse a las computadoras u otros dispositivos (Tablet, móviles, portátiles...) conectados a una red que proveen y utilizan servicios de ella. De forma genérica, podemos decir que un anfitrión es todo equipo informático que posee una dirección IP y que se encuentra interconectado con uno o más equipos y que funciona como el punto de inicio y final de las transferencias de datos.

PSTN.- La red telefónica pública conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) es una red con conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real. Cuando llama a alguien, cierra un conmutador al marcar y establece así un circuito con el receptor de la llamada.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLOGICO

4.1. Tipo de investigación

Esta investigación se encuentra bajo el enfoque de proyecto factible, debido a que propone soluciones prácticas al problema de comunicación telefónica en la Alcaldía del Municipio Guacara. En este sentido, la UPEL (1998) define el proyecto factible como un estudio “que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”(p.7). La propuesta que lo define puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos, que sólo tienen sentido en el ámbito de sus necesidades.

De las definiciones anteriores se deduce que, un proyecto factible consiste en un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener la institución. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema previamente detectado en el medio. Situación a la que se dará respuesta realizando la implantación de una red de telefonía voz sobre IP. Se estudian las características y situación actual de la comunicación vía telefónica en la institución. A su vez se instala y configura la plataforma Elastix para lograr el correcto funcionamiento de la red VoIP. Con ello se corrigen los problemas actuales de comunicación entre las direcciones de la Alcaldía y se ahorra costos ya que se utilizara la red de Internet que posee la institución.

4.2. Diseño de la investigación

El siguiente trabajo implica una investigación de campo, definida por Arias (2006, p.31), expresa la investigación o diseño de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios)”.

Asimismo Silva (2008, p.20), señala que “la investigación de campo se realiza en el medio donde se desarrolla el problema, o el lugar donde se encuentra el objeto de estudio, el investigador recoge la información directamente de la realidad”.

Bajo estos parámetros, el diseño de esta investigación es de campo, ya que se recogerán datos directamente del sitio a trabajar, observando de manera directa los hechos en el proceso de comunicación entre las direcciones de la Alcaldía.

4.3. Nivel de la investigación

Así mismo, de acuerdo a su nivel, este proyecto es descriptivo, según Arias (2006) la investigación de tipo descriptiva “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Basado en lo anterior, este estudio se considera descriptivo ya que en este proyecto se detallan los requerimientos y elementos del proceso, para implantar la red de telefonía voz sobre IP en la Alcaldía del Municipio Guacara y de ese modo establecer un comportamiento en un tiempo y espacio específico, para la búsqueda de la solución de la problemática planteada. Así como también, se describe la configuración de los equipos y de la plataforma Elastix que se implementaran en el proceso para el correcto funcionamiento de dicha red de telefonía ya antes mencionada.

4.4. Fases de la investigación

Las fases metodológicas están destinadas a determinar los pasos y el procedimiento exacto que debe seguir la investigación de este trabajo de grado desde el principio hasta la realización del proyecto. Estas fases fueron establecidas según el investigador, las cuales son:

4.4.1. Fase I. Análisis de los principales aspectos de la telefonía VoIP haciendo énfasis en la plataforma Elastix y el software Asterisk.

La investigación se inicia con la obtención de 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 estudia 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 procede con un estudio detallado tanto de los *software* Asterisk y Elastix, como también de la parte referente al *hardware* que se utilizó en este proyecto, específicamente la tarjeta digital, 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 analiza 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.

4.4.2. Fase II. Determinación de los requerimientos necesarios de protocolos, equipos hardware y software para el montaje de la central telefónica.

Para el funcionamiento del *call center* será 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. Además de los protocolos tenemos la selección de los puertos y troncal por los cuales entrara y saldrán las llamadas del mismo tomando en cuenta parámetros como el *hardware* disponible y los protocolos que maneja el proveedor de servicios para una instalación. También se realizara la escogencia del códec de audio más adecuado que usa 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.

4.4.3. Fase III. Estudio de la factibilidad económica y técnica de la telefonía VoIP.

En esta fase de la investigación, se desarrollará el análisis detallado para comprobar si es viable el proyecto, tomando en cuenta el enfoque técnico, operativo y económico.

4.4.4. Fase IV. Instalación y configuración de cada uno de los elementos requeridos en la central telefónica con funcionalidad básica de acuerdo a las necesidades de la institución.

Esta fase incluye las siguientes actividades:

Se instalara el *software* Elastix, a través del cual se ejecutara las principales funciones de este proyecto, todo este paquete de *software* será descargado de manera gratuita de la página oficial de Elastix. Además de esto se realizara la instalación de los teléfonos en las diversas direcciones y se realizara la configuración de cada elemento que forma parte de la central telefónica.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

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 institución.

5.1. 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.

Toda esta primera etapa de investigación la cual está reflejada con más detalles en el capítulo III 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 implementado.

5.2. Requerimientos necesarios de protocolos, equipos hardware y software para el montaje de la central telefónica.

5.2.1. 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

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

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

$$BW_{LAN} = 44,4 \text{ Kbps} \times 2_{duplex} \times 8_{agentes} = 710,4 \text{ Mbps}$$

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 (Cu) = 1280 bits = 160 Bytes

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

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

$$BW_{LAN} = 95,2 \text{ Kbps} \times 2_{fullduplex} \times 8_{agentes} = 1,523 \text{ Mbps}$$

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 transcodificación. Además de esto, GSM no prima de calidad sino de cantidad ya que el flujo de datos en una conexión Full-Rate es de solo 13kbit/s. Sin embargo es un buen método para ahorrar ancho de banda y puede recomendarse para un proyecto a futuro.

5.2.2. 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 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 (Ts)	3 min (180seg)
Número de Agentes (M)	8 agentes
Tiempo fijado de respuesta (t)	10 segundos

Cuadro 1. Datos del call center.

Fuente: Barreto (2018)

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

5.2.2.1. Tasa Promedio de Llamadas entrantes:

5.2.2.3. Ocupación de los Agentes:

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

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

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.

5.2.2.4. Formula de Erlang C:

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

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

5.2.2.5. 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.

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

5.2.2.6. 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.

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

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

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

5.3. Estudio de la factibilidad económica y técnica de la telefonía VoIP.

Una de las razones para implantar telefonía IP en las instalaciones de la Alcaldía de Guacara, son los altos costos por servicios de telefonía pagados mensualmente a los principales proveedores de servicio del país. Actualmente, los costos por llamadas nacionales y celulares han ido aumentando progresivamente; por lo tanto, se hace indispensable tomar medidas al respecto. Una manera es administrando las extensiones de los usuarios para controlar tanto las llamadas a celulares como las nacionales.

Es importante reconocer, que el ahorro y beneficios obtenidos con la implantación de esta tecnología justificarían realizar la inversión en el proyecto de Telefonía IP. Por razones de confidencialidad con la institución y las empresas que presentaron las propuestas y proveedores de Intranet, no es posible especificar los montos ofertados por cada una de ellas; sin embargo, para iniciar el proceso de adquisición de los equipos y componentes asociados, se realizó una primera proyección a partir de los presupuestos solicitados a algunos proveedores.

En esta proyección se determinó que la inversión realizada es alrededor de 2.400\$ para Diciembre del año 2017 que fue el periodo en el cual se realizó la compra de los distintos equipos.

Cuando realiza un estudio de factibilidad técnica para decidir la implantación de Telefonía IP, es indispensable definir los criterios y requisitos necesarios para garantizar el éxito del proyecto.

Este estudio de factibilidad partió de un análisis a profundidad de la infraestructura ya existente, para de esta manera, conocer el diagnóstico de la red y determinar la factibilidad de la implantación de esta tecnología sobre las actuales comunicaciones de datos.

5.3.1. Ancho de Banda

El primer tema de vital importancia a la hora de diseñar un sistema de telefonía IP son los imperativos del ancho de banda. Al implementar telefonía IP se debe proveer un ahorro en ancho de banda con el fin de optimizar el uso de las redes de comunicación, y de esta manera, evitar interrupciones de servicios por congestiónamiento de la red.

La red de datos de la Alcaldía de Guacara cuenta con políticas de calidad de servicio implementadas en los enrutadores que permiten reservar el ancho de banda necesario para las aplicaciones de telefonía IP dicho ancho de banda es de 33 Mbps. Sin embargo, el dimensionamiento y la ampliación del sistema determinarán si es necesario ampliar el ancho de banda para no degradar el servicio.

5.3.2. Calidad de Servicio

A través de este punto se evalúa la capacidad de la plataforma de transporte para soportar las políticas de calidad de servicio necesarias para asegurar el buen funcionamiento de la red al implementar Telefonía IP.

La infraestructura de la red de datos de la Alcaldía de Guacara posee los niveles de calidad de servicios requeridos para la implantación de VoIP. La mayoría de los conmutadores tienen puertos con velocidades de 10/100 Mbps y con comunicación Full-duplex. Así mismo permiten priorizar la voz a nivel 2 (802.1p/Q), y permiten la utilización de VLAN. De igual forma los enrutadores existentes en la red, de distintas marcas (Cisco, TP-Link, entre otros), soportan VoIP y los protocolos de calidad de servicio QoS: 802.1p/Q a nivel 2 o DiffServ a nivel 3.

5.3.3. Elementos de Hardware utilizados

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	I5 de primera generación	2GB de Ram Disco Duro de 160 GB
1	Conmutador/Switch	TP-Link Tl-sf1024	24 puertos 10 / 100Mbps
1	Tarjeta Digital	Digium/Te122p	8 puertos
8	Computador	Distintas marcas	Distintos GB de Ram y Disco Duro de capacidades distintas.
8	Teléfonos VoIP	Grandstream	

Cuadro 2. Componentes de Hardware de la Red Implementada.

Fuente: Barreto (2018)

5.4. Instalación De Elastix

Para instalar Elastix se obtuvo la última versión 2.3 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:

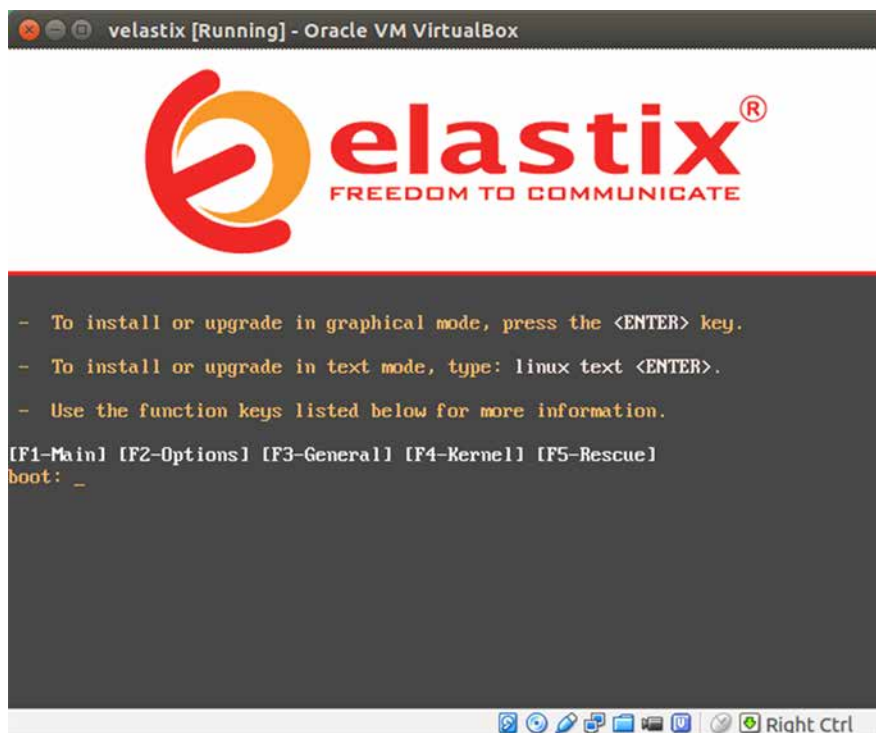


Figura 6. Pantalla inicial de instalación de Elastix.

Fuente: Barreto (2018).

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 “Spanish” de la pantalla de selección del idioma.



Figura 7. Selección del lenguaje.

Fuente: Barreto (2018).

Se configura la conexión de red se activa para inicio e IPv4

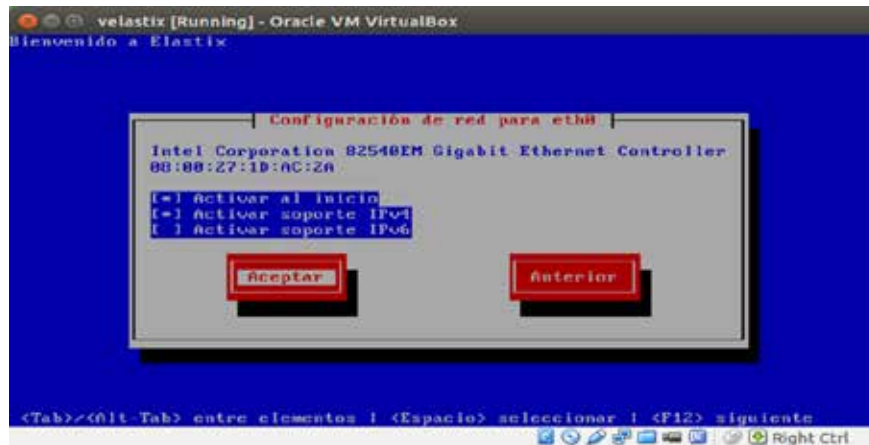


Figura 8. Configuración de red para eth0.

Fuente: Barreto (2018).

Después de configurar la red, 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 dinámica (DHCP) para así más adelante poder hacer cambios.



Figura 9. Selección del modo de configuración de las direcciones IP.

Fuente: Barreto (2018)

Se definió el nombre de host + dominio para el servidor, el cual fue “vepbx.test.com” para identificar de esta manera al mismo.

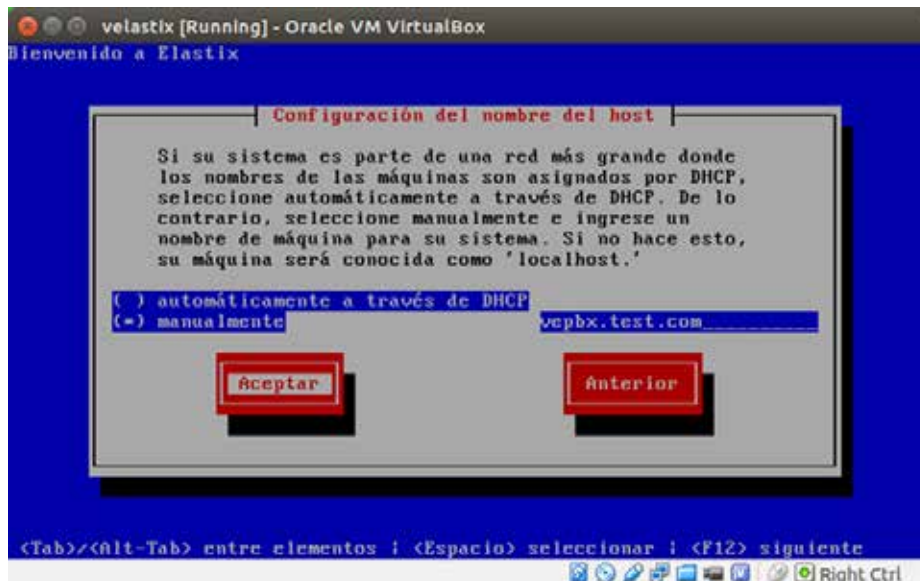


Figura 10. Definición del nombre del servidor.

Fuente: Barreto (2018)

Se introdujo la contraseña que será utilizada por el administrador del sistema Elastix.



Figura 11. Definición de la contraseña del administrador de la central Elastix.

Fuente: Barreto (2018)

Acto seguido se configuró la zona horaria en la siguiente pantalla.

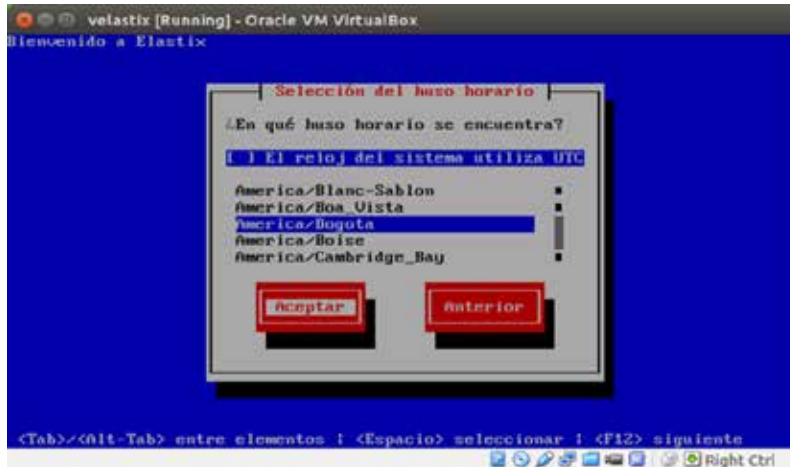


Figura 12. Selección de la zona horaria

Fuente: Barreto (2018)

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

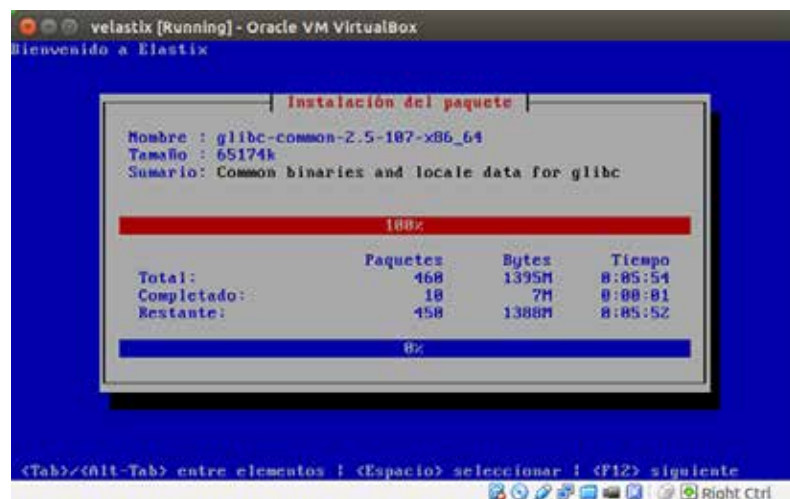


Figura 13. Proceso de instalación del servidor Elastix.

Fuente: Barreto (2018)

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,

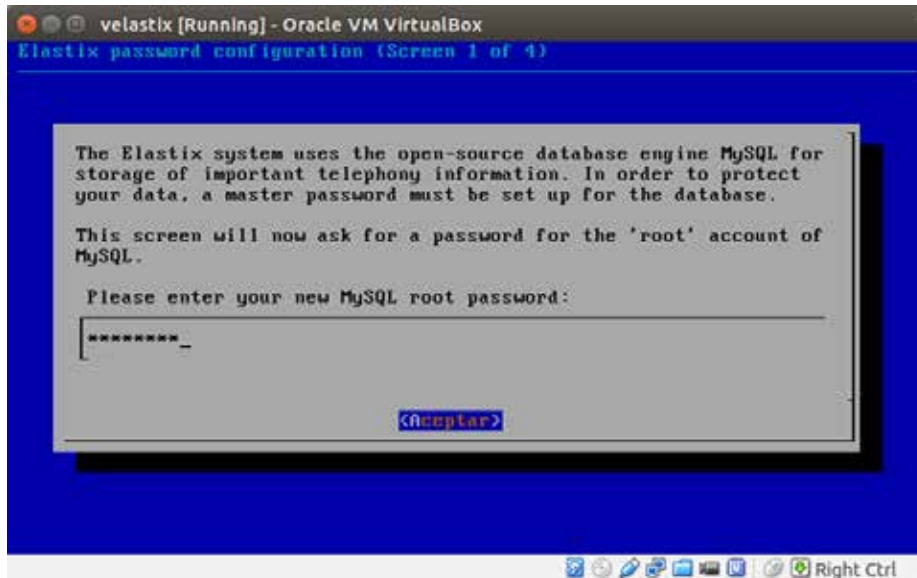


Figura 14. Definición del *Password* MySQL

Fuente: Barreto (2018)

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

Fuente: Barreto (2018)

Finalmente se presenta la pantalla de inicio de sesión en el servidor Elastix, donde se colocó como iniciar sesión “root”, 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.

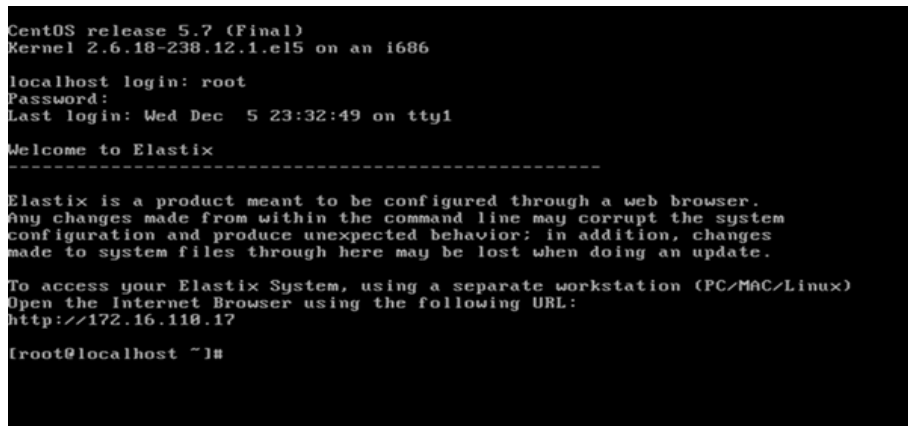


Figura 16. Inicio de sesión en la consola del servidor Elastix

Fuente: Barreto (2018)

5.4.1. 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 los proveedores es este, el cual es capaz de proporcionarnos hasta 30 canales de voz simultáneamente.

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.

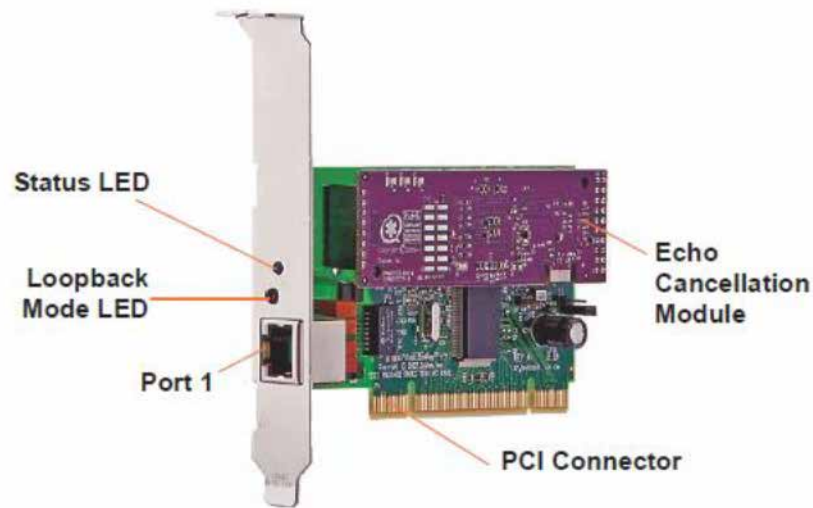


Figura 17. Tarjeta digital Digium TE122

Fuente: (Digium, 2011)

5.4.1.1. 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 Chircalnet y Cantv que proporcionan un ancho de banda de 15Mbps y 18Mbps respectivamente, 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 figura se puede observar el *Balun* utilizado:



Figura 18. 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

5.4.2. Configuración de Parámetros de Elastix

5.4.2.1. 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. 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.

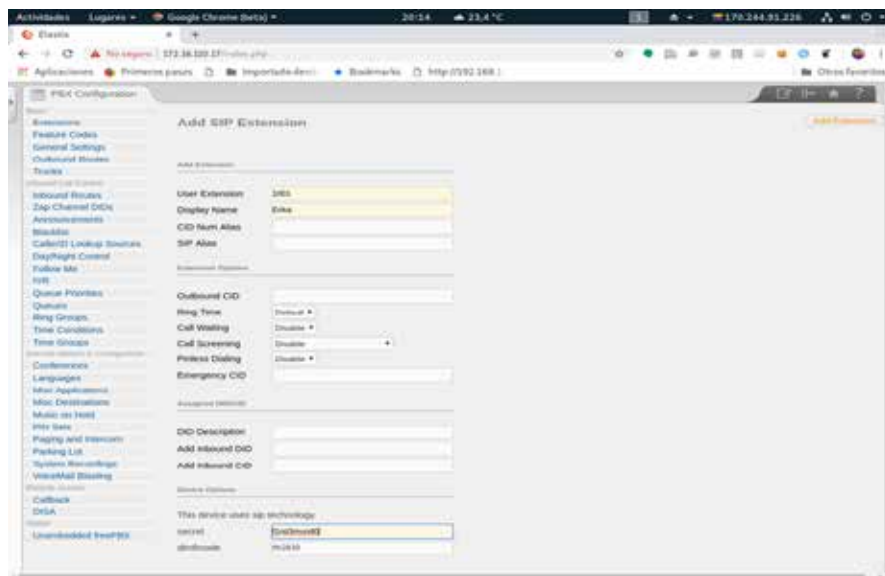


Figura 19. Configuración de la Extensión

Fuente: Barreto (2018)

Este proceso se realizó inicialmente para crear dos extensiones que sirvieran para pruebas, una extensión para el departamento de Informática, otra para la Dirección de Gestión Externa y posteriormente se crearon 8 extensiones que identificaran a los 8 agentes que conforman el *call center*.

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

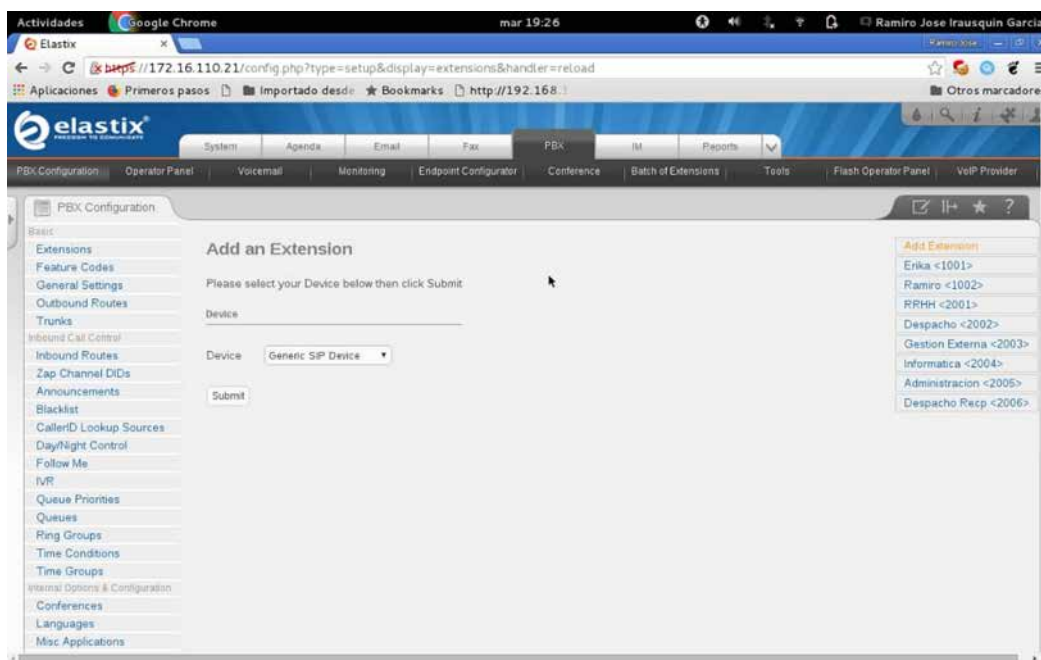


Figura 20. Lista de las Extensiones Creadas.

Fuente: Barreto (2018)

Posteriormente se ingresa a la IP del teléfono VoIP para configurar la cuenta SIP

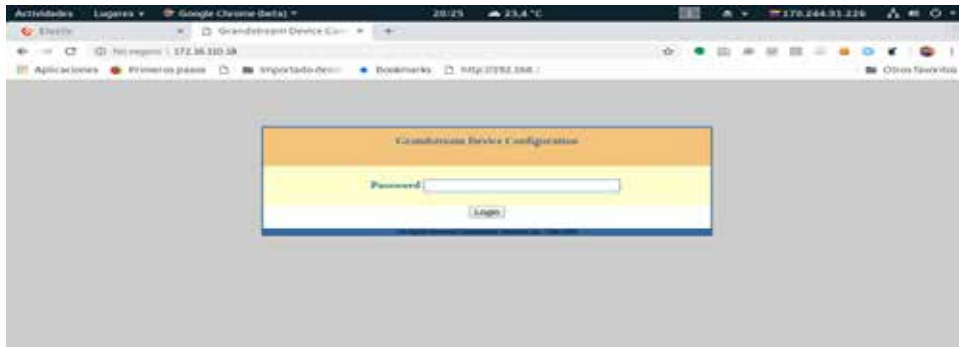


Figura 21. Configuración de cuenta SIP.

Fuente: Barreto (2018)

Acto seguido se abre a la página principal del panel de configuración

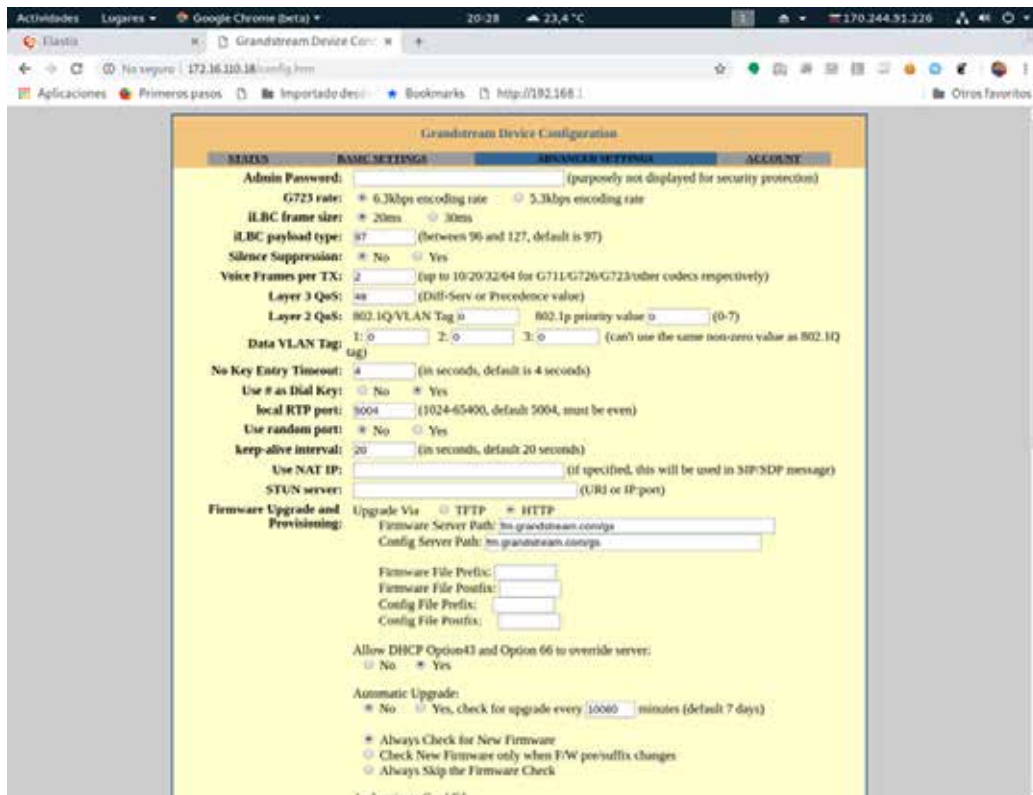


Figura 22. Panel de configuración del teléfono VoIP.

Fuente: Barreto (2018)

Luego se selecciona la pestaña de ACCOUNT

The screenshot shows the 'Grandstream Device Configuration' web interface with the 'ACCOUNT' tab selected. The configuration fields are as follows:

- Account Name: (e.g., MyCompany)
- SIP Server: (e.g., sip.mycompany.com, or IP address)
- Outbound Proxy: (e.g., proxy.myprovider.com, or IP address)
- SIP User ID: (the user part of a SIP address)
- Authenticate ID: (can be same or different from SIP UserID)
- Authenticate Password: (not displayed for security protection)
- Name: (optional, e.g., John Doe)
- Use DNS SRV: No Yes
- User ID is phone number: No Yes
- SIP Registration: No Yes
- Unregister On Reboot: No Yes
- Support SIP Instance ID: No Yes
- Register Expiration: (in minutes. default 1 hour, max 45 days)
- local SIP port: (default 5060)
- SIP Registration Failure Retry Wait Time: (in seconds. Between 1-3600, default is 20)
- SIP T1 Timeout:
- SIP T2 Interval:
- SIP Transport: UDP TCP
- Use RFC3581 Symmetric Routing: No Yes
- NAT Traversal (STUN): No No, but send keep-alive Yes
- SUBSCRIBE for MWI: No Yes
- SUBSCRIBE for Registration Event: No Yes
- Proxy-Require:
- Voice Mail UserID: (UserID for voice mail system)
- Send DTMF: in-audio via RTP (RFC2833) via SIP INFO
- Early Dial: No Yes (use "Yes" only if proxy supports 484 response)
- Dial Plan Prefix: (this prefix string is added to each dialed number)
- Delayed Call Forward Wait Time: (Allowed range 1-120, in seconds.)
- Enable Call Features: No Yes (if yes, call features using star codes will be supported locally)
- Disable Call Log: No Yes
- Session Expiration: (in seconds. default 180 seconds)

Figura 23. Pestaña de configuración de la cuenta SIP.

Fuente: Barreto (2018)

Se ingresaron los datos de la extensión SIP y se guardaron los cambios quedando de la siguiente manera:

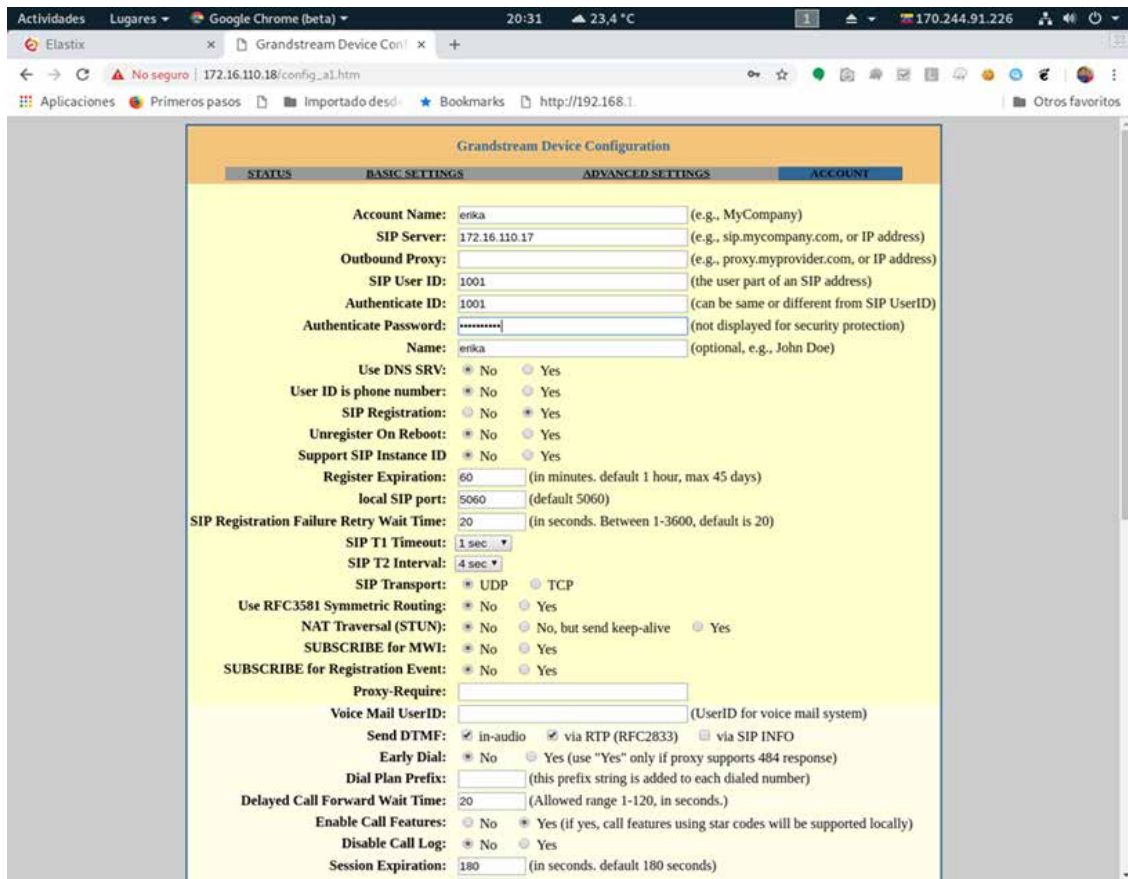


Figura 24. Ingreso de datos de la extensión SIP.

Fuente: Barreto (2018)

Luego mediante el navegador se ingresa nuevamente a la IP del teléfono VoIP para ver el estado de registro de la extensión.

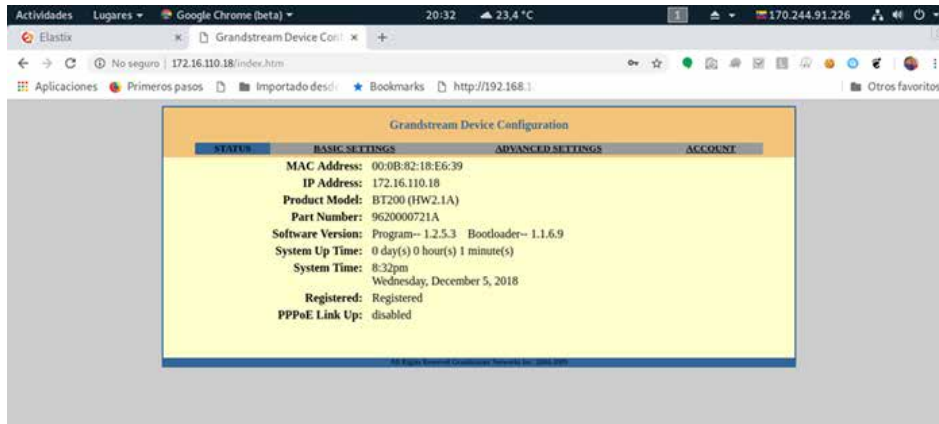


Figura 25. Estado de registro de la extensión.

Fuente: Barreto (2018)

Este procedimiento de configuración previamente detallado se realizó con cada una de las extensiones y teléfonos VoIP instalados en las distintas direcciones de la Alcaldía de Guacara.

5.4.3. Llamadas entre diferentes extensiones.

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

Se utilizaron las extensiones número 1001 y 1002 para realizar estas pruebas.

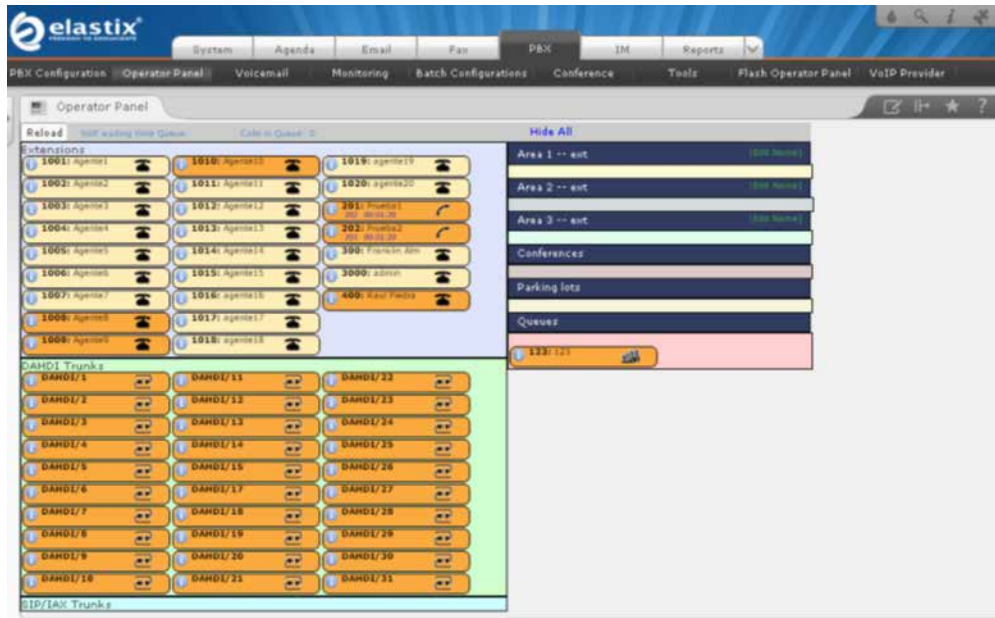


Figura 26. Estado de las llamadas activas a través del “*Operator Panel*”.

Fuente: Barreto (2018)

A través de la imagen utilizando la función del Panel del Operador “*Operator Panel*” de Elastix se pudo ver que las dos extensiones tenían una llamada en proceso.

5.4.4. 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.

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

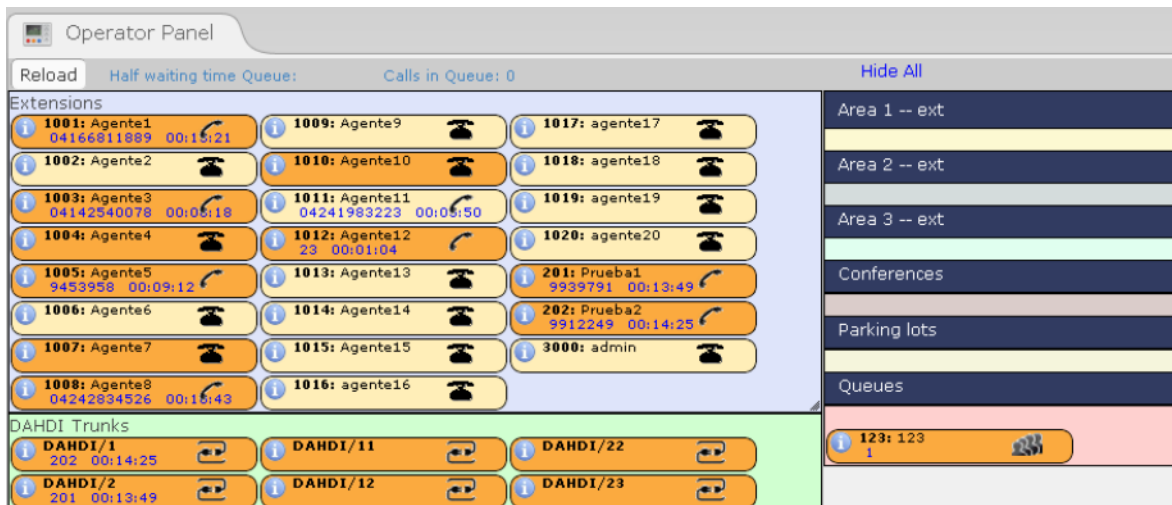


Figura 27. Llamadas entre la red VoIP y la red PSTN.

Fuente: Barreto (2018)

5.4.5. Aplicación softphone para Android

Para dar más relevancia al presente proyecto se decidió implementar la aplicación CSipSimple la cual es un softphone para Android con el cual se puede gestionar el servicio de telefonía IP desde cualquier lugar con conexión a Internet. Dicha aplicación comprende una configuración previa para su buen funcionamiento.

5.4.5.1 Instalación y configuración de la aplicación CSipSimple

Para instalar CSipSimple se obtuvo versión estable de esta aplicación, la cual se encuentra en Google Play. Se ejecuta dicha aplicación para registrar una extensión en este caso se seleccionó como asistentes genéricos Basic



Figura 28. Selección de asistente genérico.

Fuente: Barreto (2018)

Luego se agregó el usuario el cual fue definido en la configuración SIP del servidor para esta prueba es 1002.



Figura 29. Registro de usuario.

Fuente: Barreto (2018)

Acto seguido se adiciona el nombre de la cuenta que en este caso de prueba es igual a la del usuario

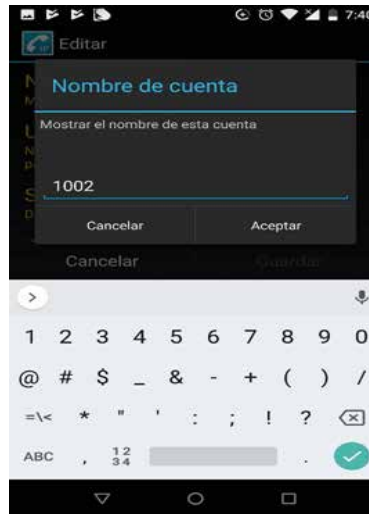


Figura 30. Adición de nombre de cuenta.

Fuente: Barreto (2018)

Se le coloca la contraseña que se configuro previamente en el servidor SIP



Figura 31. Registro de contraseña.

Fuente: Barreto (2018)

Quedando registrado de la siguiente manera:



Figura 32. Registro de extensión en CSipSimple.

Fuente: Barreto (2018)

Acto seguido se guardó la información suministrada



Figura 33. Registro de extensión guardado en CSipSimple.

Fuente: Barreto (2018)

Al momento de realizar una llamada la aplicación nos permite seleccionar por donde se realizara dicha llamada.

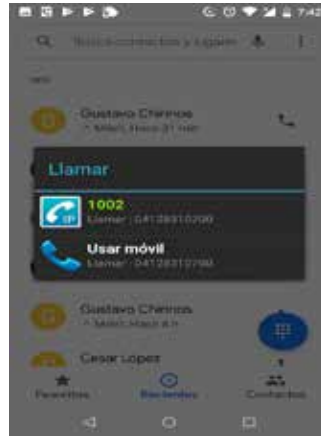


Figura 34. Selección de modo de realización de llamada.

Fuente: Barreto (2018)

De esta manera ya está configurado CSipSimple y listo para atender y realizar llamadas.

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 8 agentes para el *call center*. 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 esta le da la oportunidad de comunicarse simultáneamente con distintas direcciones de la Alcaldía, hasta el personal que ocupe cargos superiores, ya que ahorran en costo de pagar línea telefónica adicional.

RECOMENDACIONES

Se recomienda orden al momento de realizar la implementación de la red IP, así como también realizar anotaciones. De igual manera, la realización de una base de datos que contenga información referente a los puertos de conexión entre el conmutador y las diferentes computadoras, el servidor Elastix y el enrutador 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 conmutador instalado actualmente por uno de más puertos si este excede los 24 puertos del cual dispone el presente, ya que de esta manera se distribuye eficientemente el ancho de banda disponible en la red.

Además se recomienda como proyecto a futuro implementar el códec GSM a la red VoIP ya que es un estándar muy reconocido a nivel de telefonía y un buen método para ahorrar ancho de banda y sería algo innovador y beneficioso para la red voz sobre IP ya implementada.

REFERENCIAS

Impresas

Alvarez, A., Lozano, L. (2015). “Propuesta e implementación de red telefónica a través de IP basado en una herramienta de software libre, para la Alcaldía del Municipio Carlos Arvelo”. Presentado en la Universidad José Antonio Páez.

Cedeño, D., Atuesta, R. (2013). “Diseño e implementación de un sistema para voz sobre IP en Fundación Alegría Valencia Estado Carabobo”. Presentado en la Universidad José Antonio Páez.

Contreras, G. (2015). “Propuesta de migración de la central telefónica privada (PBX) a la tecnología de telefonía voz sobre IP para la empresa Amcor de Venezuela”. Presentado en la Universidad José Antonio Páez.

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

Manual de Usuario Teléfono VoIP BudgeTone-200/201 SIP Grand Stream

Electrónicas

Álvarez, A., Lozano, L. (2015). “Propuesta e implementación de red telefónica a través de IP basado en una herramienta de software libre, para la Alcaldía del Municipio Carlos Arvelo”.

Berruecos, A., Maldonado, M., Torres, N. (2015). “Implementación de un sistema telefónico basado en telefonía IP”.

Marín, L., Illas, R. (2013). “Diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP basado en la plataforma Elastix para la empresa Quórum Telecom”. Presentado en la Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela.

<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS7511pdf.pdf>

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

<https://www.pccomponentes.com/routers/TP-LINK>

<https://www.soluciondigital.com.ve/2018/08/24/modem-sendtel-ms8-8817>

<https://www.tiendacables.com/Hub-ethernet-de-16-puertos-10/100>

http://www.itu.int/ITU-D/cyb/publications/2003/IP-tel_report-es.pdf

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

Voip Foro. (2012). Recuperado el 05 de Junio de 2012

<http://www.voipforo.com/QoS/QoSVoip.php>

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>

Garcia Sabater, J. (2010-2011). *Universidad Politecnica de Valencia Espana*. Recuperado el 10 de Junio de 2012, de

<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/Teoriadecolasdoc.pdf>

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

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