

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO EN TÉRMINOS DE CALIDAD DE SERVICIO ENTRE LAS PLATAFORMAS ELASTIX Y SIPXECs EN UNA RED INALÁMBRICA”**

**TESINA DE SEMINARIO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

Presentada por:

**EDDY SANTIAGO BAZÁN VARGAS**

**ISRAEL RICARDO ACEVEDO SOLÓRZANO**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2014**

## **A G R A D E C I M I E N T O**

Agradecemos al director de seminario el Ing. Marcos Millán por acompañarnos, respaldarnos y compartir sus conocimientos en el camino de culminar las metas propuestas para la ejecución de la presente tesina de graduación.

# DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Aurora Vargas y Santiago Bazán quienes me han dado toda su ayuda incondicional para lograr mis objetivos profesionales y culminar esta nueva etapa de mi vida.

*Eddy Santiago Bazán Vargas*

Dedico este trabajo a mis padres y a mi hermana que han estado junto a mí en todo momento. Gracias por sus consejos, apoyo y comprensión.

*Israel Ricardo Acevedo Solórzano*

# DECLARACIÓN EXPRESA


"La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Seminario, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Eddy Santiago Bazán Vargas



---

Israel Ricardo Acevedo Solórzano

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

A handwritten signature in blue ink, reading "Marcos Millán T.", is written over a horizontal line.

MSc. Marcos Millán T.

**PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

A handwritten signature in blue ink, reading "Patricia Chávez B.", is written over a horizontal line.

MSc. Patricia Chávez B.

**PROFESORA DELEGADA POR LA UNIDAD ACADÉMICA**

## **R E S U M E N**

En estos tiempos de crisis la telefonía IP se presenta como una tecnología que se usa para reducir costos. Debido a este crecimiento se decidió realizar un análisis comparativo en términos de calidad de servicio entre dos plataformas de código abierto.

Esta tecnología permite optimizar costos utilizando la misma red para la transmisión de datos y voz, evitando los costos fijos de la telefonía. La ventaja de esta tecnología es que permite las llamadas gratuitas entre teléfonos IP u otros dispositivos que se encuentre configurados al sistema.

El presente informe es un estudio de pruebas de rendimiento entre dos plataformas implementadas en unas centrales telefónicas VoIP de código abierto sobre una red inalámbrica. Las plataformas implementadas en el proyecto fueron Elastix; un Servidor de Comunicaciones Unificadas, y SipXecs; un Servidor de Comunicaciones Empresariales.

Para las pruebas de los sistemas fueron implementadas en un servidor cada una de las plataformas, y se realizaron pruebas que determinaron cuál de las dos plataformas estudiadas es preferible para una red inalámbrica teniendo en cuenta su calidad de servicio.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ABREVIATURA.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. METODOLOGÍA.....	5
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	6
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>9</b>
<b>FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA IP.....</b>	<b>9</b>
2.1. TELEFONÍA IP.....	9
2.2. SISTEMA PBX.....	11
2.2.1. PBX TRADICIONAL.....	13
2.2.2. PBX VIRTUAL.....	14
2.2.3. PBX MÓVIL.....	15

2.2.4.	IP – PBX .....	16
2.3.	PLATAFORMAS DE CÓDIGO ABIERTO .....	17
2.3.1.	ELASTIX.....	18
2.3.2.	SIPX ECS .....	20
2.4.	CALIDAD DE SERVICIO .....	21
2.4.1.	VARIACIÓN DE RETARDO.....	24
2.4.2.	LATENCIA .....	25
2.4.3.	PÉRDIDA DE PAQUETES DE DATOS .....	27
2.4.4.	ANCHO DE BANDA DIGITAL.....	27
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>29</b>
	<b>CONSIDERACIONES E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS .....</b>	<b>29</b>
3.1.	CONSIDERACIONES TÉCNICAS .....	30
3.1.1.	MEDIO DE PRUEBAS .....	30
3.1.2.	HARDWARE DEL SISTEMA .....	31
3.1.3.	SOFTWARE DEL SISTEMA.....	36
3.2.	CONSIDERACIONES DE PARÁMETROS DE MEDICIÓN .....	39
3.3.	ESQUEMAS DE SISTEMAS.....	40
3.4.	PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN .....	42
	<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>44</b>
	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PRUEBAS .....</b>	<b>44</b>
4.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CALIDAD DE SERVICIO.....	44
4.2.	COMPARACIÓN DE PRUEBAS DE CALIDAD DE SERVICIO .....	56



<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>62</b>
ANEXO A.....	64
ANEXO B.....	66
ANEXO C.....	72
ANEXO D.....	84
ANEXO E.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1</b> Esquema básico de telefonía IP residencial .....	10
<b>Figura 2-3</b> Esquema básico PBX Tradicional.....	14
<b>Figura 2-4</b> Esquema PBX Virtual en la nube.....	15
<b>Figura 2-5</b> Esquema PBX móvil que provee beneficios de PBX tradicional.	16
<b>Figura 2-6</b> Esquema IP - PBX.....	17
<b>Figura 2-7</b> Arquitectura básica de Elastix.....	19
<b>Figura 2-8</b> Arquitectura básica de SIPX ECS.....	20
<b>Figura 2-9</b> Principales dificultades en la comunicación de VoIP .....	24
<b>Figura 2-10</b> Comportamiento de la variación del retardo .....	25
<b>Figura 2-11</b> Calidad de la percepción vs Latencia .....	26
<b>Figura 3-1</b> Linksys Wi-Fi Router E1200 .....	36
<b>Figura 3-2</b> Aplicación para Cliente Móvil Iphone .....	38
<b>Figura 3-3</b> Softphone X-Lite para Cliente Móvil - Computadora Portátil.....	38
<b>Figura 3-4</b> Software para análisis de Calidad de Servicio – Wireshark.....	40
<b>Figura 3-5</b> Esquema IP-PBX para plataforma Elastix .....	41
<b>Figura 3-6</b> Esquema IP-PBX para plataforma SipXecs.....	41
<b>Figura 4-1</b> Variación de Retardo en el servidor de Elastix .....	47
<b>Figura 4-2</b> Variación de Retardo en el servidor de SipXecs.....	48
<b>Figura 4-3</b> Latencia en el servidor de Elastix .....	50
<b>Figura 4-4</b> Latencia en el servidor de SipXecs.....	51
<b>Figura 4-5</b> Histograma de Paquetes de Datos del servidor de Elastix .....	52

<b>Figura 4-6</b> Histograma de Paquetes de Datos del servidor de SipXecs.....	53
<b>Figura 4-7</b> Ancho de banda digital del servidor de Elastix .....	54
<b>Figura 4-8</b> Ancho de banda digital en el servidor de SipXecs .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Clases de calidad de latencia por la ITU-T .....	27
<b>Tabla II.</b> Codificadores estandarizados establecidos por la ITU .....	28
<b>Tabla III.</b> Especificaciones del servidor Elastix y SipXecs .....	32
<b>Tabla IV.</b> Direcciones IP asignadas .....	33
<b>Tabla V.</b> Especificaciones del Cliente Móvil – Computadora Portátil DELL..	34
<b>Tabla VI.</b> Especificaciones del Cliente Móvil – Iphone 3GS .....	34
<b>Tabla VII.</b> Especificaciones del Linksys Wi-Fi Router E1200 .....	35
<b>Tabla VIII.</b> Características de Elastix y SipXecs .....	37
<b>Tabla IX.</b> Descripción estadística de la variación de retardo en Elastix.....	46
<b>Tabla X.</b> Descripción estadística de la variación de retardo en SipXecs .....	47
<b>Tabla XI.</b> Descripción estadística de la latencia en Elastix .....	49
<b>Tabla XII.</b> Descripción estadística de la latencia en SipXecs .....	50
<b>Tabla XIII.</b> Descripción estadística del ancho de banda digital en Elastix ....	54
<b>Tabla XIV.</b> Descripción estadística del ancho de banda digital en SipXecs .	55

## ABREVIATURA

<b>AGPL</b>	Licencia Pública General de Affero
<b>CCTV</b>	Circuito Cerrado de Televisión
<b>DHCP</b>	Protocolo de Configuración Dinámica de Hosts
<b>IP</b>	Protocolo de Internet
<b>ISP</b>	Proveedor de Servicios de Internet
<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>ITU-T</b>	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la ITU
<b>IVR</b>	Respuesta de Voz Interactiva
<b>LAN</b>	Red de Área Local
<b>PABX</b>	Central Automática de Intercambio Privada
<b>PBX</b>	Central de Intercambio Privada
<b>PMBX</b>	Central Manual de Intercambio Privada
<b>PSTN</b>	Red Telefónica Pública Conmutada
<b>QoS</b>	Calidad de Servicio
<b>RTP</b>	Protocolo de Transporte de Tiempo Real
<b>SIP</b>	Protocolo de Inicio de Sesión
<b>UDP</b>	Protocolo de Datagrama de Usuario
<b>VoIP</b>	Voz sobre Protocolo de Internet
<b>WAN</b>	Red de Área Amplia

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la telefonía IP ha logrado convertirse en una verdadera convergencia de las tecnologías, desde las comunicaciones tradicionales hasta las comunicaciones móviles, internet y demás. Esta tecnología se ha ido desarrollando en el pasar de los años hasta convertirse en la actualidad en una solución importante dentro del campo de la comunicación por los beneficios económicos que su implementación conlleva y el aumento de la productividad a través de aplicaciones que integran voz y datos.

La telefonía IP se volvió un campo de interés mucho antes que VocalTec lanzara su primer teléfono internet en 1995, por lo que se convirtió comercialmente viable. Hoy en día, el uso de la telefonía IP basta con tener una conexión de internet de banda ancha para poder realizar y recibir llamadas, permitiendo olvidar a la telefonía tradicional. Esto es posible en muchos hogares y empresas debido a que poseen una conexión de internet la cual es proporcionada por los ISP.

En la actualidad muchas empresas están adoptando rápidamente la telefonía IP debido a la fácil integración de los diferentes medios y dispositivos de comunicación, manteniendo contacto desde cualquier parte que se localicen

y en tiempo real. El uso del protocolo IP en telefonía conlleva grandes ventajas para las empresas con varias sucursales logrando crear una única central para todas, de igual manera con los trabajadores móviles, permitiendo estar en contacto con ellos independientemente del lugar, reduciendo considerablemente los costos telefónicos.

En resumen, la telefonía IP permite que las Comunicaciones Unificadas y Empresariales sean parte del ambiente de las empresas, ayudando a las compañías a ahorrar dinero e incrementar la productividad de los empleados.

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

En este capítulo se tratan los diferentes puntos iniciales que se tomaron como objeto de estudio en el presente informe. En primer lugar, se tomó en consideración los precedentes que llevaron a analizar este tema, además de los propósitos, justificaciones y metodologías propuestos para la realización de los sistemas implementados, sin dejar a un lado los alcances y limitaciones que brindaron los mismos.

### **1.1. ANTECEDENTES**

La telefonía IP combina dos mundos históricamente separados: la transmisión de voz y la de datos. Hace algunos años se iniciaron las primeras implementaciones de telefonía IP en Latinoamérica,



el primer caso se dio en la Universidad San Buenaventura en Colombia en 1999 con tecnología 3Com.

La telefonía IP ha ido en aumento a causa de brindar básicamente los mismos servicios que la telefonía tradicional pero a un menor costo. Por lo que en estos tiempos de crisis, la telefonía IP es una buena opción para ahorrar y reducir costos en las empresas del sector de las telecomunicaciones.

Asimismo en el campo de la telefonía IP se ofrecen una gran variedad de plataformas de código abierto, esto conlleva tomar una gran número de decisiones al momento de seleccionar una de ellas entre su nivel de rendimiento, fiabilidad y seguridad.

Sin embargo en esta tecnología existe insuficiencia de documentación en el ámbito comparativo en términos de calidad de servicio que brindan cada una de las plataformas existentes. Por lo que surge la idea de realizar un análisis entre dos plataformas de código abierto en la presente tesina de graduación.

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Establecer un análisis comparativo de prueba de rendimiento entre las plataformas Elastix y SipXecs dentro de una red inalámbrica en términos de calidad de servicio.

## **1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Implementar los sistemas de PBX entre las plataformas de Elastix y SipXecs sobre una red inalámbrica escogida para el análisis.
- Definir los parámetros de calidad de servicio que provocan las posibles deficiencias en el servicio en cada una de las plataformas.
- Analizar las pruebas de calidad de servicio entre las plataformas implementadas Elastix y SipXecs comparando los resultados obtenidos en cada una de ellas.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El sector de las telecomunicaciones ha logrado ser fundamental en el desarrollo de la humanidad, alcanzando influir en la disminución de distancias físicas y agilizando la comunicación,

especialmente en sectores de difícil acceso. Debido al gran desarrollo en este sector, la telefonía IP ha conllevado la implementación de redes basadas en el protocolo IP, permitiendo una serie de importantes ventajas en comparación a las plataformas de comunicación tradicional, siendo así un sistema de comunicación confiable, eficaz y a la vez reduciendo los costos de uso.

De tal manera la telefonía IP era un terreno poco explorado por los desarrolladores de código abierto, a causa de existir un reducido número de fabricantes que dominaban el mercado comercial e influían en el desarrollo tecnológico de protocolos y soluciones. Por tal motivo se ha convertido en un protagonista importante del uso del software libre que la comunidad de código abierto ha desarrollado.

La implementación de plataformas de código abierto en la telefonía IP en una red inalámbrica tiene múltiples beneficios, debido a que permite aprovechar de una infraestructura de voz y datos convergentes en el ahorro de costos.

Dado que este tipo de sistema necesita una conexión de banda ancha, la calidad de servicio se ve afectada por la calidad del enlace de datos; esto quiere decir que la calidad se puede ver influida por problemas como la alta latencia, variación de retardo o pérdida de paquetes, aunque la calidad de servicio de la telefonía IP está garantizada mediante los estándares existentes que son aceptables para aplicaciones poco exigentes.

Considerando estos aspectos influyentes en la calidad de servicio, se implementó las plataformas Elastix y SipXecs sobre una red inalámbrica, para poder identificar la eficacia de los estándares y protocolos que pretende garantizar la calidad de servicio en cada una de ellas.

El resultado comparativo entre las dos plataformas dió conclusiones importantes para futuras implementaciones de nuevos sistemas de telefonía IP, para tener un sistema de comunicación eficiente y confiable.

## **1.5. METODOLOGÍA**

En la realización del análisis comparativo en términos de calidad de servicio se instaló un sistema de PBX para cada una de las

plataformas de telefonía IP de código abierto, en donde se realizó diferentes pruebas que permitió el análisis de las plataformas.

Los sistemas de PBX fueron basados en dos servidores para la plataforma de Elastix y SipXecs, las cuales estuvieron conectadas a un enrutador inalámbrico para simular el ambiente necesario en el análisis.

Las pruebas se basan en el análisis del tráfico de la red, por lo cual se utilizó el software Wireshark en la captura de paquetes RTP que son enviados y recibidos desde los dispositivos configurados en cada una de los sistemas de PBX. En cada captura de paquete se analizó los parámetros como la variación de retardo, latencia, pérdida de paquetes y el ancho de banda digital para concluir un análisis comparativo entre las plataformas consideradas.

## **1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Para el análisis comparativo en términos de calidad de servicio entre las plataformas de código abierto se determinó con precisión el área de implementación y los aspectos necesarios

para cada uno de los diseños, teniendo como observaciones los alcances en el desarrollo de cada una de las implementaciones.

Entre los alcances de los sistemas de PBX fueron básicamente en permitir una llamada simultánea como mínimo; debido a que fueron diseños exclusivos para el análisis y estudio cuantitativo en términos de calidad de servicio que proporcionó cada plataforma. Asimismo se estableció un modelo de red IP adecuado para el análisis respectivo, como también las correctas configuraciones de los servicios básicos que ofrecen las mismas. Adicional a sus alcances, se tuvo en consideración las limitaciones de los diseños que fueron factores u objetos que pudieron afectar a las pruebas y posteriores resultados.

Entre los factores que pudieron limitar y afectar a la red inalámbrica podemos mencionar la distancia entre el enrutador y los dispositivos; si los dispositivos se encontraban lejanos existía una baja intensidad de señal, lo que implica una lentitud en la comunicación. Asimismo este problema se observó si existía algún tipo de obstrucción física como obstáculo o pared.

Otro factor que influyó en el diseño fue la presencia de otras redes inalámbricas cercanas, causando una serie de inconvenientes durante las pruebas, ya que podían superponerse en los canales de transmisión y de esta forma existir interferencia en los datos.

# **CAPÍTULO 2**

## **FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA IP**

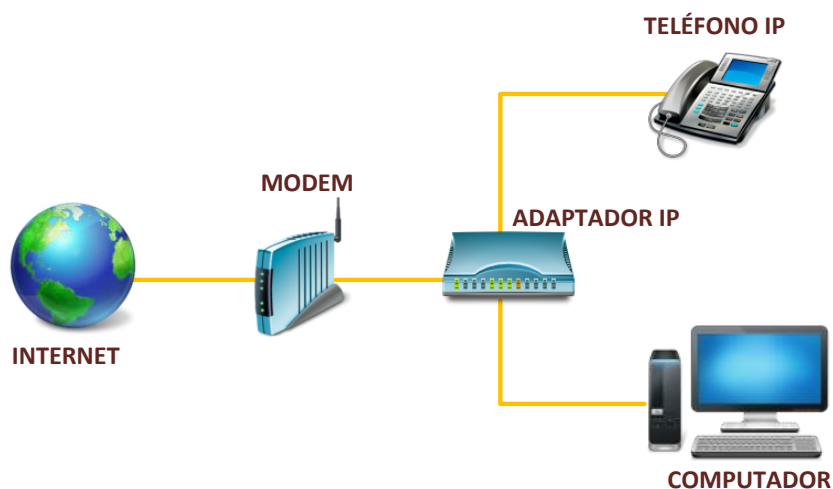
En este capítulo fue necesario conocer los conceptos relevantes relacionados al análisis. Primeramente conocer sobre la tecnología de telefonía IP, como también el estudio de la prueba de rendimiento que se tomó como la metodología en la misma, además los sistemas PBX como las plataformas implementadas y la calidad de servicio.

### **2.1. TELEFONÍA IP**

La telefonía IP es una tecnología basada en VoIP que permite la simplificación de la infraestructura de comunicaciones en la empresa en un sistema unificado de telefonía, permitiendo la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP



utilizando un PC, gateways y teléfonos estándares en general. Además los servicios de comunicación que son transportadas vía redes IP en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional. En la figura 2-1 podemos observar un esquema básico de la telefonía IP residencial.



**Figura 2-1** Esquema básico de telefonía IP residencial

La única utilidad de la telefonía IP es básicamente de interconectar a dos o más personas para que puedan realizar una comunicación telefónica normal pero a través de Internet. La telefonía IP permite realizar llamadas entre distintos tipos de terminales como PC a PC, PC a teléfono, y teléfono a teléfono.

## 2.2. SISTEMA PBX

Los orígenes de la telefonía fue mediante la conmutación de circuitos manualmente para la realización de la comunicación, este sistema era conocido como PMBX. A medida que las centrales no requerían la presencia de un operador fueron reemplazadas por dispositivos electromecánicos automáticos y luego por sistemas digitales de conmutación debido al avance en la electrónica de microprocesadores, donde se le llamó PABX que trasladó a los sistemas de PMBX hasta volverlo casi inexistente. A partir de ese momento los sistemas se convirtieron en automáticos quedando sencillamente el término de PABX o PBX.

Los sistemas de PBX son centrales privadas telefónicas que son utilizadas dentro de una empresa y que están conectadas de forma directa a una red pública de telefonía conocida como PSTN; esto quiere decir el usuario externo a la empresa conocerá solo un número telefónico para acceder, mediante este número conocido como cabeza de PBX se puede transferir llamadas a otros miembros del conjunto de líneas.

La ventaja más importante de una PBX es que la comunicación interna o intercomunicación sea rápida y gratuita, incorporando las

líneas telefónicas o troncales de la red de telefonía pública evitando la necesidad de tener una línea por usuario. La función primaria de la PBX es la transferencia de llamadas, mediante esto la llamada entrante puede ser transferida de un usuario a otro, facilitando el manejo de las comunicaciones dentro de una empresa.

Los sistemas de PBX realizan tres funcionalidades básicas que son:

1. Establecer y enlazar conexiones entre dos teléfonos con la relación entre un número y una línea, asegurándose de no tener ocupada la línea, etc.
2. Mantener activas las conexiones de usuarios en el tiempo que se necesite.
3. Proveer información para mantener la contabilidad, como medición de las llamadas y tarificación.

Una PBX puede ofrecer una gran cantidad de características adicionales a estas funcionalidades básicas, dependiendo del fabricante y el modelo de la central en cuestión. Las capacidades adicionales más comunes son llamadas en espera, desvío de

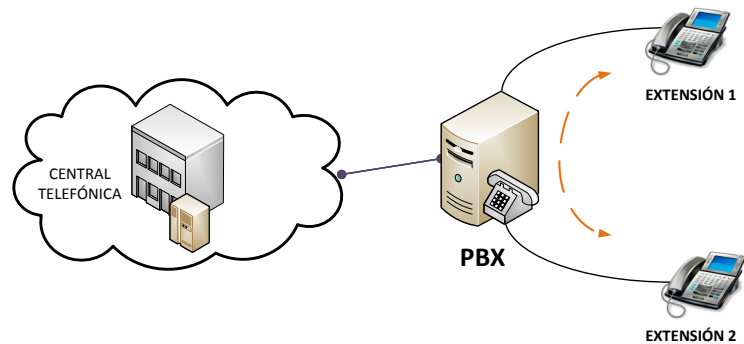
llamadas, transferencia de llamadas, conferencia, casillas de voz, IVR, distribución automática de llamadas, conteo de llamadas, etc.

En el mercado actual se pueden encontrar cuatro sistemas de PBX:

1. PBX tradicional
2. PBX virtual
3. PBX móvil
4. IP – PBX

#### **2.2.1. PBX TRADICIONAL**

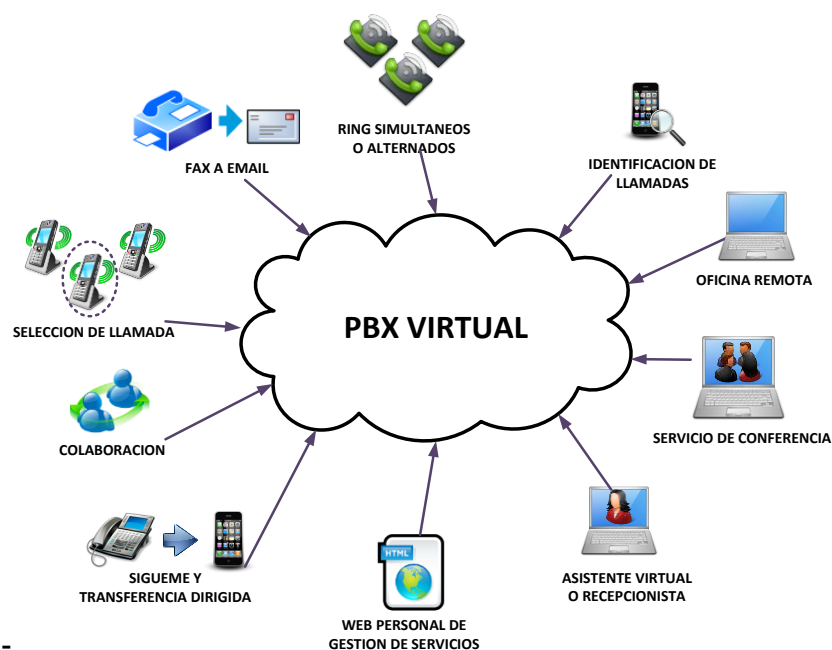
La PBX tradicional son sistemas automatizados que permiten cambiar las llamadas entre los circuitos, en lugar de conectar manualmente una llamada con un cable de conexión. Actualmente estos equipos se los encuentra en el mercado distribuidos por marcas como Linksys, Alcatel, Siemens, Ericsson, Cisco y Panasonic. En la figura 2-3 se puede observar un esquema básico de la PBX tradicional.



**Figura 2-3** Esquema básico PBX Tradicional

### 2.2.2. PBX VIRTUAL

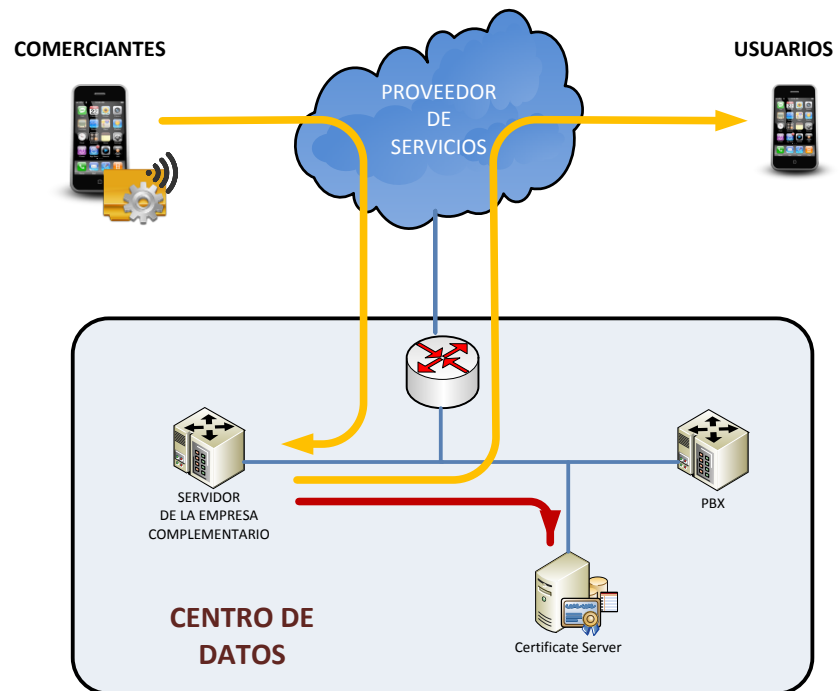
La PBX virtual es un servicio que se provee a empresas que contraten o arrienden los servicios de un proveedor, pudiendo utilizarla a través de la telefónica pública PSTN o a través de Internet. Las funciones principales de las PBX virtuales son similares a los sistemas PBX de hardware instalados dentro de una empresa. Este servicio es mantenido por el proveedor de servicios, y pueden ser compartidos por varios clientes. En la figura 2-4 podemos ver un esquema de una PBX virtual en la nube.



**Figura 2-4** Esquema PBX Virtual en la nube

### 2.2.3. PBX MÓVIL

La PBX móvil es un servicio que proveen las empresas de telefonía celular a compañías privadas; los beneficios son los mismos que entrega una PBX tradicional. El servicio consiste en la administración de las llamadas entrantes a través de un conmutador; estas llamadas se direccionan a uno o varios teléfonos móviles sin necesidad de que exista un servidor en la empresa. En la figura 2-5 podemos observar un esquema básico de una PBX móvil.

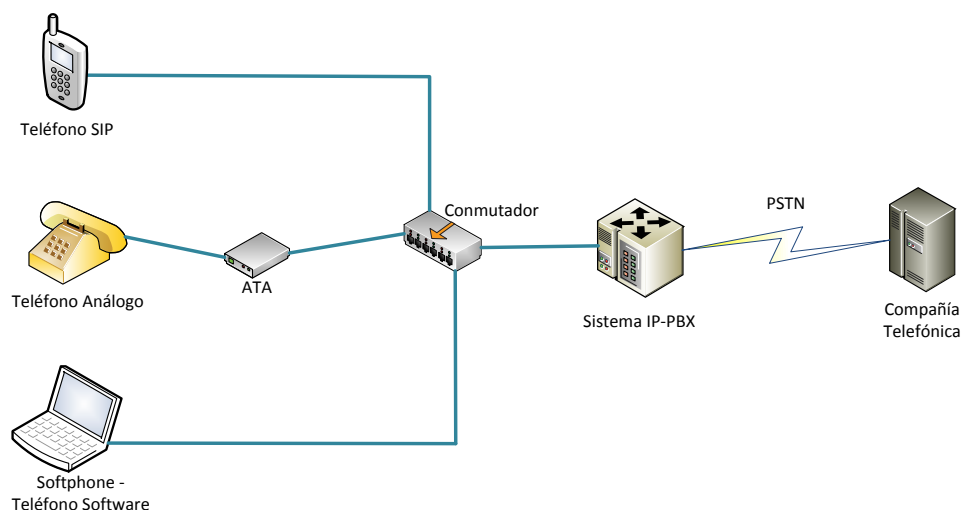


**Figura 2-5** Esquema PBX móvil que provee beneficios de PBX tradicional

#### 2.2.4. IP – PBX

Un sistema de IP - PBX es un servicio que utiliza la red de datos internet para proveer sus servicios, se la conoce como VoIP. Los datos de voz se transmiten a través de internet en forma de paquetes de datos; es decir en este servicio los datos de voz son digitales y no analógicos como en los servicios anteriores.

Las centrales de IP – PBX permiten a los clientes utilizar cantidades mínimas de hardware. El software de las centrales IP – PBX se puede instalar en PC's con requerimientos mínimos; este software puede ser licenciado o de libre acceso. La infraestructura de comunicación de datos que utilizan es WAN y LAN. Esta forma de servicio por sus beneficios es la más utilizada en la actualidad. En la figura 2-6 podemos observar un esquema de una IP - PBX.



**Figura 2-6** Esquema IP - PBX

### 2.3. PLATAFORMAS DE CÓDIGO ABIERTO

Actualmente en el mundo de software libre, se está desarrollando programas de centrales PBX funcionando bajo Windows y Linux, tal es el caso del programa Asterisk o Elastix o SipXecs. Estos sistemas se pueden integrar en un solo computador con estas y

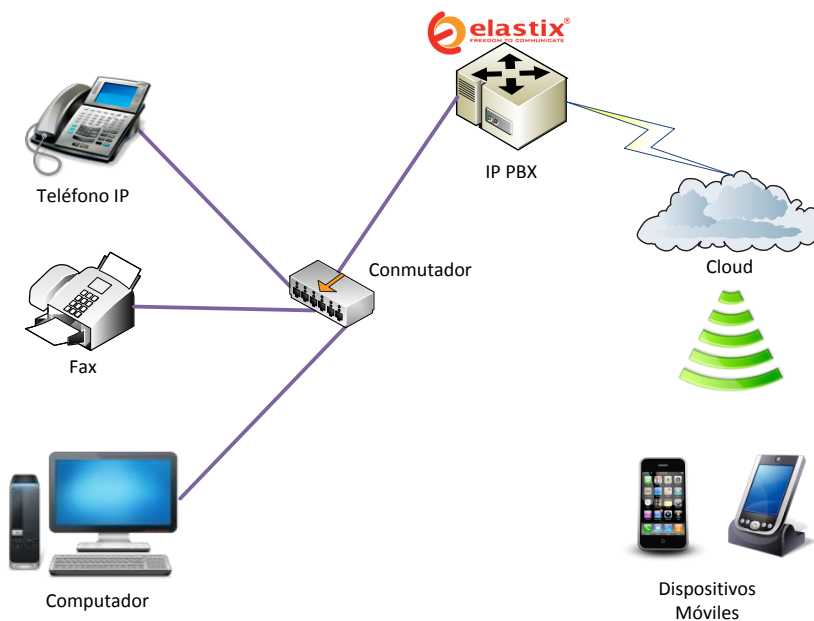


más funciones que brinda comunicación telefónica, Internet, conferencias, etc.

### **2.3.1. ELASTIX**

Elastix es un software aplicativo basado en la distribución de Asterisk creada por Palosanto Solutions, posee interfaces de control y reportes de sí mismo. Además añade su propio conjunto de utilidades entre las que tenemos servidores para correo, mensajería instantánea, fax y video conferencia, también permite la creación de módulos externos.

Elastix fue desarrollado como una solución que permita poseer todos los medios y alternativas de comunicación existentes que pueda necesitar una empresa privada. En la figura 2-7 se puede observar una arquitectura básica de Elastix.



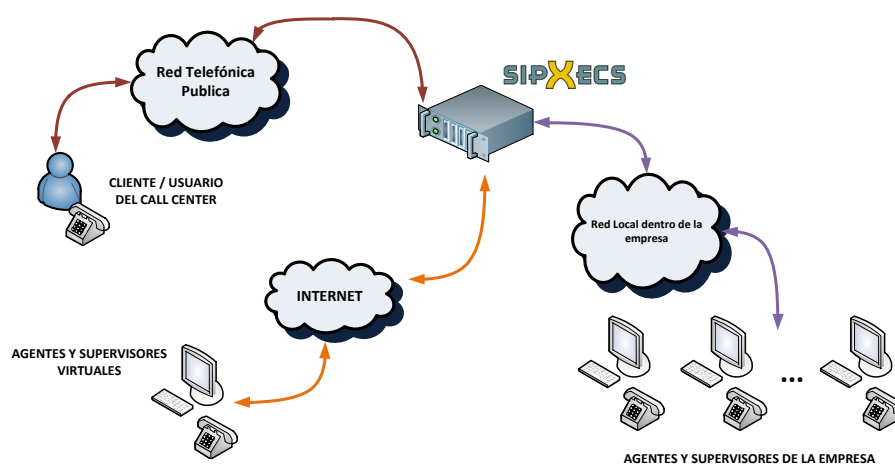
**Figura 2-7** Arquitectura básica de Elastix

Elastix es una plataforma capaz de crear un ambiente eficiente en las empresas con múltiples características integrando otras sucursales logrando centralizar las comunicaciones de las empresas y llevarlas a niveles globales. Elastix tiene algunas de las características básicas como correo de voz, fax-a-email, soporte para softphones, interface de configuración Web, sala de conferencias virtuales, grabación de llamadas, roaming de extensiones, interconexión entre PBX's, identificación del llamante, etc.

### 2.3.2. SIPX ECS

SipXecs es un software de IP – PBX con licencia AGPL que se basa en el protocolo de inicio de sesión SIP que permite la iniciación, modificación y finalización de sesiones de usuario para la comunicación por voz, mensajería y video a través de la red. SipXecs se puede instalar en un único servidor o se puede distribuir en varios sistemas. Este software es escalable lo que permite que crezca según sea la necesidad del cliente.

El diseño de SipXecs es distinto a Asterisk y Elastix pero incluye servicios similares como servidor de correo, sistemas de respuesta de voz interactiva, operadora automática, interfaz Web. En la figura 2-8 se puede observar una arquitectura básica de SipXecs.



**Figura 2-8** Arquitectura básica de SIPX ECS

Además SipXecs posee características únicas como su gestión Plug & Play para teléfonos y gateways; esto significa que SipXecs auto-descubre teléfonos, gateways y crea toda la configuración. Entre otras características únicas de SipXecs está en la utilización de gateways externos, conmutación automática por error en caso de que no se encuentre puertas de enlace disponibles, enrutamiento de costo menor al de sus competidores. SipXecs trabaja en la mayoría de distribuciones de Linux tales como Centos, Debian y Red-Hat.

#### **2.4. CALIDAD DE SERVICIO**

En la actualidad existen distintas redes que se han vinculado a una red IP. Un ejemplo a esto, tenemos las redes de telefonía y de vídeo (CCTV) que están siendo basadas a IP, para esto es necesario controlar las diferentes formas de la compartición de recursos de la red para cumplir los requisitos de cada servicio. La solución para que el tráfico de la red se adapte a los diferentes tipos de servicios se deben permitir que los enrutadores y conmutadores de la red se comporten de acuerdo a las distintas funciones. Esta técnica se denomina DiffServ, por tal motivo se usa la calidad de servicio para lograr que distintas aplicaciones

puedan coexistir en la misma red sin consumir el ancho de banda digital de la otra de la red.

La calidad de servicio o QoS es la capacidad de dar un buen servicio, el cual tiene un conjunto de requisitos de servicios que la red debe garantizar de acuerdo a los estándares de funcionalidad de la calidad de servicio para asegurar un nivel de servicio adecuado para la transmisión de datos. En el campo inalámbrico es muy importante realizar un estudio de QoS, ya que se ve afectada por diferentes factores, esto implicaría satisfacer los estándares de funcionalidad por lo cual resulta imposible lograr resultados perfectos en todos los casos, por lo cual sólo se puede garantizar un determinado porcentaje cercano a los estándares o requerimientos.

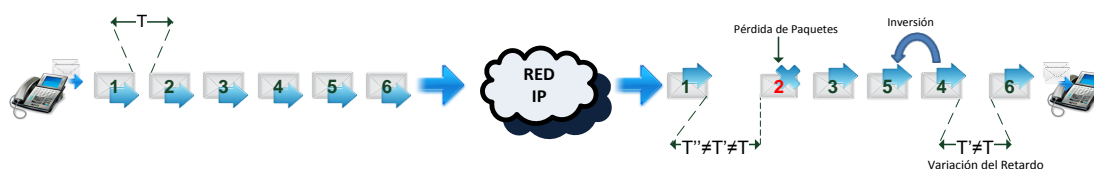
La aplicación de la calidad de servicio permite garantizar una comunicación clara y segura, ya que los parámetros medidos en las pruebas de calidad de servicio detallan el estado de la red logrando tomar decisiones para tener una optimización de la misma. En el campo de las redes de telefonía celular y red de VoIP convencional con el estudio de la calidad de servicio se garantiza el correcto funcionamiento de la red obteniendo una

excelente satisfacción de los usuarios. Por lo contrario en el campo de VoIP sobre redes inalámbricas el estudio de QoS debe ser más crítico, ya que el análisis en el medio inalámbrico de la red permite entender el comportamiento de la misma y poder realizar los cambios pertinentes para tener un adecuado entorno de la comunicación.

En el ámbito de la calidad de servicio se recoge una serie de información suficiente con las cuales se pueden llegar a conclusiones del comportamiento de la red que está siendo implementada, por lo cual se llegan a tener dos tipos de mediciones en el análisis que son las subjetivas y objetivas. Las mediciones subjetivas son aquellas observaciones del servicio que el usuario ha percibido en la utilización de la red para las realizaciones de las llamadas, en el caso de VoIP sobre una red inalámbrica, cabe recalcar que estas observaciones no tienen soluciones técnicas por parte del usuario, por lo que no influirá directamente en las mediciones, y únicamente se obtiene es la apreciación obtenida de manera subjetiva durante estas pruebas. Por otro lado las mediciones objetivas son aquellas observaciones en que se basan en datos con los cuales se pueden cuantificar directamente desde la tarjeta de red, estos datos no tienen

relación alguna con el usuario, con lo que se establece un margen de fiabilidad fijado por parámetros aceptables, y por tanto se obtiene la apreciación objetivamente si la red utilizada es fiable para la comunicación.

La calidad de servicio en los diferentes servicios basados en la conmutación de paquetes que se encuentran basados en el protocolo IP, existen efectos directos e indirectos que ocasionan que la calidad del servicio no sea óptima. Los principales factores en un sistema de VoIP dentro de una red inalámbrica que influyen en la calidad de servicio son: el retardo, la latencia del sistema, la pérdida de paquetes y el ancho de banda digital, que se pueden observar algunos de ellos en la figura 2-9.

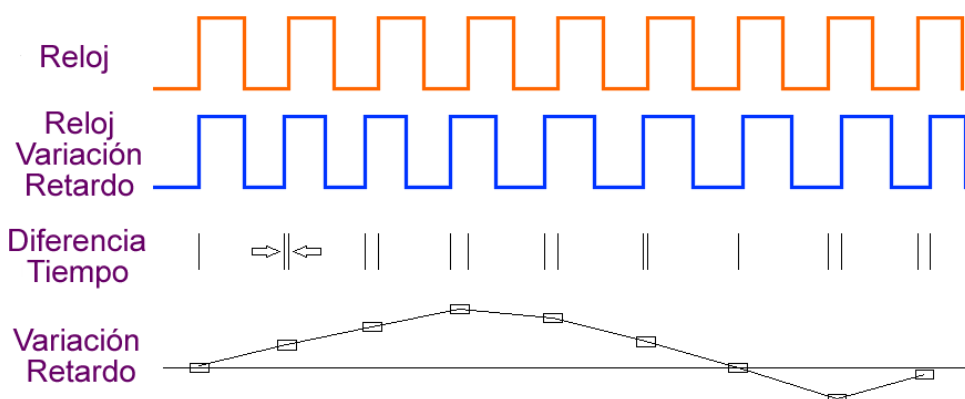


**Figura 2-9** Principales dificultades en la comunicación de VoIP [8]

#### 2.4.1. VARIACIÓN DE RETARDO

Se refiere a la variación del tiempo de los paquetes que son enviados a la red por el transmisor y recibidos por el receptor, este factor solo existe en las redes basadas en

paquetes que afectan a la latencia y a la pérdida de paquetes. Se produce normalmente cuando se tiene un ancho de banda digital de baja capacidad, que puede causar que exista una inversión de paquetes enviados al receptor. En los sistemas de VoIP este parámetro degrada cuantiosamente la calidad de voz y modifica la conversación. En la figura 2-10 podemos ver el comportamiento de la variación del retardo.



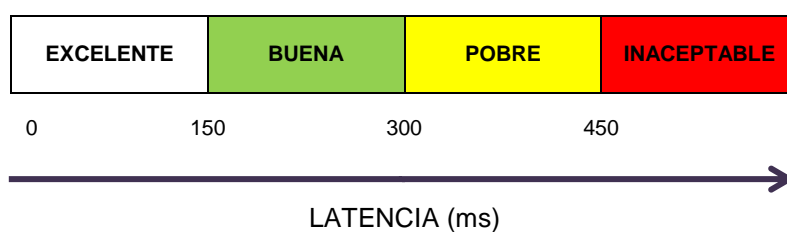
**Figura 2-10** Comportamiento de la variación del retardo

### 2.4.2. LATENCIA

La latencia se lo define como la variación del tiempo que tarda un paquete en llegar hacia el receptor desde que la trama de datos comenzó ser transmitido por el emisor. En el caso de los sistemas de VoIP, la latencia se define como el retardo de tiempo con que se efectúa la comunicación por medio del sistema de VoIP. La influencia de la latencia



en los sistemas telefónicos provoca dificultad en la comunicación y que no se trasmite fluidamente, por tal motivo no se puede observar claramente el grado de latencia tolerado por el usuario en el sistema. La compañía Brooktrout expuso un diagrama reflejado en la percepción de la latencia, que se puede observar en la figura 2-11.



**Figura 2-11** Calidad de la percepción vs Latencia [7]

Como se observa en la figura de la percepción de la latencia la latencia a partir de los 150 ms se comienza a detectar por los usuarios la disminución de calidad de la conexión. En cambio la ITU-T establece una tabla de clases de calidad de la voz en la telefonía IP en relación a la latencia del sistema observando que es deseable una latencia menor de 300 ms para mantener una calidad de servicio adecuado como se muestra en la tabla I.

**Tabla I.** Clases de calidad de latencia por la ITU-T [7]

CLASE NO.	LATENCIA (ms)	COMENTARIOS
1	0 – 150	Aceptable para la mayoría de las conversaciones; solo algunas tareas altamente pueden experimentar degradación
2	150 – 300	Aceptable para llamadas de baja interactividad (satélites de 250 ms por salto)
3	300 – 700	Prácticamente una llamada <i>half-duplex</i>
4	Más de 700	Inusual a menos que los usuarios sean versados en el arte de las conversaciones <i>half-duplex</i> (tipo militar)

#### 2.4.3. PÉRDIDA DE PAQUETES DE DATOS

Se refiere a la posibilidad de que se pierdan algunos paquetes durante la comunicación, ya que los paquetes pasan por uno o varios equipos intermedios que pueden cometer fallas momentáneas logrando que suceda esto. En el caso de una red inalámbrica es un medio inestable que contribuye pérdidas de paquetes debido a las interferencias que impiden la correcta transferencia de información.

#### 2.4.4. ANCHO DE BANDA DIGITAL

El ancho de banda digital se lo define como la velocidad máxima de transferencia de información o paquetes de datos a través de la red. En el campo de la telefonía IP este parámetro está en función del algoritmo para la codificación de la voz y de la compresión del codificador utilizado. En la

tabla II se detallan los codificadores estandarizados establecidos por la ITU y el ancho de banda digital mínimo necesario en la red LAN para la transmisión de la señal de voz.

**Tabla II.** Codificadores estandarizados establecidos por la ITU

CODIFICADOR Y TASA BINARIA	ANCHO DE BANDA DIGITAL EN LAN
G711	87.2 Kbps
G729	31.2 Kbps
G723.1	21.9 Kbps
G723.1	20.8 Kbps
G726	55.2 Kbps
G728	47.2 Kbps

El ancho de banda digital en la comunicación de VoIP se comparte entre las aplicaciones que existen en esta, por lo que es necesario que la cantidad de banda ancha se encuentre en óptimo funcionamiento para estas aplicaciones. En el Anexo A se demuestra la obtención del ancho de banda digital requerido para el codificador G711, el cual es considerado para el análisis del siguiente informe.

# **CAPÍTULO 3**

## **CONSIDERACIONES E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS**

Para analizar la efectividad de las redes de acuerdo al objetivo establecido en el proyecto, fue necesario llevar a cabo una serie de pruebas en las plataformas anteriormente mencionadas. Primeramente es fundamental implementar las redes de prueba para cada plataforma en el análisis comparativo. El presente capítulo se detalla las características que fueron implementadas para el análisis, como también el hardware y el software en las redes, y finalmente la secuencia de experimentos a desarrollarse.

### **3.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS**

Para la realización efectiva de las pruebas Calidad de Servicio entre la plataforma Elastix y SipXecs, fue necesario tener presente los componentes que intervienen en la red para tener un ambiente ideal en la transmisión de datos en las plataformas, como los niveles de interferencia, la calidad de señal entre los dispositivos, entre otros parámetros importantes. En los sistemas implementados para el análisis se tuvo que tener en consideración tres entes participantes que son el medio, el hardware y el software.

#### **3.1.1. MEDIO DE PRUEBAS**

El medio en que se realizó las pruebas fue un elemento importante en el diseño de las redes ya que en ellos se crea un soporte físico que permitió crear comunicación entre el emisor y los receptores.

Existen dos tipos de medios:

1. Medios Guiados
2. Medios no Guiados

Los medios de transmisión guiados son aquellos que se transmiten a través de un ente físico; entre los medios

guiados tenemos a los cables coaxiales, los cables de fibra óptica y los pares trenzados. Los medios de transmisión no guiados son señales que no se transmiten mediante ningún ente físico, sino a través del medio como el aire y el vacío. El medio que se utilizó para el análisis fue el aire, un medio no guiado.

### **3.1.2. HARDWARE DEL SISTEMA**

El hardware empleado en los sistemas de pruebas los conforman: la central PBX, el punto de acceso y los clientes móviles, cabe recalcar que los clientes de pruebas y el punto de acceso serán los mismos para los sistemas implementados para el análisis respectivo de cada uno. A continuación se detallara las características de cada dispositivo de los sistemas.

#### **SISTEMA PBX**

Los sistemas de PBX fueron instaladas para las plataformas de Elastix y SipXecs en un mismo computador con discos duro diferentes para cada una que harán de servidores, las cuales serán las encargadas de administrar las llamadas. Cabe recalcar

que para el análisis el sistema de PBX es una parte importante en los sistemas. Se detalla las características del computador utilizado para las plataformas en la tabla III.

**Tabla III.** Especificaciones del servidor Elastix y SipXecs

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>CPU</b>	Intel(R) Pentium® 4 CPU 3.00 GHz
<b>Disco Duro 1 Elastix</b>	30 GB
<b>Disco Duro 2 SipXecs</b>	30 GB
<b>Memoria RAM</b>	2 GB
<b>Sistema Operativo</b>	Linux
<b>Distribución</b>	Centos

En los sistemas de PBX se registraron 2 extensiones en cada uno de los servidores, las mismas para las plataformas que se utilizaron como clientes móviles. En la tabla IV podemos ver las direcciones IP que se asignaran en cada uno de los elementos de la red.

**Tabla IV.** Direcciones IP asignadas

<b>EQUIPO</b>	<b>DIRECCIÓN DE RED</b>
<b>SipXecs</b>	192.168.10.185
<b>Elastix</b>	192.168.10.190
<b>Cliente Móvil – Portátil</b>	DHCP
<b>Cliente Móvil – Iphone 3GS</b>	DHCP
<b>Enrutador Inalámbrico</b>	192.168.10.1

### **CLIENTES MÓVILES**

Los clientes móviles para las pruebas fueron los generadores del tráfico de la red, que tomaron un papel importante en el análisis como una situación real. Por lo cual se decidió utilizar dos clientes móviles, un cliente fue instalado en una computadora portátil y el otro cliente fue instalado en un teléfono móvil. En cada cliente móvil se instaló un software de softphone, los cuales permitieron registrarlos en la PBX por medio del protocolo SIP, logrando realizar y recibir llamadas. Asimismo estos clientes móviles se los trato de forma individual; es decir ambos servidores van a ocupar la misma red en momentos distintos. En las tablas V y VI se describen las



características de los equipos que fueron tomados como clientes móviles.

**Tabla V.** Especificaciones del Cliente Móvil – Computadora Portátil DELL

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>CPU</b>	Intel(R) Core i3 – 3227U
<b>Disco Duro</b>	700 GB
<b>Memoria RAM</b>	4 GB
<b>Sistema Operativo</b>	Windows 8 PRO
<b>Velocidad de Reloj</b>	1.90 GHz

**Tabla VI.** Especificaciones del Cliente Móvil – Iphone 3GS

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Modelo</b>	MC555LL/A
<b>Capacidad</b>	8 GB
<b>Memoria RAM</b>	256 MB
<b>Sistema Operativo</b>	iOS 6.1.2
<b>Redes Inalámbricas</b>	Wi-Fi (802.11b/g)

### ENRUTADOR INALÁMBRICO

Entre las opciones de enrutadores inalámbricos se tuvo Trendnet, D-Link y Linksys. Comparando las características de cada una de ellas como la alta velocidad de transmisión de información de datos o

archivos, la compatibilidad con varios sistemas operativos; entre ellos Linux y sus distribuciones, se eligió el enrutador Linksys debido a la superioridad en los parámetros mencionados anteriormente con respecto a los demás. El enrutador inalámbrico es de marca CISCO y modelo Linksys E1200 como se observa en la figura 3-1, así mismo en la tabla VII se observan las especificaciones del mismo.

**Tabla VII.** Especificaciones del Linksys Wi-Fi Router

E1200

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Tecnología</b>	Wireless – N
<b>Bandas</b>	2.4 GHz
<b>Transmisión/Recepción</b>	2 x 2
<b>Velocidad de Transferencia Inalámbrica</b>	300 Mbps
<b>Tipos de seguridad inalámbrica</b>	WPA2, WPA, WEP, RADIUS



**Figura 3-1** Linksys Wi-Fi Router E1200

### **3.1.3. SOFTWARE DEL SISTEMA**

El software utilizado para el análisis lo conforman las aplicaciones o programas que permitieron la realización de las llamadas, como también la medición de los parámetros de calidad de servicio; entre los cuales tendremos a las plataformas, a los clientes SIP como softphones y el software analizador.

Para la elección de las plataformas a utilizar en el estudio se tomó en consideración las recomendaciones observadas en los artículos “Five Open Source Ip Telephony projects to watch” [1] y “Top Ten Open Source PBX Software” [2], en las cuales recomiendan en ambos artículos a las plataformas Elastix y SipXecs. Por lo que se utilizó dichas plataformas para el análisis comparativo porque poseen ventajas y funcionalidades sobre las otras

plataformas del mercado, en donde se destaca su administración vía web. En la tabla VIII se observan algunas características de las plataformas implementadas en los servidores Elastix y SipXecs.

**Tabla VIII.** Características de Elastix y SipXecs

	ELASTIX	SIPX ECS
<b>Protocolo SIP</b>	SI	SI
<b>Protocolo H323, IAX2, MCGP</b>	SI	NO
<b>Procesador mínimo</b>	Pentium VI	Pentium VI
<b>Memoria RAM mínimo</b>	512 Mb	1 Gb
<b>Disco Duro mínimo</b>	30 Gb	30 Gb
<b>Correo de voz Ruteo Desvío de llamadas Conferencias</b>	SI	SI
<b>Plug&amp;Play</b>	NO	SI
<b>Escalabilidad</b>	Muy amplia	Muy amplia
<b>Documentación</b>	Amplia	Poco

Para la realización de las llamadas en los clientes móviles se utilizaron softphones gratuitos y que permitan la conexión por el protocolo de SIP. En el cliente móvil iPhone se utilizó la aplicación Media5-Fone que se conectó a las plataformas de IP-PBX para realizar y recibir llamadas por medio del protocolo SIP. En la figura

3-2 podemos observar las capturas de pantallas inicial y ajustes de Media5-Fone



**Figura 3-2** Aplicación para Cliente Móvil Iphone

Por otro lado en la computadora portátil se instaló el softphone llamado X-Lite. Este software posee las funcionalidades de un teléfono IP, que se lo utilizo para realizar y recibir llamadas en las pruebas. En la figura 3-3 podemos observar el softphone X-Lite.

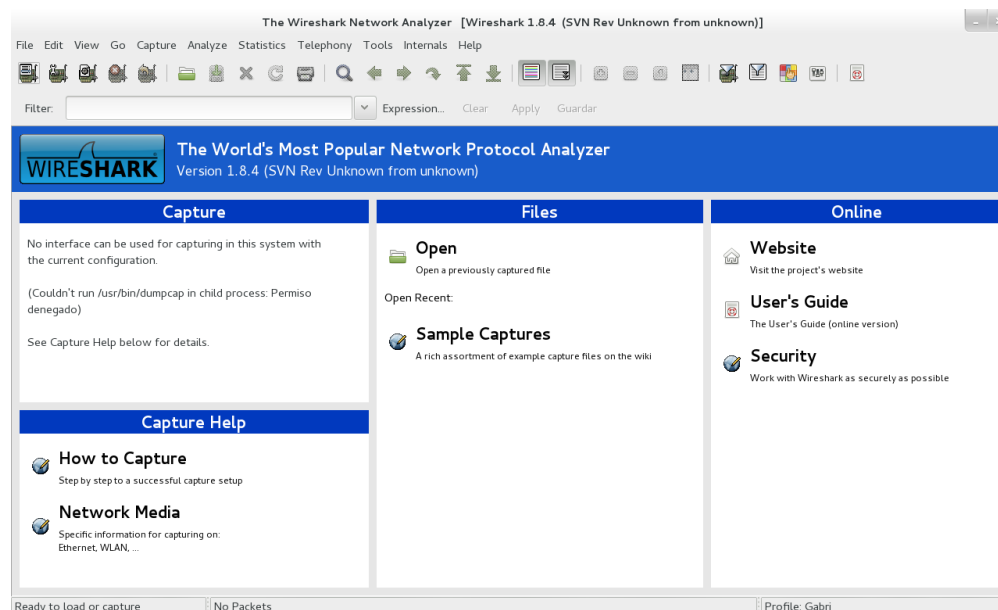


**Figura 3-3** Softphone X-Lite para Cliente Móvil -  
Computadora Portátil

### **3.2. CONSIDERACIONES DE PARÁMETROS DE MEDICIÓN**

Los parámetros de medición fueron los que contribuyeron en el análisis comparativo para las conclusiones respectivas entre las dos plataformas. Estas conclusiones se basaron en los parámetros de calidad de servicio que fueron puntualizados en Capítulo 2 y que son la variación de retardo, latencia, pérdida de paquetes y ancho de banda digital.

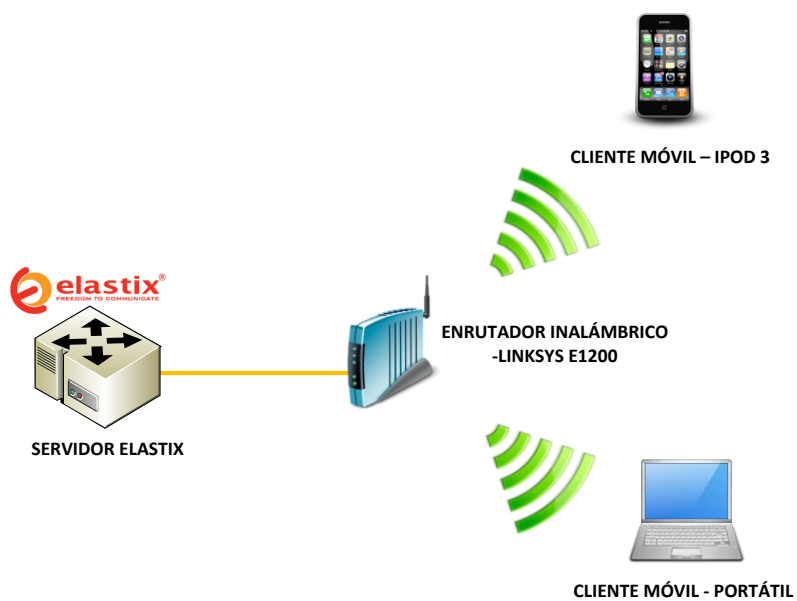
Para la medición de los parámetros de calidad de servicio se tuvo en consideración un software que capture los paquetes entrantes y salientes al diseño, con el cual se cuantificará cada uno de los parámetros en consideración para el análisis. El software utilizado para las pruebas fue Wireshark como se observa en la figura 3-4, un analizador de protocolos que no solo censa paquetes entrantes y salientes, sino que entrega información estadística de los paquetes enviados como recibidos.



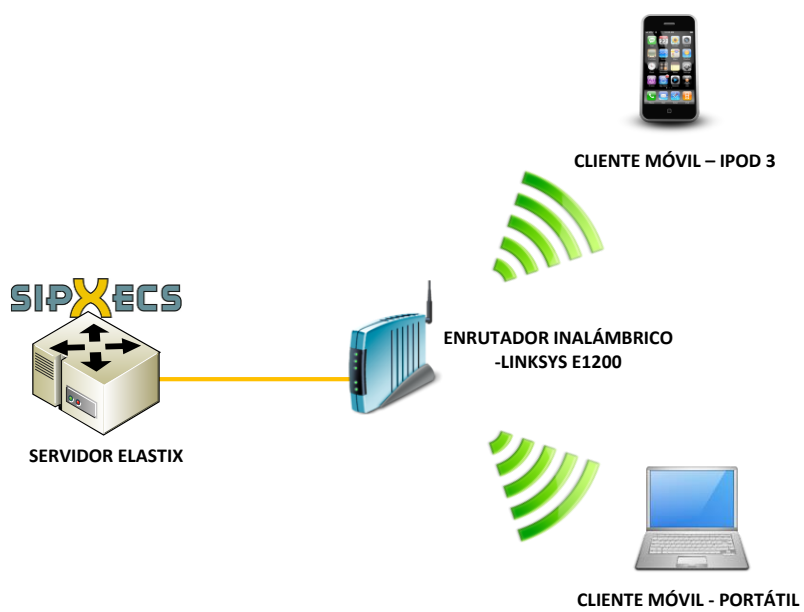
**Figura 3-4** Software para análisis de Calidad de Servicio –  
Wireshark

### 3.3. ESQUEMAS DE SISTEMAS

En base a las consideraciones técnicas mencionadas anteriormente para los análisis comparativos entre las plataformas, se planteó los esquemas de las IP-PBX que se implementó en cada uno de ellas. En la figura 3-5 y figura 3-6 se muestra los sistemas de IP-PBX para cada una de las plataformas y los elementos considerados para las pruebas.



**Figura 3-5** Esquema IP-PBX para plataforma Elastix



**Figura 3-6** Esquema IP-PBX para plataforma SipXecs



### **3.4. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN**

Luego de tener identificado los elementos como el hardware y software que se utilizaron, es necesario mencionar el proceso que se irán implementando cada elemento en el diseño. Para las pruebas se debe prevenir cualquier problema que afecte el análisis, asimismo de seguir cada uno de los siguientes puntos en la implementación de las plataformas:

1. Las pruebas se realizarán en el segmento de red 192.168.10.0 con mascara 255.255.255.0; los servidores y sus respectivos clientes van a conectarse a la red de forma independiente para de esta forma evitar colisiones y evitar errores en las pruebas.
2. Los servidores de SipXecs y Elastix se les asignaran las direcciones IP 192.168.10.185 y 192.168.10.190 respectivamente, con las cuales serán realizadas las pruebas. La instalación y la configuración de cada uno de los servidores están en el Anexo B y C.
3. Se crearán cuatro usuarios que serán dos por cada servidor y a su vez se les asignara una línea, estas configuraciones se las pueden ver en el Anexo B y C.
4. Se conectarán dos clientes a la red con una IP configurada de forma automática mediante DHCP. Un cliente va estar

en una computadora móvil y otro en un teléfono móvil para cada servidor.

5. Se configurarán los softphones respectivos X-lite y Media5-Fone en los clientes móviles, dichas configuraciones podemos observarlos en el Anexo D.
6. Confirmar que todos los servicios funcionen correctamente en cada servidor para las respectivas pruebas.
7. Capturar y recolectar los datos mediante la comunicación de los clientes móviles conectados en el servidor con el programa Wireshark.
8. Análisis y conclusiones de cada uno de los datos obtenidos en las pruebas de cada plataforma implementada.

# **CAPÍTULO 4**

## **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PRUEBAS**

En este capítulo se contemplan las pruebas y evaluación de los resultados realizados para el análisis comparativo entre las plataformas, los mismos que permitieron emitir conclusiones importantes.

### **4.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CALIDAD DE SERVICIO**

En la realización de las pruebas de calidad de servicio para las plataformas de Elastix y SipXecs se tomó como tamaño muestral de 119. En el Anexo E se pueden observar la obtención de dicho tamaño para el análisis y las variables estadísticas de las pruebas realizadas.

Las pruebas de calidad de servicio se basaron en registrar dos usuarios, en donde se registran los clientes móviles en los servidores Elastix y SipXecs que están conectados al enrutador inalámbrico, luego se establecen las llamadas entre los usuarios registrados en ambos servidores con una duración de 1 minuto cada llamada y se capturan los paquetes RTP con el software de Wireshark.

En las capturas de paquetes de datos para el servidor de Elastix y SipXecs se tienen en consideración los parámetros de calidad de servicio como la variación de retardo, latencia, pérdida de paquetes y ancho de banda digital en cada una de ellas.

Debido a la importancia de la variación del retardo en las comunicaciones de tiempo real, como lo es VoIP, este parámetro fue tomado en cada una de las llamadas realizadas para cada servidor, tomando en consideración el promedio en las llamadas realizadas.

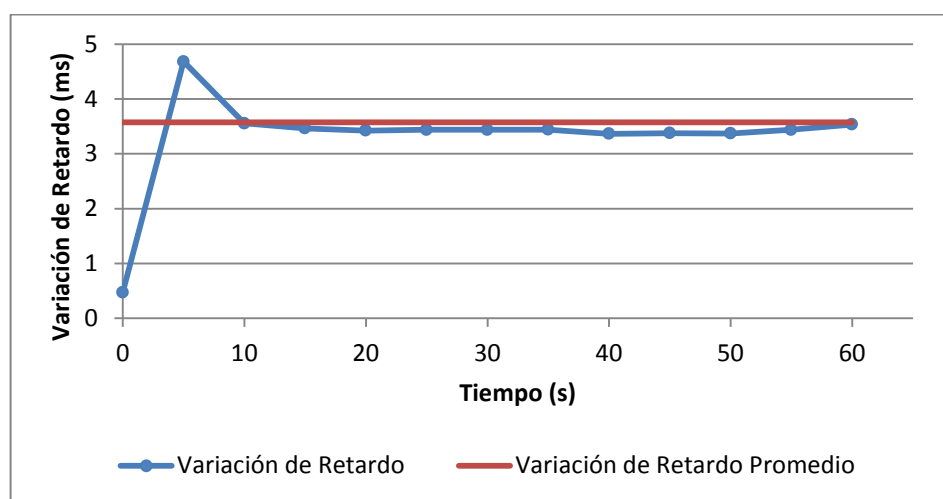
En la tabla IX se pueden ver detalladamente las variables estadísticas del parámetro de variación de retardo en la plataforma de Elastix. Como se puede observar en un instante de tiempo en

las pruebas como mínima variación de retardo fue 0 ms y un valor máximo de 488,350 ms, que a su vez es un dato atípico en las pruebas en el servidor.

**Tabla IX.** Descripción estadística de la variación de retardo en Elastix

VARIABLES ESTADÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Media</b>	3,527 ms
<b>Desviación Estándar</b>	3,805
<b>Varianza</b>	14,476
<b>Mínimo</b>	0 ms
<b>Máximo</b>	488,350 ms

En la figura 4.1 se muestra cómo fue el comportamiento de la variación del retardo promedio de las llamadas en el servidor de Elastix con respecto al tiempo, donde se puede observar gráficamente la variación de retardo promedio que fue 3,527 ms. Notamos que la variación de retardo promedio se encuentra dentro del intervalo permitido para llamadas de VoIP según la ITU con un máximo de 20 ms.



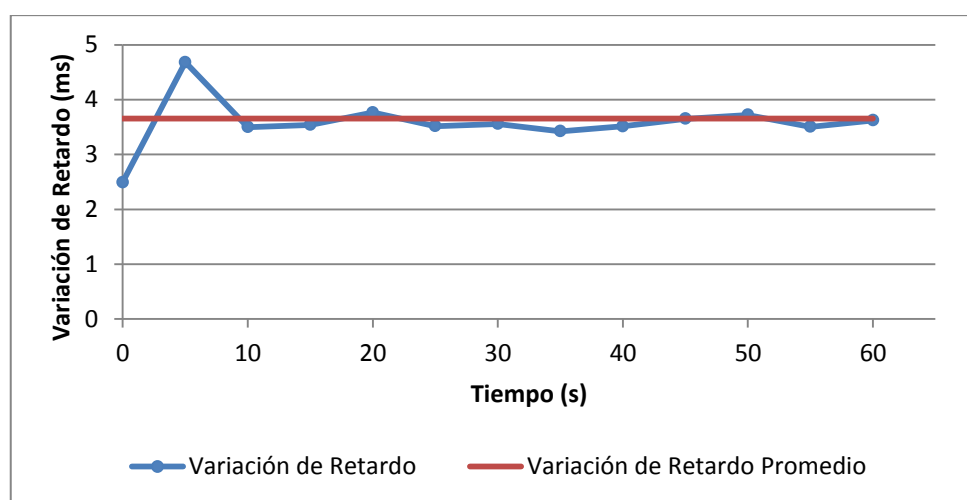
**Figura 4-1** Variación de Retardo en el servidor de Elastix

En cambio, en las pruebas realizadas en el servidor SipXecs se pueden observar en la tabla X las variables estadísticas del parámetro de variación de retardo. Como se puede observar en un instante de tiempo de las pruebas como mínima variación de retardo de 0 ms y un valor máximo de 941 ms, considerado este valor como un dato atípico en las pruebas.

**Tabla X.** Descripción estadística de la variación de retardo en SipXecs

VARIABLES ESTADÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Media</b>	3,656 ms
<b>Desviación Estándar</b>	4,953
<b>Varianza</b>	24,537
<b>Mínimo</b>	0 ms
<b>Máximo</b>	941 ms

Por otro lado en la figura 4.2 muestra cómo fue el comportamiento de la variación del retardo promedio de las llamadas en el servidor de SipXecs con respecto al tiempo, además se puede observar gráficamente la variación de retardo promedio fue 3,656 ms, localizándose la variación de retardo dentro del valor máximo de 20 ms permitido para llamadas de VoIP según la ITU.



**Figura 4-2** Variación de Retardo en el servidor de SipXecs

La latencia es otro factor influyente en la comunicación real, fue tomado en cada una de las llamadas realizadas por cada servidor, teniendo en consideración el promedio de este parámetro en las llamadas realizadas.

En la tabla XI se pueden ver las variables estadísticas del parámetro de latencia en la plataforma de Elastix. Como se puede

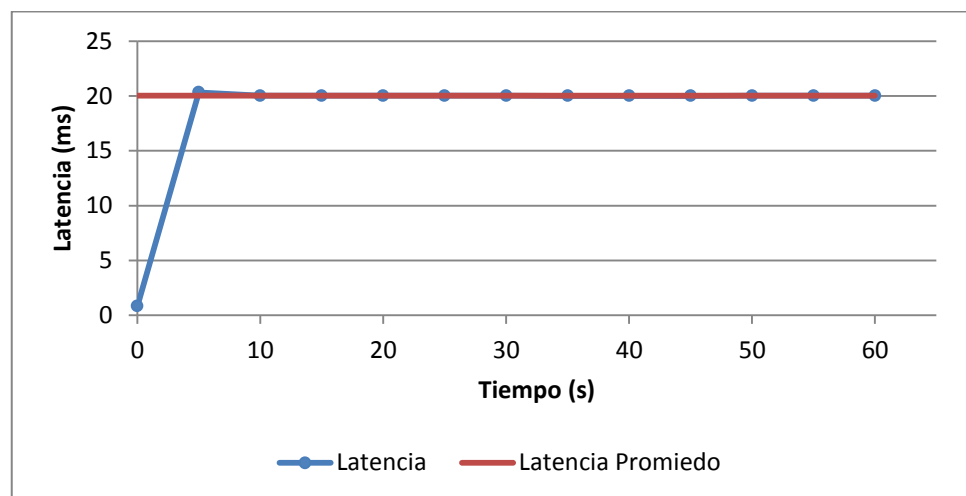
observar se dio en un instante de tiempo en las pruebas como mínima latencia de 0 ms y un valor máximo de 426,980 ms, considerado este como dato atípico de las pruebas en el servidor.

**Tabla XI.** Descripción estadística de la latencia en Elastix

VARIABLES ESTADÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Media</b>	20,038 ms
<b>Desviación Estándar</b>	6,748
<b>Varianza</b>	45,541
<b>Mínimo</b>	0 ms
<b>Máximo</b>	426,980 ms

En la figura 4.3 muestra cómo fue el comportamiento de la latencia promedio en las llamadas del servidor de Elastix con respecto al tiempo, donde se puede observar gráficamente que la latencia promedio fue 20,038 ms, de tal manera estuvo el parámetro inferior a los 150 ms y es aceptable en las conversaciones de VoIP según la ITU.





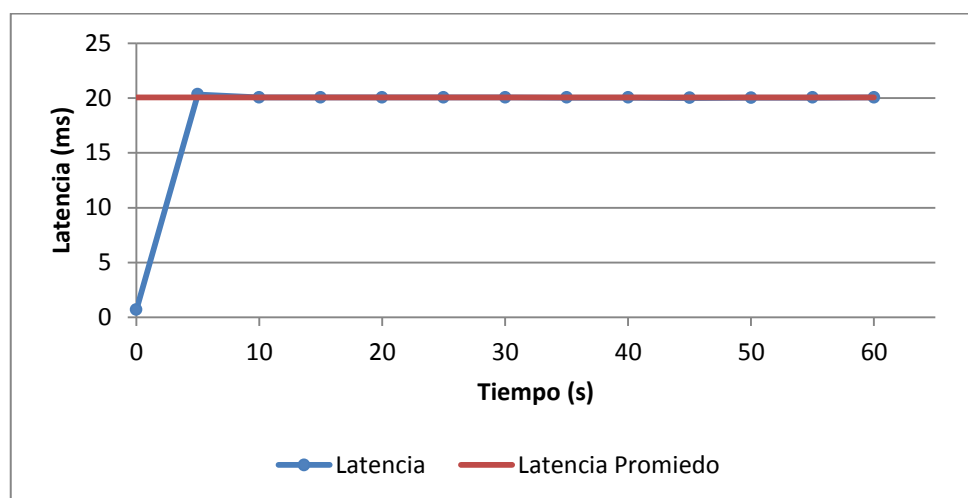
**Figura 4-3** Latencia en el servidor de Elastix

Para las pruebas realizadas en el servidor SipXecs se puede observar en la tabla XII detalladamente las variables estadísticas del parámetro de latencia. Notamos que en un instante de tiempo de las pruebas tomó como mínima variación de retardo de 0 ms y un valor máximo de 1424,060 ms, considerando este valor como un dato atípico en las pruebas.

**Tabla XII.** Descripción estadística de la latencia en SipXecs

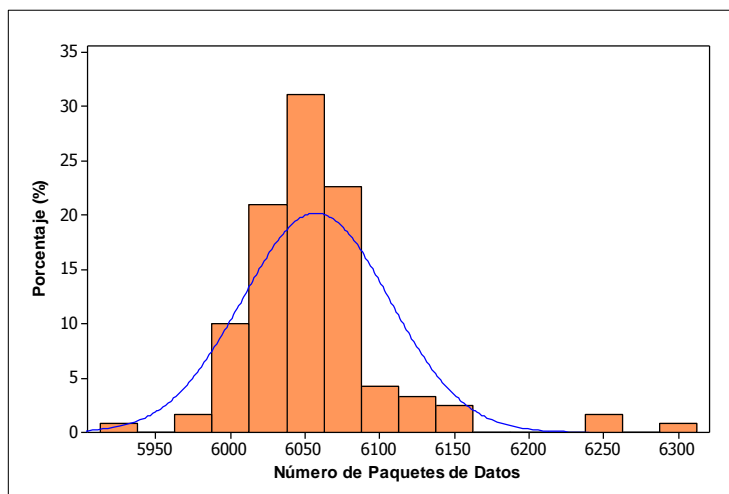
VARIABLES ESTADÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Media</b>	20,050 ms
<b>Desviación Estándar</b>	8,16
<b>Varianza</b>	66,640
<b>Mínimo</b>	0 ms
<b>Máximo</b>	1424,060 ms

El comportamiento de la latencia promedio en las llamadas del servidor de SipXecs con respecto al tiempo se muestra en la figura 4.4, donde se puede observar gráficamente que la latencia promedio fue 20,050 ms, estando inferior a los 150 ms que es aceptable en las conversaciones de VoIP según la ITU.



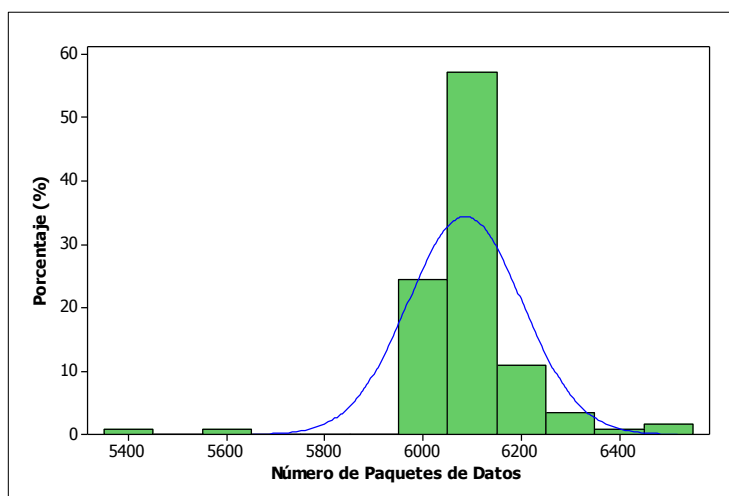
**Figura 4-4** Latencia en el servidor de SipXecs

Además para cada llamada realizada en los servidores se tomó en consideración el parámetro de pérdida de paquetes de datos. Por lo que en el servidor de Elastix se observó que se generó una media de 6057,1 de paquetes de datos por llamada, además que la pérdida de paquetes promedio del sistema fue 0% en el total de las llamadas realizadas. En la figura 4-5 podemos observar que un 30% de las llamadas realizadas en Elastix se enviaron aproximadamente 6050 paquetes de datos.



**Figura 4-5** Histograma de Paquetes de Datos del servidor de Elastix

En cambio, en el servidor de SipXecs se generó una media de 6085,6 de paquetes enviados por llamada, pero con una tasa media de paquetes perdidos de 18,992 que representó el 0,31% por cada llamada realizada en este servidor, siendo esta tasa de pérdida de paquetes en el servidor de SipXecs inferior al 0,5% aceptable en VoIP según la ITU. Además en la figura 4-5 podemos observar que un 57% de las llamadas realizadas en SipXecs enviaron aproximadamente 6075 paquetes de datos.



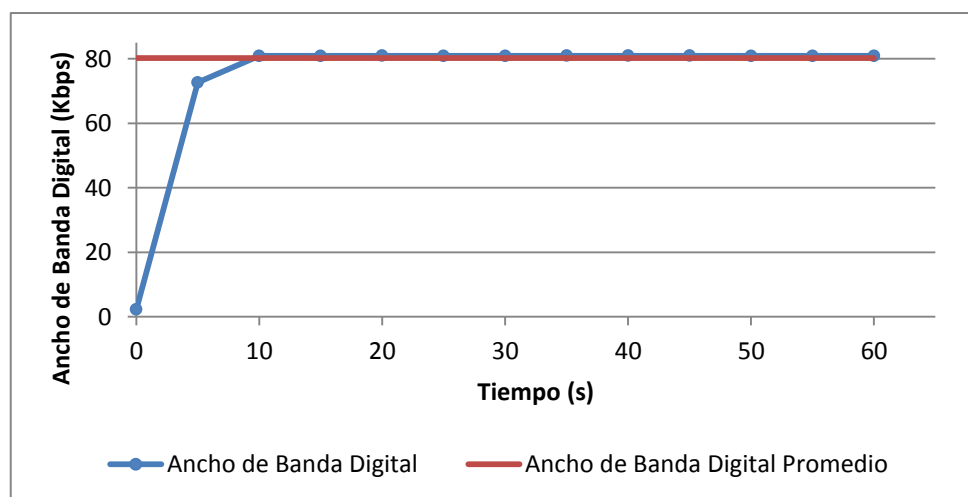
**Figura 4-6** Histograma de Paquetes de Datos del servidor de SipXecs

Por otro lado para las comunicaciones en tiempo real en VoIP, fue tomado el ancho de banda consumido por cada una de las llamadas realizadas en los servidores de Elastix y SipXecs. En la tabla XIII se observan las variables estadísticas del parámetro de ancho de banda digital en la plataforma de Elastix. Asimismo podemos ver que en un instante de tiempo de las pruebas se obtuvo un mínimo ancho de banda digital de 1,6 Kbps y un valor máximo de 92,800 Kbps.

**Tabla XIII.** Descripción estadística del ancho de banda digital en Elastix

VARIABLES ESTADÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Media</b>	80,177 Kbps
<b>Desviación Estándar</b>	6,053
<b>Varianza</b>	36,640
<b>Mínimo</b>	1,6 Kbps
<b>Máximo</b>	92,800 Kbps

En la figura 4-6 podemos observar el comportamiento del ancho de banda digital promedio de las llamadas del servidor de Elastix con respecto al tiempo, donde se puede observar gráficamente que el ancho de banda digital promedio fue 80,177 Kbps, estando inferior al 87,200 Kbps del ancho de banda digital máximo necesario con el codificador G711 siendo aceptable este valor.



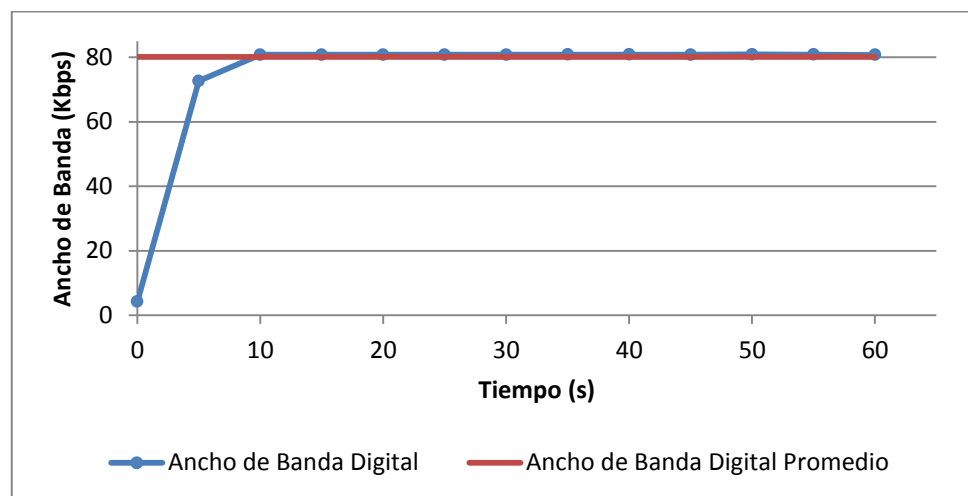
**Figura 4-7** Ancho de banda digital del servidor de Elastix

Por otro lado en la tabla XIV se observan las variables estadísticas del parámetro de ancho de banda digital en la plataforma de SipXecs. Además vemos que en un instante de tiempo de las pruebas tuvo un mínimo ancho de banda digital de 1,6 Kbps y un valor máximo de 225,60 Kbps, siendo este valor un dato atípico para el análisis.

**Tabla XIV.** Descripción estadística del ancho de banda digital en SipXecs

VARIABLES ESTADÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
<b>Media</b>	80,098 Kbps
<b>Desviación Estándar</b>	6,283
<b>Varianza</b>	39,475
<b>Mínimo</b>	1,6 Kbps
<b>Máximo</b>	225,60 Kbps

En la figura 4-7 podemos observar el comportamiento del ancho de banda digital promedio de las llamadas del servidor de SipXecs con respecto al tiempo, donde se puede observar gráficamente que el ancho de banda digital promedio fue 80,098 Kbps, estando inferior al 87,20 Kbps del ancho de banda digital máximo necesario en el codificador G711 siendo aceptable este valor.



**Figura 4-8** Ancho de banda digital en el servidor de SipXecs

#### 4.2. COMPARACIÓN DE PRUEBAS DE CALIDAD DE SERVICIO

Habiendo realizado el análisis de cada uno de los parámetros para el estudio, se procedió a realizar una comparación entre los servidores de Elastix y SipXecs para conocer en términos calidad de servicio cuantitativo fue de mejor rendimiento.

Comparando los valores promedios de las variaciones de retardo entre Elastix y SipXecs; se pudo observar que la variación de retardo promedio en la plataforma SipXecs es ligeramente mayor aunque imperceptible al oído humano debido a que la diferencia entre ambas medias es 0,129 ms.

Si observamos el comportamiento de ambas plataformas en cuestión de la variación de retardo promedio, se consideró un empate entre ambas. Por otro lado viendo los comportamientos durante los 60 segundos de las llamadas en las figuras 4.1 y 4.2, se notó que Elastix brindó una plataforma más estable sin tanta variación de retardo en las llamadas.

En términos de las latencias promedios de ambos servidores, se observó que los valores son muy similares al tener en Elastix 20,04 ms y en SipXecs 20,05 ms. Realizando la comparación durante los 60 segundos de la llamada como muestra la figura 4.3 y 4.4, se observó que los valores son muy similares e imperceptibles. Por lo que determino un empate en base a la latencia entre ambas plataformas.

Por otro lado en términos de pérdida de paquetes de datos entre los servidores, se observó una ventaja en la plataforma de Elastix, debido a que su pérdida de paquetes es nula contra el 0,31% de pérdida de paquetes en SipXecs. Teniendo en ambos servidores un valor inferior al 0,5% aceptables por la ITU.



En términos del ancho de banda digital promedio durante las 119 llamadas entre los servidores, se obtuvo los valores de 80,177 Kbps y 80,098 Kbps para Elastix y SipXecs respectivamente; estos valores son inferiores para el valor mínimo necesario del codificador utilizado permitiendo una buena comunicación, sin tener una mala calidad en las llamadas.

En cambio, la plataforma de Elastix tuvo un mayor consumo del ancho de banda digital promedio siendo la diferencia entre ambas plataformas de 0,079 Kbps, al ser la diferencia muy pequeña en el consumo durante los 60 segundos de todas las llamadas considerando un empate en ambos servidores.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Culminado el análisis comparativo de los parámetros de calidad de servicio considerados en ambas plataformas, se determinaron las siguientes conclusiones:

1. Las plataformas de IP-PBX Elastix y SipXecs son recomendables para el uso laboral debido a que sus parámetros de calidad de servicio fueron inferiores a una variación de retardo de 20 ms, una latencia de 150 ms, un porcentaje de pérdida de paquetes de datos de 0,5% valores recomendados por la ITU. Por otro lado el ancho de banda digital fue inferior a los 87,2 Kbps necesarios para el codificador G711.
2. En relación de las medias de los parámetros de calidad de servicio existió una variación de retardo 3,528% y latencia de 0,059% siendo estos valores semejantes para las plataformas de Elastix y SipXecs concluyendo un empate entre ambas.

3. En términos estadísticos, las desviaciones estándar en el ancho de banda digital tomaron valores insignificantes con respecto a las medias de las plataformas de IP-PBX, teniendo una relación de 0,0754 en Elastix y 0,0784 en SipXecs siendo similares en los valores de las medias, concluyendo de esta manera la existencia de pocos datos aberrantes.

Culminado las pruebas del análisis comparativo en términos de calidad de servicio en las plataformas de Elastix y SipXecs dentro de la red inalámbrica, se tuvieron ciertos inconvenientes por lo cual conllevaron a las siguientes recomendaciones:

1. Descargar las versiones más actuales y estables del software a utilizar, caso contrario se podría tener problemas y falencias debido a que pueden faltar funcionalidades necesarias para el análisis.
2. Cumplir los requisitos mínimos necesarios para la instalación de las plataformas de Elastix y SipXecs previo a la instalación de las mismas se debe verificar los medios por el cual se vaya a instalar, en el caso de una memoria extraíble se debe

comprobar si la BIOS del computador permita esta opción de arranque.

3. Comprobar cada uno de los clientes móviles de las plataformas de IP-PBX verificando la configuración de cada uno y se encuentren en el mismo segmento de red como en el servidor previa a la comunicación inalámbrica.
4. Evitar otras redes WLAN que no pertenezcan en el análisis, ya que pueden estar trabajando en canales diferentes para la transmisión y se superpongan en las pruebas para no obtener datos aberrantes.
5. Mantener las mismas condiciones de hardware y medio para las dos plataformas para que no afecten los resultados dentro del análisis en términos de calidad de servicio.
6. Realizar para futuros análisis en VoIP con respecto a la cantidad de usuarios simultáneos o un estudio comparativo que muestre las ventajas del nuevo protocolo de internet IPv6 con respecto al protocolo usado en el presente proyecto con IPv4.

## BIBLIOGRAFÍA

- [ 1 ] Rodney Gedda (2009, October 21), Five open source IP telephony projects to watch, <http://www.cio.com.au> , fecha de consulta agosto 2013
- [ 2 ] Partho (2010, May 10) Top 10 Open Source PBX Software, <http://tech.gaeatimes.com>, fecha de consulta agosto 2013
- [ 3 ] Michael W. Picher (2009, Junio), Building Enterprise Ready Telephony Systems with SipXecs 4.0, fecha de consulta septiembre 2013
- [ 4 ] Laura A. Chappell (2012, Marzo), Wireshark Network Analysis: The Official Wireshark Certified Network Analysis Study Guide, fecha de consulta septiembre 2013
- [ 5 ] Abhinav Singh (2013, Enero), Instant Wireshark Starter, fecha de consulta septiembre 2013
- [ 6 ] Giovanni Andrés Nopal (2008, Febrero) Software Libre y Telefonía IP, <http://www.enterate.unam.mx>, fecha de consulta octubre 2013
- [ 7 ] PaloSanto Solutions, Elastix: Open Source Unified Communications Server: <http://elastix.org>, fecha de consulta octubre 2013.

- [ 8 ] Cristina Garita Rivas (2005, Julio), Parámetros actuales y nuevas tendencias en Calidad de Servicio (QoS) en el mercado de la Telefonía IP (VoIP), <http://www.eie.ucr.ac.cr>, fecha de consulta octubre de 2013
- [ 9 ] Grupo de Expertos sobre telefonía IP del IUT-D (2003), Informe esencial sobre telefonía IP, <http://www.itu.int>, fecha de consulta noviembre de 2013
- [ 10 ] Unión Internacional de Telecomunicaciones (2003, Febrero), Recomendación G.114: Tiempo de transmisión en un sentido, <http://www.itu.int>, fecha de consulta noviembre de 2013
- [ 11 ] Unión Internacional de Telecomunicaciones (2011, Diciembre), Recomendación G.107: El modelo E: un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión, <http://www.itu.int>, fecha de consulta noviembre de 2013
- [ 12 ] Unión Internacional de Telecomunicaciones (2001, Febrero), Recomendación P.862: Evaluación de la calidad vocal por percepción: Un método objetivo para la evaluación de la calidad vocal de extremo a extremo de redes telefónicas de banda estrecha y códecs vocales, <http://www.itu.int>, fecha de consulta diciembre de 2013

## ANEXO A

### CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA DIGITAL PARA CODIFICADOR

Para obtener el ancho de banda digital en un codificador que se utilice en una red de TCP/IP, se tienen las siguientes consideraciones como se muestra en la siguiente tabla:

CODIFICADOR	G711	G711	G729	G729
Periodo de Paquetización	20 ms	30 ms	20 ms	40 ms
Tasa Binaria (Kbps)	64	64	8	8
Tamaño de Paquetización (bytes)	160	240	20	40
Encabezado RTP (bytes)	12	12	12	12
Encabezado UDP (bytes)	8	8	8	8
Encabezado IP (bytes)	20	20	20	20
Encabezado Ethernet (bytes)	18	18	18	18
Tamaño Total de Paquetes (bytes)	218	298	78	98
Tasa de Paquetes (pps)	50	33.33	50	25

Para el cálculo del ancho de banda digital en VoIP se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{tx} = \left( \frac{\text{Tamaño Total del Paquete} \times 8}{1000} \right) \times \text{Tasa de Paquetes}$$

**V<sub>tx</sub>**: ancho de banda digital o velocidad de transmisión

**Tamaño Total del Paquete**: es el tamaño total del paquete en bytes, es decir la suma del tamaño del paquete de voz más todas las cabeceras (RTP, UDP, IP, Ethernet).

**Tasa de Paquetes**: es la velocidad del paquete que se lo mide en paquetes por segundo.

Para el análisis del siguiente informe se utilizó el codificador G711 con un periodo de paquetización de 20 ms, debido a que el protocolo de conexión a los servidores fue SIP. Por lo cual se calcula de manera teórico el ancho de banda digital necesario para dicho análisis, obteniendo el siguiente valor:

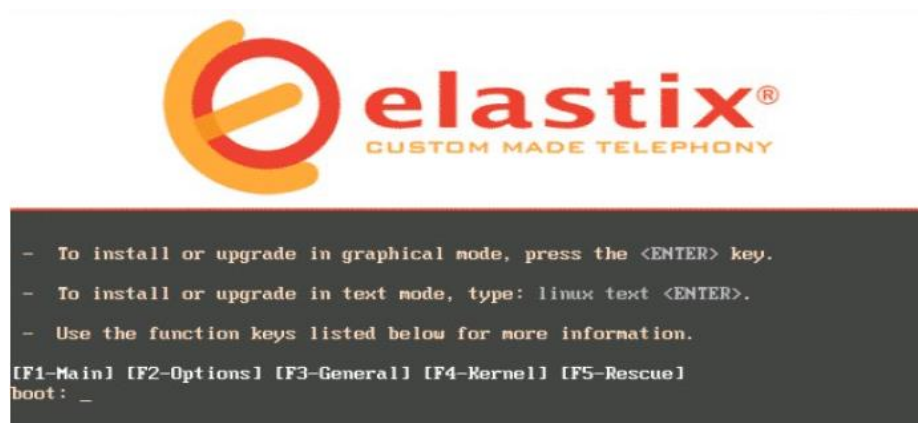
$$V_{tx} = \left( \frac{218 \text{ [bytes]} \times 8 \text{ [bits]}}{1000} \right) \times 50 \text{ [pps]} = 87,2 \text{ Kbps}$$



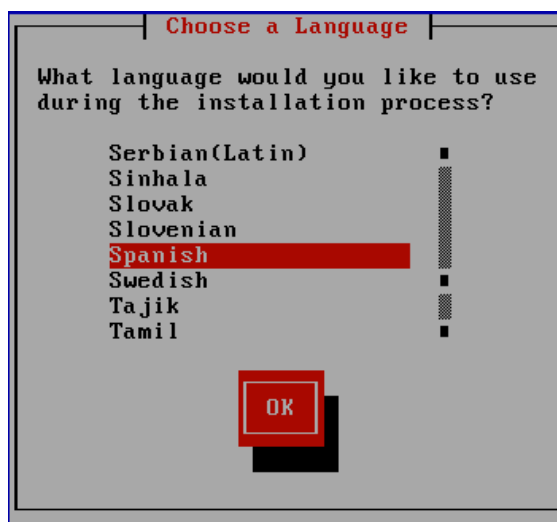
## ANEXO B

### CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE ELASTIX

En la instalación de Elastix se debe tener el CD de instalación colocado en la máquina, luego aparecerá la siguiente pantalla de inicio.



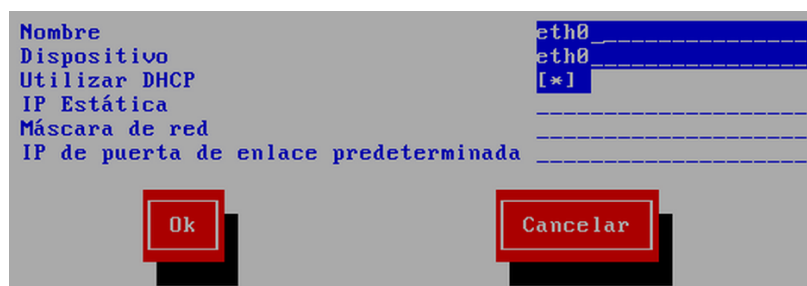
Luego se presiona ENTER para que la instalación se inicie. Cuando se haya iniciado la instalación pedirá elegir la configuración del teclado; esta va a depender del idioma en que se esté trabajando. En nuestro caso es el español.



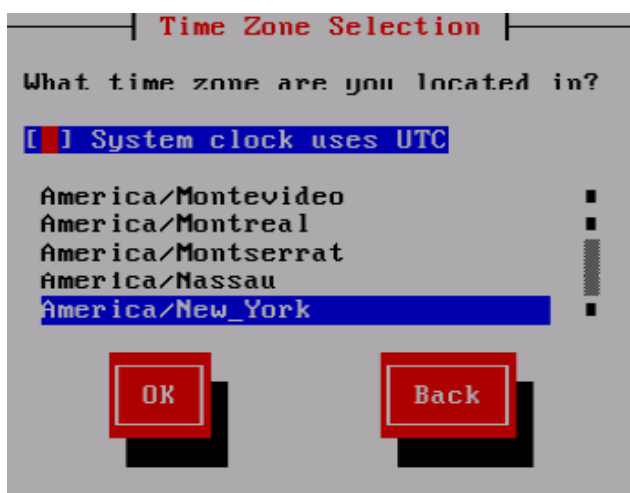
Después se configuran las particiones del disco duro, en nuestro caso se utilizó la configuración por defecto.



Ahora se realiza la configuración de la red; se debe asignar una IP disponible para luego acceder con ella al servidor.



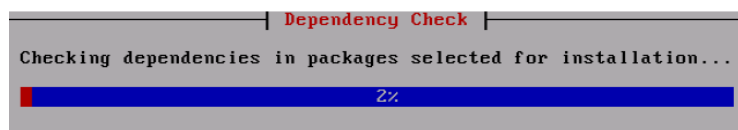
Luego ingresamos un nombre a la maquina; el nombre por defecto que se utiliza es localhost. Luego se pedirá la configuración de la zona horaria; esta se debe colocar de acuerdo a la región.



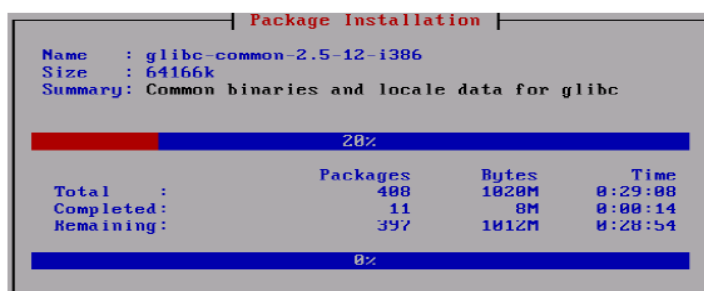
Luego se configura una contraseña para el usuario administrador de Elastix como se muestra en la siguiente figura. Esta contraseña debe ser segura; por ello es recomendable colocar en ella por lo menos una letra mayúscula y caracteres numéricos.



Luego de haber realizado los pasos anteriores, la maquina procederá a realizar procesos de forma automática, entre esos pasos tenemos la búsqueda de dependencias.



Luego de haber buscado las dependencias, se procede a instalar los paquetes respectivos.



Cuando la instalación de paquetes llegue al 100% se habrá terminado la instalación, luego se procederá a reiniciar el sistema.

```
CentOS release 5 (Final)
Kernel 2.6.18-8.el5 on an i686

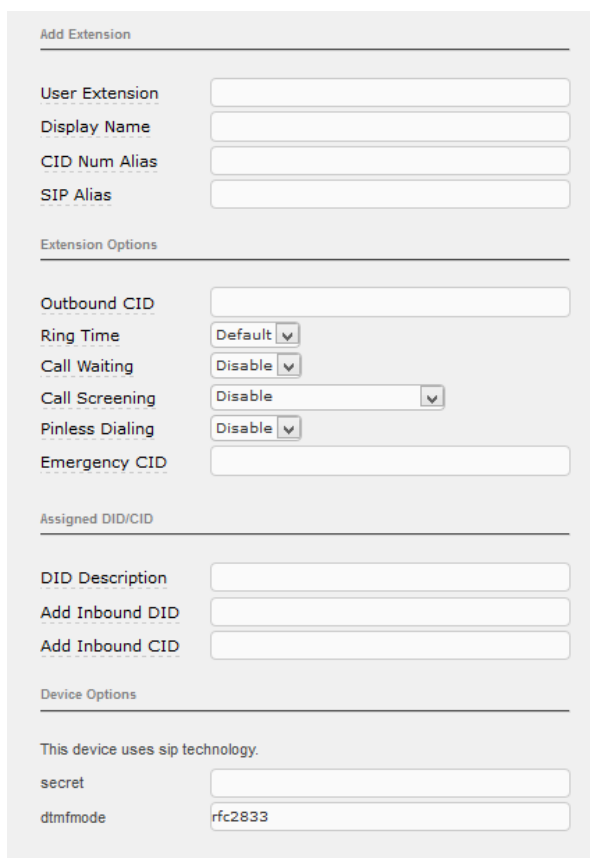
elastix login: root
Password: _
```

Cuando el sistema haya reiniciado saldrá una pantalla como se muestra en la siguiente figura para iniciar el usuario, y poder administrar el servidor a través de un navegador web en otra computadora colocando la IP correspondiente al servidor.



Luego de acceder a la PBX, podremos registrar los usuarios en el servidor. Seleccionamos Add an Extension y elegimos Generic SIP Device que es el tipo de teléfono que se usó en las pruebas.

Finalmente saldrá una pantalla donde se podrá dar las características al teléfono que se usó. Luego se colocara la extensión del usuario que debe ser única en el casillero User Extension; también se coloca un identificador y la contraseña para el registro SIP en las casillas Display Name y Secret respectivamente como se muestra en la siguiente figura.



The image shows a web-based configuration form titled "Add Extension". The form is organized into several sections:

- Add Extension:** Contains four text input fields: "User Extension", "Display Name", "CID Num Alias", and "SIP Alias".
- Extension Options:** Contains several fields and dropdown menus: "Outbound CID" (text input), "Ring Time" (dropdown menu with "Default" selected), "Call Waiting" (dropdown menu with "Disable" selected), "Call Screening" (dropdown menu with "Disable" selected), "Pinless Dialing" (dropdown menu with "Disable" selected), and "Emergency CID" (text input).
- Assigned DID/CID:** Contains three text input fields: "DID Description", "Add Inbound DID", and "Add Inbound CID".
- Device Options:** Starts with the text "This device uses sip technology." followed by two text input fields: "secret" (containing the text "secret") and "dtmfmode" (containing the text "rfc2833").

Luego de llenar los casilleros damos click en Submit para finalizar la creación de la extensión.

## ANEXO C

### CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE SIPXECs

En la instalación de SipXecs se debe tener el CD de instalación colocado en la máquina, luego aparecerá la siguiente pantalla de inicio.



Luego se presiona la tecla ENTER para proceder en la instalación de Centos y todos sus paquetes, y aparecerá la siguiente pantalla.



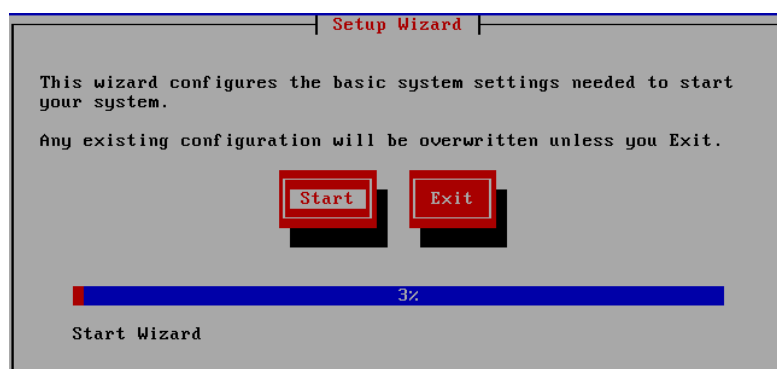
Luego de la instalación de Centos se procederá a la configuración de SipXecs; para iniciar la configuración se debe ingresar con el usuario administrador y su contraseña. Por defecto la clave inicial del usuario administrador es setup.

```
CentOS release 5.5 (Final)
Kernel 2.6.18-194.el5 on an i686

Welcome to SIPfoundry sipXecs
=====
First time logon: user = root      password = setup

localhost login: _
```

Luego saldrá un mensaje para iniciar la instalación o salir, debido a que todas las configuraciones previas que tengamos se borrarán como se muestra en la siguiente figura.



Al iniciar la configuración de SipXecs pedirá cambiar la clave para el usuario administrador, como se muestra en la siguiente figura.





Administrator Password

Choose a new password for the 'root' user.  
This is the password for the root shell, not for the sipXecs administration web user interface.

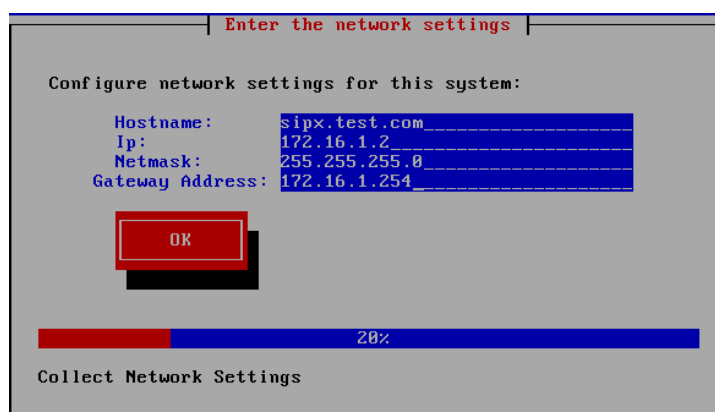
Admin Password: \*\*\*\*  
Admin Password: \*\*\*\*

OK

10%

Administrative Password

Luego se configurara los parámetros de red, como se muestra a continuación.



Enter the network settings

Configure network settings for this system:

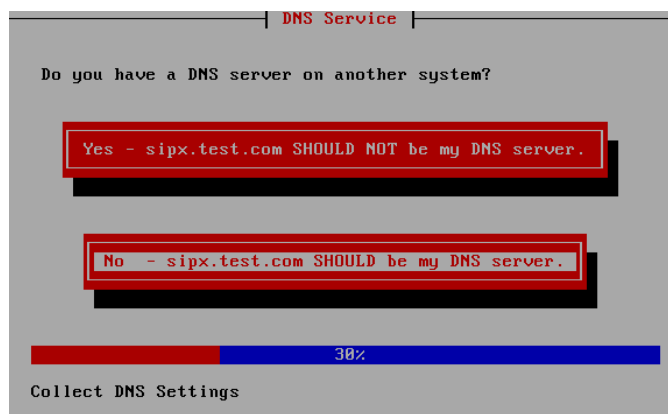
Hostname: sipx.test.com  
Ip: 172.16.1.2  
Netmask: 255.255.255.0  
Gateway Address: 172.16.1.254

OK

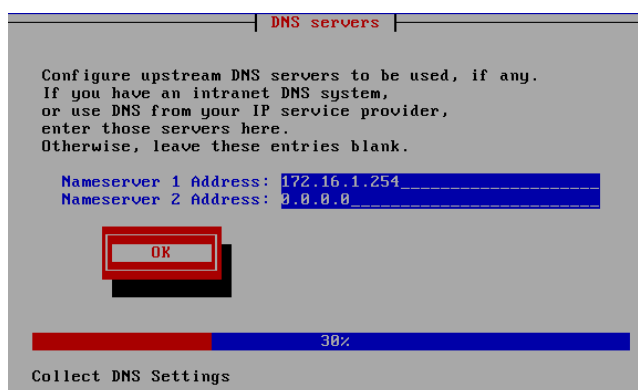
20%

Collect Network Settings

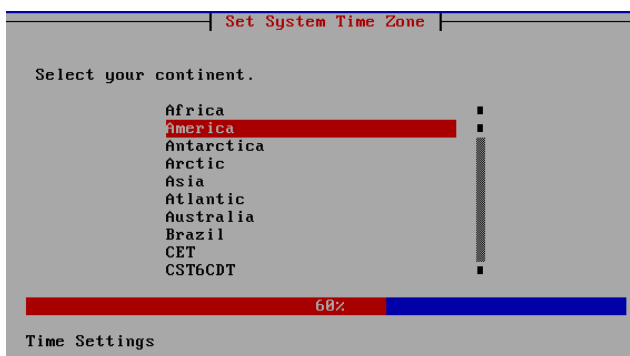
Luego de la configuración de los parámetros de red pedirá si deseamos SipXecs como nuestro servidor DNS. En nuestro caso se decide que si sea nuestro servidor DNS.



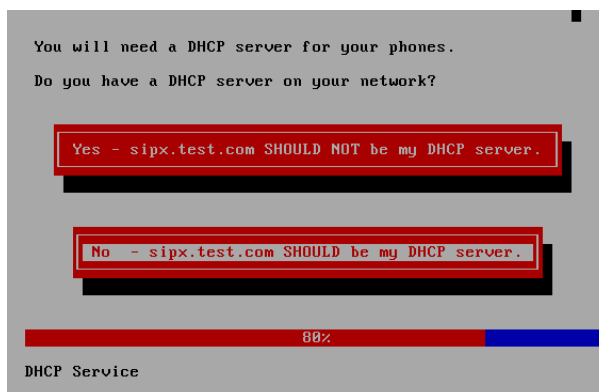
Luego se configura la IP para el servidor DNS, como se muestra a continuación.



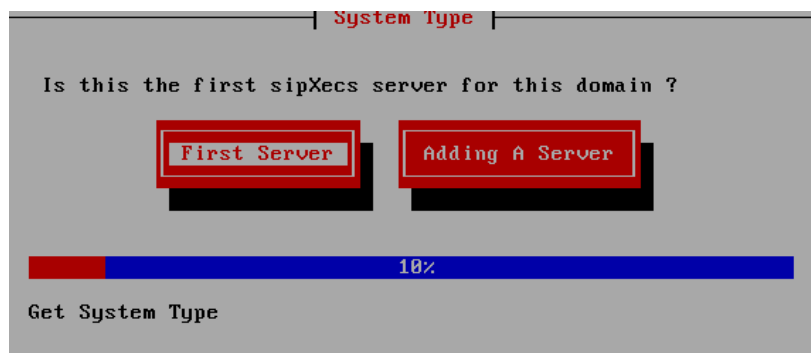
Cuando se termine la configuración de los parámetros de red, se iniciará la configuración de la zona horaria.



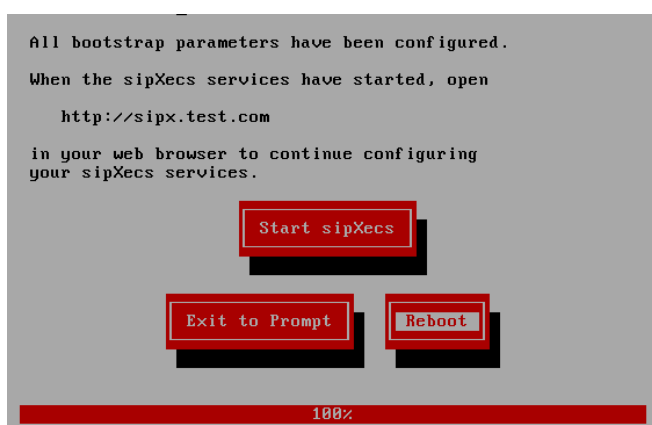
Luego mostrará un mensaje si se desea que SipXecs sea nuestro servidor DHCP.



Luego de esta configuración preguntará si SipXecs es nuestro primer servidor, en nuestra configuración la elegimos que si.



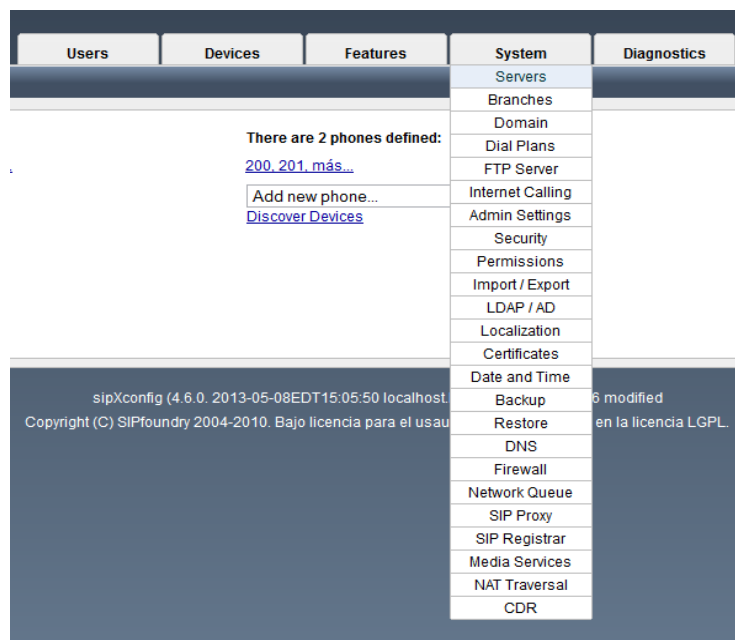
Luego se definirá un nombre para el dominio SIP, cuando se elija el nombre se tendrá que reiniciar el servidor.



Cuando se haya finalizado el reinicio, se podrá acceder al servidor de forma remota a través de un navegador web en otra computadora colocando la IP correspondiente al servidor.











































Luego de haber accedido al servidor, vamos al menú System, luego seleccionamos Servers para configurar los servicios de nuestro servidor necesarios para el funcionamiento del servidor.



Luego se selecciona telefonía y activamos el servicio registrar SIP.

Databases	[FEATURE.AUTHCODE]	<input type="checkbox"/>
[BUNDLE.CORE]	[FEATURE.CONFERENCE]	<input type="checkbox"/>
<b>[BUNDLE.CORETELEPHONY]</b>	[FEATURE.FREESWITCH]	<input checked="" type="checkbox"/>
[BUNDLE.CALLCENTER]	[FEATURE.INTERCOM]	<input type="checkbox"/>
[BUNDLE.IM]	[FEATURE.IVR]	<input type="checkbox"/>
[BUNDLE.PROVISION]	[FEATURE.MOH]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.MWI]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.MYSQL]	<input checked="" type="checkbox"/>
	[FEATURE.PAGE]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.PARK]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.PROXY]	<input checked="" type="checkbox"/>
	[FEATURE.RECORDING]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.REDIS]	<input checked="" type="checkbox"/>
	[FEATURE.REGISTRAR]	<input checked="" type="checkbox"/>
	[FEATURE.RESTSERVER]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.RLS]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.SAA]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.SBCBRIDGE]	<input type="checkbox"/>
	[FEATURE.SIPXCDR]	<input checked="" type="checkbox"/>
	[FEATURE.SIPXSQA]	<input checked="" type="checkbox"/>
	SIP Capture Search Tool	<input checked="" type="checkbox"/>
	SIP Capture Server	<input checked="" type="checkbox"/>

Luego de haber activado los servicios, verificamos que funcionen correctamente.

<input type="checkbox"/>	Name	Status
<input type="checkbox"/>	 cf-serverd	 Running
<input type="checkbox"/>	 freeswitch	 Running
<input type="checkbox"/>	 mongod	 Running
<input type="checkbox"/>	 mysqld	 Running
<input type="checkbox"/>	 named	 Running
<input type="checkbox"/>	 ntpd	 Running
<input type="checkbox"/>	 openacd	 Running
<input type="checkbox"/>	 redis-server	 Running
<input type="checkbox"/>	 sendmail	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipregistrar	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipxcdr	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipxconfig	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipxhomer	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipxlogwatcher	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipXproxy	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipxrelay	 Running
<input type="checkbox"/>	 sipxsqa	 Running
<input type="checkbox"/>	 snmpd	 Running
<input type="checkbox"/>	 snmptrapd	 Running
<input type="checkbox"/>	 vsftpd	 Running

Restart Actualizar

Ahora se deben crear los usuarios que se requieren en el servidor. Seleccionamos en el menú Users y luego se selecciona la opción Add New User.



Luego en la pantalla llenamos las casillas con los datos necesarios para crear un nuevo usuario según lo siguiente:

- **User ID:** Me indica el número de extensión que se va asignar; se llena automáticamente según lo que tengamos en nuestra base de extensiones disponibles.
- **PIN:** Es una contraseña que me permite el acceso al correo de voz o portal del usuario.
- **SIP Password:** Es una contraseña que me permite el registro de los clientes SIP; se llena automáticamente para asegurar la creación de una contraseña segura.
- **Groups:** Es una lista de los conjuntos de departamentos que tenemos creados y podemos asignar.

El resto de datos me permiten colocar la información personal del usuario que va utilizar la extensión.

User ID: 202

Salutation: None

Last name: [ ]

First name: [ ]

Manager: [ ]

Employee ID: [ ]

PIN: [ ]

Confirmar PIN: [ ]

[LABEL.VOICEMAIL.PIN]: [ ]

[LABEL.VOICEMAIL.PIN2]: [ ]

SIP password: TM7m8SleID

Groups: [ ]

Branch: seleccionar...

Aliases: [ ]

E-mail address: [ ]

Notified:

When clicking OK button create another user after this one?

OK Apply Cancel

Habiendo creado los usuarios, seleccionamos en el menú Devices, luego en el submenú Phones y seleccionamos Add New Phones.

Phone	Lines	Model	Description
201	201	Bria 3.x	iphone
200	200	Bria 3.x	laptop

Buttons: Send Profiles, Send All Profiles, Restart, Borrar

Para el correcto funcionamiento de los teléfonos es necesario elegir un teléfono que se encuentre entre los que SipXecs pueda administrar.



Luego seleccionamos los teléfonos BRIA que son compatibles con los softphones que estamos utilizando.

En la pantalla que se muestra llenamos las casillas con lo siguiente:

- **Serial Number:** Es un número que permite identificar al teléfono asociado. Si es un teléfono IP se debe colocar su dirección MAC; en caso de ser un softphone basta con poner el número de extensión.

El resto de campos sirven como referencia y para asociarlos a un grupo.

Phone: Bria 3.x

Serial number

The serial number is a unique identifier for this device. In most cases the serial number is the phone's MAC address. For softphones you can enter user name instead.

Descripción

Groups

List all groups for this phone. If a group does not exist, it will be created. When entering multiple groups, separate them with spaces.

Create another phone after this one?

Para finalizar la configuración del teléfono se necesita crear una línea que asocie el teléfono con el usuario creado previamente, por lo cual seleccionamos en el teléfono que se crea. Luego en el menú de Lines seleccionamos Add Line y buscamos el usuario creado.

Phone Lines

Phone: 201 / Bria 3.x Maximum Supported Lines: 5 [Add Line](#) [Add External Line](#)

Line
<input type="checkbox"/> <a href="#">"iphone.raa"&lt;sip:201@sipx&gt;</a>

Finalmente seleccionamos Send Profiles para reiniciar el servidor y terminar la configuración. Estos pasos se deben repetir para cada nuevo usuario que se desee ingresar en el servidor.

## ANEXO D

### CONFIGURACIONES DE LOS SOFTPHONES

En el cliente de la computadora portátil se instala el softphone X-lite. Luego de la instalación se podrá realizar las configuraciones respectivas a los servidores, en la siguiente figura se puede observar el softphone instalado.



Luego se debe seleccionar en el menú SIP Account Settings como se muestra en la siguiente figura.



Se selecciona Propiedades y luego Add. Llenando las casillas según lo siguiente:

- **Display Name:** nombre que permite identificar al teléfono; el cual se puede llenar con cualquier carácter.
- **User Name:** se coloca el número de extensión.
- **Password:** se coloca la contraseña SIP.
- **Authorization User Name:** se coloca el número de extensión.
- **Domain:** se coloca la IP del servidor.

Finalmente se pone aceptar para que el teléfono esté listo y en funcionamiento.



Para el cliente móvil iPhone se utilizó el softphone Media5-Fone, el cual se lo puede descargar en la tienda virtual. En la siguiente figura se puede observar la pantalla inicial del softphone utilizado.



Para la configuración de la aplicación se selecciona Ajustes y luego Configurar cuentas SIP, como se muestra en la siguiente figura.



Para la configuración de la aplicación se debe colocar el nombre el usuario y la contraseña para la configuración SIP, como se muestra en la siguiente figura.



The screenshot shows a configuration window titled 'iphone raa'. It has a 'Cancelar' button on the left and an 'OK' button on the right. The main content area contains the following fields:

<b>Título</b>	iphone raa
<b>Nombre</b>	201
<b>Contraseña</b>	●●●
<b>Servidores</b>	>
<b>Avanzado</b>	>

Finalmente se selecciona en servidores y se coloca la IP del servidor finalizando la configuración.



The screenshot shows a configuration window titled 'Servidores' with a back arrow and 'iphone raa' on the left, and an 'OK' button on the right. The main content area contains the following fields:

Servidor SIP/ Dominio / Reino	
<b>Dirección</b>	192.168.10.190
<b>Puerto</b>	5060

## ANEXO E

### CÁLCULOS DE VARIABLES ESTADÍSTICAS

Para calcular el tamaño  $n$  de ambas muestras para el análisis se tuvo que estimar una proporción con los siguientes parámetros:

- El nivel de confianza es un parámetro que permite estimar si los valores están en el intervalo de confianza. Este valor se denota como  $Z_{\alpha}$ , se necesita un valor de seguridad y una tabla de la distribución normal estándar para el cálculo. En nuestro caso utilizamos un valor de seguridad del 95%.

$$1 - \alpha = 0,95$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0,025$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$$

$$P(Z \leq Z_{0,025}) = Z_{\alpha} = 1,96$$

- La precisión que deseamos en el estudio y una idea del valor aproximado del parámetro que queremos medir; estos valores los llamamos  $p$  y  $q$  respectivamente. Debido a la deficiente información inicial acerca de la proporción a calcular los valores  $p$  y  $q$  toman el valor de 0,5

- Precisión deseada; este valor se lo denoto como d. El valor de precisión que decidimos tomar fue del 9%.

La ecuación para el cálculo de n es:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,09^2}$$

$$n = 118,57$$

$$n = 119 \text{ muestras}$$

De cada conjunto muestral obtenido se analizó 4 características de la calidad de servicio que fueron la variación de retardo, latencia, pérdida de paquetes y ancho de banda digital. Por lo cual se les calculó la media muestral y la desviación estándar. La media se la denota como  $\bar{X}$  y la desviación estándar como s. Las fórmulas para obtener ambos valores son:

- Media muestral =  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi$
- Varianza muestral =  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2$
- Desviación estándar muestral =  $S = \sqrt{s^2}$

Luego de terminar las 119 llamadas en ambas plataformas se obtuvieron 714410 paquetes de datos en Elastix y 724186 paquetes de datos en SipXecs. El promedio de paquetes de datos enviados por llamadas fue:



$$\bar{X}_{\text{Elastix}} = \frac{714410}{119} = 6057,13 \text{ paquetes promedio por llamada}$$

$$\bar{X}_{\text{SipXecs}} = \frac{724186}{119} = 6085,6 \text{ paquetes promedio por llamada}$$

El cálculo de la media y la desviación estándar en cada parámetro fueron las siguientes:

- **VARIACIÓN DE RETARDO**

La variación de retardo de todas las llamadas en Elastix fue 2519798,4 ms siendo las sumas de las variaciones de retardo de todos los paquetes.

$$\bar{X} = \frac{2519798,4}{714410} = 3,5271 \text{ ms}$$

$$s^2 = \frac{1}{714410 - 1} \sum_{i=1}^{714410} (X_i - \bar{X}) = 14,476$$

$$S = 3,805$$

La variación de retardo de todas las llamadas en SipXecs fue 2647624,02 ms siendo las sumas de las variaciones de retardo de todos los paquetes.

$$\bar{X} = \frac{2647624,02}{724186} = 3,656 \text{ ms}$$

$$s^2 = \frac{1}{724186 - 1} \sum_{i=1}^{724186} (X_i - \bar{X}) = 24,537$$

$$S = 4,953$$

- **LATENCIA**

La latencia de todas las llamadas en Elastix fue 14315341 ms siendo las sumas de los retardos de todos los paquetes.

$$\bar{X} = \frac{14315341}{714410} = 20,038 \text{ ms}$$

$$s^2 = \frac{1}{714410 - 1} \sum_{i=1}^{714410} (X_i - \bar{X}) = 45,541$$

$$S = 6,748$$

La latencia en SipXecs fue 14519929,3 ms siendo las sumas de los retardos de todos los paquetes.

$$\bar{X} = \frac{14519929,3}{724186} = 20,05 \text{ ms}$$

$$s^2 = \frac{1}{724186 - 1} \sum_{i=1}^{724186} (X_i - \bar{X}) = 66,64$$

$$S = 8,16$$

- **ANCHO DE BANDA DIGITAL**

El ancho de banda digital de todas las llamadas en Elastix fue 57279075 Kbps se lo obtuvo de la sumatoria del ancho de banda digital de todos los paquetes.

$$\bar{X} = \frac{57279075}{714410} = 80,177 \text{ KBPS}$$

$$s^2 = \frac{1}{714410 - 1} \sum_{i=1}^{714410} (X_i - \bar{X})^2 = 36,640$$

$$S = 6,053$$

El ancho de banda digital de todas las llamadas en SipXecs fue 58005850,2 Kbps se lo obtuvo de la sumatoria del ancho de banda digital de todos los paquetes.

$$\bar{X} = \frac{58005850,2}{724186} = 80,098 \text{ KBPS}$$

$$s^2 = \frac{1}{724186 - 1} \sum_{i=1}^{724186} (X_i - \bar{X})^2 = 39,475$$

$$S = 6,283$$