

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Diseño e Implementación de la Telefonía VOIP para laboratorio N601 sede Fraternidad

ITM

Autores

Daniel Ríos García

Yonny Orozco Arroyave

Asesor

Pedro Guerrero Zuluaga

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO-ITM

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MEDELLÍN-COLOMBIA

2016

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

La implementación de telefonía VoIP ha logrado la reducción de costos por consumo y sostenimiento de forma importante en las empresas en sus infraestructuras de telecomunicaciones. La migración a un sistema de telefonía VoIP permite utilizar el mismo medio de comunicación empleado por las computadoras, sin importar si la comunicación es local o extendida entre sedes de una organización. El sistema de telefonía VoIP es soportado por medio de la adquisición de una planta IP que permite junto a los Gateway y los enlaces suministrados por los proveedores de telefonía local la comunicación con la PSTN (Red telefónica pública conmutada), la comunicación entre sedes y entre usuarios de las mismas será a través de extensiones IP configuradas en softphone y teléfonos IP. Los estudiantes de ingeniería de telecomunicaciones cuenta con una planta Panasonic de telefonía básica en el laboratorio de redes de comunicaciones, actualmente el laboratorio N601 carece de un sistema de telefonía VoIP que le ayude al estudiante mejorar la capacidad en implementar sistemas VoIP y servicios de telecomunicaciones en las organizaciones. Se realizó un diseño e implementación de un sistema telefónico VoIP basado en software libre (Elastix) por medio de una troncal SIP. Para el desarrollo de este proyecto se utiliza la metodología PPDIOO creada por Cisco que permite a través de un ciclo de vida formalizar los requerimientos mínimos para el diseño e implementación de una red. Se puede concluir que el montaje es de fácil implementación, confiable, económico y seguro. El costo beneficio del proyecto se evidenció en lo económico que resulta contratar una troncal SIP con Skype, todo ello basado en software libre Asterisk.

Palabras clave: Códec, Elastix, FXS, FXO, PSTN, Plan de numeración, SIP, Softphone, Trunk.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Damos gracias primordialmente a Dios por darnos la inteligencia, sabiduría, paciencia y entendimiento para emprender con la creación de este proyecto, el cual queremos dedicárselo a nuestros padres por el soporte en el camino de formación académica, pues ellos han estado siempre disponibles y quienes con su educación nos han enseñado que todo en la vida se consigue con esfuerzo, trabajo y una gran dedicación y que con su apoyo incondicional siempre han estado presentes en cada uno de los retos y metas que nos hemos trazado a lo largo de nuestras vidas. También queremos agradecerle al docente Pedro Guerrero Zuluaga, quien ha sido nuestro tutor y parte fundamental para la elaboración de este proyecto, pues con su apoyo y conocimiento hizo posible el mismo. A cada uno de los profesores que han sido parte activa durante todo nuestro proceso de formación, a nuestros compañeros de clase, con los que hemos compartido grandes momentos y por último queremos darle gracias al INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO por permitirnos formarnos como profesionales y seres humanos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

ATA: Es un adaptador que permite conectar un teléfono convencional a una red IP.

ELASTIX: Software de integración de las mejores herramientas para PBX basado en Asterisk, pero con una Interfaz simple y fácil de usar.

FOP: Es un panel de operador donde se puede visualizar el estado de las extensiones, trunks, colas, etc.

FXO: Puerto que recibe el tono de la línea telefónica.

FXS: Puerto que genera el tono de marcado en el que se conecta la terminal (teléfono).

ISP: Proveedor de servicios de Internet.

IVR (Interactive Voice Response): Son los menús con los que un usuario puede interactuar mediante pulsaciones, es un operador automático comúnmente utilizado como mensaje de bienvenida.

PSTN: Red de telefonía conmutada pública.

RTP: Protocolo de transporte en tiempo real tanto del audio como video.

SIP: Es un protocolo usado para la transferencia de voz, video y datos entre dos terminales.

Softphone: Es un teléfono utilizado para entornos IP, pero con la especialidad de que este es un software.

TRUNKS: se utiliza para la administración de los distintos caminos o enlaces existentes con el exterior (canales RDSI, canales IP).

UAC (User agent client): Es un elemento que realiza peticiones SIP y acepta respuestas SIP desde un servidor.

UDP: Protocolo de transporte basado en el intercambio de datagramas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
RECONOCIMIENTOS.....	2
ACRÓNIMOS	4
1. INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVOS	¡Error! Marcador no defini
General	¡Error! Marcador no defini
Específicos.....	¡Error! Marcador no defini
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Voz sobre IP (VoIP)	
2.2 Desempeño de la Voz sobre IP	
2.3 SIP (Session Initiation Protocol)	
2.4 Estándar H.323	
2.5 Dispositivos que se utilizan para la telefonía de voz sobre IP	
2.6 Codec´s que soporta Elastix	
2.7 Asterisk	
3. METODOLOGÍA	21

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.1 Estado actual Red y levantamiento de requerimientos del laboratorio N601

3.2 Diseñar el sistema de telefonía VoIP por medio de un servidor y una troncal SIP

3.3 Implementación del Sistema de Telefonía VoIP

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN41

4.1 Requerimiento Mínimos para la instalación

4.2 Tráfico del canal de Datos

4.3 Pruebas en el Servidor Elastix.....

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....54

RECOMENDACIONES.....**¡Error! Marcador no defini**

TRABAJO FUTURO**¡Error! Marcador no defini**

REFERENCIAS56

APÉNDICE58

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

En la década de los 90, un grupo de personas perteneciente al entorno de la investigación, tanto de instituciones educativas como empresariales, comenzaron a mostrar cierto interés por transportar voz y video sobre redes IP, especialmente a través de internet. Esta tecnología es conocida hoy en día como VoIP y es el proceso de dividir el audio y el video en pequeñas fracciones, transmitir dichas fracciones a través de una red IP y encaminar esos fragmentos en el destino final permitiendo de esta manera que la gente se pueda comunicar.

El sistema de comunicación análogo ha perdido vigencia tecnológicamente y está permitiendo que otros medios de comunicación ganen ventaja frente a este tipo de tecnología. Uno de los motivos principales en el cambio del sistema de telefonía en las empresas es el alto costo que tiene la telefonía análoga y los pocos servicios que ofrece, ya que por una línea solo se puede transmitir la voz y se tiene que dejar cierto ancho de banda para enviar esta información y no está permitiendo la integración de otros servicios, a causa de este hecho la telefonía IP cada vez este consolidándose como una nueva propuesta para comunicación fija.

El desarrollo y fuerte implantación de las redes IP, tanto en local como en remoto, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y antelación de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde fue posible transmitir telefonía sobre IP donde convergen los diferentes servicios como son voz, datos y video.

Los estudiantes de telecomunicaciones encuentran que el laboratorio de redes de comunicaciones cuenta con una planta Panasonic de telefonía básica, hoy en día el laboratorio

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

N601 carece de un sistema de telefonía VoIP que le ayude al estudiante mejorar la capacidad en implementar sistemas de VoIP.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar un sistema de telefonía de VoIP para el laboratorio de Telecomunicaciones N601 basado en software libre (Elastix).

Específicos

- Realizar un levantamiento de información sobre el estado actual de la infraestructura telefónica en el laboratorio N601 buscando documentar los requerimientos técnicos para el diseño y una posterior implementación.
- Diseñar el sistema de telefonía VoIP por medio de un servidor y una troncal SIP que se proveerá por un operador reutilizando al máximo la infraestructura existente del laboratorio N601.
- Implementar un sistema telefónico VoIP integrando nuevos servicios de telefonía como follow me (sígueme), IVR, colas de llamada, Llamada de 3 líneas (three-way calling) y call center.

Realizar el primer paso para la implementación de un sistema de telefonía VoIP para el Laboratorio N601 del ITM como lo es el diseño, consistente y a la medida de la Universidad, permitirá establecer si a futuro este diseño se podría implementar en las empresas por los futuros egresados de Ingeniería de Telecomunicaciones. El uso de telefonía IP o voz sobre IP comúnmente llamado de esta forma, significará un aumento en el nivel de productividad del

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

equipo de trabajo de las empresas, así como el uso de los sistemas de información serán aún más aprovechados por el personal administrativo, en el tema económico, la implementación de tecnología la telefonía VoIP es donde realiza su mayor aporte, ya que la red de datos por donde va a circular esta tecnología no está sujeta a la misma tarificación de las conexiones telefónicas convencionales.

Además, se realiza un estudio a la infraestructura tecnológica del laboratorio N601, con el fin de hacer uso a los recursos actuales, aprovechando en su máximo lo ya existente, permitiendo así la disminución de costos. La implementación va a generar ahorro de energía, ya que los servicios usados son integrados, es decir, que la voz y los datos están en un mismo dispositivo.

El uso de tecnología sobre voz IP es el mayor impacto a nivel de integración de voz y datos en las empresas. La convergencia entre voz y datos en la que se basa la telefonía IP abre la puerta al desarrollo de aplicaciones vía software, que permiten al usuario acceder a funcionalidades de telefonía avanzada hasta ahora inaccesibles en la telefonía tradicional.

Funciones como el filtro de llamadas, el buzón de voz en el e-mail, o la integración con la agenda del gestor de correo electrónico son una realidad para cualquier usuario de Telefonía IP.

Con los conocimientos adquiridos por los estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones con la implementación de este sistema de telefonía VoIP en el laboratorio N601 del ITM, los futuros ingenieros podrán brindar soluciones acordes a la vanguardia tecnológica de acuerdo a las necesidades del mercado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Voz sobre IP (VoIP)

Permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos. Esto significa que se envía una señal de voz en forma digital, en lugar de enviarla en forma análoga a través de circuitos utilizables sólo en telefonía convencional como las redes PSTN (Public Switched Telephone Network). Existen algunas ventajas considerables en esta tecnología digital, como: Disminución de costos de operación, portabilidad, conferencias, mejor calidad de voz, alta flexibilidad, escalabilidad e Interoperabilidad.

En la *Figura 1*. Se observan los diferentes dispositivos que hacen parte de una arquitectura para un sistema de telefonía VoIP, para una conexión de extremo a extremo con el proveedor de servicios y los usuarios que hacen parte de ella. Además, se evidencia el servidor donde es registrada cada extensión y que por medio de una troncal SIP permite el ingreso o salida de llamadas, ya sea desde un softphone o teléfono IP.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

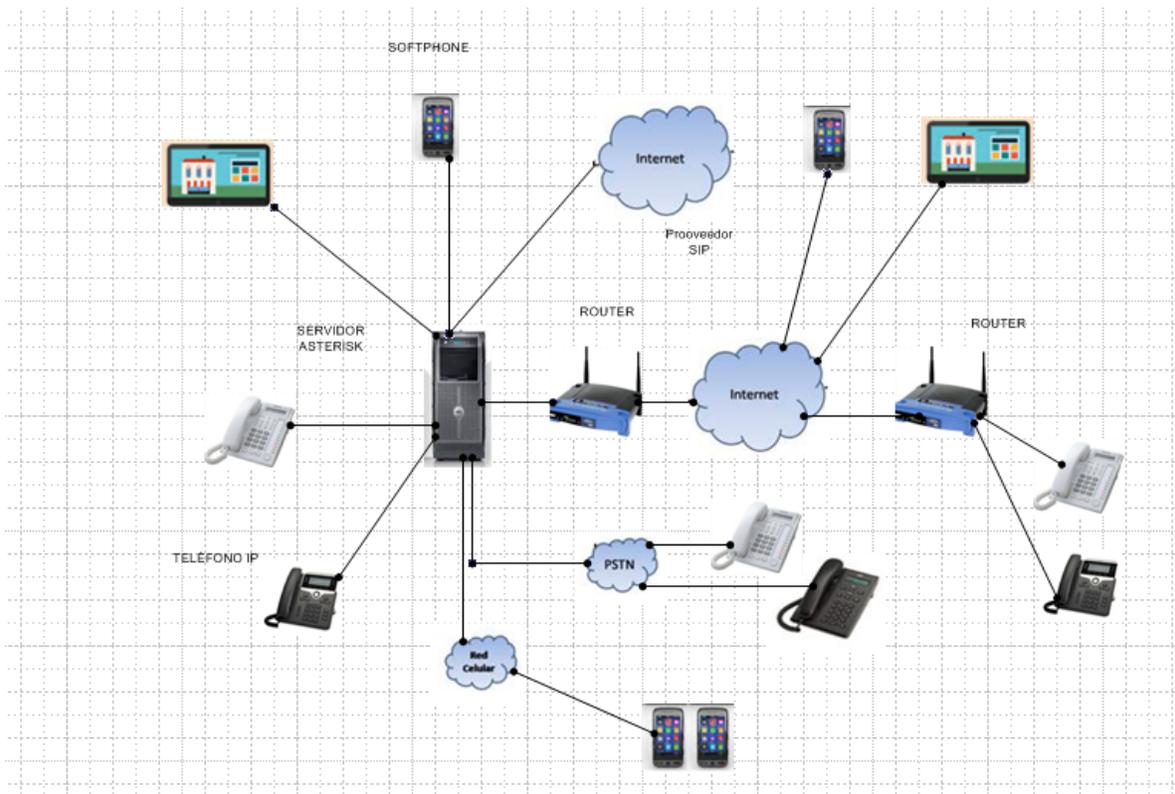


Figura 1. Arquitectura VoIP.

2.2 Desempeño de la Voz sobre IP

Una llamada IP inicia con una señal análoga del teléfono que se digitaliza en señales PCM (Pulse Code Modulation) por medio del codificador/decodificador (CODEC), las señales PCM son enviadas al algoritmo de compresión el cual comprime la voz y la fracciona en paquetes que pueden ser transmitidos por medio de WAN o LAN, dependiendo de la manera en la que la red esté configurada, el enrutador o el Gateway pueden hacer la labor de codificación, decodificación y compresión.

Otra forma de llevar a cabo este proceso es por medio de un PBX digital, para el caso en el que el transporte de voz sea por medio de una red pública (Internet) es necesario crear una interface entre la red telefónica y la red IP esto se logra por medio del Gateway, ya que es el

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

encargado de convertir la señal análoga de voz en paquetes comprimidos IP para ser transportados a través de la red, del lado del receptor su labor es inversa , esto permite establecer la comunicación entre dos LAN pasando por una red pública WAN.

2.3 Protocolos de señalización

Con el fin de establecer una comunicación entre dos terminales es necesario utilizar protocolos de señalización que sirve para definir la variación en el orden de llegada y la pérdida de algunos paquetes. Por otro lado, la transmisión de voz y video debe ser en tiempo real (RTP). Es por esto que se necesitan redes con un alto nivel de servicio y un uso más eficiente del ancho de banda (BW).

Los protocolos de señalización más utilizados en conmutación de paquetes son los siguientes:

2.3.1 SIP (Session Initiation Protocol)

Según (López, 2008) . Es un protocolo de señalización a nivel de aplicación encargado de la iniciación, modificación y terminación de sesiones multimedia, las cuales se llevan de manera interactiva. Por sesiones multimedia se refiere a aplicaciones de mensajería instantánea, aplicaciones de video, de audio, conferencia y aplicaciones similares. Su principal objetivo es la comunicación entre dispositivos multimedia, la cual se logra gracias a dos protocolos que son RTP/RTCP y SDP.

El protocolo RTP es utilizado para transportar los datos de voz en tiempo real (igual que para el protocolo H.323, mientras que el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc). Ver Figura 2.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

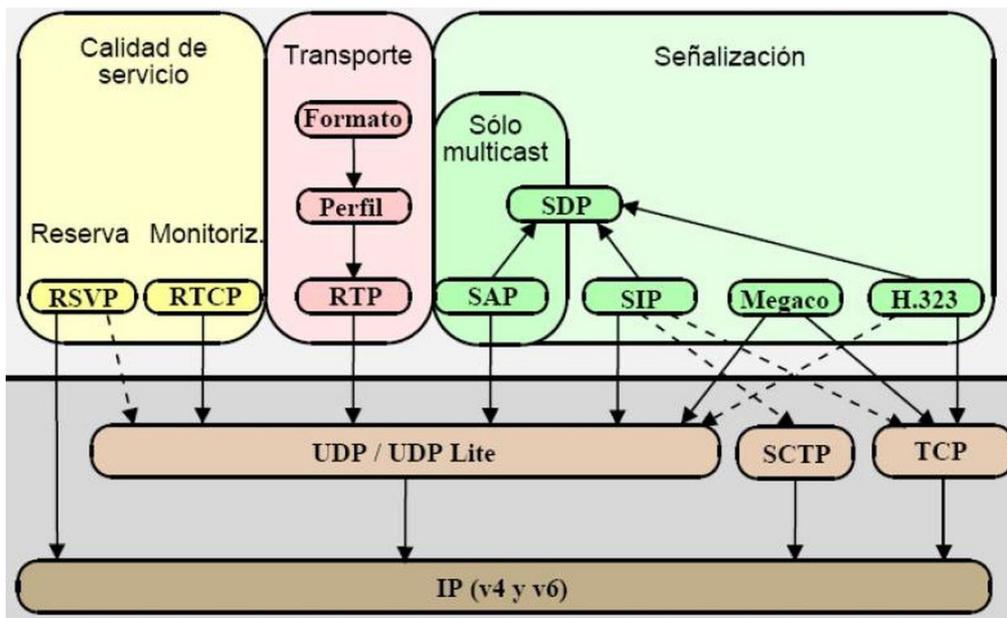


Figura 2. Protocolos VoIP.

Fuente: (Cujano, 2011). Protocolos VoIP. Imagen. Recuperado de <http://docplayer.es/2632876-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-de-informatica-y-electronica-escuela-de-ingenieria-electronica-en-telecomunicaciones-y-redes.html>

Al respecto (López, 2008) afirma que “el protocolo SIP es una parte de una arquitectura multimedia, ya que la única finalidad es la de gestionar las sesiones multimedia: inicialarlas, modificarla y finalizarlas, etc. Sin embargo, se integra perfectamente con otros protocolos como RVSP, RTP o RTSP. Gracias al protocolo SDP se puede formar una completa arquitectura multimedia”, el puerto utilizado por defecto es el 5060.

A continuación, mencionaremos los elementos necesarios para establecer una comunicación de este tipo (SIP), todos de acuerdo a los mencionados por (López, 2008).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Agente de usuario o User Agent (UA): Maneja la señalización SIP y es el encargado de iniciar y terminar las sesiones mediante mensajes que solicitan algún servicio, responde a solicitudes o piden respuestas. Se pueden dividir en dos categorías:

- **User agent client (UAC):** Una aplicación cliente que inicia solicitudes SIP hacia la red IP.
- **User agent server (UAS):** Una aplicación que al recibir una solicitud SIP de la IP se pone en contacto con el usuario y devuelve la respuesta que este desee.

Servidor proxy: Retransmiten los pedidos de conexión de una UA y envía el mensaje a otro servidor, alterando los campos de la solicitud en caso necesario. Es una entidad intermedia que actúa como cliente y servidor con el propósito de establecer llamadas entre los usuarios.

Register Server: Es un servidor donde se registran los usuarios y se almacena la información de estas peticiones para localización del abonado y traducir la dirección en el dominio que controla el abonado con el fin de realizar el registro.

Redirect Server: Es un servidor que genera respuestas de redirección a las peticiones que recibe. Este servidor direcciona las peticiones hacia el próximo servidor.

La división de estos servidores es de carácter conceptual, es decir cada uno de ellos puede estar físicamente en una sola máquina. La función de esta división está dada por motivos de escalabilidad y desempeño.

Peticiones SIP: Son los mensajes intercambiados entre los distintos elementos durante una comunicación SIP.

- **Invite:** Es la petición SIP que se envía a un abonado cuando queremos implantar una llamada con otro usuario.
- **ACK:** Esta petición es la encargada de establecer una comunicación entre los dos abonados enviando una petición de INVITE el transmisor y el receptor es enviado por el usuario origen

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

que envió la petición INVITE para hacer saber al usuario destino que su respuesta está 200 OK ha sido recibido. Es el momento donde se puede empezar a enviar tráfico.

- **Bye:** Es el encargado de finalizar la comunicación entre los usuarios.
- **Cancel:** Se utiliza para cancelar una petición, por ejemplo, INVITE, que se encuentra en progreso. Si el teléfono destino está sonando, pero aún no ha sido descolgado y el teléfono origen cuelga, se envía un CANCEL para terminar la llamada.
- **Options:** Un UA puede enviar peticiones OPTIONS a un UAS para solicitar información sobre este.
- **Register:** Un UAC envía peticiones REGISTER a un servidor de registro localización para informar la posición actual en la que se encuentra en este momento determinado. Esto hace posible que el UAC pueda ser localizado haciendo uso de su misma dirección sin importar donde el UAC se encuentre físicamente.

En la *Figura 3*. Se muestra cómo se lleva a cabo un registro del usuario SIP UA ante el Servidor SIP que requiere autenticación, es decir, se muestra como una terminal se registra en el servidor.

El teléfono SIP UA solicita una petición al servidor SIP. Este servidor está configurado para solicitar una autenticación, por lo que envía una respuesta al usuario SIP UA que aún no se registra hasta no enviar la autenticación, este a su vez le envía un nuevo mensaje informando su password, el servidor hace su respectiva validación que la autenticación sea correcta, el servidor SIP nuevamente le responde al SIP UA informando el registro en este caso 200 ok.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 3. Registro del usuario SIP UA

Fuente: (Elastix, 2012).Registro del Usuario SIP. Imagen. Recuperado de http://elastixtech.com/wp-content/uploads/2012/09/protocolo_SIP.jpg?x22131

Una vez están registrados dos terminales, en la *Figura 4* se observa cómo se crea una comunicación entre abonados.

Establecimiento de Sesiones SIP

En la *Figura 4*. Se envía un mensaje INVITE entre las terminales A y B. Este mensaje (INVITE) indica el tipo de sesión o la llamada que se requiere, ya sea un video conferencia o una comunicación de solo voz. La terminal B recibe un mensaje 180 RINGING, este a su vez envía un mensaje 200 RINGING aceptando la llamada y por último se establece la comunicación entre los abonados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

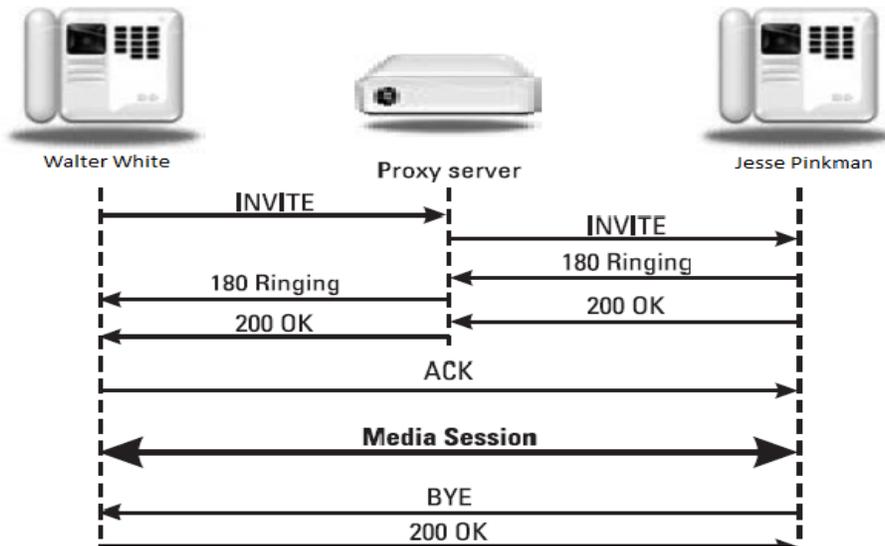


Figura 4. Comunicación SIP.

Fuente: (Voipelia, 2013). *Comunicación SIP. Imagen. Recuperado de https://www.voipelia.com/wp-content/uploads/2013/02/Sip_server.png*

2.4 Estándar H.323

Cabe apuntar que según el trabajo realizado por (Rojas, 2009) afirma:

El estándar H323 proporciona los componentes necesarios para la transmisión de voz, datos y video para redes no orientadas a conexión en redes basadas en IP (Incluida Internet). La especificación del estándar se hace en 1996 por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) e involucra a aquellos protocolos que por su naturaleza presentan un alto grado de latencia y que no garantizan calidad del servicio (QoS).

Por otro lado, el estándar H323 contempla el control de llamadas, la gestión de la información y determina el ancho de banda necesario para una comunicación punto a punto y multipunto. También define interface entre las redes de área local y redes RDSI.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La norma H.323 se basa en los procedimientos de señalización de canales lógicos descritos en el estándar H. 245. Estos procedimientos existen con el propósito de fijar las prestaciones del emisor y receptor, establecer la llamada, intercambiar información, terminar la llamada y definir la forma como se codifica y decodifica.

Cuando se realiza una llamada telefónica sobre Internet, las dos terminales deben negociar quién va a ejercer el control, es decir, solo uno debe generar los mensajes de control descritos en la norma H.245. De esta forma se garantiza que la transmisión de datos no puede ocurrir, si el receptor no tiene la capacidad de gestionarlos. (Rojas, 2009)

2.5 “Dispositivos que se utilizan para la telefonía de voz sobre IP

Tarjetas FXO/FXS/PRI: tarjetas que se instalan en la PC y permiten tener puertos de troncales y/o teléfonos analógicos.

Teléfonos IP: físicamente, son teléfonos normales. Incorporan un conector RJ45 para conectarlo directamente a una red IP.

Adaptador analógico/digital (ATA): permiten aprovechar los teléfonos analógicos actuales, transformando su señal analógica en los protocolos de Voz IP.

SoftPhones: son programas que permiten llamar desde el ordenador utilizando tecnologías Voz IP.

HeadPhone: combinación de audífono y micrófono usada para comunicación de dos sentidos; por ejemplo, con un teléfono

SIP GSM Gateway: dispositivo que permite enrutamiento entre llamadas IP y la red GSM de telefonía celular.” (González, 2014)

Planta VoIP: Suministra los servicios de telefonía e integración de servicios de voz, datos y video.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Red IP: Red basada en direccionamiento IP.

Gateway FXO: Recibe líneas de entrada de la PSTN, para dar salida a la calle.

Gateway E1: Recibe enlace con señalización E1.

SIP: Es un protocolo usado por los proveedores de VoIP encargado de, entre otras funciones, iniciar y finalizar las llamadas VoIP. (Herrera, 2012)

2.6 Codec's que soporta Elastix

Los codecs o Compresor-Descompresor, son utilizados en envío de audio y video a través de las redes de computadoras. Como su nombre lo indica, un códec puede codificar y comprimir un flujo de datos para transmitirlo, almacenarlo o cifrarlo. Una vez en el lugar destino, el códec está en capacidad de decodificar, descomprimir o descifrar el flujo de datos, para reproducirlo

Los codecs de audio tienen como función principal la compresión y descompresión de sonidos como por ejemplo música o conversaciones. Su utilización se basa principalmente en la transmisión de voz a través de redes o sistemas VoIP. (Icesi, 2013)

Se mencionan algunos de los codecs más utilizados:

Códec G.711

Es un estándar desarrollado por la ITU-T principalmente utilizado para la telefonía IP. Tiene una tasa de muestreo de 8000 muestras/segundo. G.711 utiliza un sistema de mapeo logarítmico utilizando PCM (*pulse-code-modulation*) que permite una mejor aceptación del sonido por el oído humano.

Códec G729

El códec G729 es un estándar que permite la realización de más llamadas en un limitado ancho de banda, este códec puede operar a tasas de 8 Kbps, aunque también existen extensiones que

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

trabajan a 6.4 Kbps y 11.8 Kbps para peor o mejor calidad en la conversión respectivamente, este códec trabaja con cualquier tipo de tarjeta Digium de Hardware y en cualquier procesador.

Códec G726

Este códec es utilizado en muchas aplicaciones que necesitan de una alta calidad y una robusta reproducción de audio, puede trabajar con tasas de 16, 24, 32 o 40 Kbps, aunque el más utiliza es la de 32 Kbps ya que es la mitad del ancho de banda que utiliza el códec G711 y con esto se aumenta en un 100% la capacidad de red usable. Las principales aplicaciones en las que se usa este códec son: sistemas de videoconferencia, multimedia, reconocimiento de vuelos y comunicaciones satelitales.

Códec GSM

Este códec ha sido estandarizado para ser utilizado en los canales de telefonía móvil de tercera generación (3G), su sigla hace referencia al sistema global para las comunicaciones móviles. Este códec no garantiza calidad sino cantidad, ya que la conexión Full- Rate es de solo 13Kbits/s. Es un buen método para ahorrar ancho de banda, ya que consume 5 veces menos que el códec alaw. Para minimizar las fuentes de interferencia y conseguir una mayor protección se utiliza salto de frecuencia (Frequency Hopping), es decir, la señal se emite sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatorias.

Códec G722

Este códec puede operar a 48, 56 o 64 Kbps, este convierte las señales de audio en señales digitales uniformes usando 14 bits con una frecuencia e muestreo de 16 KHz, este es una evolución del Códec G711. (Ayala Santamaria, 2010)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.7 Asterisk

“Asterisk es software open source, hecho en lenguaje C. Este software, por sí solo, no es una herramienta plug-and-play que venga lista para hacer llamadas, sino que es necesario atravesar por numerosos pasos (descarga, compilación, instalación y configuración) para que pueda realizar labores útiles. Sin embargo, es un elemento base (una plataforma para crear cosas más grandes) para que de allí podamos construir un sin fin de aplicaciones basadas no solamente en voz, sino en la unión con datos y/o cualquier otro sistema de cómputo que necesitamos que interactúe con un teléfono.

Ventajas:

- Tienes total control: puedes hacer lo que quieras y actualizar en cualquier momento.
- Al compilar, tu conmutador se ajustará a la arquitectura de tu PC.
- Puedes elegir que módulos quieres compilar y cuáles no.

Desventajas:

- Tienes que hacer todo a mano.
- Programar por línea de comandos puede no ser tan natural para algunas personas.
- Toma un mayor tiempo de implementación”. (Jackson, 2007)

3. METODOLOGÍA

Con el fin de llevar a cabo los objetivos propuestos y entregar unos resultados óptimos de la solución, se tendrán en cuenta varios factores que intervienen, apoyándonos en la metodología PPDIOO creada por Cisco que se explica a continuación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Preparar: en esta fase se visualiza el proyecto de forma general, realizando un levantamiento de información con el fin de observar limitaciones que se pueden presentar para el logro de los objetivos propuestos.

Planear: Se analizan los datos obtenidos en el levantamiento de información, donde se logran identificar los recursos necesarios (software, hardware y recursos económicos) y se detectan las deficiencias en la infraestructura de la red actual del laboratorio N601.

Diseñar: En esta fase se tiene claro con qué recursos se cuenta, hacia dónde se quiere llegar con este proyecto, teniendo esta información se procede a desarrollar el sistema VoIP, que se ajuste a las necesidades del proyecto. Esta fase incluye diagramas de red, lista de equipos y software.

Implementar: construir el sistema VoIP según las especificaciones de diseño, realizar pruebas, prototipos y simulaciones. En esta fase se realiza la documentación de resultados.

Operar: Aquí se administra el sistema VoIP en condiciones normales, se definen políticas, procedimientos, identificación y correcciones del sistema.

Optimizar: utilizar herramientas para ver el desempeño del sistema VoIP y buscar QoS.

Para efectos del trabajo de grado las fases **Operar** y **Optimizar** será responsabilidad del director del laboratorio N601 para continuar con la administración del sistema VoIP implementado. De ahí que no se vean reflejadas estas fases en la metodología.

3.1 Estado actual Red y levantamiento de requerimientos del laboratorio N601

El campus Fraternidad del ITM posee varios laboratorios que están bajo la coordinación del departamento de Telecomunicaciones, allí se desarrollan actividades académicas para el aprendizaje y aplicación de conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como cumplimiento a los objetivos específicos planteados en este proyecto, se realiza un levantamiento del estado actual de la red del laboratorio N601 y sus laboratorios conexos N101, N102, K105 y parque O donde se verán beneficiados de la implementación del sistema de telefonía IP.

Tipo de Cableado

El cableado estructurado que tienen los laboratorios es de tipo Horizontal bajo el estándar cable UTP categoría 5e, el backbone entre los laboratorios es de fibra óptica. En los laboratorios de comunicaciones N101, N102, K105, Parque O y el laboratorio de radiocomunicaciones N601, cuentan con equipos Cloud Core Mikrotik de alta gama para servicios de enrutamiento los cuales trabajan sobre las capas 2 y 3 del modelo OSI.

Equipos de conectividad

Los equipos que permiten las comunicaciones entre los laboratorios se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Equipo	Características	Configuración
Mikrotik CCR1009-8G- 1S-1S+	<ul style="list-style-type: none"> - CPU frecuencia nominal: 1.2 GHz - Número de núcleos de CPU: 9 - Tamaño de RAM: 2 GB - Puertos Ethernet 10/100/1000: 8 - Puertos SFP: 1 - Puertos SFP+: 1 - Número de puertos USB: 1 - Fuente de alimentación: 2 	Router de Borde. En este equipo se encuentran configuradas las Vlans que comunican los equipos de gestión de los laboratorios.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Switch Cisco Catalyst 2960	<ul style="list-style-type: none"> - CPU frecuencia nominal: 1.4 GHz - Número de núcleos de CPU: 1 - Tamaño de RAM: 64 MB - Puertos Ethernet 10/100: 24 - Fuente de alimentación: 1 	Equipo de capa 2, interconecta los equipos en el respectivo laboratorio donde se encuentra instalado.
Switch D- Link DES- 3010F	<ul style="list-style-type: none"> - CPU frecuencia nominal: 1.0 GHz - Número de núcleos de CPU: 1 - Tamaño de RAM: 64 MB -Puertos Ethernet 10/100: 8 -Fuente de alimentación: 1 - Puertos adicionales: 2 	Equipo de capa 2, interconecta los equipos en el respectivo laboratorio donde se encuentra instalado.
Unify Ubiquiti	<ul style="list-style-type: none"> -Puertos Ethernet: Auto MDX, 10/100 Mbps - Antenas: 2 integrado (compatible con 2x2 MIMO con diversidad espacial) - Wi-Fi estándares: 802.11 b / g / n (2.4GHz) - Fuente de alimentación: a través de Ethernet método pasivo (12-24V) 	Access points gestionables ubicados en los laboratorios de telecomunicaciones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Transceiver PCT CHASSIS- II	<ul style="list-style-type: none"> - Protocolo: SNMP - Interface: DB-9 (DTE) y RJ45 - Tamaño de RAM: 2 GB - Puertos Ethernet 10/100/1000: modular (hasta 16) - Fuente de alimentación: 2 	Equipo de capa 3, que interconecta los backbone de cada laboratorio por medio de fibra óptica.
-----------------------------------	---	--

Tabla 1. Equipos de conectividad.

Se encuentran falencias tales como falta de una apropiada identificación en los puertos Ethernet de los equipos lo cual genera desorden y confusión a la hora de gestionar los mismos. Falta de aplicación de las capas de modelo OSI (2 y 3) para la distribución del tráfico de red.

A continuación, adjuntamos el formato (elaboración propia) donde se solicitan los requerimientos necesarios para implementar el sistema de telefonía VoIP.



Formato Levantamiento de requerimientos

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tipo Trabajo:	SITE SURVEY
Cliente:	ITM-LABN601
Ciudad y Dirección:	Cl. 54a #1 - 30
Teléfono:	4600727

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Persona Contacto:	Pedro Guerrero
Hora inicio:	08:00
Hora final:	17:30
Fecha:	04/05/2016 al 19/05/2016
Objeto de la actividad:	Realizar un levantamiento de información sobre el estado actual de la infraestructura telefónica en el laboratorio N601 buscando documentar los requerimientos técnicos para el diseño y una posterior implementación.

IV. OBSERVACIONES

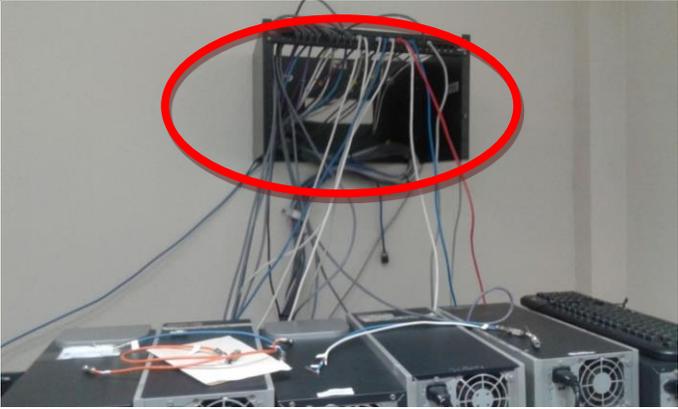
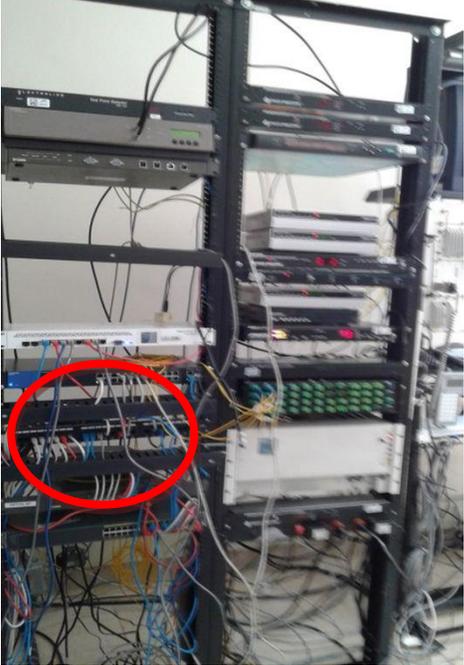
El grupo Semillero OTM requiere del Diseño e implementación de un sistema de telefonía VoIP en el laboratorio N601, con esto se busca una plataforma que tenga una alta disponibilidad y nuevos servicios que se pueda ofrecer tanto a educadores como estudiantes. Como estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones, presentamos una propuesta de trabajo de grado para la necesidad del semillero OTM.

Teniendo en cuenta lo anterior se realiza un análisis del estado actual de la infraestructura de la red con sus servicios, ubicación, tipos de conexiones y equipos con el fin de implementar la telefonía VoIP.

Al realizar un recorrido por varios días en la universidad y en los laboratorios que interconectan la red del semillero OTM, se evidencia algunas necesidades para llevar adelante este proyecto. A continuación, se hacen una serie de recomendaciones que debe hacer el administrador de la red para la implementación del sistema telefónico VoIP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

V. FOTOGRAFIAS Y/O DIAGRAMAS

Foto	Descripción
	<p>Uno de los requerimientos principales para realizar una red de telefonía es el cableado estructurado y basado en las normas internacionales ANSI/EIA/TIA 569, este cableado no cuenta con las normas internacionales lo que no permite un perfecto funcionamiento.</p>
	<p>Se debe certificar el cableado, organizar y etiquetar buscando una mejor organización de los servicios.</p>

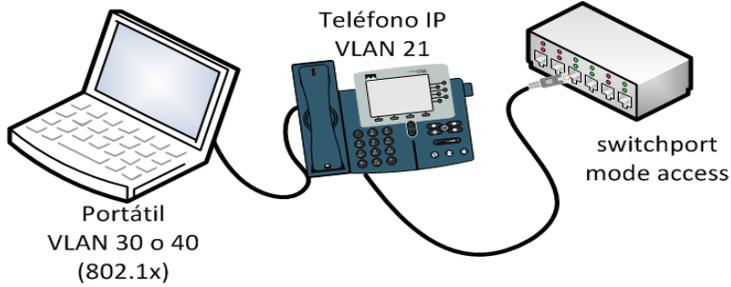


Una vez organizado el cableado y certificados los puntos para voz, se debe realizar la instalación de un SW 2900 cisco en el rack para conectar el servidor asignado por el docente Pedro Guerrero.



Los laboratorios principales cuentan con este tipo de router, actualmente se encuentra dos estudiantes de ingeniería optimizando la Red, se solicita tener conectividad e internet entre todos los laboratorios. Aprovechando los BACKBONE que tiene el ITM.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Portátil
VLAN 30 o 40
(802.1x)

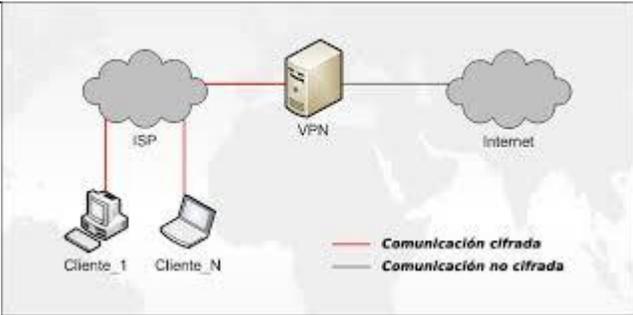
Teléfono IP
VLAN 21

switchport
mode access

Ya que hay una sola red en general para la gestión y administración. Se recomendó separar la red de datos y voz, por lo tanto, se hizo la solicitud de un direccionamiento IP solo para la voz y la creación de una VLAN solo para voz con el fin de separar la red de datos.



Se solicita también una Red WIFI para voz con el fin de registrar los teléfonos softphones en cualquier sitio de la Universidad.



ISP

VPN

Internet

Cliente 1

Cliente N

— Comunicación cifrada

— Comunicación no cifrada

Para la implementación se solicita un canal de 10Mbps conectividad desde una VPN al servidor de Telefonía.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2 Diseñar el sistema de telefonía VoIP por medio de un servidor y una troncal SIP

Una vez se recopila la información del estado actual de la red y los requerimientos necesarios para la optimización del sistema de telefonía VoIP, a continuación, se detalla cada uno de los puntos para el diseño y luego una posterior implementación.

Sistema de Cableado estructurado

Uno de los requerimientos fundamentales de una red de telefonía IP es mantener el cableado estructurado estable y basado en las normas internacionales, se realiza la organización del cableado por medio de canaletas y ductos correspondientes, además se hacen las etiquetas en cada punto desde el SW hasta el servidor de telefonía, buscando minimizar una eventualidad o falla en el servidor.

A continuación, se muestra el cableado horizontal que interconecta teléfonos y servidores ubicados en el laboratorio N601.

La *Figura 5*. Muestra la estructura del nuevo cableado en el laboratorio N601 de telecomunicaciones, donde se evidencia que el servidor VoIP tiene la etiqueta entre el rack de comunicaciones y servidor para que su localización sea rápida y precisa, facilitando al mismo tiempo las labores de mantenimiento y búsqueda de averías en su caso. Las normas que recogen la forma de identificar y etiquetar los componentes de una instalación de cableado estructurado son:

- TIA/EIA 606-A
- ISO/IEC 14763-1
- EN 50174-1

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

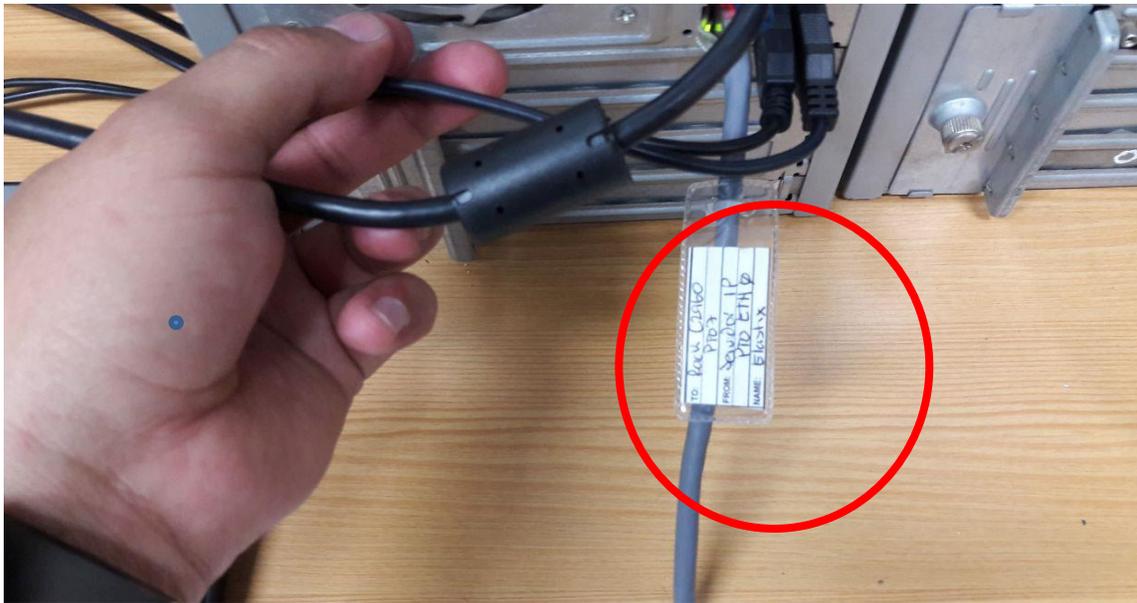
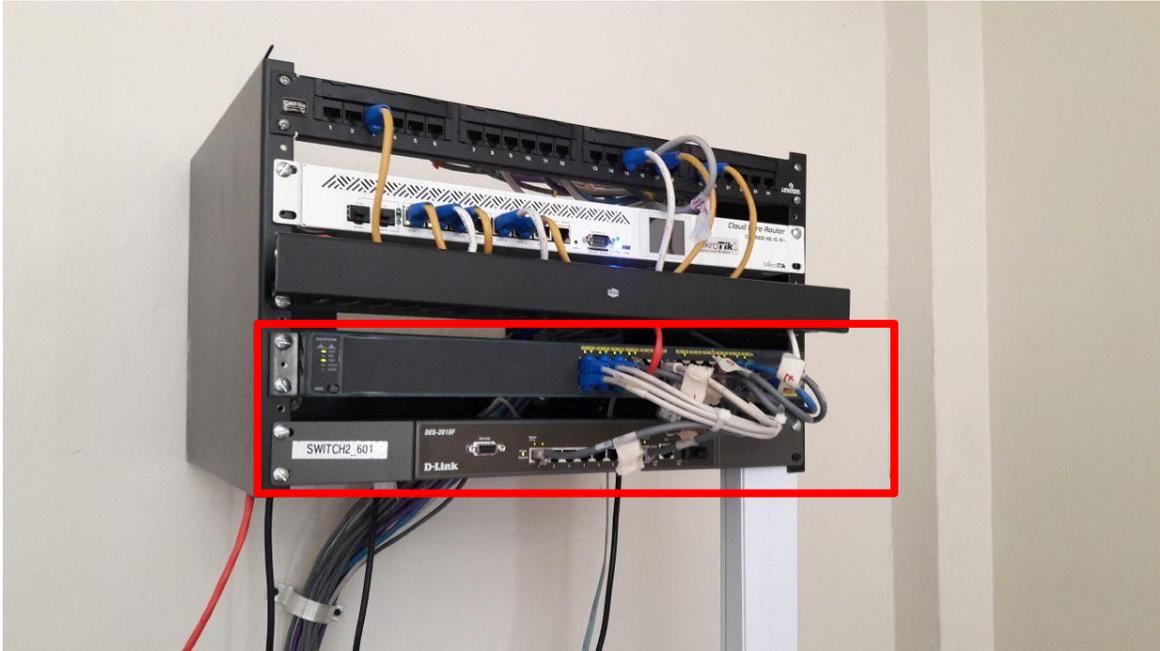


Figura 5. Organización del cableado y etiqueta.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Rediseño de la Red de datos y Vlan para Voz

Se realiza la segmentación de la red de gestión por medio de la Vlan 100, la cual se propaga por todos los equipos que componen la red OTM (APs, Mikrotik, cisco, linksys, servidores, etc).

Los puertos de los equipos de borde se sacaron de los bridges y las Vlans 100 están dentro de un bridge con el fin de mantener gestión en todos los equipos de la red. El direccionamiento de Vlan de gestión es 172.16.20.0/23 (se selecciona un rango de 510 host para la red y futuro crecimiento) y las Vlan para la parte de voz entregado por el administrador de la red OTM son VLAN 18 como principal y la VLAN 19 como contingencia.

A continuación, se describe cada una de las redes que harán parte de la red de voz y VLAN de la red OTM que interconectara con todos los laboratorios y además incluir el laboratorio de parque O donde se encuentra el servidor de respaldo del sistema de telefonía VoIP.

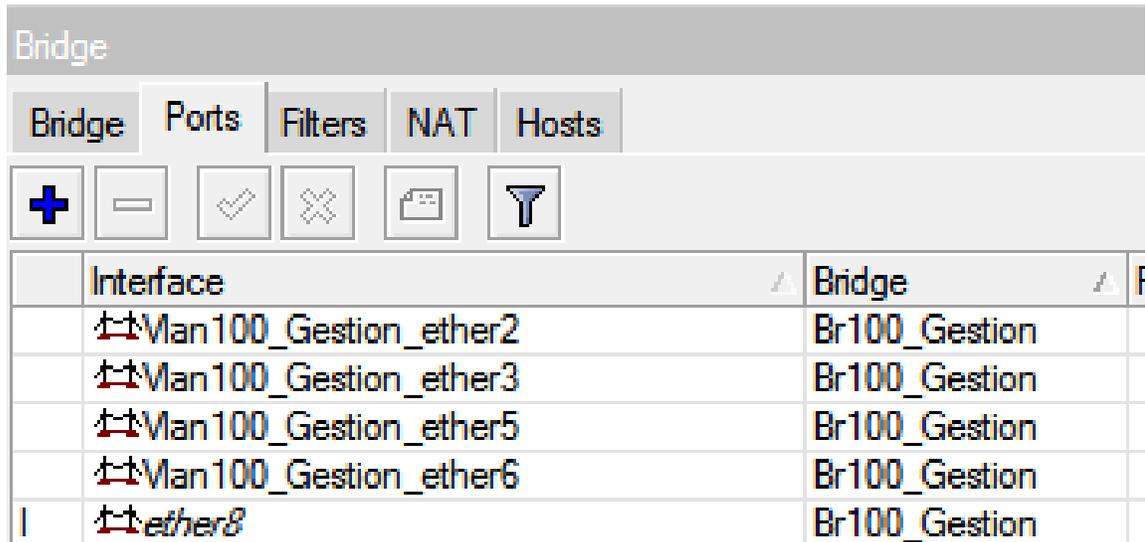
Inicialmente se crea una vlan 100 (ver figura 6) para cada puerto Ethernet de los Mikrotik ISP, que se encuentran ubicados en el laboratorio N101, N601, N105 y N102.

	Name	Type
S	↔ Vlan100_Gestion_ether8	VLAN
S	↔ Vlan100_Gestion_ether7	VLAN
S	↔ Vlan100_Gestion_ether6	VLAN
S	↔ Vlan100_Gestion_ether5	VLAN
S	↔ Vlan100_Gestion_ether4	VLAN
S	↔ Vlan100_Gestion_ether3	VLAN
S	↔ Vlan100_Gestion_ether2	VLAN

Figura 6. Vlan sobre los equipos de conectividad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se agregan las Vlan al bridge de Gestión.



Bridge					
Bridge		Ports	Filters	NAT	Hosts
+	-	✓	✗	📄	🔍
Interface	Bridge				
Man100_Gestion_ether2	Br100_Gestion				
Man100_Gestion_ether3	Br100_Gestion				
Man100_Gestion_ether5	Br100_Gestion				
Man100_Gestion_ether6	Br100_Gestion				
ether8	Br100_Gestion				

Figura 7. Vlan sobre el bridge de gestión.

Considerando la cantidad de estudiantes y los servicios que se proveerán dentro de la red, se creó la Vlan 18 para la Voz con el fin de mejorar el rendimiento, seguridad y calidad de la voz.

La Figura 8 muestra el diagrama de conectividad entre los Router's de los laboratorios N601, K105, N102, N101 y Parque O. Además, las subredes entregadas por el administrador del semillero OTM para cada laboratorio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

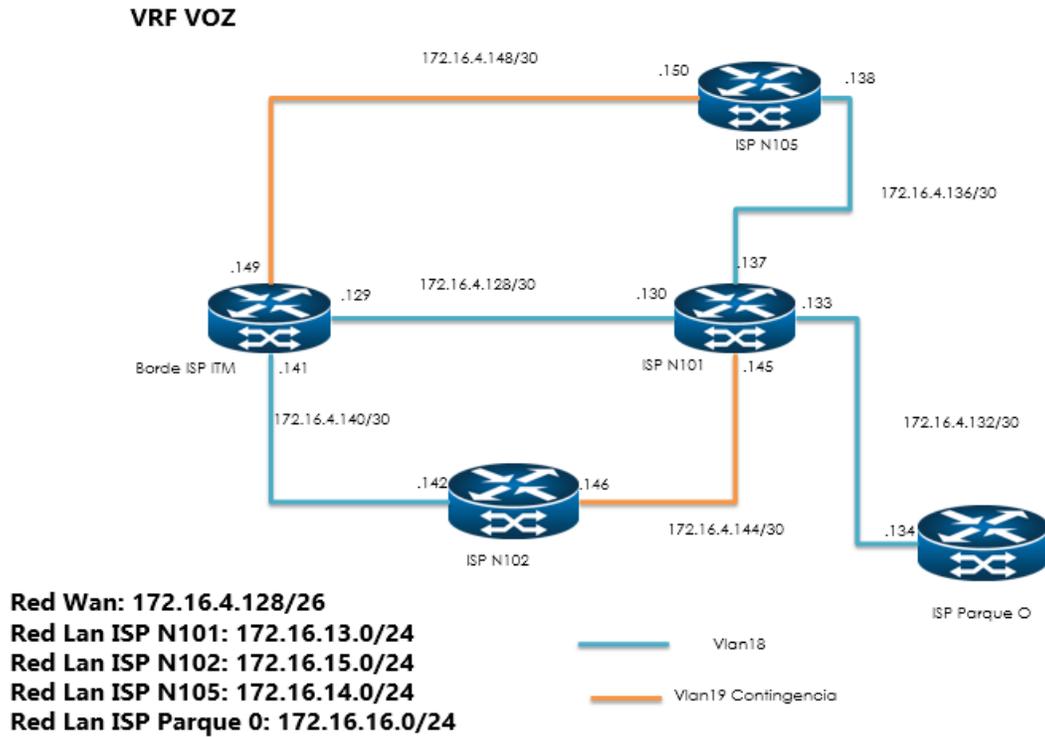


Figura 8. Topología de VoIP para la Red OTM.

Se solicita al administrador de red que proporcionará un ancho de banda de 10 Mbps para el canal de voz. En la *Figura 9* se observa con la aplicación web OOKLA el speed test realizado al canal, con lo que se cumple la solicitud realizada en el levantamiento de requisitos para la implementación del sistema de telefonía VoIP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

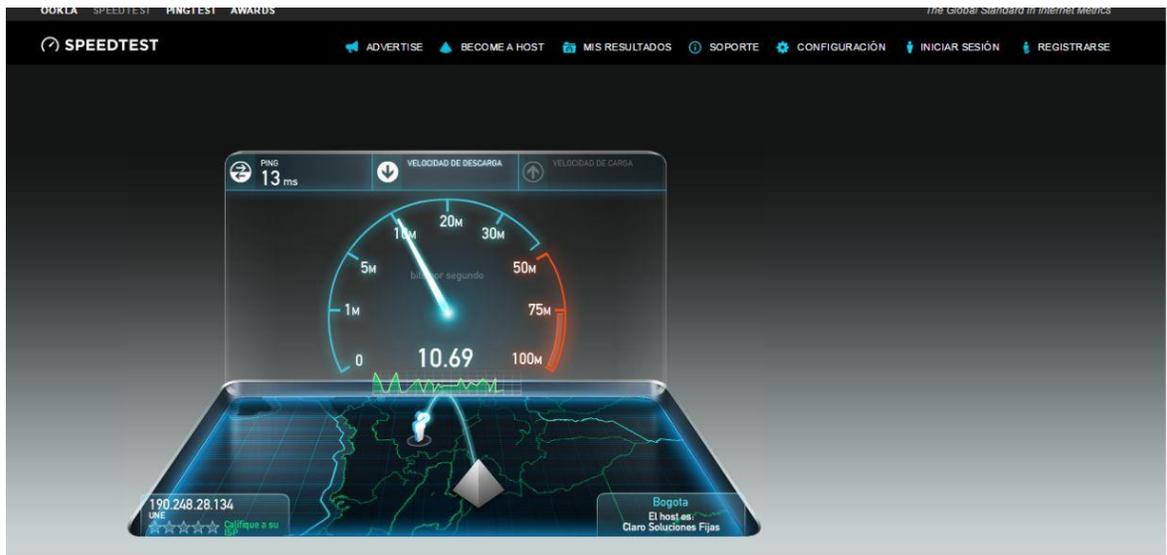


Figura 9. Pruebas del canal de 10Mbps.

Fuente: (Speedtest, 2016). *Pruebas del canal de 10Mbps. Imagen. Recuperado de <http://www.speedtest.net/es/>*

3.3 Implementación del Sistema de Telefonía VoIP

La solución que se plantea en este proyecto pretende implementar un sistema de telefonía IP para el laboratorio N601 partiendo de una mínima infraestructura de datos e información con que cuenta la universidad, es decir, una red de área local Ethernet y/o inalámbrica. Se cuenta con un servidor en entorno Linux (CentOS) para instalar la centralita PBX software (Elastix). El software se ejecuta sobre el sistema operativo brindando una solución cerrada y completa, en forma de imagen directamente instalable, sin necesidad de adaptar el software existente. Además, facilita el mantenimiento ya que, en caso de reemplazo del servidor o fallos, basta con reinstalar la imagen del backup. La arquitectura de la solución se muestra a continuación en la *Figura 10*.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

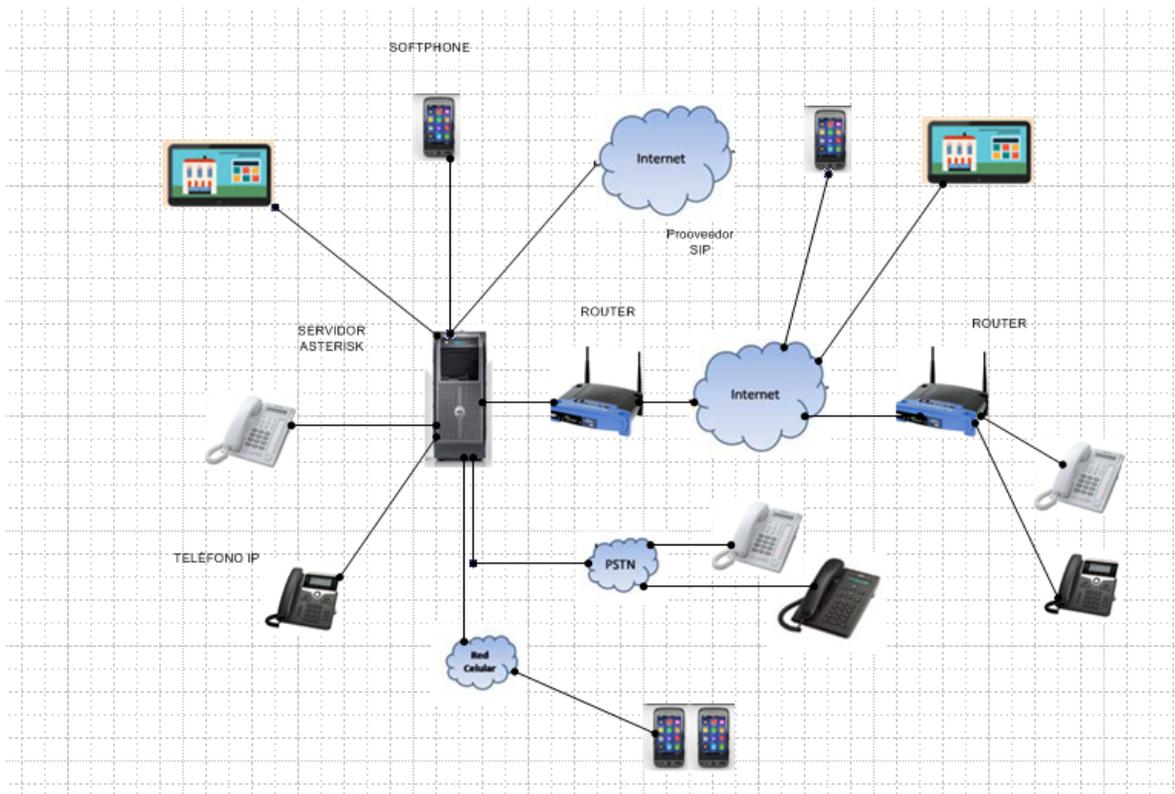


Figura 10. Topología Asterisk.

Arquitectura y dispositivos

Se muestra una infraestructura básica, pero lo más heterogénea posible para que su adaptación a cualquier entorno empresarial sea de fácil aplicabilidad.

Servidor: se tiene un servidor suministrado por el ITM con sistema operativo CentOS sobre la que se ejecuta el software Elastix 2.5 que a su vez incluye Asterisk y su correspondiente interface Web para la configuración de toda la solución.

Asterisk representa la centralita por software y a su vez soporta distintos protocolos para las comunicaciones y el control de las llamadas (protocolos de señalización), en la implementación de este proyecto se utiliza el protocolo SIP (Session Initiation Protocol). Todo

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

el sistema operativo se compila como una imagen por si es necesario realizar backup o replicar en un nuevo servidor.

“**Teléfonos IP:** Se conectan directamente a la red IP, es decir, al switch y utilizan los protocolos de señalización apropiados. Los teléfonos IP que se pueden emplear pueden ser de cualquier fabricante que soporte el protocolo SIP, pero se recomienda teléfonos linksys por su versatilidad y economía.

Softphone: es un software que emula un teléfono, hemos elegido Zoiper de la empresa Attractel que está licenciado como freeware y soporta SIP. Se emplean en la infraestructura interna, como en un portátil o Smartphone en forma de extensión remota que se conectara por internet a través de la Troncal SIP.” (Rodriguez, 2010)

Troncal SIP: para poder realizar llamadas VoIP hacia una red telefónica tradicional contratamos los servicios de Skype, a un precio de 4.95 euros por canal para que enrute las llamadas por internet y las envié a un destinatario final en la PSTN.

Teniendo en cuenta los elementos arriba mencionados se dispone a configurar sus servicios, a todos los dispositivos se les puede configurar una dirección IP, y ofrecer una interface Web (softphone a través de las opciones del programa). Para la configuración de los teléfonos y los softphones se necesitan tres variables: la dirección IP del servidor Asterisk, el número de extensión asignada y la contraseña para realizar el registro de la extensión en el servidor el detalle de la configuración se muestra en el apéndice A.

Finalmente, se configuran los servicios de la PBX mediante la interface Web, se mencionan a continuación:

Extensiones: se crean varias extensiones para los teléfonos y se asignan sus claves con el fin de registrar los teléfonos y el softphone. Ver *Figura 11*.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

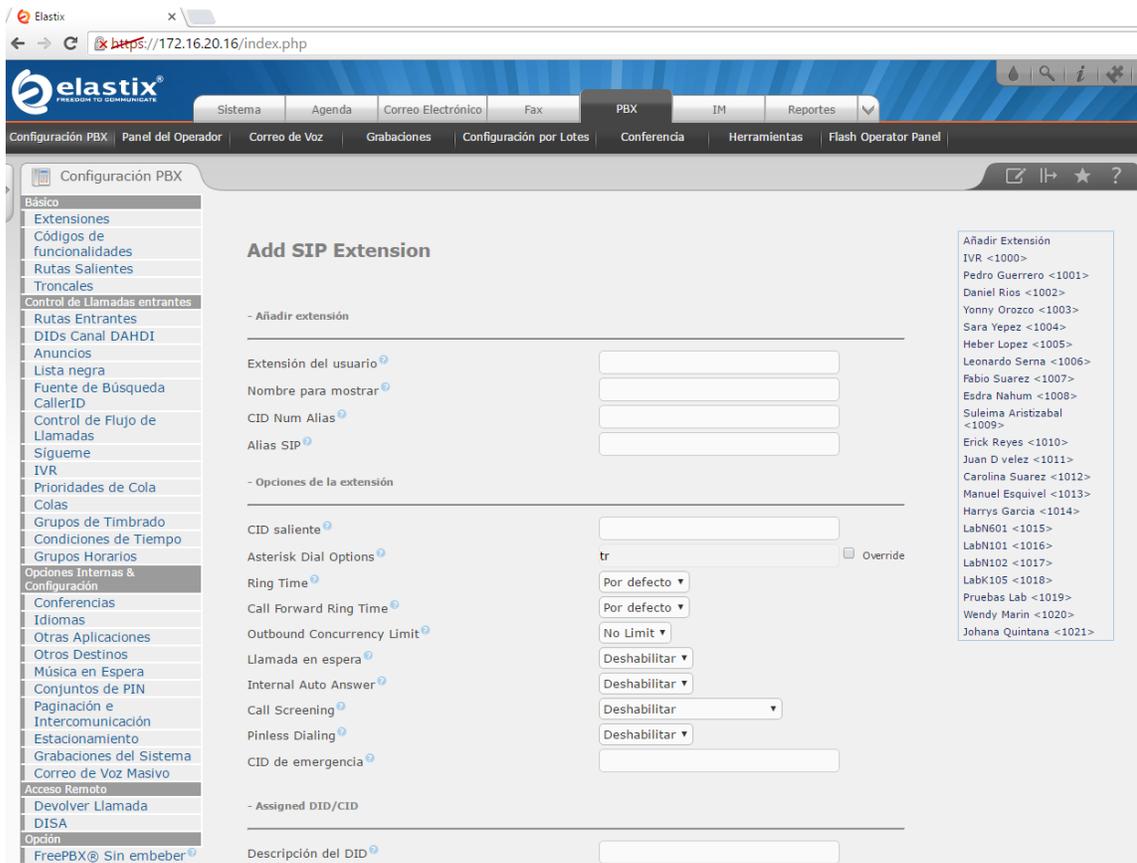


Figura 11. Extensiones creadas en el servidor

Troncal: Se configura la troncal SIP por medio del proveedor Skype, el coste de las llamadas es a 0.017 euros el minuto a fijo y 0.033 euros a celular, en el apéndice A se muestra la compra del canal y su configuración. En la *Figura 12* se evidencia la troncal registrada con el proveedor en este caso Skype.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

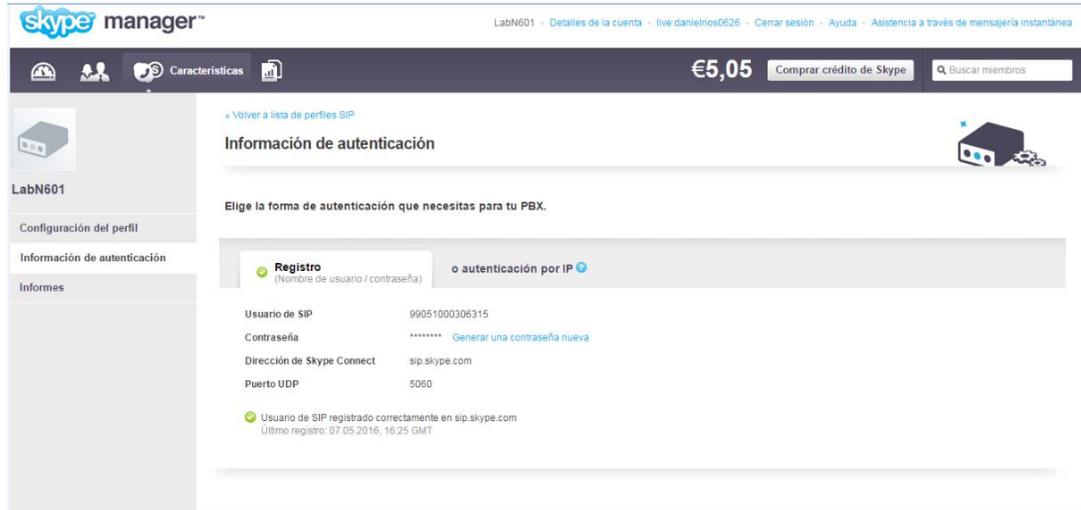


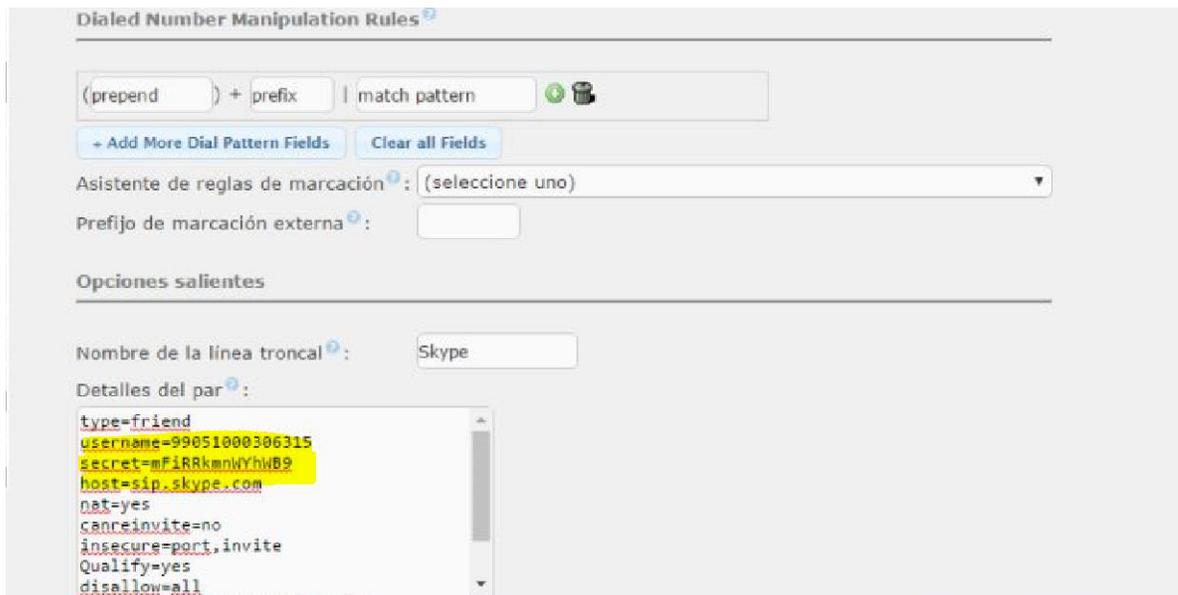
Figura 12. Registro de la troncal SIP con el proveedor SKYPE

Fuente: (Manager, 2016). *Registro de la troncal SIP con el proveedor SKYPE. Imagen. Recuperado de <https://manager.skype.com/dashboard>*

Después de tener registrada la troncal el proveedor SKYPE se procede a configurar en el servidor elastix, como lo muestra la *Figura 13*. Los parámetros para el registro de la troncal son:

- Nombre de la línea troncal=SKYPE
- Outbound CallerID= 63.209.144.201
- Detalles del par = Es el usuario proporcionado por Skype connect para el registro de la troncal.
- Cadena del registro: es el enlace entre el servidor Elastix y Skype connect.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Dialed Number Manipulation Rules

(prepend) + prefix | match pattern

+ Add More Dial Pattern Fields Clear all Fields

Asistente de reglas de marcación: (seleccione uno)

Prefijo de marcación externa:

Opciones salientes

Nombre de la línea troncal: Skype

Detalles del par:

```

type=friend
username=99051000306315
secret=mF1RRknnYhWB9
host=sip.skype.com
nat=yes
canreinvite=no
insecure=port,invite
Qualify=yes
disallow=all

```

Figura 13. Configuración de la Troncal SIP en el servidor Elastix.

Ruta de salida: se realiza la configuración de los parámetros de numeración, destino y origen para redirigir las llamadas según los criterios de nuestra red. En este caso la ruta saliente se llama METROPOLITANA.

En la *Figura 14*. Se configuran las rutas salientes que le indican al servidor por cual troncal deben salir las llamadas locales, nacionales y celular.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

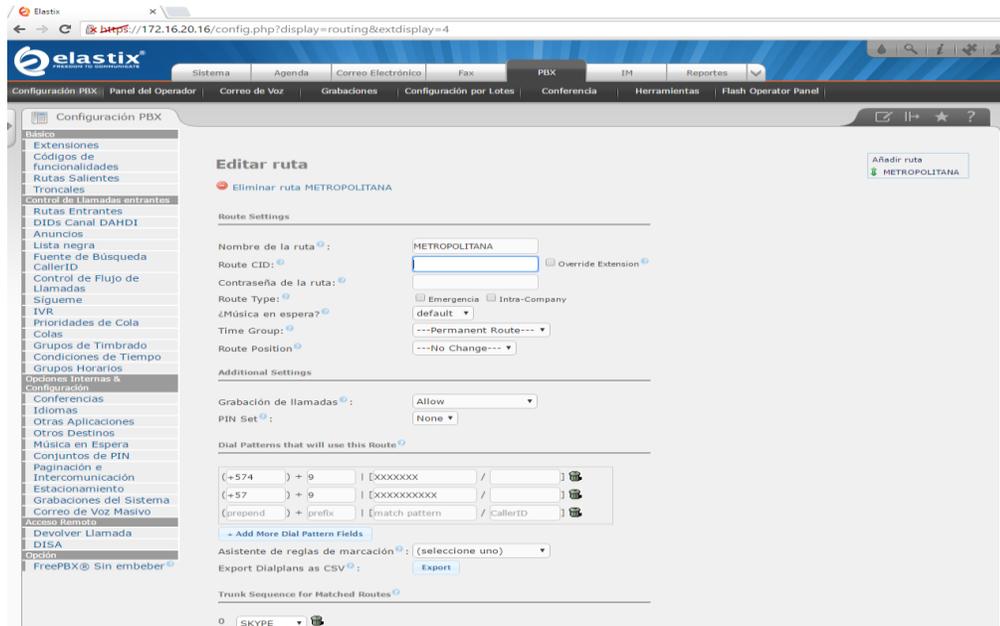


Figura 14. Rutas Salientes desde el servidor elastix

Las configuraciones más detalladas de todos los parámetros se adjuntan en los resultados y el apéndice A.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la configuración de todos los equipos que hacen parte de la implementación de este proyecto (ver apéndice A), se realizan una serie de pruebas para demostrar el correcto funcionamiento del sistema.

Es por esto que en este ítem se presentan los resultados obtenidos de un breve estudio para lo cual se implementó el sistema VoIP. Dentro del estudio se identifica la capacidad de cada uno de los servidores, el tráfico que debe tener la red de datos y el tipo de códec utilizado para que el sistema pueda cumplir la necesidad y las exigencias de acuerdo al nivel de servicios o SLA, así como las limitaciones que se tuvieron durante el desarrollo del proyecto.

A continuación, se describen los resultados obtenidos:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1 Requerimiento Mínimos para la instalación

Las recomendaciones o requerimiento mínimos para la instalación del servidor Elastix. A continuación, se muestra en la Tabla 2.

Hardware	Recomendado	Disponible	Cumplimiento
Procesador	Core 2 Duo	Xeon E5- 2650	Si cumple
Memoria RAM	512 MB	2 GB	Si cumple
Disco Duro	20 GB	80 GB	Si cumple

Tabla 2. Requisitos mínimos para instalación de Servidor Elastix. Recuperado de <http://elastixtech.com/elastix-requisitos-para-usarlo/>

Teniendo en cuenta la información de la Tabla 2 se presenta a continuación el requerimiento del servidor. Esta información es obtenida luego de la instalación completa del Elastix que se encuentra en detalle en el apéndice A.

La versión del software Elastix 2.5.0 de 32 bits es la más recomendada para satisfacer las necesidades del proyecto.

En la Figura 15. Se muestran los recursos con que fue instalado el servidor, la interfaz posee un monitor donde se evidencia el estado de memoria RAM, tipo de CPU, capacidad en el disco y tiempo de actividad. Para nuestro servidor es de 14 días con un 97% de disponibilidad en la capacidad del disco. Este servidor cumple los requerimientos mínimos que exige Elastix en la *tabla 2*.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

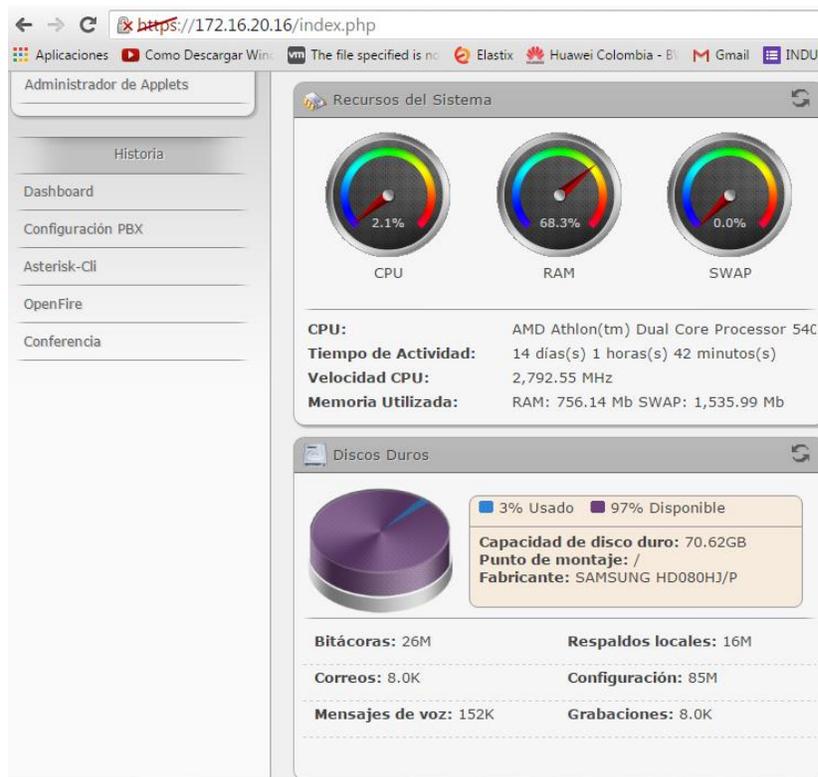


Figura 15. Recursos de Hardware del Servidor en el LabN601.

4.2 Tráfico del canal de Datos

Al momento de realizar una implementación a nivel de comunicaciones, una de las preocupaciones es el consumo del ancho de banda (BW) y en la parte de la telefonía IP es vital su aprovechamiento, ya que se necesita la mejor calidad y disponibilidad posible en la calidad de servicio (QoS) esto con el fin de evitar retardos en las llamadas. Por parte del administrador de la red se asignó el puerto 17 al servidor Elastix en el Switch cisco catalyst 2960 que está ubicado en el rack del laboratorio N601 para telefonía, en la foto que se muestra en la *Figura 16* se evidencia el puerto up a nivel físico. Esto indica que el servidor tiene conectividad en la Red con una IP configurada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 16. Asignación de puerto en el SW Cisco Catalyst Lab601.

En la sede Fraternidad del ITM se considera todo el tráfico demandado. En total son 1000 extensiones configurables en el servidor del proyecto. Se calcula una demanda de tráfico partiendo de una muestra de 20 líneas. El códec G.726 consume 32 Kbps y ethernet (32 Kbps) para un total de 64 Kbps sobre la red de datos. Para determinar el tráfico ofrecido con 1000 usuarios y considerando que en la hora cargada se realizan 3 llamadas de 4 minutos cada una, entonces el volumen de tráfico sería:

Partiendo que se tienen 20 líneas actualmente, y como la intensidad de tráfico requerido es de 25.6 Erlang, entonces el GoS actual es del 30 % lo que indica que con la nueva implementación se está mejorando en un 25 % contra un sistema de telefonía convencional. Ver Figura 17.

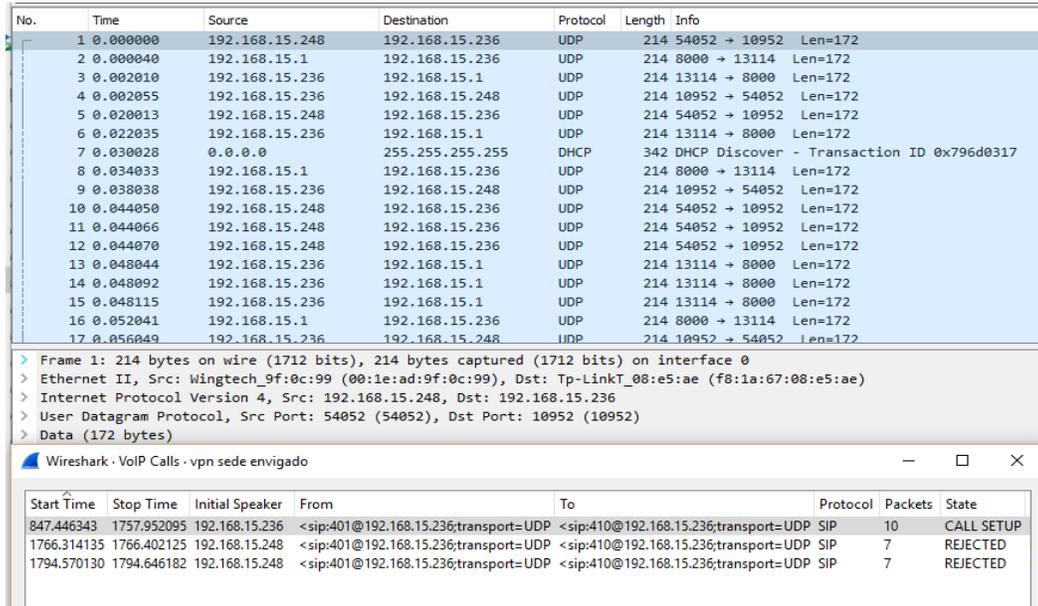


Figura 17. Trafico UDP en el canal de voz.

En el proceso de monitoreo se revisa las condiciones de funcionamiento del canal donde se detalla la no congestión del canal. Se Realiza entre las 8:00pm y las 9:45 pm múltiples llamadas hasta un máximo de 30 simultáneamente, como lo evidencia la gráfica en la *Figura 18* el canal de 10 Mbps no tiene saturación y su pico más alto solo consume 7MB.

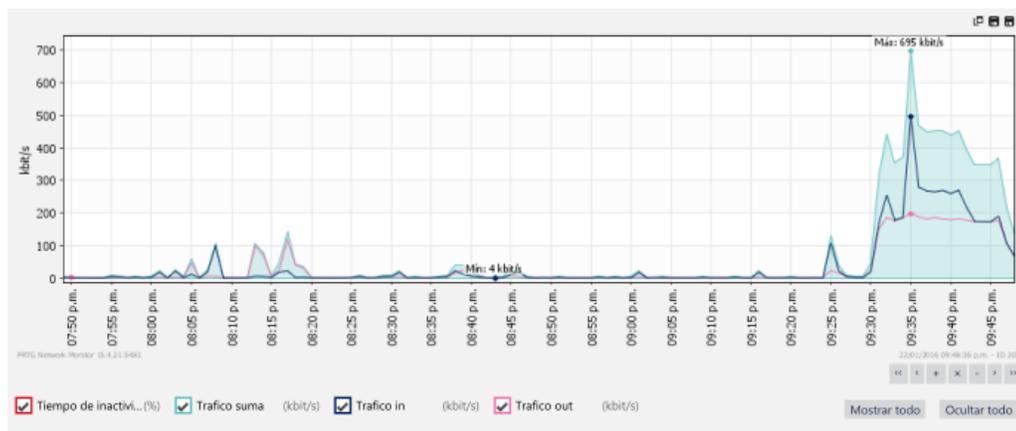


Figura 18. Pruebas en el canal de Voz.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la *Figura 19* se puede observar en detalle la cantidad de paquetes UDP que se tiene hacia la IP del servidor 172.16.20.16. Como se muestra en la figura no hay errores ni pérdida de paquetes UDP.

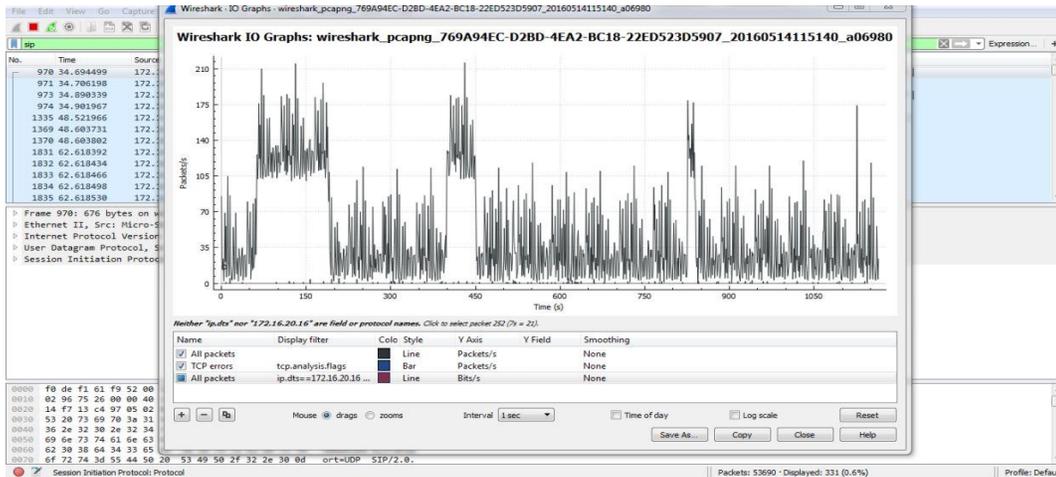


Figura 19. QoS canal de voz.

A continuación, se hace una prueba de saturación hacia el puerto 17 asignado por el administrador de la Red, en el envío y recepción de paquetes.

En la *Figura 20* se hace una saturación del canal a 12 Mbps con el programa tfggen y netperfec, donde se evidencia para un envío de paquetes de 17 Gbit y recepción de 2Gbit, Los tamaños de los paquetes 32 bytes y el tiempo de ir y volver de cada paquete se demoró un 1ms y el tiempo de vida o números de salto entre el portátil y el servidor fue TTL=128.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

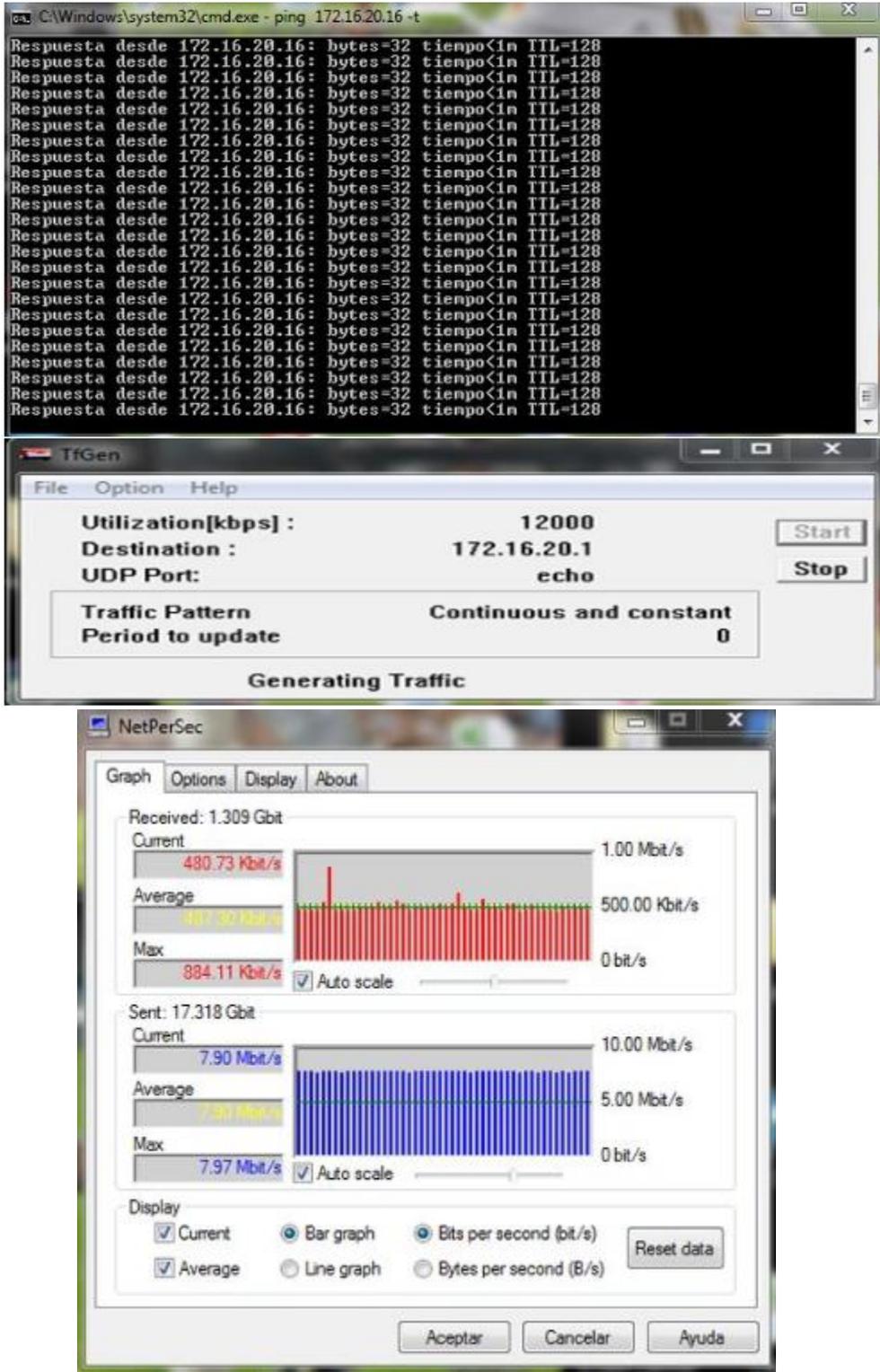


Figura 20. Saturación del canal de datos a 12Mbps.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3 Pruebas en el Servidor Elastix

Una vez realizada la configuración del servidor y creación de las extensiones como se evidencia en el apéndice A, se hacen una serie de pruebas de llamada internas y externas. Para esto se utiliza WIRESHARK, una herramienta que sirve para el análisis y monitoreo sobre los paquetes de la red.

A continuación, se expone como se negocia una llamada entre extensiones por medio del protocolo SIP para entablar una llamada y cada uno de los mensajes que fue explicado en el marco teórico en la página 16.

En la *Figura 21* se puede evidenciar como ocurre el intercambio de mensajes propios del protocolo SIP, es decir, el intercambio de peticiones y respuestas entre el cliente y el servidor al momento de establecerse la llamada entre la extensión [1015@172.16.20.16](#) hacia la extensión [1001@172.16.20.247](#) y tipo de protocolo para el caso nuestro es SIP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

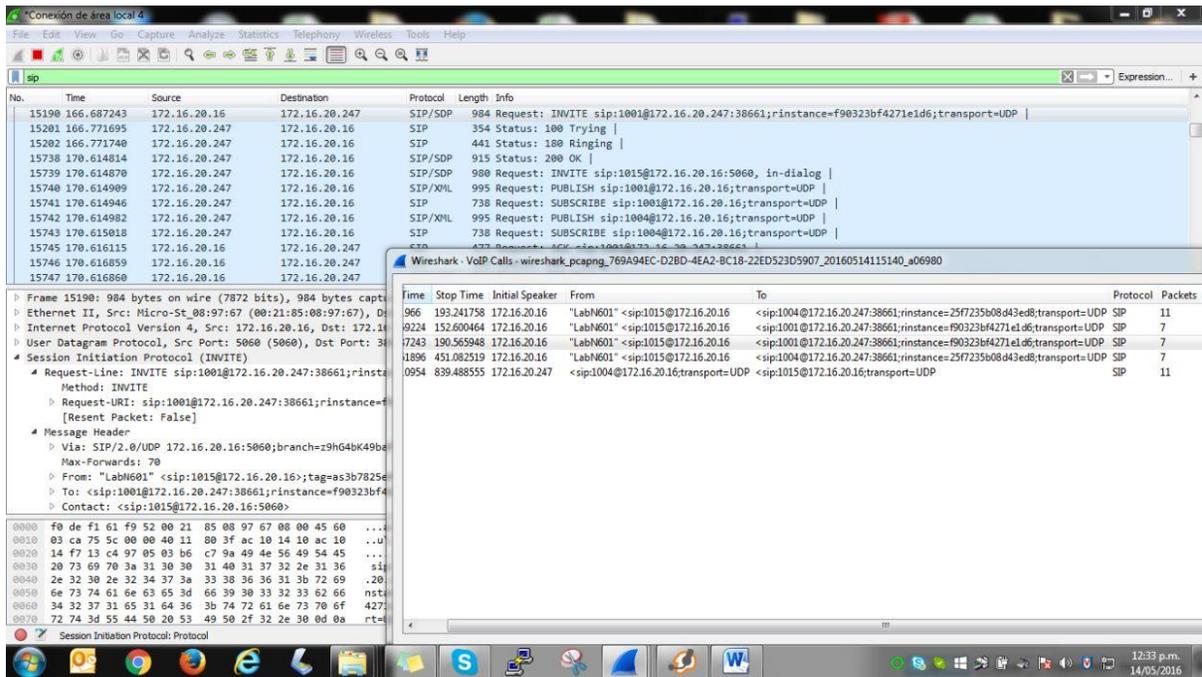


Figura 21. Captura de una llamada SIP.

En la *Figura 22* se observa el mensaje o la solicitud de INVITE al número SIP 1004@172.16.20.16. La central hace la solicitud al llamante que se registre primero como cliente siguiendo el procedimiento del registro (ver *Figura 3*), ya cuando vuelve a enviar el INVITE ya con las credenciales, el servidor se encarga de direccionarlo al destino final en este caso fue a la extensión 1001.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

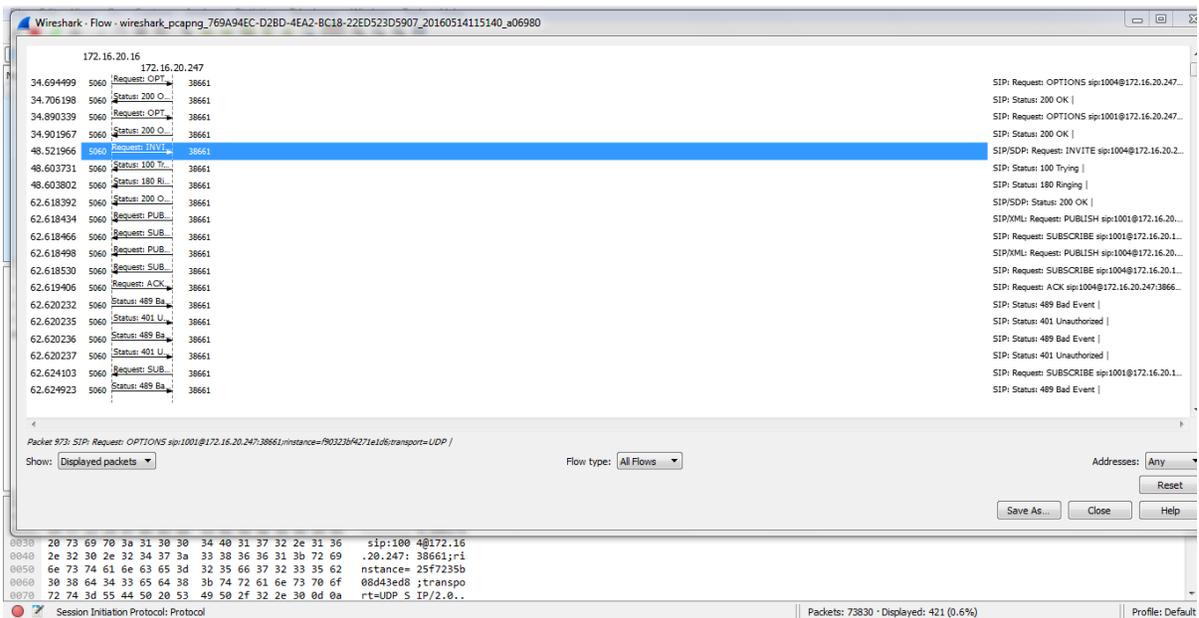


Figura 22. Intercambio de mensaje de una llamada SIP.

A Continuación, en la *Figura 23* se muestra cómo se establece una llamada desde una extensión hacia el exterior, este caso una llamada local. Se ve como la extensión hace la petición al servidor, este le envía una respuesta luego de validar sus parámetros y poder realizar la llamada, también vemos como al finalizar la llamada arroja el mensaje de BYE, esto indica que la llamada ha terminado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

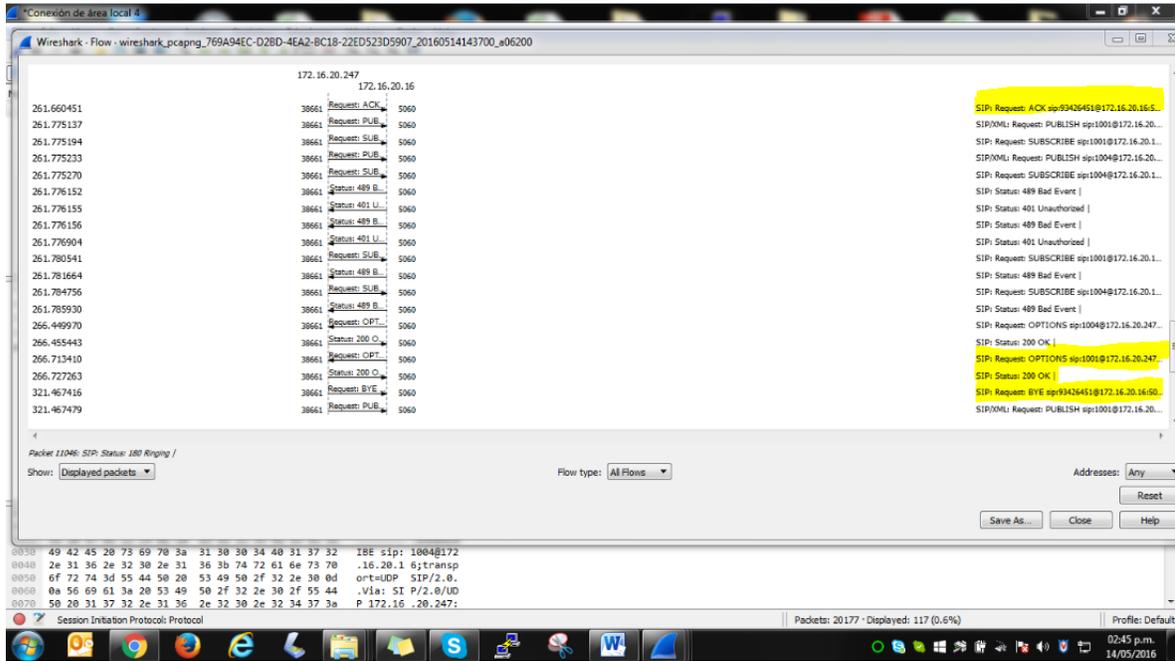


Figura 23. Comunicación entre una extensión y un abonado.

En la Figura 24 se puede observar una comunicación entre el transmisor y receptor donde se utiliza el códec G-711 y la pérdida de los paquetes son del 0.00%, esto indica que la llamada no tuvo pérdidas de paquetes. En la comunicación sobre voz IP la máxima pérdida de paquetes debe ser inferior al 1% en el curso de la llamada está en el 0.00% (resaltado en amarillo Figura 24) lo que indica que cumple con el rango para una óptima comunicación de voz.

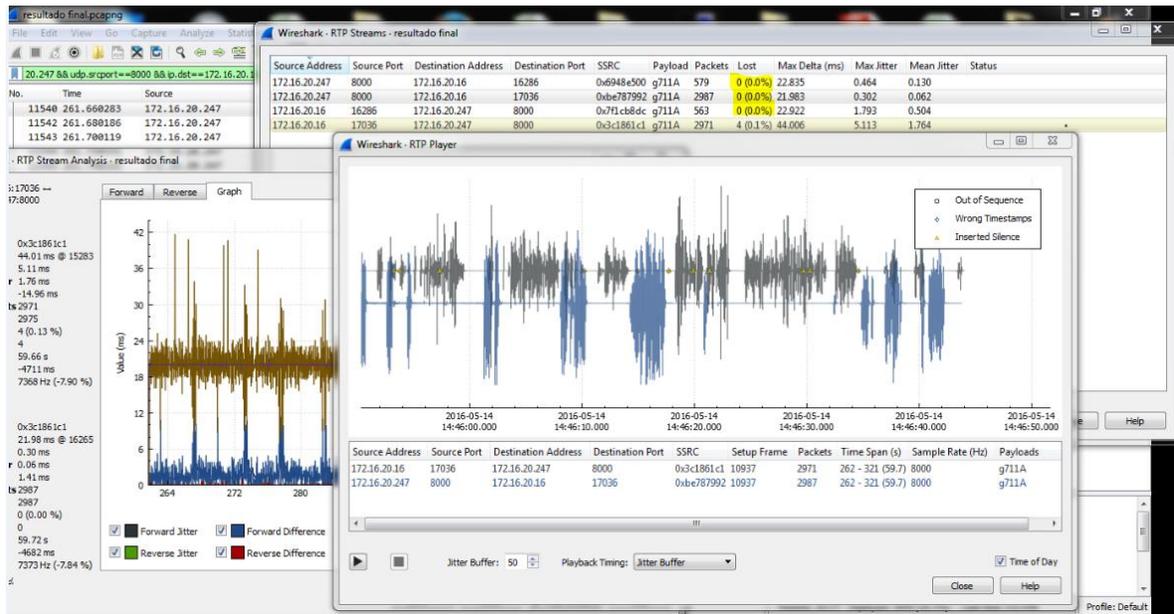


Figura 24. Señal de la voz en la Transmisión (TX) y Recepción (RX).

También se evidencia el tiempo de la llamada realizada con una duración de 50s desde la dirección IP 172.16.20.16 para la llamada en curso del transmisor y para el receptor desde la IP 172.16.20.247. En esta toma también se muestra la cantidad de paquetes por el transmisor fue de 2971 y para el receptor es de 2987. Esta diferencia de paquete es porque el receptor modula más en el curso de la llamada.

Este es el tráfico de la voz entre la extensión y un abonado local. Ver Figura 25.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

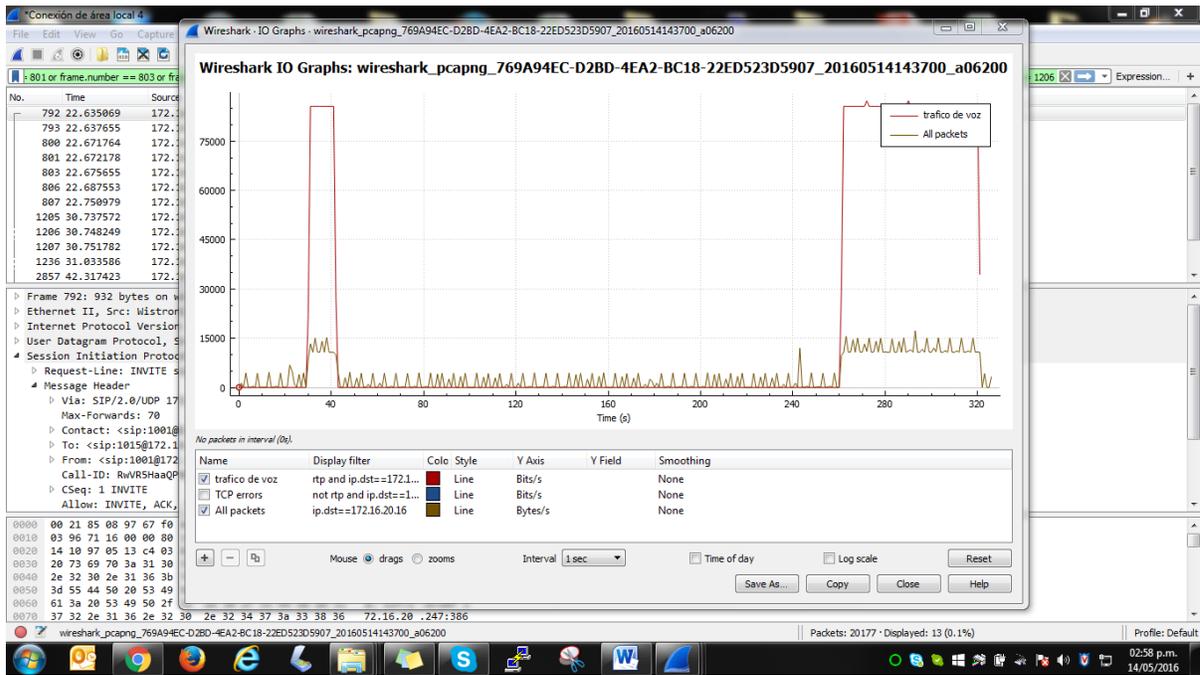


Figura 25. Tráfico de voz en una llamada.

De la Figura 25 se muestra el tráfico de la voz y el tráfico de los datos. Para el tráfico de la voz se utiliza el comando “rtp and ip.dst==172.16.20.16” y para el tráfico de los paquetes “not rtp and ip.dts==172.16.20.16”. Se puede Observar que la señal roja que pertenece a la voz está por encima de la señal café que son los datos, esto indica que la voz está consumiendo la mayor parte del ancho de banda.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Este trabajo de grado demuestra como los sistemas de VoIP se pueden implementar fácilmente en una empresa o institución. Según la recopilación de la información y su respectivo análisis se pudo concluir lo siguiente:

Conclusiones

- Se diseñó e implemento un sistema de VoIP en el laboratorio N601 de la sede Fraternidad con software libre Elastix con los estándares mínimos de seguridad, confiabilidad y escalabilidad. Se aseguró que el sistema VoIP funcione con la infraestructura de red existente en laboratorio N601, esto es fundamental para que sea aprovechado por los estudiantes de Tecnología en Ingeniería de Telecomunicaciones.
- Se realizó el levantamiento sobre el estado actual de la infraestructura telefónica en el laboratorio N601 y se pudo determinar que el laboratorio N601 del ITM carece de un sistema de telefonía VoIP acorde a las necesidades que exige hoy el mercado de servicios de Telecomunicaciones. Se documentó en este proyecto de grado los requerimientos mínimos solicitados al grupo OTM para la implementación del sistema VoIP.
- Para el laboratorio N601 el diseñar e implementar un nuevo sistema de telefonía no solo sirve para el aprendizaje de los estudiantes, sino que también representa una reducción significativa en los costos permitiendo incluir otros servicios de telefonía.
- Se demuestra que es posible la implementación de un sistema VoIP seguro, económico y de fácil montaje, con solo aprovechar el uso de los recursos actuales del laboratorio N601, logrando el cumplimiento de servicios adicionales como follow me, IVR, colas de llamas, grupos de timbrado y llamadas tripartitas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Recomendaciones

- La administración de la red, tanto en su monitoreo y gestión debe estar a cargo de personal capacitado, deberá conocer el funcionamiento de toda la red OTM, sus servicios e infraestructura todo esto para tener seguimiento, control del software y hardware de la misma para garantizar la calidad del servicio.
- Capacitar el personal administrativo, docentes y estudiantes en el buen manejo del software Zoiper para la correcta utilización del sistema de telefonía VoIP implementado.

Trabajo futuro

- Implementar un sistema de backup para cuando falle el servidor principal. Este tema no fue tratado en el trabajo de grado, solo se mencionó que se puede hacer un respaldo de la configuración del servidor Asterisk, pero esto conlleva que la red estará fuera de servicio mientras se carga la configuración manualmente en un servidor CentOS de respaldo. Existen soluciones como RAID 0 que permiten tener la comunicación constante, pero esto incurre en gastos adicionales.
- Implementar nuevos servicios, como video-conferencia o TTS (conversación de texto a voz) los cuales necesitan un mayor ancho de banda y QoS, pero que pueden también ser integrado en el sistema de telefonía VoIP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Ayala Santamaria, A. S. (29 de 11 de 2010). *Análisis del desempeño de los códec s de telefonía para voz sobre IP VOIP*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2635>

Cujano, S. F. (2011). *DOC PLAYER*. Obtenido de <http://docplayer.es/2632876-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo-facultad-de-informatica-y-electronica-escuela-de-ingenieria-electronica-en-telecomunicaciones-y-redes.html>

Elastix. (2012). *Elastix*. Obtenido de http://elastixtech.com/wp-content/uploads/2012/09/protocolo_SIP.jpg?x22131

González, J. A. (2014). *Soluciones de Telefonía VoIP utilizando*. Obtenido de Soluciones de Telefonía VoIP utilizando:
http://une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php/fpunescientific/article/view/90/91

Herrera, S. O. (25 de Junio de 2012). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<http://es.scribd.com/doc/192887841/Trabajo-de-grado-Implementacion-sistema-VoIP-pdf#scribd>

Icesi, U. (2013). *www.icesi.edu.co*. Obtenido de
http://www.icesi.edu.co/blogs_estudiantes/asterisk/codecs-utilizados-por-asterisk/

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Jackson, B. (2007). *Science Direct*. Obtenido de

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781597491518500023>

López, J. G. (2008). *VoIP y Asterisk*. Mexico: Alfaomega RA-MA.

Manager, S. (2016). *SKYPE*. Obtenido de <https://manager.skype.com/>

Rodriguez, A. S. (2010). Sistema de Telefonía IP Corporativa. *Mundo electrico*, 34.

Rojas, J. A. (2009). *Politécnico Grancolombiano*. Obtenido de

<http://dspace.poligran.edu.co/handle/10823/389>

Speedtest. (2016). *Speedtest*. Obtenido de <http://www.speedtest.net/es/>

Voipelia. (2013). *Voipelia*. Obtenido de [https://www.voipelia.com/wp-](https://www.voipelia.com/wp-content/uploads/2013/02/Sip_server.png)

[content/uploads/2013/02/Sip_server.png](https://www.voipelia.com/wp-content/uploads/2013/02/Sip_server.png)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICE

APÉNDICE A.

INSTALACIÓN DEL SERVIDOR Y TRONCAL SIP

En la *Figura 26* se muestra como se realiza la configuración del servidor para el laboratorio N601 se puede ejecutar desde una imagen ISO o hacer la instalación desde un CD, Después de montar la imagen ISO, se procede con la instalación. <ENTER> para iniciar la instalación.

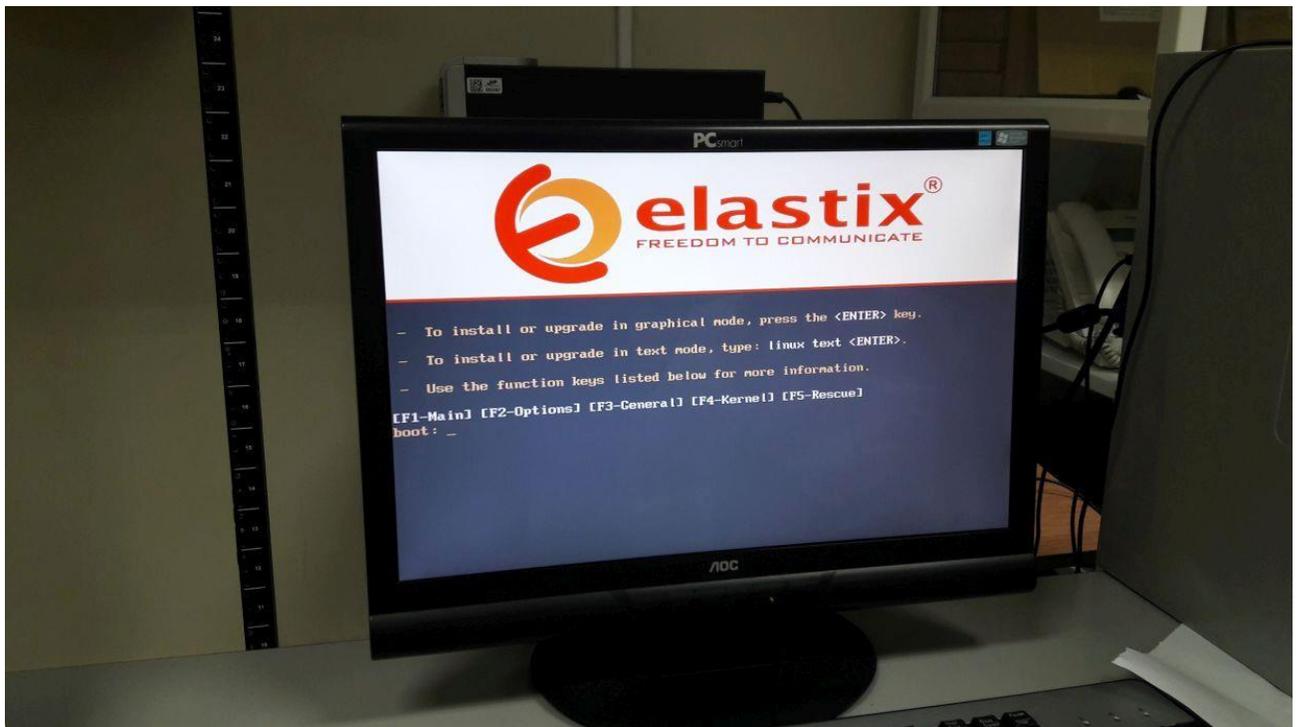


Figura 26. Inicio de Instalación del servidor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Seleccionar el idioma en la *Figura 27* para la instalación, en el proyecto se escoge ESPAÑOL

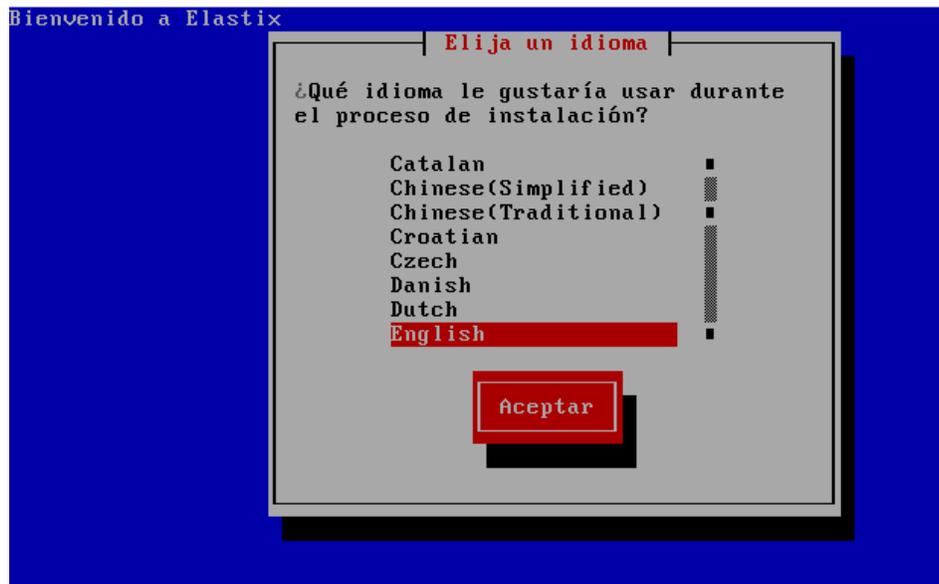
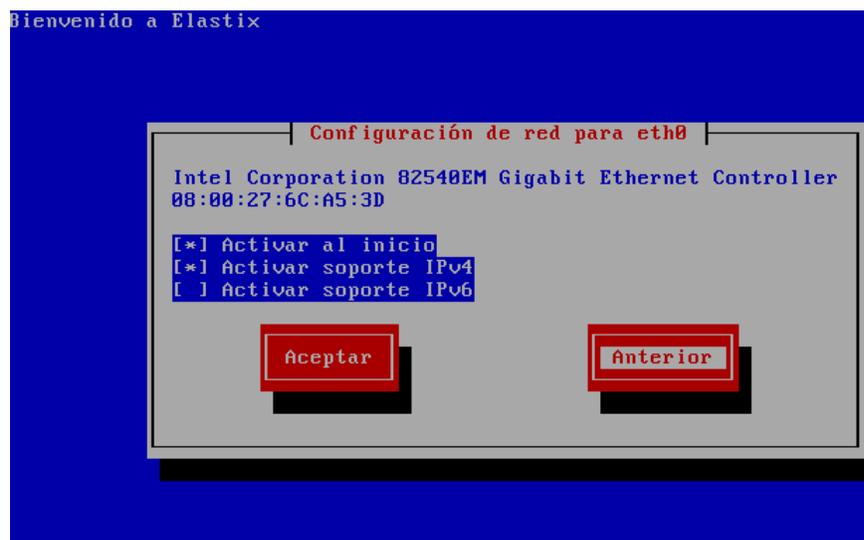


Figura 27. Idioma para el servidor

Lo siguiente es configurar los parámetros de la Red IP en la interface del servidor. Seleccionar IPV4 aceptar para continuar. Ver *Figura 28*.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 28. Configuración de Red para eth0.

En la siguiente *Figura 29* se debe seleccionar la manera en que el servidor obtendrá su IP, se encuentra dos formas una por defecto que viene por DHCP, pero lo más recomendado es tener una dirección IP estática, ya que cada vez al reiniciar el servidor no puede entregar cualquier IP que se encuentra dentro del pool de direcciones.

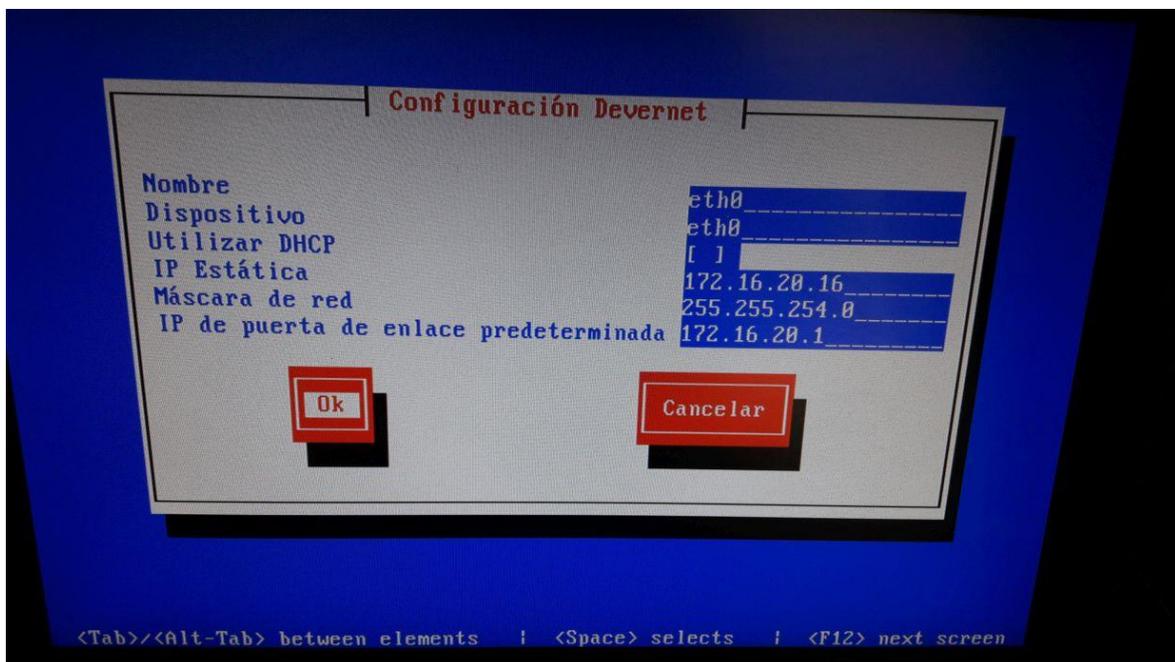


Figura 29. Asignación de dirección IP static en el servidor VoIP.

Seleccionar la zona horaria dependiendo de la zona **gráfica** donde se encuentra la configuración del servidor, para el proyecto se realiza en América/Bogotá. Ver *Figura 30*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 30. Zona horario para el servidor elastix

A continuación, aparece la opción de asignar la clave (Admin29) que tendrá el usuario **root** este usuario es utilizado para tener acceso a la consola en modo de comandos (CLI), es el primero que se utiliza para acceder al servidor al terminar la instalación. *Ver Figura 31*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 31. Asignar contraseña al usuario root.

Luego de ingresar al usuario root, inicia el proceso de instalación en la *Figura 32* que toma un par de minutos, ira apareciendo una pantalla donde indica el avance de la copia de los archivos en el servidor. Se espera por un momento hasta finalizar.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

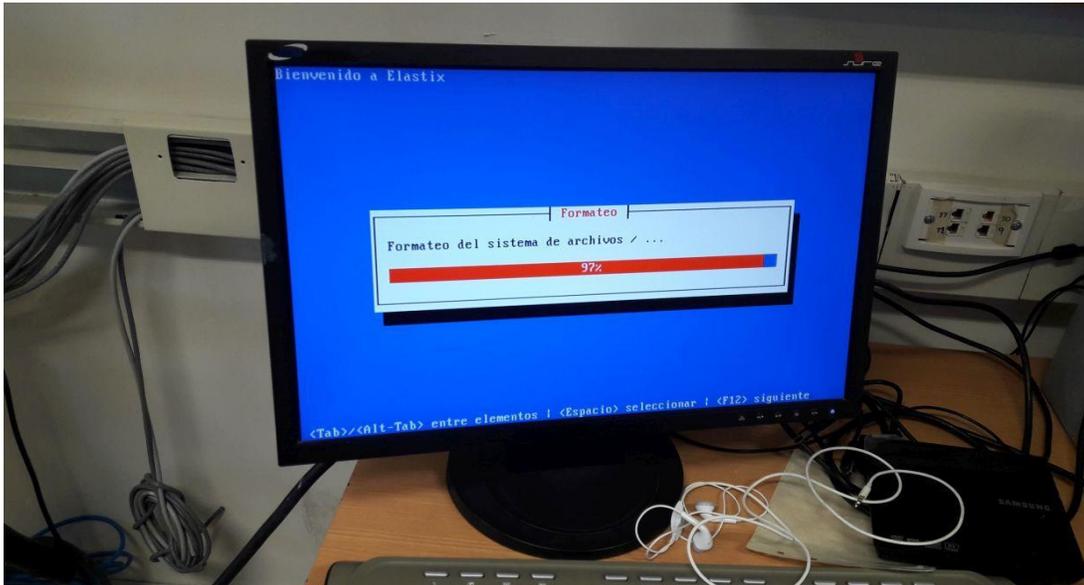


Figura 32. Inicio de instalación del servidor.

Al finalizar la copia de todos los paquetes de instalación, el servidor se reiniciará automáticamente, aparecerá la siguiente pantalla (Ver Figura 33) y se debe esperar por unos segundos y continuará con la carga, para ingresar a la pantalla principal del elastix.

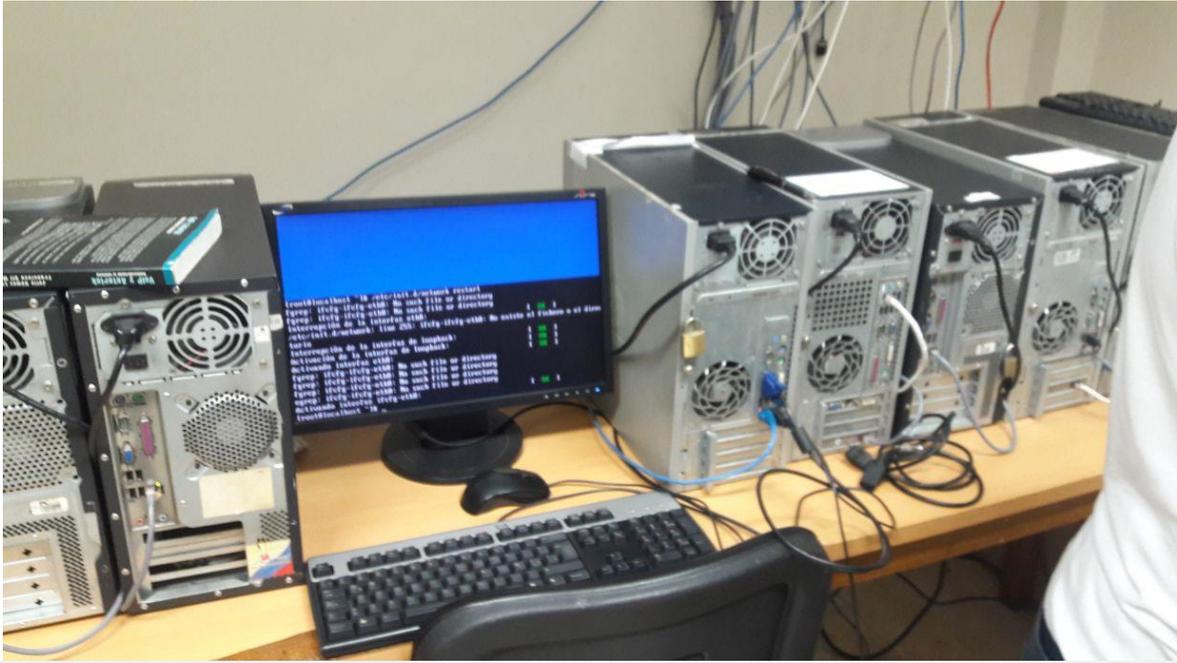
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 33. Reinicio del servidor.

Al ingresar correctamente con el usuario root, tenemos acceso a la consola de gestión en modo de comandos, en esta consola se puede ejecutar cualquier comando Linux, así como ingresar a la consola de Asterisk. *Ver Figura 34*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



```

CentOS release 5.9 (Final)
Kernel 2.6.18-348.1.1.el5 on an i686

elastixred login: _

```

Figura 34. Acceso a la consola de gestión en modo de comandos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la *Figura 35* se muestra la dirección IP para la gestión del servidor desde la WEB **http://172.16.20.16**, se recomienda utilizar los siguientes navegadores (De preferencia Firefox o Google Chrome)

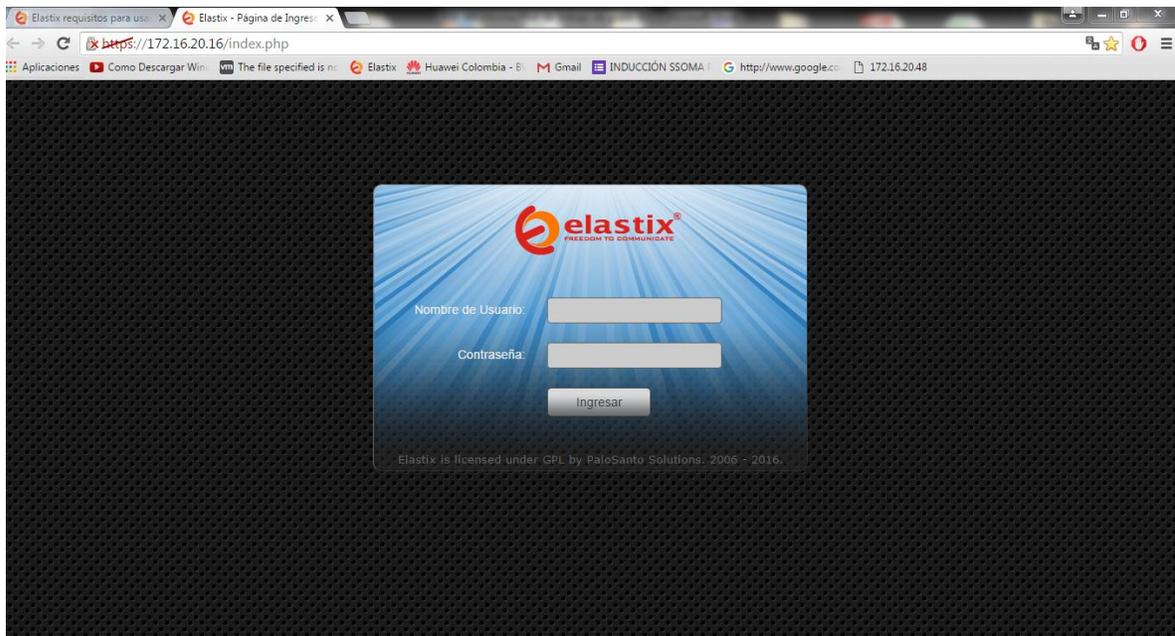


Figura 35. Servidor para ingresar desde la Web

Una vez configurado el PBX. Se procede con la gestión de contratar una troncal SIP con un proveedor de servicios, para el proyecto se realiza con SKYPE.

Con una cuenta de SKYPE se contrata un troncal por 4.95 Euros la mensualidad, en la siguiente *Figura 36* se crea el perfil de la troncal.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

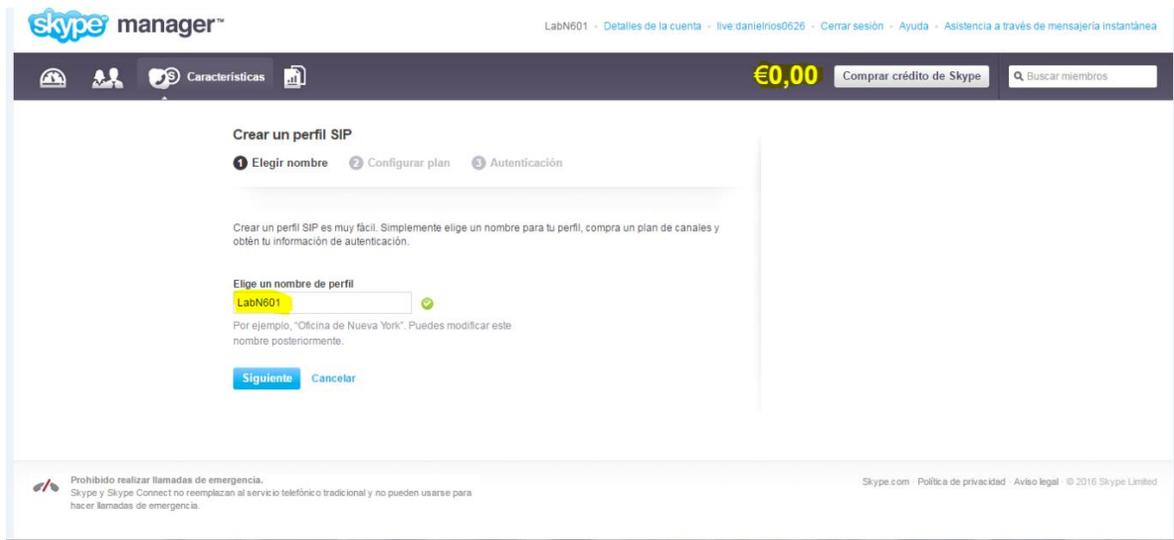


Figura 36. Creación del perfil para la troncal Sip con el proveedor SKYPE.

Anteriormente se había creado un perfil para la troncal, se ingresa al perfil creado y allí se evidencia los datos de la troncal, los cuales se deben agregar en la PBX.

La información que envía SKYPE es el usuario, contraseña, la dirección IP y el puerto con el cual se va registrar la troncal con el servidor como se puede observar en la figura 37

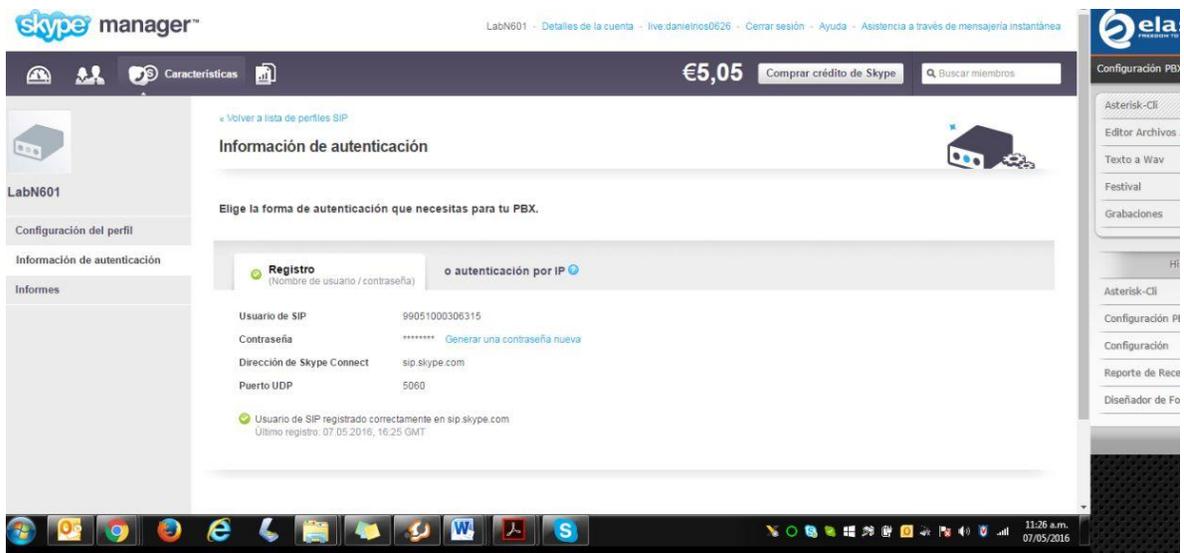


Figura 37. Información de autenticación de la troncal SIP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Luego de realizar la contratación de los servicios con el proveedor, se ingresa a la PBX-TRONCALES-CREAR TRONCAL, se debe agregar el nombre a la troncal y los datos enviados por el proveedor de servicios. Se debe tener un usuario, contraseña, dirección IP, tipo de códec que se van utilizar, nat y tipo del tono de marcado. Esta configuración se muestra en la Figura 38

```

type=friend
username=99051000306315
secret=mFiRRmknY
canreinvite=no
insecure=port,invite
dtmfmode=rfc2833
host=sip.skype.com
nat=force_rport,comedia
Qualify=yes
fromuser=99051000306315
fromdomain=sip.skype.com
disallow=all
allow=g729&g723&gsm&ulaw&alaw

```

Figura 38. Configuración de la Troncal SIP

Para crear una extensión se debe ingresar a la PBX, luego dirigirse a la extensión y dependiendo del tipo de extensión que se desea crear se le dan guardar, para el caso del proyecto se trabaja con extensiones SIP. Ver Figura 39

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

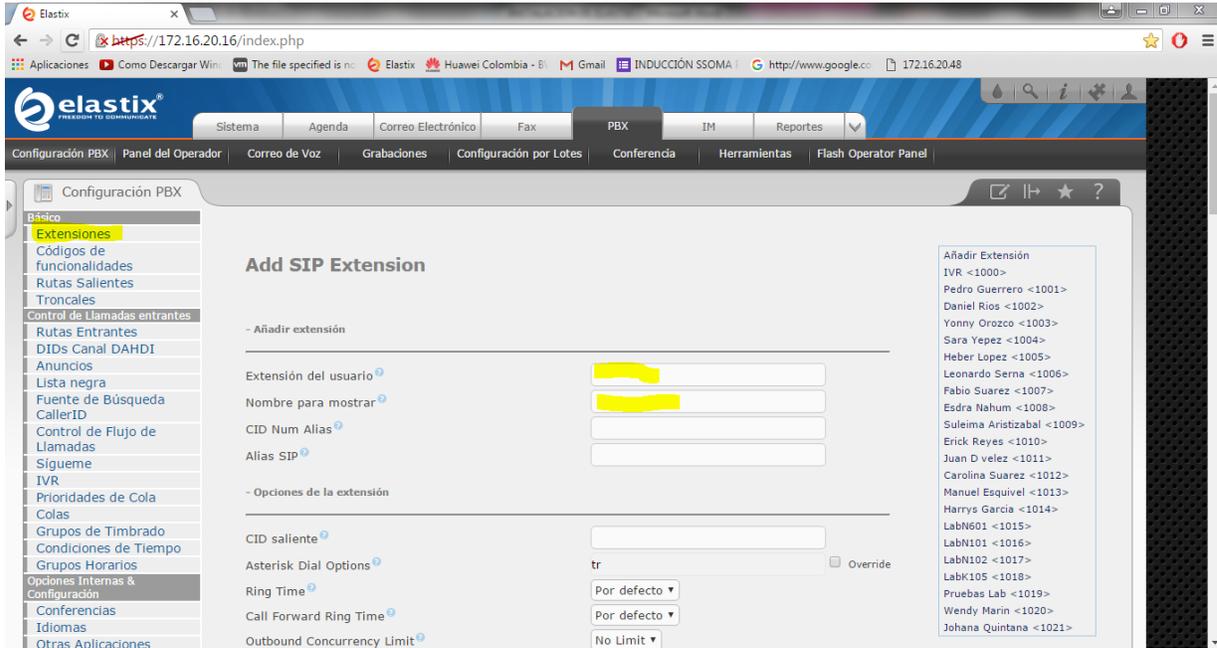
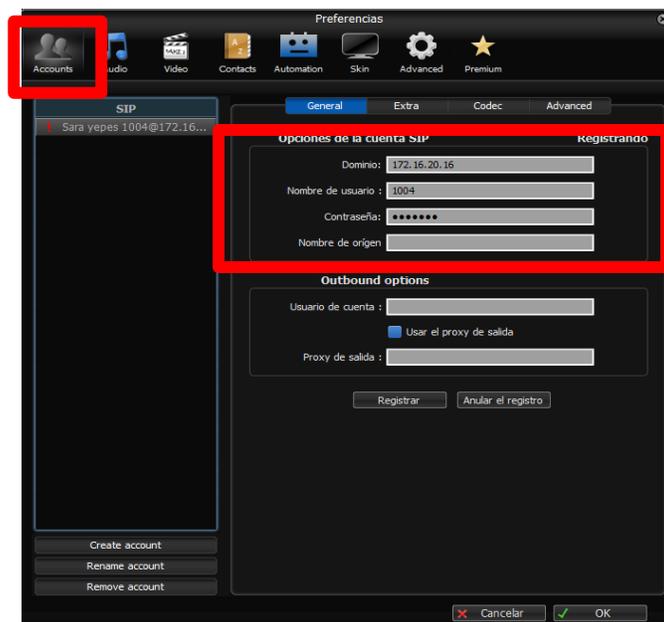


Figura 39. Creacion de usuario en el servido

A continuación, se muestra cómo se debe ingresar un Usuario desde el teléfono o zoiper, para ambos es lo mismo, simplemente es tener la IP del servidor, cuenta de usuario, número de extensión y el respectivo password con el cual se va registrar la extensión.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 40. Registro de usuario en el Zoiper.

En el panel del operador de la Figura 41 se observan las llamadas en curso y que teléfonos están colgados, con el registro del Zoiper, se realiza una llamada entre la extensión 1001 y 1020.

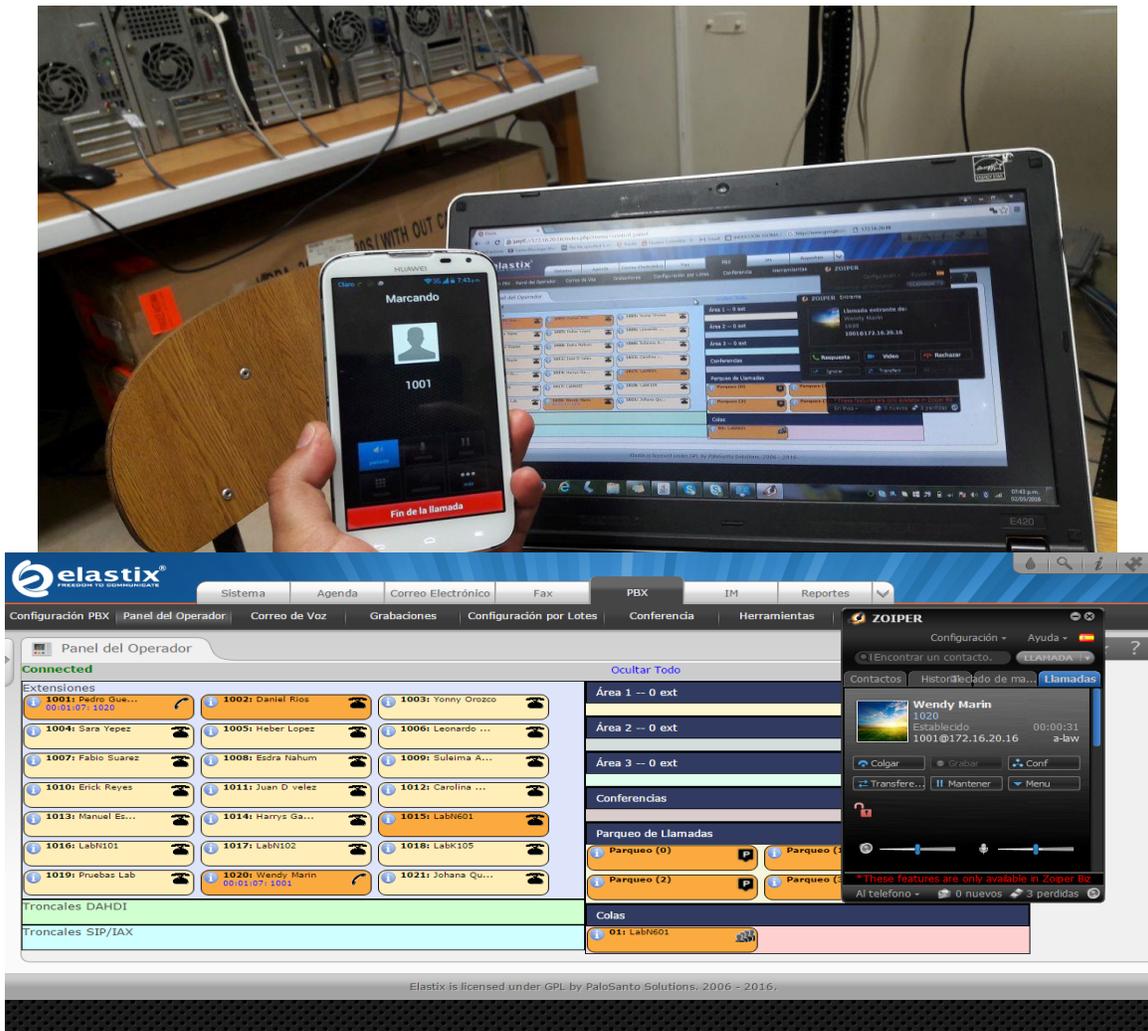
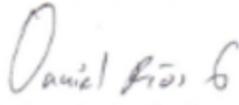
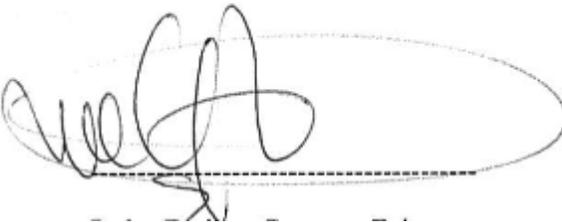


Figura 41. Usuarios registrados en el panel del operador.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES 



FIRMA ASESOR 

FECHA ENTREGA: 02/12/2016