

SOLUCIÓN DE VOIP CON SERVIDORES FREEPBX A NIVEL EMPRESARIAL EN
BOGOTÁ

EDDY SANTIAGO GONZÁLEZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
PROYECTO DE GRADO MONOGRAFÍA
BOGOTÁ D.C.

2018

SOLUCIÓN DE VOIP CON SERVIDORES FREEPBX A NIVEL EMPRESARIAL EN
BOGOTÁ

EDDY SANTIAGO GONZÁLEZ LÓPEZ

TRABAJO PRESENTADO DE OPCIÓN DE GRADO (MONOGRAFÍA) EN LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Docente Tutor:
GUSTAVO ALONSO CHICA PEDRAZA
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
PROYECTO DE GRADO MONOGRAFÍA
BOGOTÁ D.C.

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

DECANO DE LA FACULTAD

GERMAN MACÍAS MUÑOZ

TUTOR

GUSTAVO ALONSO CHICA PEDRAZA

JURADO

BOGOTÁ D.C. DICIEMBRE 3 DE 2018

Ni la universidad, ni el jurado, ni el tutor son responsables del contenido de este trabajo
realizado por Eddy Santiago González López.

DEDICATORIA

A mis padres ROSALBA Y HENRY, porque creen en mí y me han ayudado para adelante, dándome ejemplo de superación y entrega ya que siempre están impulsándome en cada momento difícil de mi vida. A mi hermano LUIS CARLOS que ha sido uno de los pocos personajes que admiro, con el que he podido compartir buenos momentos y me ha enseñado mucho. Aquel que siempre ha estado presente en mi vida y no me dejaría rendirme en ninguna situación. A mi primo NICOLÁS que más que un amigo ha llegado a ser un hermano para mí, compartiendo buenos momentos y aprendiendo junto a él mucho. Al haber crecido con él, todos estos años han servido para crear un vínculo único. Y por último a mis amigos con los cuales he compartido muchas anécdotas y espero que sigan siendo muchas más.

Eddy Santiago González López

AGRADECIMIENTOS

A los amigos, aquellos que duran con el pasar de los años. Aquellos que cada día demuestran todo tipo de valor que la sociedad nos ofrece con frecuencia de una manera distinta cada uno de ellos y cada experiencia juntos. Lo que me permite seguir siendo como soy y mantener toda confianza de la mejor manera posible.

A los docentes que me han acompañado durante mi vida académica, apoyándome con orientación desde un punto de vista profesional y justo en la formación personal y cognitiva para mi formación. Gracias por haber fomentado toda enseñanza que me ayuda a progresar como persona y a demostrar diferentes habilidades en la vida práctica.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. MARCO GENERAL DEL PROYECTO.....	15
1.1 Título.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Alcance.....	18
1.5 Metodología.....	18
1.6 Recursos necesarios.....	19
2. ESTADO ACTUAL DE LAS CENTRALITAS VOIP.....	20
2.1 Comparación voz sobre IP y telefonía fija.....	20
2.2 Protocolos de voz sobre IP.....	21
2.2.1 RFC 3261 SIP.....	22
2.2.2 H323.....	23
2.2.3 IAX.....	24
2.2.4 DAHDi.....	25
2.3 Centralitas VoIP.....	26
2.3.1 Asterisk.....	26
2.3.2 SIPFoundry.....	29
2.3.3 Elastix.....	32
2.3.4 FreeSWITCH.....	34
2.3.5 OpenPBX de Voicetronix.....	36
2.3.6 Open SIPS.....	39
2.3.7 FreePBX.....	41
2.3.8 Kamilio.....	43
2.3.9 PBXInAFlash.....	45
2.3.10 3CX.....	47
2.4 Cuadro comparativo.....	48

3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRALITA.....	51
3.1 Requisitos técnicos.....	51
3.1.1 VMWare.....	51
3.1.2 CentOS7.....	52
3.1.3 Configuración Asterisk archivo sip.conf.....	52
3.1.4 Configuración Asterisk archivo extensions.conf.....	53
3.1.5 Contextos.....	53
3.1.6 Extensiones.....	54
3.1.7 Prioridades y aplicaciones.....	54
3.2 Configuración extensiones.....	55
3.3 Ingreso de extensiones en diferentes softphones.....	59
3.3.1 Zoiper5.....	59
3.3.2 X-Lite.....	60
3.3.3 3CXPhone.....	61
3.3.4 T-Max SIP.....	63
3.4 Comportamiento de CPU en las troncales realizando llamadas.....	65
3.4.1 Una sola llamada.....	65
3.4.2 Dos llamadas simultáneas.....	66
4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SOLUCIONES VOIP A NIVEL	
CORPORATIVO.....	69
4.1 Telefonía convencional e internet.....	69
4.1.1 Claro.....	69
4.1.2 ETB.....	71
4.2 Servicio de troncales SIP.....	72
4.3 Ventajas de las soluciones VoIP.....	73
4.4 Desventajas de las soluciones VoIP.....	73
5. DISEÑO DE GUÍAS DE CONFIGURACIÓN.....	74
5.1 Guía 1: Instalación.....	74
5.2 Guía 2: Interfaz y extensiones.....	80
5.3 Guía 3: Configuración troncal.....	83
5.4 Guía 4: Configuración avanzada de red.....	85

5.5	Guía 5: Configuración avanzada de las troncales.....	88
5.5.1	 sip_custom.conf.....	88
5.5.2	 extensions_custom.conf.....	89
6.	CONCLUSIONES.....	90
7.	RECOMENDACIONES.....	92
	BIBLIOGRAFÍA.....	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre telefonía fija y voz sobre IP.....	21
Tabla 2. Comparación de sistemas de VoIP.	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano de la oficina.....	16
Figura 2. Topología de red.	17
Figura 3. Diagrama de metodología.	19
Figura 4. Ejemplo de sesión SIP.....	23
Figura 5. Arquitectura H323.	24
Figura 6. Trama de IAX.	25
Figura 7. Módulo DADHi en Asterisk.....	26
Figura 8. Interfaz gráfica de Asterisk.	27
Figura 9. Configuración local Asterisk.....	28
Figura 10. Interfaz gráfica SIPFoundry.....	30
Figura 11. SipXphone.	31
Figura 12. Interfaz gráfica Elastix.	32
Figura 13. Página principal Elastix.....	33
Figura 14. FreeSWITCH en Linux.....	35
Figura 15. Softphone Ozeki con FreeSWITCH.	36
Figura 16. Interfaz gráfica OpenPBX.	37
Figura 17. Escenario de conexión empresa pequeña.	38
Figura 18. Grupos de extensiones OpenPBX.	39
Figura 19. Integración OpenSIPS.....	40
Figura 20. Pantalla de comandos Linux con OpenSIPS.....	41
Figura 21. Interfaz gráfica FreePBX.....	42
Figura 22. Kamailio en Linux.	43
Figura 23. Siremis 2.0 con Kamailio.	44
Figura 24. Interfaz gráfica PBXInAFlash.	45
Figura 25. Pantalla principal de PBXInAFlash.	46
Figura 26. Interfaz gráfica 3CX.....	47
Figura 27. Panel de control 3CX.	48
Figura 28. Descarga del archivo .ISO.	52
Figura 29. Conexión entre sip.conf y extensions.conf.....	55
Figura 30. Página principal FreePBX.....	56
Figura 31. Bind Port y TLS Bind Port.	56
Figura 32. Puerto de escucha.	57
Figura 33. Datos extensión.	58
Figura 34. Extensiones.....	58
Figura 35. Zoiper.....	59
Figura 36. X-Lite.....	60
Figura 37. X-Lite extensión.	61
Figura 38. 3CXPhone.....	62

Figura 39. 3CXPhone extensiones.....	62
Figura 40. T-Max SIP.....	63
Figura 41. T-Max SIP extensiones.	64
Figura 42. Funcionamiento de las troncales.....	64
Figura 43. Comportamiento de CPU primera troncal una llamada.....	65
Figura 44. Comportamiento de CPU segunda troncal una llamada.	66
Figura 45. Canales en uso segunda troncal.	67
Figura 46. Comportamiento de CPU primera troncal dos llamadas.....	67
Figura 47. Comportamiento de CPU segunda troncal dos llamadas.	68
Figura 48. Topología de red a distancia.....	68
Figura 49. Plan de telefonía fija claro.	70
Figura 50. Plan de internet claro.....	70
Figura 51. Plan telefonía e internet ETB.....	71
Figura 52. Plan de internet ETB.	71
Figura 53. Plan de troncal SIP TIGO UNE.....	72
Figura 54. Descarga del archivo .ISO.	74
Figura 55. VMware WorkStation con imagen ISO.....	75
Figura 56. VMware WorkStation resumen de la máquina.	76
Figura 57. VMware WorkStation adaptador de red.....	76
Figura 58. Pantalla de instalación FreePBX.....	77
Figura 59. Pantalla de instalación de video.	77
Figura 60. Pantalla de instalación versión.	78
Figura 61 Pantalla de contraseña root.	78
Figura 62. Pantalla principal máquina virtual.	79
Figura 63. Configuración del usuario y contraseña FreePBX.	80
Figura 64. Ingreso a la GUI de FreePBX.....	80
Figura 65. Página principal FreePBX.....	81
Figura 66. Blind Port y TLS Bind Port.	81
Figura 67. Puerto de escucha.	82
Figura 68. Datos extensión.	83
Figura 69. Troncal SIP.	84
Figura 70. Troncal SIP nombre y callerID.....	84
Figura 71 Troncal SIP patrón de marcación.	84
Figura 72. Troncal SIP reglas.....	85
Figura 73. CMD máquina física.	86
Figura 74. Configuración de red para las máquinas virtuales.....	87
Figura 75. Configuración sip_custom.conf.....	88
Figura 76. Configuración extensions_custom.conf.	89

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Guía 1: Instalación.

ANEXO B. Guía 2: Interfaz y extensiones.

ANEXO C. Guía 3: Configuración troncal.

ANEXO D. Guía 4: Configuración avanzada de red.

ANEXO E. Guía 5: Configuración avanzada de troncales.

ANEXO F. Instalador de FreePBX Sangoma 64 Bit.

ANEXO G. Instalador VMWare Player 14.

GLOSARIO

Extensión: Número asignado a un terminal de servicio para el cual será identificado por los otros terminales y el proveedor de servicio para enrutar llamadas.

GUI: De las siglas en inglés “Graphical User Interface”, en español interfaz gráfica de usuario. Es la interfaz que permite la interacción del usuario con un dispositivo electrónico por medio de medios gráficos en un entorno entendible y manejable.

Línea troncal: En telefonía, es un enlace que conecta llamadas de afuera hacia una central telefónica, unificando el servicio específico.

Máquina virtual: Como su nombre lo indica, es la simulación bajo un software de una máquina en un entorno virtual desde un equipo físico, es decir, un computador simulado dentro de un computador físico.

Open Source: Del inglés código abierto. Es la corriente de tecnología de software la cual emplea código abierto (sin licencias) para que sea de acceso para toda persona interesada en estos servicios, es decir, tanto desarrolladores expertos como personas del común pueden realizar aportes y uso de esta tecnología.

SIP: De las siglas en inglés “Session Initiation Protocol”, en español protocolo de inicio de sesión. Es un protocolo de la capa de aplicación del modelo OSI para el control de señalización, creación, modificación y termino de sesiones tales como llamadas telefónicas, conferencias multimedia, etc.

Softphone: Es un software para realizar llamadas telefónicas a través de Internet utilizando una computadora de propósito general en lugar de hardware dedicado. El softphone se puede instalar en un computador o en un dispositivo móvil y permite al usuario realizar y recibir llamadas sin necesidad de un teléfono.

VoIP: De las siglas en inglés, “Voice Over Internet Protocol”, en español voz sobre el protocolo de internet. Es el método de tomar las ondas sonoras de audio analógico, convertirlas a formato digital y enviarlas por medio del protocolo de internet IP.

1. MARCO GENERAL DEL PROYECTO

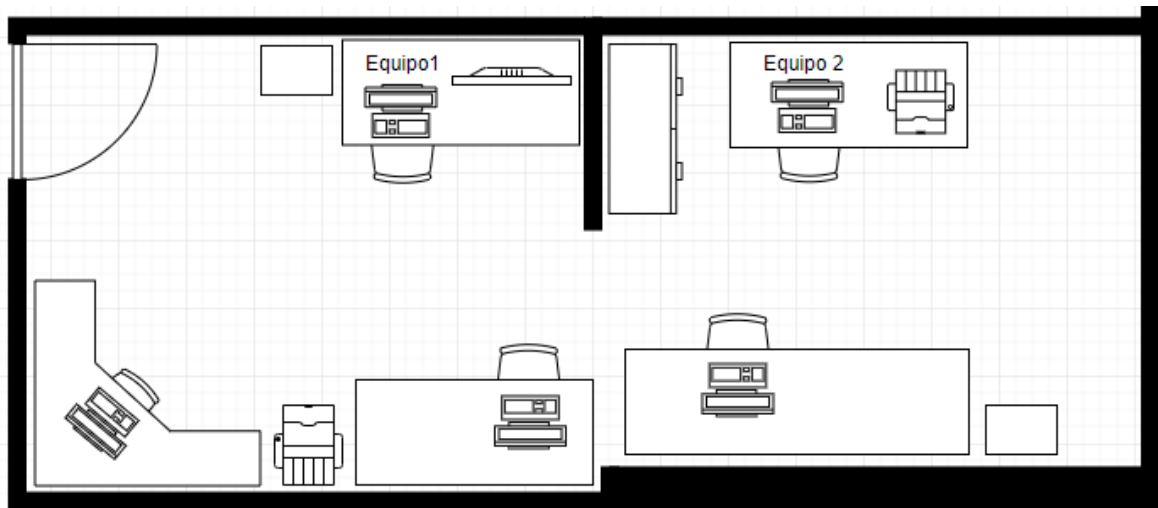
1.1 Título. Solución de VOIP con servidores FREEPBX a nivel empresarial en Bogotá.

1.2 Planteamiento y formulación del problema. La empresa NUA Technology está dedicada a ofrecer servicios de tecnologías de la información para dar apoyo a otras empresas que quieran cambiar los procesos a un enfoque tecnológico y mejorar el posicionamiento de estas en el mercado. En la actualidad son muchos los servicios de telecomunicaciones los cuales se han convertido en servicios fundamentales para la vida cotidiana pero también los avances tecnológicos han permitido cambiar las tecnologías que se usaban anteriormente. Ejemplo claro de esto es la telefonía móvil que se ha vuelto parte fundamental para las personas, inclusive yendo más allá con los smartphones donde se hace uso de las redes sociales y aplicaciones que ayudan a mantener en constante comunicación. Durante el tiempo de práctica en esta empresa muchos fueron los conocimientos sobre implementaciones en el sector de telecomunicaciones, pero fue un tema en específico el cual surgió como base para la presentación de este proyecto de grado, el cuál es la implementación de voz sobre IP para la comunicación fija y móvil a nivel empresarial.

Otro es el caso de la telefonía fija, la cual funciona gracias a la red pública conmutada y transmisión de voz analógica por medio de señales eléctricas. Este ha sido un sistema estable en el mercado por mucho tiempo. Pero en la actualidad cuando se requiere comunicación empresarial se opta por planes móviles o el uso de internet, lo cual es bastante común en las diferentes empresas. En cuanto al uso de internet se encuentra el uso de Skype que tiene la desventaja de no mantenerse en uso de alta disponibilidad, además del inicio de sesión con cada cuenta que suele presentarse olvido de contraseñas o cambios de turno. La diferencia de la telefonía sobre IP es que esta solución por cada computador se asignan extensiones en softphones los cuales mantienen la sesión abierta así se apaguen los computadores debido a que los servicios se alojan en otros ordenadores que tienen alta disponibilidad.

En el proceso de investigación se encontró un problema en la utilización del servicio de telefonía fija a nivel empresarial, debido a que en la actualidad la comunicación empresarial se encuentra manejada por planes de telefonía móvil o planes de telefonía fija con una vigencia en Bogotá por más de 50 años, pero que ha venido decayendo por las nuevas propuestas de comunicación. Una de las nuevas propuestas de comunicación es la voz sobre IP el cual es uno de los sistemas que se han venido incluyendo en proveedores de servicios de telecomunicaciones como Claro, UNE, entre otros. Dentro de estos planes se encuentra el de troncales SIP para configuración a nivel empresarial.

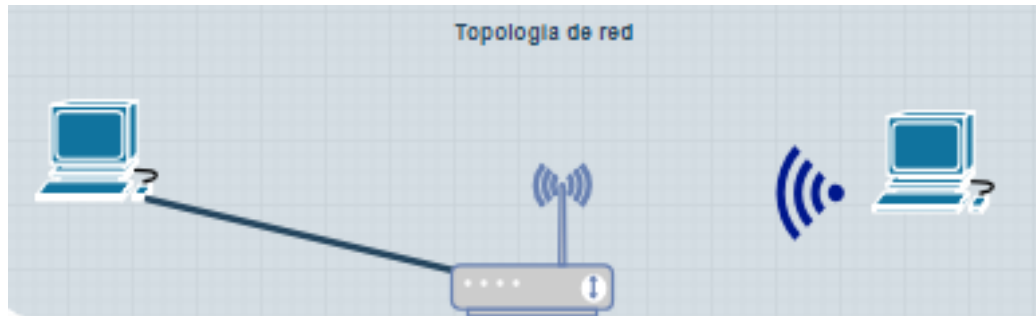
Figura 1. Plano de la oficina.



Fuente: Autor.

Para el caso particular de este trabajo, se plantea la problemática del uso de telefonía fija para comunicación a nivel empresarial en Bogotá, por eso se propone la implementación de troncales SIP en dos computadores (ver Figura 1) los cuales están en diferentes ubicaciones dentro de la misma red de internet y se debe garantizar la comunicación entre ambas troncales observando lo que implica esta comunicación, con la ubicación se observa la topología de red que llevan las dos máquinas en la Figura 2.

Figura 2. Topología de red.



Fuente: Autor.

La pregunta problema: ¿Cómo implementar una solución de voz sobre IP utilizando un sistema de IP PBX que ayude a mejorar los sistemas de comunicación utilizados a nivel empresarial en Bogotá?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general. Realizar la conexión de dos troncales SIP por medio de una plataforma de IP PBX para observar la posibilidad de implementación del sistema a nivel empresarial en Bogotá.

1.3.2 Objetivos específicos.

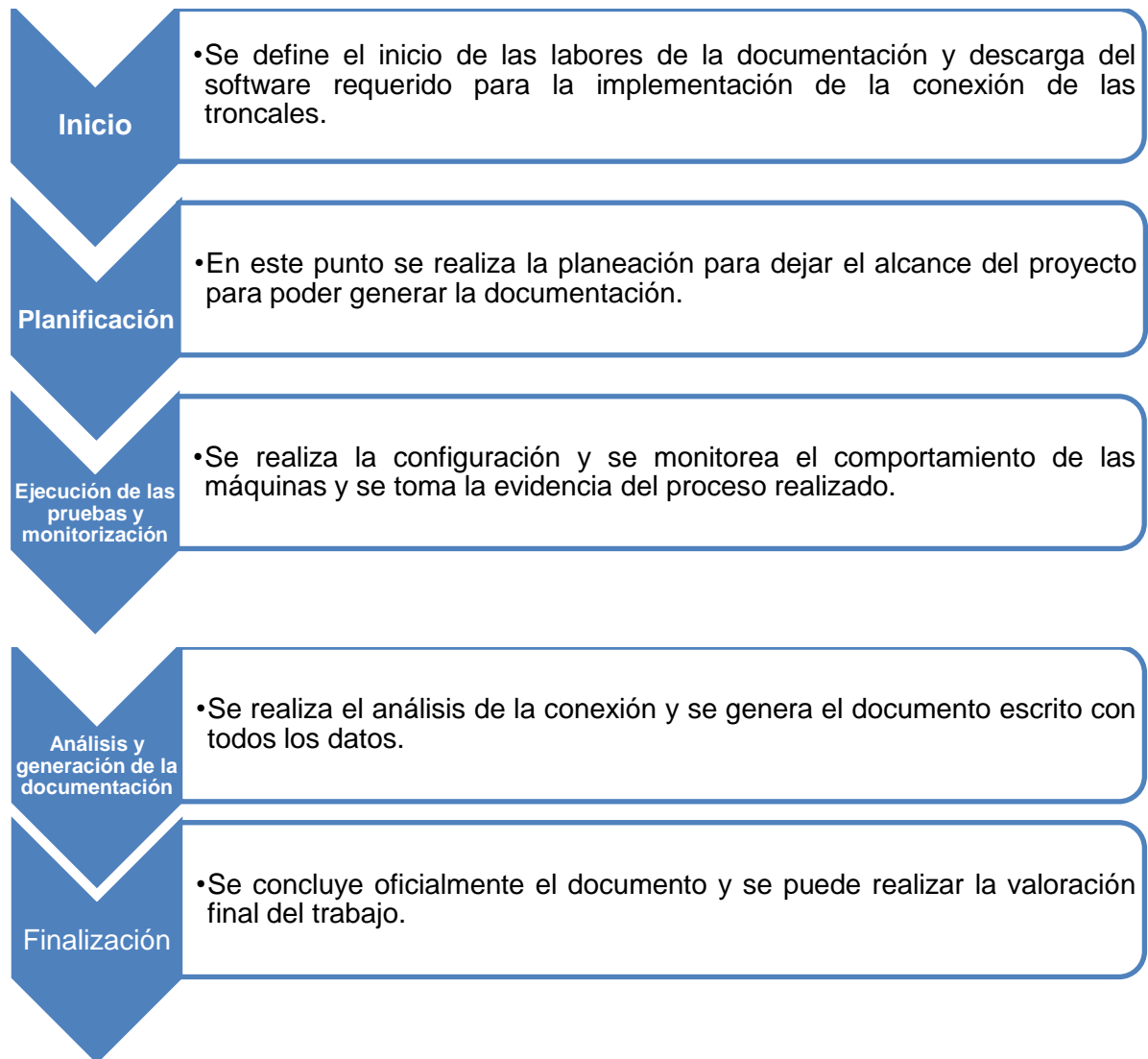
- Identificar el estado actual de las centralitas de VoIP, realizando un cuadro comparativo.
- Realizar pruebas para verificar el funcionamiento de una centralita VoIP sobre requerimientos específicos.
- Identificar las ventajas y desventajas de soluciones VoIP a nivel corporativo.
- Diseñar 5 guías para configurar centralitas VoIP discriminadas así.
 - Guía 1: Instalación.
 - Guía 2: Interfaz y extensiones.
 - Guía 3: Configuración troncal.
 - Guía 4: Configuración avanzada de red.
 - Guía 5: Configuración avanzada de troncales.

1.4 Alcance. El alcance de este proyecto se ve reflejado a nivel empresarial en Bogotá, debido a que la configuración sólo se realiza local, aunque este proyecto puede llegar a tener escalabilidad si se plantean mayores conocimientos sobre el funcionamiento de las troncales SIP, es decir, si se quisiera aumentar el área de alcance se podría investigar sobre los servicios que ofrecen operadores para el montaje de troncales SIP y la implementación como si fuera la telefonía fija, aunque no se realizó esto debido a que el tiempo y los recursos de la monografía sólo llegaron a nivel local. Otra aclaración es que en este proyecto no se busca competir con las empresas que se dedican a ofrecer servicios de telefonía fija. Lo que se busca es ahorrar recursos económicos en empresas a las cuales esta propuesta les generaría un cambio en el servicio de comunicación empresarial a nivel Bogotá.

El diseño es de uso exclusivo en entidades empresariales, con esto se reduce el uso de la implementación de troncales SIP y la población de las entidades que lo podrían utilizar.

1.5 Metodología. Se realiza una documentación sobre el software utilizado y se monta una prueba de comunicación entre dos troncales con softphones con su respectivo análisis de comportamiento y la comparación con sistemas actuales. Las fases del trabajo se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Diagrama de metodología.



Fuente: Autor.

1.6 Recursos necesarios

Los recursos necesarios para la realización del documento van desde los más básicos como papelería, libros de los temas necesarios, fotocopias, tinta, internet, transporte de materiales y energía eléctrica para el funcionamiento de computadores e impresora.

Para la conexión entre las dos troncales SIP se requieren dos computadores con el software virtualizador, el software de FreePBX y los software especializados de softphones.

2. ESTADO ACTUAL DE LAS CENTRALITAS VOIP

En este capítulo se recopila información del estado actual de las centralitas VoIP, comenzando por la comparación entre la telefonía fija convencional y la voz sobre IP. Luego se mencionan los protocolos que se utilizan en la comunicación de voz sobre IP tales como SIP, H323, IAX y DAHDi.

Después se realiza la recopilación de centralitas VoIP más utilizadas en el mercado: Asterisk, SIPFoundry, Elastix, FreeSWITCH, OpenPBX, OpenSIPS, FreePBX, Kamailio y 3CX. Y por último se realiza un cuadro comparativo para seleccionar la mejor opción de centralita VoIP.

2.1 Comparación Voz sobre IP y telefonía fija. Son varias las diferencias entre estos dos sistemas de telefonía. Una de las principales es que la telefonía fija utiliza conmutación de circuitos entre dos puntos, mientras que la voz sobre IP utiliza conmutación de paquetes.

Cuando se hace una llamada por teléfono utilizando la red telefónica pública conmutada (PSTN) se utiliza lo que se llama telefonía con conmutación de circuitos. Este sistema funciona configurando un canal dedicado (o circuito) entre dos puntos para la duración de la llamada. Estos sistemas de telefonía se basan en cables de cobre que transportan datos de voz analógicos a través de los circuitos dedicados.

La telefonía por Internet no es una tecnología nueva, ha existido durante muchos años de una forma u otra, pero solo recientemente se ha vuelto confiable y lo suficientemente confiable como para ser una opción robusta para los negocios. Antes era considerada como una rareza a menudo plagada de llamadas confusas y caídas, hoy en día un sistema VoIP bien planeado e implementado puede proporcionar calidad de llamada y confiabilidad que rivaliza con llamadas de teléfonos móviles o teléfonos fijos [1].

Estos sistemas han surgido como alternativa a comunicaciones empresariales debido a su funcionamiento por medio de internet bajo el protocolo SIP, lo cual permite hacer uso de canales por ancho de banda de internet.

A continuación, una comparación entre los dos sistemas en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación entre telefonía fija y voz sobre IP.

Telefonía fija	Voz sobre IP
Líneas dedicadas.	Todos los canales llevados a través de una conexión a Internet.
Cada línea es de 64 kbps (en cada dirección).	La compresión puede dar como resultado 10 kbps (en cada dirección).
Características tales como llamada en espera, identificador de llamadas, etc. generalmente están disponibles a un costo adicional.	Las funciones como llamada en espera, identificador de llamadas, etc. normalmente se incluyen de forma gratuita con el servicio.
Se puede actualizar o expandir con nuevos equipos y aprovisionamiento de línea.	Las actualizaciones generalmente solo requieren ancho de banda y actualizaciones de software.
La larga distancia suele ser por minuto o suscripción por minuto.	La larga distancia a menudo se incluye en el precio mensual regular.
Los teléfonos fijos (aquellos sin un adaptador) usualmente permanecen activos durante un apagón.	Pierda potencia, pierda el servicio telefónico sin respaldo de energía en su lugar.
Al realizar una llamada al 911, se puede rastrear hasta su ubicación.	Las llamadas de emergencia al 911 no siempre se pueden rastrear a una ubicación geográfica específica.

Fuente: Autor.

2.2 Protocolos de voz sobre IP. Los protocolos más utilizados en comunicaciones unificadas son SIP (Session Initiation Protocol) y H.323. Siendo SIP el más utilizado por proveedores de voz sobre IP, debido a la utilidad de los enlaces troncales SIP [2]. A continuación se encontrarán de manera resumida las principales características de los protocolos IP más utilizados para las implementaciones de voz sobre IP.

2.2.1 RFC 3261 SIP. SIP es uno de los protocolos de la capa de control de aplicación que puede crear, cambiar y terminar una o más sesiones de multimedia como por ejemplo una llamada telefónica por Internet. Este protocolo también puede realizar una invitación (INVITE) a los agentes involucrados en una de las sesiones establecidas, como por ejemplo una conferencia multidifusión.

Este protocolo, solo admite de manera transparente servicios de asignación y re direccionamiento de nombres, que apoyan la movilidad personal - los usuarios pueden mantener un solo identificador externo visible independientemente de su ubicación de red [3].

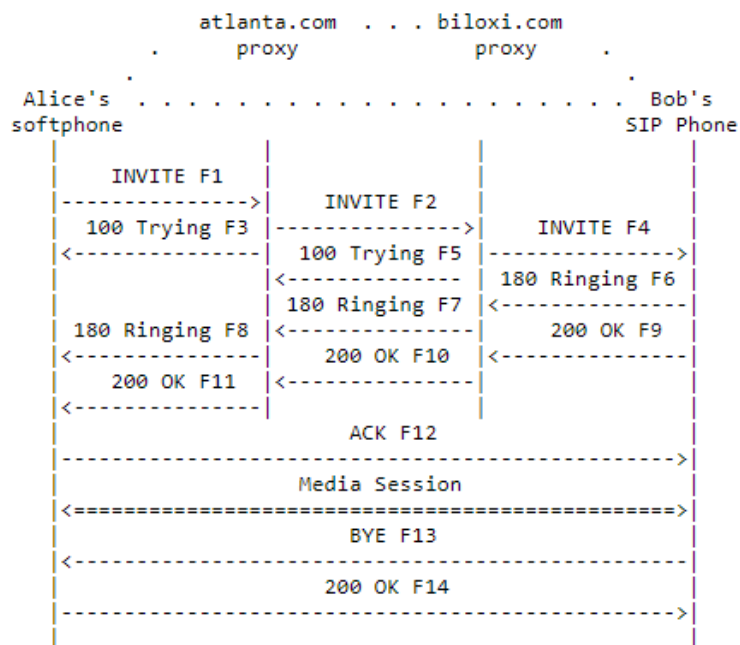
SIP maneja cinco fases para establecer y terminar una comunicación multimedia:

1. Determinar la ubicación del agente: Es la acción que el sistema final utilizará para establecer la comunicación.
2. Disponibilidad del agente: Es la acción que acuerda la voluntad de la llamada para participar en la comunicación.
3. Capacidad del usuario: Es la determinación de los medios y parámetros a ser utilizados.
4. Configuración de la sesión: Es el denominado "timbre" el cual establece los parámetros de sesión entre el que llaman y el que llama.
5. Gestión de sesiones: Esta se encuentra incluida en la transferencia y la finalización de sesiones, modificando los parámetros de la sesión e invocando servicios [4].

Cabe mencionar que este estándar al ser manejado por la IETF que en realidad es solo una gran comunidad internacional abierta, compuesta por casi cualquier persona involucrada en la creación de redes, incluidos diseñadores, operadores, proveedores e investigadores centrados en la evolución de Internet, han determinado que SIP es un estándar para audio, video e incluso mensajería instantánea o soluciones de mensajería de equipo.

A continuación se observa un ejemplo de sesión SIP en la Figura 4.

Figura 4. Ejemplo de sesión SIP.



Fuente: IETF RFC 3261 [4].

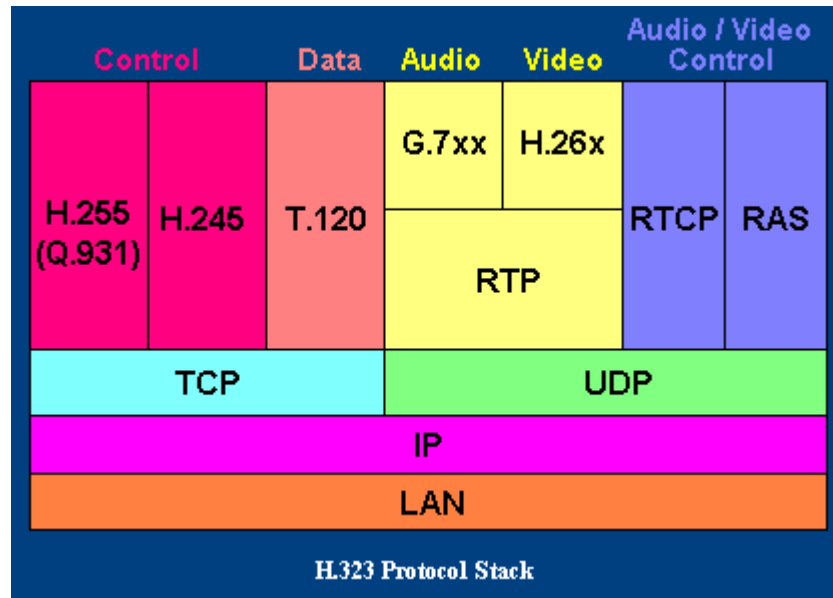
SIP no se encuentra destinado de forma vertical, se podría decir que es un componente que se usa con otros protocolos IETF para construir una arquitecturas completas orientadas a multimedia, por lo que muchas de las aplicaciones como la que se implementa en este trabajo no solo utiliza este protocolo, pero es su base fundamental de funcionamiento.

2.2.2 H323. El protocolo H323 se ha posicionado como el estándar internacional para la comunicación multimedia a través de "redes de conmutación de paquetes". Incluyendo redes de área local (LAN), redes de área amplia (WAN) e incluso hablando de Internet en general. Esencialmente, este puede verse como un "paraguas" que incluye múltiples estándares: H.323, H.225.0, H.245 y H.460 [2].

Como es una norma que tiene bastante tiempo, y una gran parte de ella estaba basada en las normas RDSI que fueron el conjunto de estándares para los teléfonos convencionales que se comunicaban a través de la red pública conmutada (PTSN). H.323 se enfoca en cubrir la comunicación de voz, video y datos en tiempo real, y fue diseñado específicamente para operar sobre redes IP. Aunque no se usa ampliamente, H.323

también fue diseñado con capacidades de conferencia de voz y video. En este punto, H.323 se ha convertido en el líder del mercado mundial para comunicaciones de voz y video sobre IP (es decir, su sistema VoIP) e incluso se utiliza en soluciones de videoconferencia empresariales [5]. Su arquitectura se puede ver en la Figura 5.

Figura 5. Arquitectura H323.



Fuente: Redes y seguridad [5].

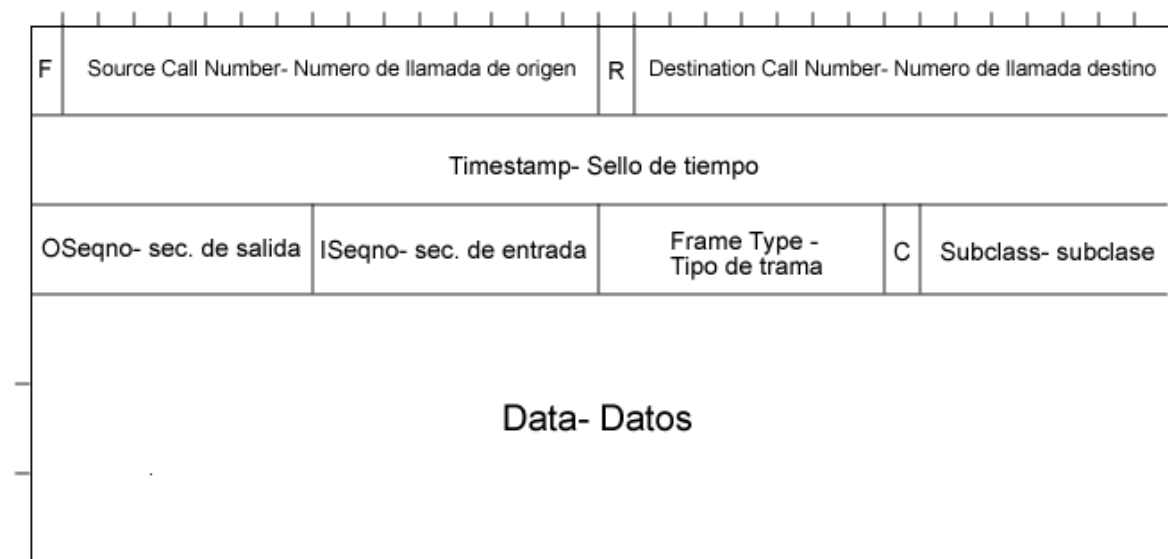
H.323 fue desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), los cuales estandarizaron las redes de telefonía pública conmutada que se utilizan para teléfonos fijos convencionales, la mayoría de veces se utiliza como solución patentada o de propietario, lo cual explica porque los proveedores exigen que los usuarios compren sus teléfonos específicos para garantizar que todas las funciones y características funcionen.

2.2.3 IAX. Del inglés Inter-Asterisk Exchange Protocol, es un protocolo que fue desarrollado por Asterisk como alternativa a H323 con una política orientada de manera diferente debido a que estos prefieren el uso abierto (open source) y no de propietario siendo un protocolo de comunicaciones para configurar sesiones de usuario interactivas. IAX también es similar a SIP. Mark Spencer desarrolló IAX como una alternativa robusta y

fácil de usar para SIP, MGCP (Media Gateway Control Protocol) y RTP (Real-Time Transport Protocol) [6].

Dentro de las ventajas de este protocolo se encuentran la señalización mediante transporte UDP evitando problemas de NAT que presentan otros protocolos, las conexiones troncales permiten múltiples conversaciones dentro de la misma trama de información permitiendo ahorros de ancho de banda [7]. A continuación se observa la trama de IAX en la Figura 6.

Figura 6. Trama de IAX.



Fuente: Elastix Tech [8].

Cuando se conecta a otros dispositivos que admiten IAX (una lista limitada en este momento debido a que no todas las soluciones trabajan con Asterisk). Sin embargo, mientras tanto, otros programas como YATE SofaSwitch, FreeSwitch Softswitch y OPAL han agregado soporte IAX en su revisión número 2.

2.2.4 DADHi. Más que un protocolo de VoIP es un conjunto de controladores de código abierto para Linux, que se utilizan para interactuar con gran variedad de hardware relacionado con la telefonía. Está formado por dos partes: tanto la parte de Linux que son dispositivos y la parte del proyecto de herramientas en donde se realizan todas las configuraciones. Se utiliza bastante en diferentes aplicaciones de VoIP que manejan

software de Asterisk haciendo uso de otros protocolos como SIP, G.711, RTP, entre otros [9].

Este módulo es muy utilizado en plataformas Asterisk y FreePBX, siendo esta última la que mayor documentación posee debido a que sus aplicaciones son bastante completas con su interfaz gráfica y línea de comando de la mano. Como por ejemplo los archivos de configuración de zaptel (nombre anterior) que es un desarrollo principal de Digium. Para dar una mejor idea del funcionamiento de DADHi se presenta la arquitectura de un módulo en la Figura 7.

Figura 7. Módulo DADHi en Asterisk.



Fuente: Elastix Tech [10].

Su nombre proviene del inglés Digium Asterisk Hardware Device Interface y como se observa en la gráfica anterior muchas aplicaciones conectan con la red pública conmutada por medio de conexiones E1/T1.

2.3 Centralitas VoIP. Después de recolectar la información de los protocolos utilizados en la voz sobre IP. Se compila información de los principales sistemas utilizados en estas configuraciones para comparar sus características principales y escoger el sistema a utilizar.

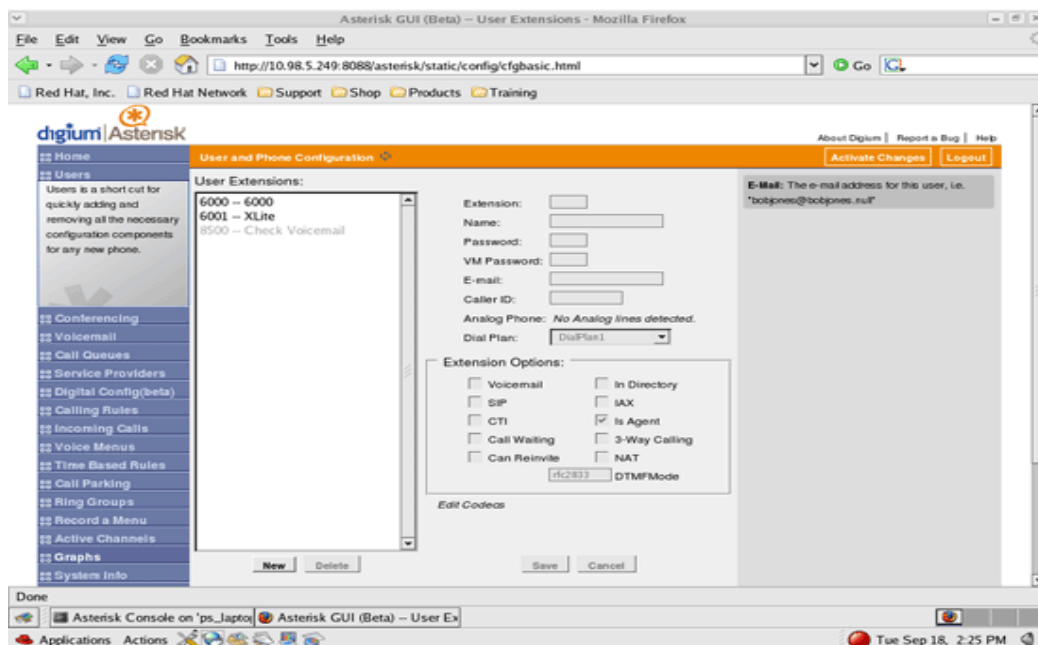
2.3.1 Asterisk. Asterisk es designado como el principal actor de muchas de las propuestas de VoIP conectando PBX en open source. Al tener esta característica tan

importante nos ofrece paquetes de herramientas que se utilizan en diferentes sistemas que ofrecen estas soluciones incluyendo FreePBX.

Asterisk se ejecuta en el fondo de un sistema Linux de código abierto. Muchas de las propuestas en la actualidad están basadas en Linux. Como principal agente o administrador, puede conectarse a un sistema Asterisk PBX en ejecución con la interfaz de línea de comandos (CLI) o también con la interfaz gráfica del servidor. El CLI da beneficios de seguir lo que sucede en el PBX en línea. Depurar varios protocolos a medida que los usuarios se conectan y realizan llamada, mientras se monitorea la actividad de las llamadas de usuarios o si bien se desea realizar cambios de información en la base de datos de Asterisk. Volver a cargar las configuraciones en el PBX en ejecución También hay un entorno basado en el protocolo TCP/IP que permite el manejo que utilizan las aplicaciones complementarias de Asterisk. Esto le da al principal agente o al consumidor la oportunidad de ver el servidor en tiempo real, observar cómo se activan y desactivan las conexiones, así como la capacidad de originar conexiones [11].

En su interfaz gráfica de usuario GUI en la web se encuentra un entorno bastante amigable como se puede mirar en la Figura 8.

Figura 8. Interfaz gráfica de Asterisk.

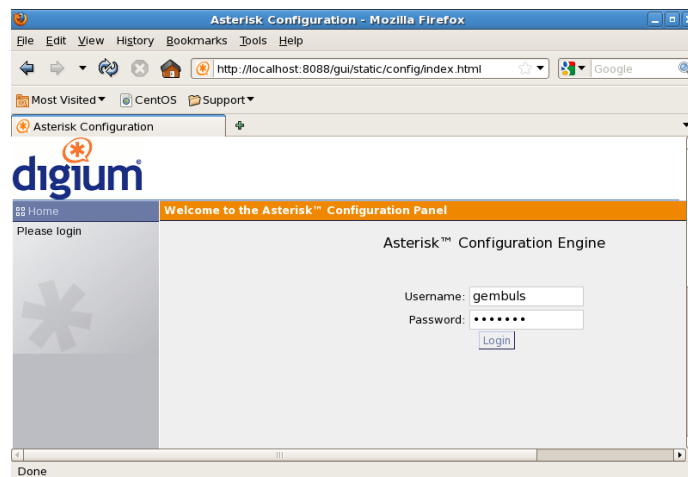


Fuente: The Asterisk Book [12].

Asterisk es una plataforma de telefonía convergente open source, que está diseñada principalmente para ejecutarse en Linux que combina más de 100 años de conocimiento en telefonía en un conjunto robusto de aplicaciones de telecomunicaciones estrechamente integradas. El poder de Asterisk reside en su característica de personalización. Las aplicaciones como el correo de voz, el hosting de conferencias, la lista de llamadas y los agentes, la música de espera y el parking de llamadas son características estándar integradas en el software. Además, Asterisk puede integrarse con otras tecnologías de negocios de manera que las PBX cerradas y propietarias que puede parecer bastante desalentador y complejo para un nuevo usuario, por lo que la documentación es tan importante para su crecimiento. Equipado con funciones estándar de PBX, incluye interfaz interactiva con respuesta basada en voz, asignación automatizada de llamadas, conferencia y el convencional correo de voz que no ha sido discontinuado. Básicamente esta plataforma permite la posibilidad de hacer que cualquier ordenador sea un servidor de servicios de telecomunicaciones más allá de las interacciones de internet. Digium ayudando a este sistema hace que sea sin costo y de código abierto. Se considera un sistema importante se quiere hacer soluciones de VoIP [13].

La documentación reduce la barrera de entrada y ayuda a las personas a contemplar las posibilidades, tales como la configuración de una dirección IP para el servidor o utilizar configuración local con el puerto 8088 en localhost como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Configuración local Asterisk.



Fuente: VoIP-Info.org [14].

Es común, para aquellos que no conocen Asterisk previamente, realizar una investigación de al menos dos o tres días de estudiar páginas web y documentación antes de poder realizar algo en un servidor de Asterisk y para muchas personas esto es desalentador. Pero cuando se indaga en las propiedades de Asterisk se puede lograr encontrar diferentes características únicas como por ejemplo el uso de varios protocolos de voz sobre IP estándar, incluido SIP, el Protocolo de control de pasarela de medios (MGCP) y H.323. Asterisk es compatible con la mayoría de los teléfonos SIP, que actúan como registrador y como agente de usuario de respaldo. Puede servir como puerta de enlace entre los teléfonos IP y la red telefónica pública conmutada (PSTN) a través de interfaces de operador T o E o tarjetas analógicas FXO.

El protocolo Inter-Asterisk eXchange (IAX), RFC 5456, nativo de Asterisk, proporciona un eficaz enlace de llamadas entre los sistemas PBX de Asterisk, además de distribuir cierta lógica de configuración. Muchos proveedores de servicios VoIP lo admiten para completar la llamada a la PSTN, a menudo porque ellos mismos han implementado Asterisk o lo ofrecen como una aplicación alojada. Algunos teléfonos también soportan el protocolo IAX [12].

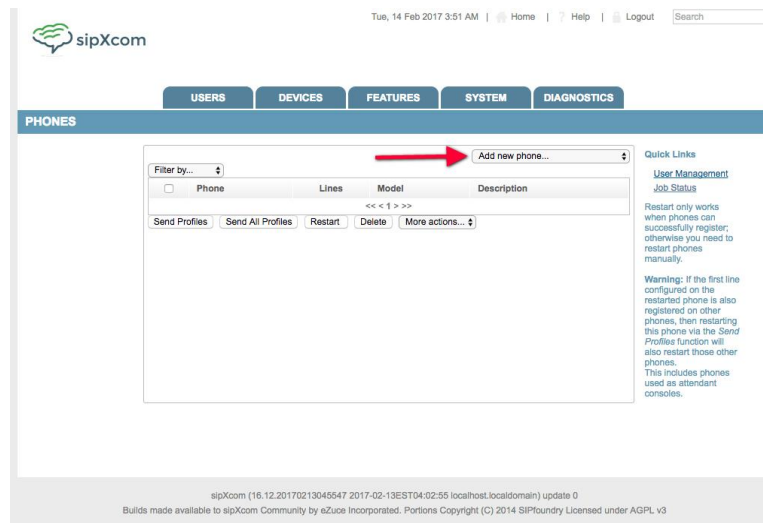
2.3.2 SIPFoundry. Conocido como el rival del sistema Asterisk, SIPFoundry comenzó en 2004 y puede ofertar varias de las soluciones de Asterisk. Este sistema permite la comunicación de video y voz, conferencias, mensajería tanto instantánea como unificada y chat presencial incluyendo clientes móviles.

Pero tiene un enfoque diferente la compañía debido a que ofrece soporte profesional a los clientes según los planes de diferentes tarifas, con el más bajo de cuatrocientos noventa y cinco dólares americanos (\$495) por mes para 100 clientes, escalando hasta veinte mil clientes a cargo de una solución. Obviamente genera gastos obtener un equipo dedicado que podría ser lo que necesitan algunas de las empresas que quieren su propia solución basada en este sistema [13].

Es gracioso ya que SIPfoundry son un grupo sin ánimo de lucro y su tarea es proveer y avanzar en proyectos de open source relacionados con SIP. A través de SIPfoundry, los usuarios, desarrolladores y distribuidores de productos basados en SIP pueden apoyarse mutuamente y acelerar el crecimiento y la adopción del protocolo SIP. Fue fundada en marzo de 2004 estableciendo estrechos vínculos con el Foro SIP y con la IETF.

SIPfoundry promueve activamente la estandarización de SIP, la interoperabilidad de los productos SIP y la solución en toda la industria a través del SIP Forum Test Framework (SFTF), así como las implementaciones de referencia de SIP de tecnología clave como la pila SIP reSIPProcate. En su interfaz gráfica se pueden observar diferentes características como usuarios, servicios, características y diagnósticos entre otros como se ve en la Figura 10.

Figura 10. Interfaz gráfica SIPFoundry.



Fuente: VoIP-Info.org [14].

También lleva a cabo el desarrollo de sipX que en términos coloquiales es el SIP PBX para Linux. Este proyecto tiene como objetivo comercializar la funcionalidad de PBX al ofrecer una SIP PBX de funciones completas, que cumpla con los estándares y fácil de usar de forma gratuita como una solución basada en código abierto. Dentro de las tareas de la empresa se encuentra que SIP se convirtiera en parte de Internet de la misma manera que HTTP, SMTP y XML ya que son fundamentales e impulsaron la adopción rápida de nuevos servicios a través de Internet [13]. Dentro de los proyectos que apoya se encuentran los siguientes:

1. sipX: El proyecto sipX maneja en su mayor parte el desarrollo de infraestructura de comunicaciones SIP que cumpla con los estándares para uso empresarial en un esfuerzo de mantener la política de open source organizada por la comunidad.

La arquitectura sipX es modular y consta de tres bloques de construcción principales los cuales son el servidor de comunicaciones, el servidor de medios y el servidor de configuración. Mientras que sipX empaqueta estos componentes para que funcionen como un SIP PBX, cada servidor también puede usarse de forma independiente [15].

2. Los proyectos de softphones (sipXphone, sipXezPhone y sipXtapi): Dentro de los servicios de SIPFoundry se proporcionan un conjunto muy completo de tecnologías para el desarrollo de agentes de usuario SIP que admiten la comunicación de voz por medio del protocolo SIP, en cuanto a presencia y mensajería instantánea. El primero de los softphones que es sipXphone es un softphone SIP de alta funcionalidad disponible para plataformas Windows y Linux que se deriva del famoso teléfono Pingtel xpressa. Las adiciones recientes incluyen soporte STUN y una nueva interfaz GUI [16].

El segundo sipXtapi es un kit de desarrollo de software (SDK) completo y fácil de usar para el despliegue de cualquier tipo de solución que requiera cliente SIP independiente o integrado. Y el último sipXezPhone es una implementación simple de un softphone SIP que usa el SDK sipXtapi [15]. A continuación podemos observar la interfaz de este softphone en la Figura 11.

Figura 11. SipXphone.

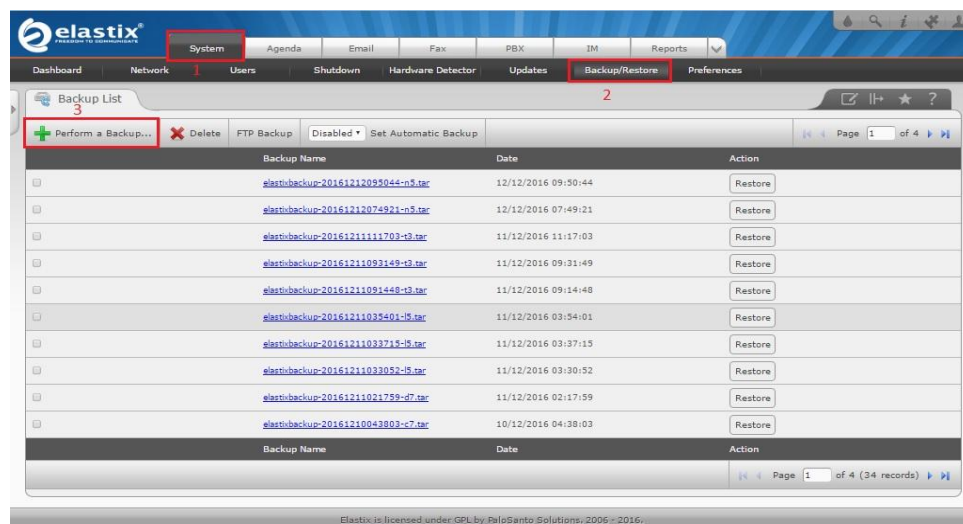


Fuente: Source Forge [17].

3. reSIPProcate: Este proyecto está desarrollando en una pila SIP orientada a objetos escrita en C ++ y destinada a servir como la implementación de referencia SIP. Desarrollado por muchas de las mismas personas que participan en la estandarización de SIP en la IETF, la pila reSIPProcate cumple con todos los estándares, presenta todas las funciones y, a menudo, sirve como entorno de prueba para nuevas iniciativas, como las propuestas de borrador más recientes de IETF para la seguridad de SIP. Así pues SIPFoundry no es sólo el proyecto de la interfaz de usuario para utilizar sino también desarrolla los softphones para utilizar y colabora con las organizaciones que proveen estándares a estas comunicaciones [18].

2.3.3 Elastix. Originalmente se basó en el sistema de Asterisk y dentro de sus opciones se encuentra el software de comunicaciones unificadas en el servidor que es open source. Este tiene mensajería, correo electrónico, PBX, fax y función para colaborar. También generando impacto dentro de los emprendedores, el sistema no tiene costo para el uso que se le desea implementar. Fue pionera en incluir una herramienta de central de llamadas con predicciones de llamada y todavía ofrece su solución más fuerte, bajo una GNU o licencia pública [19]. A continuación se muestra la interfaz gráfica de Elastix con su módulo de backup cuando se trabajan servidores de alta disponibilidad y se requiere migración de archivos en la Figura 12.

Figura 12. Interfaz gráfica Elastix.



Fuente: Elastix.org [20].

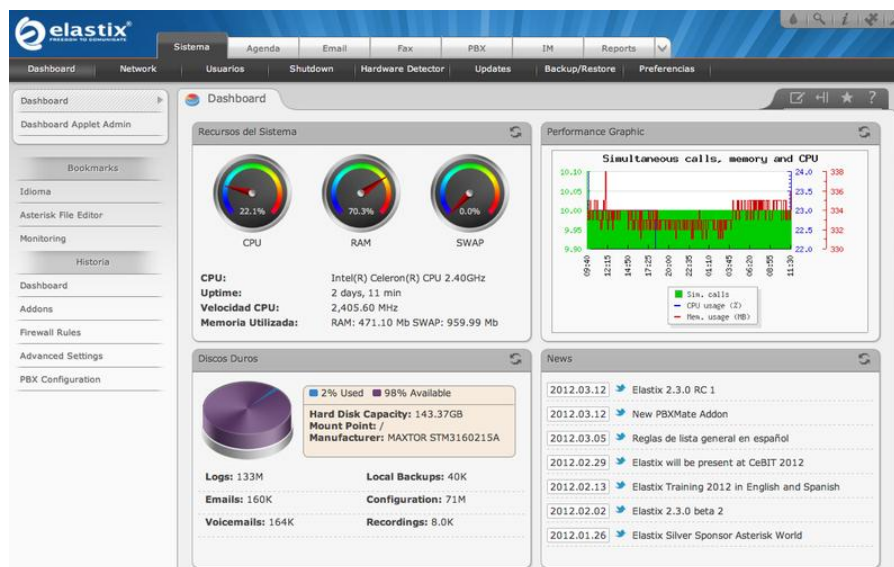
Dentro de las funcionalidades se destaca la herramienta de central de llamadas que comunica con un entorno de interfaz web por medio de un protocolo llamado ECCP (Elastix Call Center Protocol) el cual es de propietario. Cabe mencionar que todos estos protocolos que se utilizan son open source, lo que deja realizar la comunicación entre dispositivos hechos por terceros que actúan como usuario o encargado.

Con Elastix se puede construir el PBX ideal para la mayoría de negocios dependiendo cual sea el tamaño y/o requisitos. La elección de software puede ser variada ya sea que se desee una centralita de Linux local para instalar en Windows o se prefiera alojar un sistema telefónico en la nube [21]. Dentro de sus características se encuentran:

- PBX multiplataforma - Linux, Windows, Cloud.
- En las instalaciones: virtualizado o en un MiniPC de bajo costo.
- Cloud: Google, Amazon o OVH retienen el control.
- Softphones para Windows y Mac.
- Clientes de teléfonos inteligentes para Android y iOS.
- Funciones de UC: presencia, chat, fax y correo de voz a correo electrónico.
- Conferencia web webRTC integrada.
- Tareas de administración de PBX automatizadas.

Todas estas características vistas desde la interfaz gráfica añadiendo datos estadísticos de uso de la plataforma como se ve a continuación en la Figura 13.

Figura 13. Página principal Elastix.



Fuente: Elastix.org [20].

Elastix quiere ofrecer sus más especiales distribuciones del sistema Asterisk y trabajos en paralelo, con un entorno sencillo de uso. Elastix tiene panel de ayuda para bastantes dispositivos, incluidas las empresas Snom, Dinstar, Digium, Yeastar y Yealink entre muchas otras. Y llama la atención que Elastix solo parece ofrecer hasta 8 llamadas SIM gratuitas para aproximadamente 25 usuarios [13].

Dentro de los trabajos destacados fue cuando sacaron el sistema Elastix Web Services, el cual ofrece una certificación de dispositivos físicos y en su tienda Elastix MarketPlace. Dentro de la tienda se encuentran soluciones hechas por personas diferentes a la compañía para que se distribuyan como por ejemplo la herramienta de Addons de Elastix. Esto permite que un usuario agente principal pueda desde su interfaz instalar las herramientas. Todo esto está certificado por QA de PaloSanto Solutions, lo que garantiza la funcionalidad y su versión más estable del sistema [20].

2.3.4 FreeSWITCH. El sistema de FreeSWITCH está basado en el sistema Asterisk con un énfasis en soporte modular, para múltiples plataformas, estabilidad y escalable ofreciendo una de los sistemas más factibles. Este funciona con SIP, H.323 y WebRTC lo que le permite tomar una ventaja de los avances de tecnología actuales, e integra otras plataformas conocidas en el mercado que usan la política de open source.

Este es uno de los sistemas que no posee interfaz gráfica de usuario, así que se ejecuta como una librería en una dependencia Linux puede integrarse en cualquier máquina. Aunque también puede ejecutarse como un servicio en Windows bajo la consola de comandos, es decir, puede ejecutarse en muchas plataformas tales como Mac OS X, BSD, o Solaris [22].

A continuación se observa cuando se ha ejecutado en un servidor Linux en la Figura 14.

Figura 14. FreeSWITCH en Linux.



```
ozeki@ubuntu: ~/freeswitch
File Edit View Search Terminal Help
2011-06-20 05:35:06.532342 [CONSOLE] switch_core.c:1838

  FREESWITCH

*****
* Anthony Minessale II, Michael Jerris, Brian West, Others *
* FreeSWITCH (http://www.freeswitch.org) *
* Paypal Donations Appreciated: paypal@freeswitch.org *
* Brought to you by ClueCon http://www.cluecon.com/ *
*****

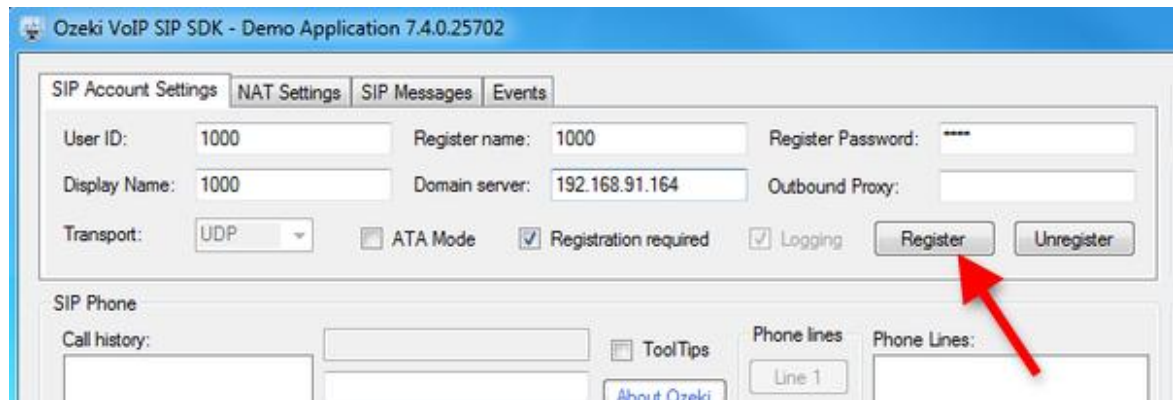
2011-06-20 05:35:06.532350 [CONSOLE] switch_core.c:1841
FreeSWITCH Version 1.0.head (git-7768808 2011-06-18 11-52-37 -0500) Started.
Max Sessions[1000]
Session Rate[30]
SQL [Enabled]
freeswitch@ubuntu> 2011-06-20 05:35:08.492072 [WARNING] sofia_reg.c:1329 SIP au
th challenge (REGISTER) on sofia profile 'internal' for [1002@192.168.91.164] f
rom ip 192.168.91.220
```

Fuente: FreeSwitch.org [23].

Dentro de las distribuciones de Linux recomiendan que se utilice Debian, que es una instalación e inicio sin problemas. Si se ejecuta en otras distribuciones, puede generar dificultades para obtener todas las dependencias correctas. Eso en cuanto a las recomendaciones físicas, pero en funcionamiento es compatible con todos los protocolos de VoIP populares, así como la interfaz con los PRI. Para obtener una lista completa de los protocolos compatibles, consulte la página Puntos finales. Algunas capacidades comunes para las que se utiliza FreeSWITCH incluyen PBX (sistema telefónico de oficina) Softswitch clase 5 (operador de telefonía) Servidor de aplicaciones como correo de voz, conferencias, IVR Softphone Esta lista no es de ninguna manera completa, FreeSWITCH es extremadamente flexible y se puede utilizar de cualquier forma que pueda imaginarse. La configuración predeterminada muestra un PBX completo con muchas aplicaciones, con la única condicional de que no posee interfaz gráfica, toda configuración debe ser hecha en línea de comando bajo la distribución que se escogió [24].

En una aplicación realizada por la compañía Ozeki se utiliza este para configurar un demo que ellos manejan con un softphone al descargar FreeSWITCH registran su softphone bajo este servicio como se ve en la Figura 15.

Figura 15. Softphone Ozeki con FreeSWITCH.



Fuente: voip-sip-sdk.com [25].

FreeSWITCH está diseñado para enrutar y conectar protocolos de enfocados en comunicación más conocidos mediante audio, video, texto o cualquier otra forma de medios de comunicación. Lanzado por primera vez en enero de 2006, FreeSWITCH se ha convertido en el primer conmutador de software de código abierto del mundo. Esta plataforma versátil se utiliza para impulsar las comunicaciones de voz, video y chat en dispositivos que van desde llamadas individuales en una Raspberry Pi para grandes clústeres de servidores que manejan millones de llamadas. FreeSWITCH potencia una serie de productos comerciales desde empresas de nueva creación hasta transportistas.

Dentro de su soporte se encuentran servicios como:

- Acceso temprano a la base del código FS
- Opciones de soporte personalizado
- Ingeniero dedicado
- Tiempo de respuesta rápida

Además, utiliza librerías de software disponibles que ofrecen las funcionalidades para hacer llamadas y agrega otros detalles como por ejemplo la identificación y síntesis de voz, incluyendo la red conmutada pública para enrutamiento de sistemas digitales y analógicos [13].

2.3.5 OpenPBX de Voicetronix. Sistema de propuestas y dispositivos telefónicos que ofrecen no solo la parte física, también una interfaz open source, de ahí su nombre

OpenPBX, que es una herramienta de internet que tiene interfaz gráfica para los clientes de fácil uso. El sistema ofrece las funcionalidades de un operador de VoIP, distribución de llamadas automática, grupos para buscar el desvío de llamadas y el tradicional correo de voz sin límite.

A continuación se observa la interfaz gráfica manejada por voicetronix en la Figura 16.

Figura 16. Interfaz gráfica OpenPBX.



Fuente: voicetronix.com [26].

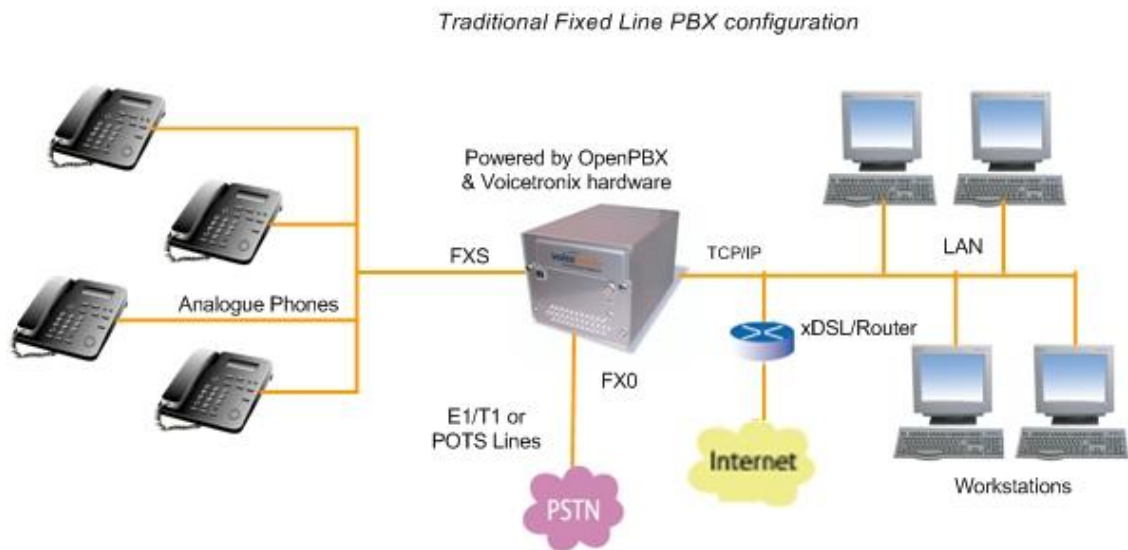
Esta plataforma de software PBX es fácil de instalar y configurar teniendo en cuenta que es totalmente compatible con hardware de telefonía. Es adecuada para pequeñas y medianas empresas (SMB) que requieren un sistema telefónico que generalmente se encuentra en empresas más grandes.

OpenPBX aprovecha la facilidad de uso y la eficiencia del computador de escritorio y la combina con el simple auricular de teléfono para ofrecer funciones avanzadas y el máximo control y uso de los sistemas de comunicación.

Si se requiere conectarse a líneas troncales de velocidad primaria (E1/T1) o a líneas POTS estándar, Voicetronix tiene el hardware de interfaz de línea adecuado [26].

Poniendo en práctica estas conexiones se observa un escenario de red que nos ofrece el portal de voicetronix donde generan una topología común en sistemas de empresas pequeñas, conectando un servidor de PC que ejecute Linux con las tarjetas Voicetronix adecuadas instaladas (es decir, el servidor de telefonía), conectando los puertos FXS de la tarjeta a los teléfonos analógicos (y/o máquinas de fax) y los puertos FXO a las líneas troncales de telecomunicaciones (PSTN) teniendo el resultado mostrado en la Figura 17.

Figura 17. Escenario de conexión empresa pequeña.



Fuente: voicetronix.com [26].

Cabe mencionar que los teléfonos digitales que normalmente se encuentran en los sistemas telefónicos con clave heredada (KTS) no son compatibles, según comentarios en los foros de voicetronix y sus colaboradores.

La opción de OpenPBX Do-It-Yourself (DIY) ofrece a los clientes la posibilidad de construir su propio sistema telefónico utilizando servidores de PC de uso común que ejecutan dispositivos de teléfono analógicos y de Linux. Agregando características como personalización de los usuarios involucrados en una arquitectura organizada por grupos de extensiones, como se ve a continuación en la Figura 18.

Figura 18. Grupos de extensiones OpenPBX.



Fuente: voicetronix.com [26].

Dentro de sus características exclusivas se encuentra crear grupos sin límite para encontrar llamadas, poner música mientras se espera la llamada y la habilidad de mostrar los registros de actividad de la central que hacen del sistema una herramienta muy robusta para corporaciones que requieren un sistema de llamadas o call center [13].

2.3.6 Open SIPS. El sistema basado en open source con servidores SIP permite hacer su propio sistema de telecomunicaciones con telefonía VoIP, personal. El sistema permite utilizar servicio de video, mensajes, voz y presencia basado en trabajo en módulos y fácil de escalar, por lo que, como cualquier otro sistema, permite cambiarlo dependiendo de la demanda de la empresa. Es uno de los servidores basados en protocolo SIP de mayor velocidad de respuesta y da soluciones fuertes a nivel corporativo o de operador.

Debido a que no existía interfaz gráfica para OPENSIPS y no se podía generar integración a nivel de intercambio de datos. Se generó una integración a nivel del portal web: para integrar el portal principal con el panel de control de OpenSIPS se genera una interfaz de aprovisionamiento de OpenSIPS, para obtener un control rápido de todo el

sistema, con un solo inicio de sesión. El OpenSIPS Control Panel 7.2.3, que coincide con OpenSIPS 2.3, puede integrar el portal de Home como una herramienta interna con una integración de seguridad (los dos portales web realizan autenticación cruzada a través de las API REST) y sin pérdida de funcionalidad [27]. A continuación se observa el resultado de esta integración en la Figura 19.

Figura 19. Integración OpenSIPS.



Fuente: blog.opensips.org [28].

El resultado es una forma práctica de verificar los CDR, diálogos en curso, rastreos, todo, bajo la misma plataforma. Es más, si la herramienta de la página principal está presente, la herramienta CDRviewer en el panel de control de OpenSIPS (para enumerar los CDR) generará automáticamente un enlace desde el valor de ID de llamada SIP del CDR al flujo de llamadas en esta pantalla, con un solo clic puede ver el flujo de llamadas para un CDR dado [27].

Si no se utiliza la herramienta anterior, se puede utilizar la pantalla de comandos en donde se instale el sistema como se observa en un servidor Linux a continuación en la Figura 20.

Figura 20. Pantalla de comandos Linux con OpenSIPS.

```
root@ubuntu-15:~#  
root@ubuntu-15:~# cd /usr/src  
root@ubuntu-15:/usr/src#  
root@ubuntu-15:/usr/src# wget http://opensips.org/pub/opensips/latest/opensips-2.1.2.tar.gz  
--2016-03-06 22:18:57-- http://opensips.org/pub/opensips/latest/opensips-2.1.2.tar.gz  
Resolving opensips.org (opensips.org)... 78.46.64.50  
Connecting to opensips.org (opensips.org)|78.46.64.50|:80... connected.  
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK  
Length: 4935839 (4.7M) [application/x-gzip]  
Saving to: 'opensips-2.1.2.tar.gz'  
  
opensips-2.1.2.tar.gz      100%[=====] 4.71M  
2016-03-06 22:18:57 (6.20 MB/s) - 'opensips-2.1.2.tar.gz' saved [4935839/4935839]  
root@ubuntu-15:/usr/src#  
root@ubuntu-15:/usr/src# tar -zxvf opensips-2.1.2.tar.gz
```

Fuente: linuxide.com.

Este sistema es un servidor/proxy basado en el protocolo SIP open source para video, voz, mensajería instantánea, con utilidad de presencia y cualquier otra extensión. En pocas palabras, un servidor basado en protocolo SIP con señalización multifuncional y multifuncional utilizado por operadores, telecomunicaciones o ITSP para soluciones como:

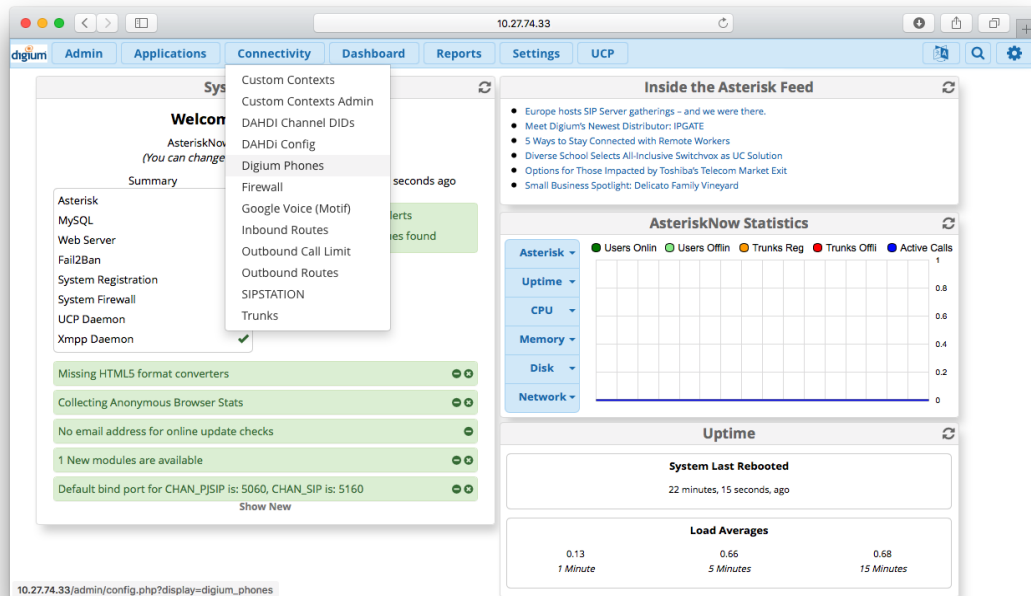
- Plataformas Residenciales Clase 4/5.
- Trunking/Wholesale, soluciones PBX empresariales / virtuales.
- Controladores de borde de sesión, Servidores de aplicaciones.
- Carga frontal Balanceadores, plataformas IMS, centros de llamadas y muchos otros.

OpenSIPS se recomienda para cualquier tipo de escenario / servicio SIP por el alto rendimiento - decenas de miles de CPS, millones de llamadas simultáneas, la flexibilidad de enrutamiento e integración: script de enrutamiento para implementar lógicas de enrutamiento personalizadas, varias API de interfaz (consulte el Manual), la creación efectiva de aplicaciones: más de 120 módulos para proporcionar características, para el manejo de SIP, para operaciones de back-end, para integración, para lógicas de enrutamiento [28].

2.3.7 FreePBX. Es un sistema de PBX open source con interfaz gráfica que permite a los clientes configurar y mantener control de la solución basado en el sistema mencionado anteriormente Asterisk. Mientras esta plataforma realiza configuraciones de Asterisk, los clientes pueden trabajar solo la interfaz gráfica para configurar el sistema, o toda la

solución que incluye el sistema operativo de base Linux, la base de sistema Asterisk y la interfaz gráfica de FreePBX, así como todas las dependencias necesarias. Mientras trabajar sólo la parte de Asterisk puede requerir conocimientos técnicos para desarrollar un sistema completo o crear una interfaz gráfica, FreePBX es lo mejor de dos mundos. A continuación se muestra la interfaz gráfica de usuario del sistema en la Figura 21.

Figura 21. Interfaz gráfica FreePBX.



Fuente: wiki.asterisk.org [29].

FreePBX permite hacer su propia troncalización SIP ilimitada ya que tiene una herramienta que se llama SIPStation conectada al sistema. Dentro de sus funcionalidades se encuentran varios módulos y complementos que se encuentran en el mercado que ayudan a mejorar la solución brindando especialidades para garantizar la estabilidad y calidad a los clientes. El sistema permite capacitación para el grupo de soporte técnico si quiere realizar soluciones para comercializar, o si solo se requiere utilizar localmente [30].

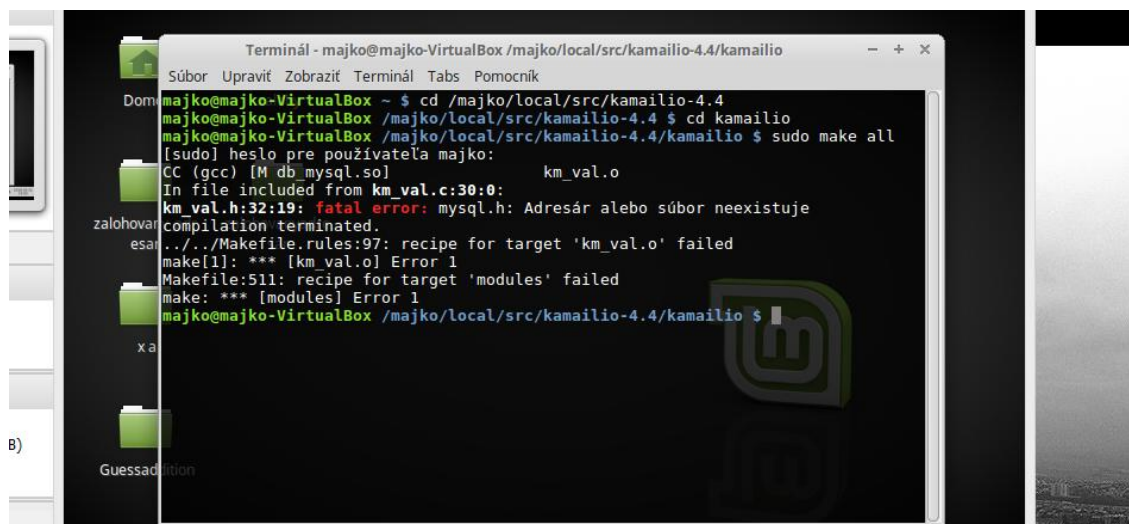
El complemento Digium Phones para FreePBX (DPAF) proporciona una solución simple para los usuarios que desean configurar los teléfonos Digium y DPMA con FreePBX. Este complemento está disponible en el repositorio del módulo FreePBX y, cuando se instala, está visible en la categoría Conectividad, etiquetado como Teléfonos Digium, en pocas

palabras, al ser un producto derivado de Asterisk tiene compatibilidad con teléfonos Digium los cuales son desarrolladores de Asterisk [31].

Desde el comienzo de FreePBX en 2004, han utilizado el formato general de Licencia Pública aplicado en todos sus módulos de open source. La licencia copyleft conocida como GPL implica que los proyectos derivados solo se pueden distribuir bajo los términos de licencia original. Lo que implica la diferencia de las licencias permisivas de software libre, como ejemplos estándar las BSD y la licencia del MIT.

2.3.8 Kamailio. Este sistema con quince años de trabajo, continúa desarrollando y creciendo el servidor basado en el protocolo SIP de código abierto. Con funciones bastante fuertes como SCTCP asíncrono, TCP, UDP y TLS para ofrecer comunicación segura para todo tipo de datos VoIP, incluyendo texto y video con voz, WebRTC que es compatible con el trabajo de estas soluciones. Este sistema no posee interfaz gráfica para usuario pero si se instala en una dependencia Linux tiene un aspecto parecido al que se ve en la Figura 22.

Figura 22. Kamailio en Linux.



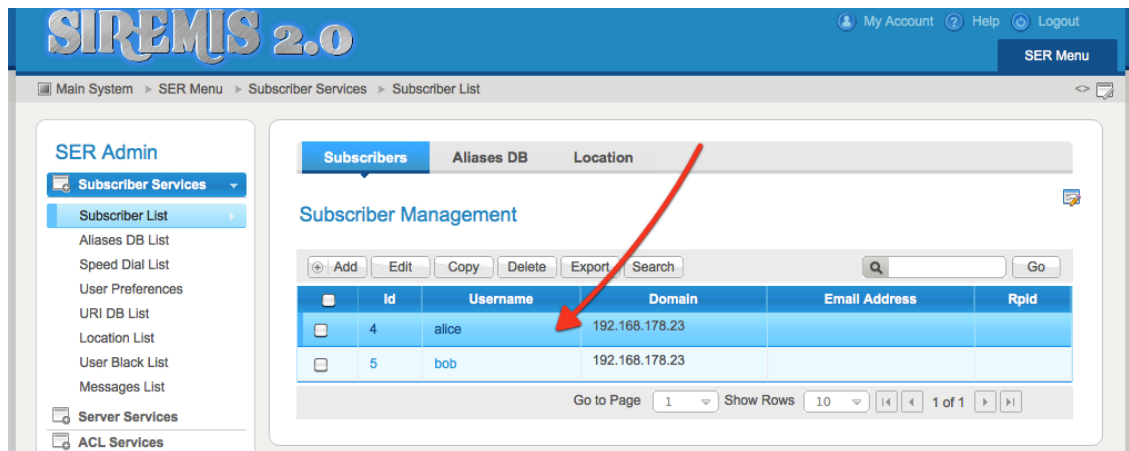
Fuente: stackoverflow.com [32].

Considerado el sucesor de OpenSER, Kamailio es un sistema basado en el protocolo SIP open source lanzado bajo GPL, con capacidad de manejar muchas configuraciones de llamadas cada segundo. Kamailio se puede usar para construir grandes plataformas basadas en VoIP incluyendo comunicaciones en tiempo real: presencia, tiene compatibilidad con mensajería instantánea, WebRTC entre otras. Además, se puede usar

fácilmente para escalar pasarelas basadas en el protocolo SIP con la red pública conmutada, sistemas de PBX o sistemas ya mencionados en el trabajo como FreeSWITCH, Asterisk entre otros [32].

Dentro de las potentes funciones: SCTP asíncrono, TCP y UDP ya previamente mencionados, TLS para VoIP (comunicación segura) para servicios de voz, video y texto, maneja ayuda de WebSockets para el protocolo WebRTC, maneja direccionamiento IPv4 e IPv6, mensajería instantánea y presencia mediante servidores XCAP integrados y relay MSRP con operaciones asíncronas. Otras características básicas son las extensiones de IMS para VoLTE, números DID y enrutamiento de bajo costo, balanceo de carga, conmutación por error de enrutamiento, contabilidad, autorización y verificación de identidad, soporte para muchos sistemas de bases de datos como LDAP, MySQL, Oracle, Postgres, Redis, Radius, MongoDB, Cassandra, entre otros. Su Interfaz de control Json y XMLRPC, monitorización SNMP [13]. Dentro de las soluciones que han surgido en internet para generar interfaz gráfica de usuario se ha utilizado servidores siremis 2.0 para ejecutar funciones básicas de usuario como se ve en la Figura 23.

Figura 23. Siremis 2.0 con Kamailio.



Fuente: kb.asipto.com [33].

Kamailio tiene compatibilidad con mensajes instantáneos y la funcionalidad de presencia, junto con otras funcionalidades como enrutamiento de bajo costo, balanceo de carga, error de enrutamiento por conmutación y para mayor seguridad verificación de identidad. Este sistema oferta tal vez uno de los niveles de seguridad más sólidos en comparación a

varios sistemas, y recomienda fuertemente su solución para cualquier empresa o dispositivo que necesite mantener todo lo más cerrado y seguro posible debido al nivel de encriptación que oferta el sistema. Por otro lado este sistema puede ser un poco más difícil de manejar debido a que requiere conocimientos previos y detallados de SIP para sacar provecho del sistema en su totalidad [13].

2.3.9 PBX In A Flash. Este sistema pretende realizar la configuración de un servidor PBX personal como dice el nombre lo más rápido. Este sistema ha colectado toda la información en un solo software que los clientes necesitan para crear el sistema en menos de una hora, utilizando el sistema operativo de distribución Linux CentOS, incluido Apache de servidor web, SendMail como servidor de correo y MySQL como un servidor de base de datos, así como servidores de seguridad y los protocolos que se necesiten. La plataforma ofrece a los clientes la opción de utilizar Asterisk en sus versiones desde la 1.8, 10, 11 o FreePBX en sus distribuciones 2.9, 2.10 o 2.11 [13]. A continuación se muestra la interfaz gráfica que es bastante amigable para usuarios que no han realizado documentación sobre el tema en la Figura 24.

Figura 24. Interfaz gráfica PBXInAFlash.



Fuente: nerdvittles.com [34].

Los clientes tienen dentro de las posibilidades escoger entre varios complementos para utilizar el sistema a su manera con características útiles como backups automáticos, identificadores de llamadas con búsqueda, SSL (seguridad de claves), Google Voice como integración, conversor de texto a voz y fax entre otras funcionalidades. El sistema tiene un diseño simple para manejar y sus herramientas complementarias pueden ser instaladas en poco tiempo. Manteniendo la calidad sin problemas, PBXInAFlash tiene ventajas de adopción frente a otros sistemas [35].

Dentro de la instalación se incluyen varias herramientas extra. Por ejemplo una vez que se haya instalado el sistema, se obtiene un servidor completamente funcional con el último sistema operativo Debian Linux, más el sistema telefónico 3CX V15.5. 3CX V15.5 es una completa plataforma de comunicaciones unificadas que incluye clientes de escritorio para Windows y Mac y clientes de teléfonos inteligentes para iOS y Android. De las últimas versiones en interfaz gráfica encontradas en internet se puede observar el entorno amigable cuando se despliega para observar la conexión de las troncales y extensiones conectadas como se ve en la Figura 25.

Figura 25. Pantalla principal de PBXInAFlash.

The screenshot shows the main interface of PBXInAFlash. On the left is a navigation menu with options like System Status, Trunks, Extensions, and Queues. The main content area is divided into several panels:

- System Status:** A header bar with a 'Logout' button.
- Trunks:** A table listing various trunks with columns for Status, Trunk, Type, Username, and Port/Hostname/IP.

Status	Trunk	Type	Username	Port/Hostname/IP
	FutureNine	sip		incoming.future-nine.com
	CallCentric	sip		callocentric.com
	didlogic	sip		sip.didlogic.net
	ipcomms	sip		2way.ipcomms.net
	icentat_user	sip		did.voiples.net
	Vitelity	sip		inbound1.vitelity.net
	VoIPms	sip		atlanta.voip.ms
- Extensions:** A table listing extensions with columns for Extension, Name/Label, Status, and Type.

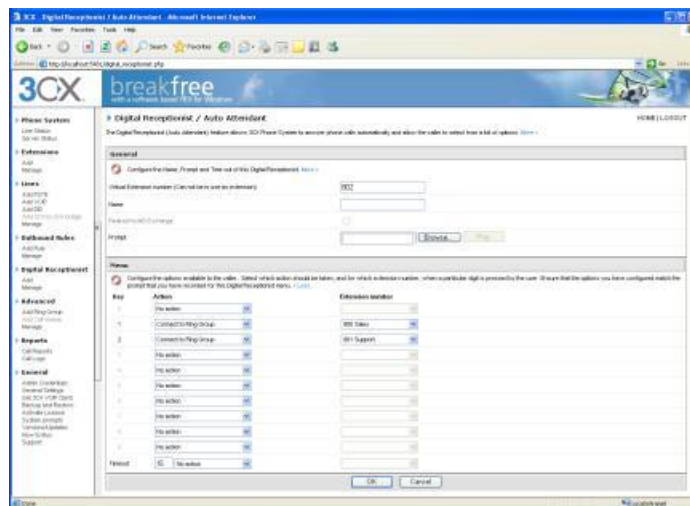
Extension	Name/Label	Status	Type
6001	6001	Messages: 0/0	SIP User
6002	6002	Messages: 1/0	SIP User
--	RingGroup1		Ring Group
7000	Greeting		Voice Menu
7001	Nerd Vites Demo IVR		Voice Menu
*98	Check Voicemails		VoiceMailMain
1020	Dial by Names		Directory
- Conference Rooms:** A section with a 'Parking Lot' and a table for 'No Parked Calls' with columns for Caller ID, Channel, Extension, and Timeout.
- System Info:** A panel showing system details like Hostname (localhost.localdomain), OS Version (Linux localhost.localdomain 2.6.32-504.3.3.el6.x86_64 #1 SMP Tue Dec 16 14:29:22 CST 2014 x86_64 x86_64 x86_64 GNU/Linux), Asterisk Build (Asterisk/11.15.0), Asterisk GUI-version (SVS-branch-2.0-r5220), Server Date & Timezone (Sat Jan 31 15:00:00 EST 2015), and Uptime (14:59:59 up 4:52, 1 user, load average: 0.00, 0.00, 0.00).

Fuente: nerdvittles.com [34].

Dentro de sus características la que más resalta es la videoconferencia para todos los usuarios. PBXinaflash es fácil de instalar: los teléfonos IP, troncales y puer-tas de enlace se configurarán automáticamente. ¡Pero lo que realmente separa a PBX en un Flash 5 de la competencia es su facilidad de actualización y adminis-tración indolora! El sistema operativo subyacente Debian puede actualizarse au-tomáticamente, así como 3CX V15.5. Puede instalar PBXinaflash 5.5 en una máquina virtual, directamente en el hardware, o ejecutarlo en la nube utilizando, por ejemplo, Google Cloud o OVH [36].

2.3.10 3CX. Es una centralita de propietario basada en el protocolo SIP que permite a las extensiones realizar llamadas a través de la red de telefonía pública conmutada (PSTN) o mediante servicios de voz sobre IP. Trabaja para Windows y Linux siendo un sistema de telefonía comercial IP que admite teléfonos convencionales o softphones (incluso tienen su propio desarrollo de este), servicios VoIP y líneas telefónicas PSTN tradicionales [37]. A continuación se muestra la interfaz gráfica de 3CX en la Figura 26.

Figura 26. Interfaz gráfica 3CX.

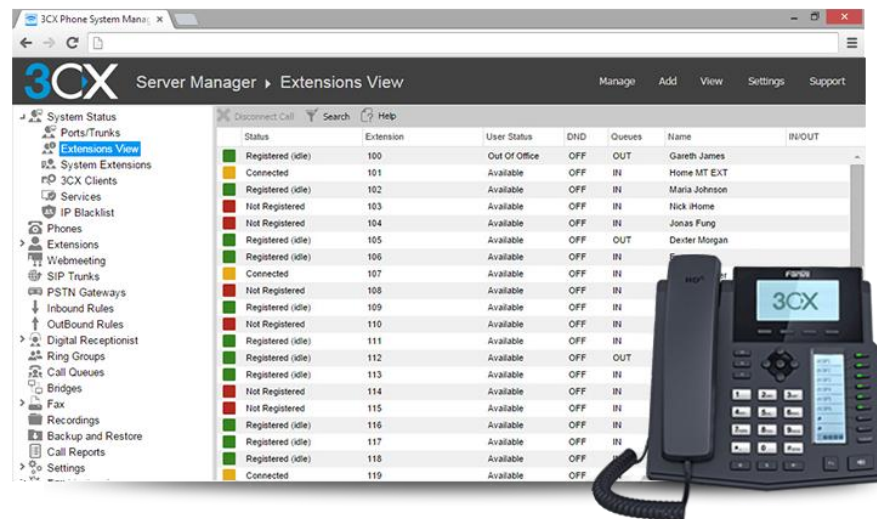


Fuente: Waybackmachine [38].

Las conexiones de esta centralita son más complejas debido a que no es un software libre aunque se pueden encontrar configuraciones sencillas que utilizan El asistente de configuración inicial comienza preguntando acerca de las extensiones que desea configurar, después de lo cual depende de usted instalar los teléfonos reales o los softphones de PC. Se puede usar cualquier teléfono SIP (Protocolo de inicio de sesión), al

igual que los adaptadores SIP para convertir teléfonos analógicos / digitales comunes para su uso con VoIP. En el lado negativo, estos pueden ser difíciles de configurar, por lo que 3CX ofrece instrucciones detalladas para ayudar a configurar los productos más populares de los proveedores líderes como Grandstream, Linksys y Snom [38]. El uso más efectivo de su sistema son los softphones los cuales no entran dentro del software que cobran por su uso, en la Figura 27 se observa el panel de control 3CX.

Figura 27. Panel de control 3CX.



Fuente: ICT GLOBE [39].

3CX es rentable con muchas puertas de enlace VoIP, como Patton, Grandstream, Sangoma y también Berofix. Una edición para pequeñas empresas, que atenderá a empresas de hasta 30 extensiones, costará solo 595 euros.

No se necesita ningún hardware especial, solo una PC con Windows común, incluso una máquina virtual si se prefiere. La instalación tomó solo unos minutos en nuestro sistema de prueba sin ningún problema para que todo funcionara, a pesar de que los componentes, incluido un servidor web Apache y el servidor de base de datos PostgreSQL, están lejos de ser estándar, al menos en lo que respecta a Windows [40].

2.4 Cuadro comparativo. Por último, se muestra una comparación de los sistemas investigados para seleccionar el mejor, en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de sistemas de VoIP.

	3CX	Elastix	Kamilio	FreeSWITCH	FreePBX	PBXInA Flash	Open PBX	Open SIPs	SIPFOUN DRY	Asterisk
Libre de uso	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI (Pago antes)	SI	SI	SI
GUI Web	SI	SI	NO (ADS de terceros)	NO (ADS de terceros)	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Soporte de video	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
IM/Chat	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Presencia	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
Autoasistente IVR	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Soporte de integración	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI
Aplicaciones móviles	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI
Soporte WebRTC	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI

Fuente: Autor.

Las características evaluadas son parámetros mínimos para trabajar una solución de VoIP a nivel empresarial. El primer ítem es uno de los más importantes, ya que el uso libre es un factor clave para desarrollar la propuesta ya que se quiere ahorrar costos en las empresas cuando se implementa un sistema de voz sobre IP, por lo que las soluciones de 3CX y Elastix quedan fuera a pesar de ofrecer las otras características. El segundo ítem también debe ser tenido en cuenta debido a que la solución debe ofrecer fácil manejo para la empresa y que no requiera demasiada especialización a la hora de asignar extensiones y establecer comunicación entre estas, por lo que soluciones como Kamailio, FreeSWITCH y OpenSIPs quedan descartadas ya que sólo manejan configuración por interfaz de comando. El tercer ítem es el soporte de video, si se tiene en cuenta que la comunicación hoy en día no es sólo telefonía sino también presencia por vídeo son dos soluciones que no presentan esta característica que son PBXInAFlash y OpenPBX, entonces quedan descartadas. Los siguientes ítems que son mensajería instantánea (IM Chat), presencia, IVR (menú contestadora), soporte de integración y aplicaciones móviles pueda que no sean absolutamente necesarios, sin embargo hay sistemas que si lo soportan como otros que no que se han ido descartando. El último ítem es el protocolo WebRTC el cual es bastante usado en soluciones de voz sobre IP y el sistema que no lo soporta es SIPFOUNDRY por lo que se descarta este sistema.

Por último nos quedan dos de estos sistemas que dan soporte de todas las características evaluadas en el cuadro comparativo, estos son Asterisk y FreePBX. En un principio se podría decir que serían la mejor opción.

Teniendo en cuenta que en la investigación se encuentra que FreePBX es un producto que deriva de Asterisk, es decir lo incluye, es uno de los factores que lo hacen una solución más fuerte que trabajar solo con Asterisk, en pocas palabras, se tiene lo mejor de ambos sistemas en uno solo. Por lo que se decide seleccionar el sistema FreePBX para realizar la configuración de la solución.

3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE CENTRALITA

Con la información del capítulo anterior, teniendo en cuenta que se seleccionó la plataforma FreePBX para trabajar, se procede a la instalación de esta en las dos máquinas con la topología propuesta en la Figura 2, realizando la configuración de ambas para que se encuentren en el mismo segmento de red y funcionando la interfaz gráfica de usuario que es uno de los puntos por los cuales se seleccionó el sistema. A continuación, se indican los requisitos para utilizar este sistema debido a que se trabajó con máquinas que provee la empresa para poder realizar la configuración de la centralita en cuanto al plan de marcación y se comprueba el funcionamiento de este montaje.

3.1 Requisitos técnicos. Luego de la comparación entre centralitas se decide trabajar con FreePBX que es junto a Asterisk de las plataformas más completas para trabajar y con la cual se pueden realizar las pruebas. Antes de esto se deben tener en cuenta ciertos parámetros técnicos a tener en cuenta en el montaje, teniendo en cuenta que el hardware utilizado fueron ordenadores de 64 bit con procesadores de 9GHz y memoria de 20GB.

3.1.1 VMware. Es una empresa de DELL INC la cual maneja software de virtualización para computadores. El software que se utilizó en el proyecto es VMware Workstation que es un hipervisor que se ejecuta en versiones x64 de los sistemas operativos de Windows y Linux, el cual permite a los usuarios puedan configurar máquinas virtuales (VM) desde una sola máquina física, y utilizarlos simultáneamente junto con la máquina real. Dentro de las extensiones que maneja se encuentra la .ISO la cual se puede ajustar al sistema de red mediante dos interfaces virtuales para conectar la red física que se tiene en la máquina real. Como requerimiento del montaje se descarga el VMware WorkStation que se encuentra en su versión 14 en la página:

<https://www.vmware.com/products/workstation-pro/workstation-pro-evaluation.html>

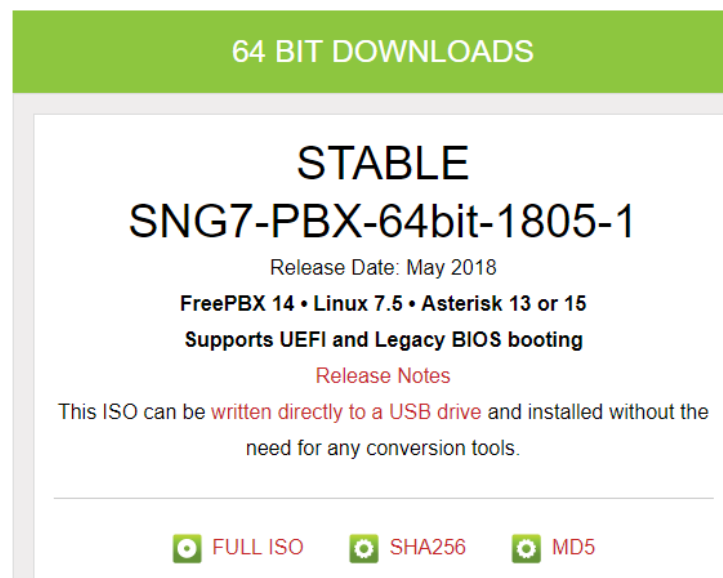
El virtualizador de software permite crear un entorno simulado de varios ordenadores, es decir sistemas operativos, dentro del mismo equipo sin problemas de memoria o uso de CPU. Pero como es una interfaz en la mitad del equipo y el sistema operativo funcionando en el hardware que se emula, la velocidad de trabajo de la máquina simulada es menor.

Aunque en casi todos los casos la velocidad es la necesaria para trabajar en un entorno de producción [41].

3.1.2 CentOS 7. De las siglas “Community ENTERprise Operating System”, es un sistema operativo derivado a nivel binario del sistema operativo RedHat de Linux de open source para trabajar a nivel empresarial. Su última versión se encuentra en la siete con actualizaciones de seguridad hasta 2024.

El software de FreePBX que se encuentra en la página oficial: <https://www.freepbx.org/downloads/> el cual es un archivo de extensión .ISO, tiene la distribución de FreePBX 14, con el sistema operativo CentOS7 y las distribuciones de Asterisk 13 y 15 pero en este caso utilizamos la 13 que es la recomendada y estable, como se observa en la Figura 28.

Figura 28. Descarga del archivo .ISO.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en FreePBX [30].

3.1.3 Configuración Asterisk archivo sip.conf. El archivo de configuración del canal sip.conf contiene la configuración para el controlador del canal chan_sip.so, junto con la

información y las credenciales necesarias para que un dispositivo de telefonía se comunique con Asterisk e interactúe con él.

Este archivo puede tener bastantes parámetros para ingresar, pero en el escenario que se plantea sólo se requieren 5 parámetros.

1. El parámetro **type** tiene tres opciones las cuales son: **Peer** que junta los pedidos de entrada a la configuración usando la dirección IP y el puerto, **User** el cual junta los pedidos de entrada a la configuración usando el nombre de usuario de la cabecera del pedido SIP y **Friend** que utiliza la configuración de las dos anteriores, para aplicaciones de softphones.
2. El parámetro **host** es el dominio o el nombre de host del servidor SIP.
3. El parámetro **allow** permite códecs por orden de preferencia si no hay ninguno en específico se pone **all**.
4. El parámetro **context** define el contexto predeterminado y se usa cuando un terminal no tiene propiedad de contexto. El contexto en la sección de un terminal se usa para enrutar llamadas desde ese punto final al destino deseado. El cuerpo del contexto se encuentra en `extensions.conf`.
5. Y por último el parámetro `Insecure` es para permitir la conexión de otras troncales sin firewall u otras herramientas de seguridad que posee FreePBX. Entre sus opciones se encuentran: **very** para conexiones generales con alta inseguridad, **yes/no** para habilitar este parámetro, **invite** para sistemas con softphones y **port** para permitir un puerto específico de la comunicación con este parámetro [42].

3.1.4 Configuración Asterisk archivo `extensions.conf`. El archivo de configuración del plan de marcado de las extensiones, el cual se compone de cuatro conceptos principales: contextos, extensiones, prioridades y aplicaciones. Si no se diseña el plan de marcado con cuidado, puede permitir que otros utilicen su sistema de manera ilegal.

3.1.5 Contextos. Los contextos evitan que las diferentes partes del plan de marcado interactúen entre sí. Una extensión que se define en un contexto está completamente aislada de extensiones en cualquier otro contexto, a menos que la interacción esté específicamente permitida [14].

Los contextos se definen dentro de llaves y el nombre del contexto como por ejemplo **[from-internal]** y un uso importante de los contextos es el proporcionar seguridad. Al usar contextos correctamente se puede dar acceso a ciertas personas que llaman a funciones que no están disponibles para otros.

3.1.6 Extensiones. Acá no solamente se refiere al identificador numérico que, cuando se marca, timbra en un teléfono o en un recurso como el correo de voz.

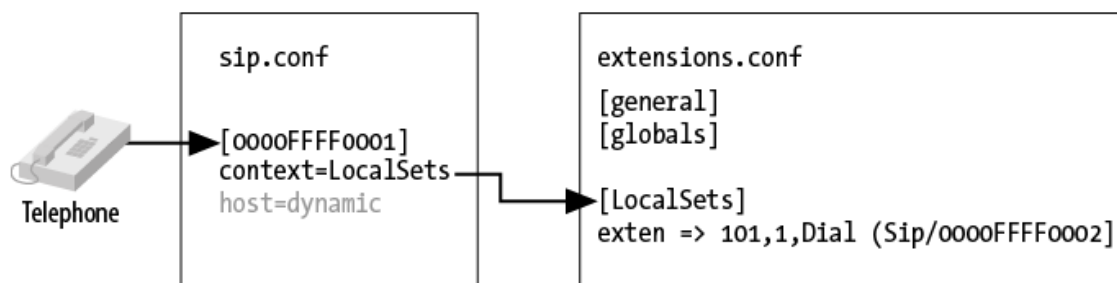
En Asterisk las extensiones tienen mayor relevancia, debido a que la serie de pasos (reglas que sigue el plan de marcado) a través de la cual Asterisk toma esa llamada. Dentro de cada contexto se puede definir tantas extensiones como se necesitan. Cuando se activa una extensión en particular ya sea por una llamada entrante o por un número marcado, Asterisk seguirá los pasos definidos para esa extensión. Tienen una sintaxis en particular que comienza con **exten => nombre, prioridad, aplicación()** por lo que estas son las que especifican qué ocurre con las llamadas a medida que avanzan por el plan de marcado [42].

3.1.7 Prioridades y aplicaciones. Cada extensión puede tener múltiples pasos, llamados prioridades. Las prioridades se numeran secuencialmente, comenzando con 1, y cada una ejecuta una aplicación específica, como por ejemplo **exten => 666,1, Answer()** y luego **exten => 666,1, Hangup()** lo que ejecuta contestar y colgar la llamada. No hay necesidad de siempre poner **exten** si se tiene un proceso que lleva una acción anterior se puede definir como **same**. En este punto también se mencionaron las aplicaciones **Answer()** y **Hangup()**, estas son la base del plan de marcado.

Cada aplicación realiza una acción específica en el canal actual, como reproducir un sonido, aceptar la entrada de tono, buscar algo en una base de datos, marcar un canal, colgar la llamada, etc [42].

Después de esta explicación en este diagrama se puede observar como se juntan los dos archivos de sip.conf y extensions.conf en una arquitectura sencilla, en la Figura 29.

Figura 29. Conexión entre sip.conf y extensions.conf.



Fuente: Asterisk™: The Definitive Guide [42].

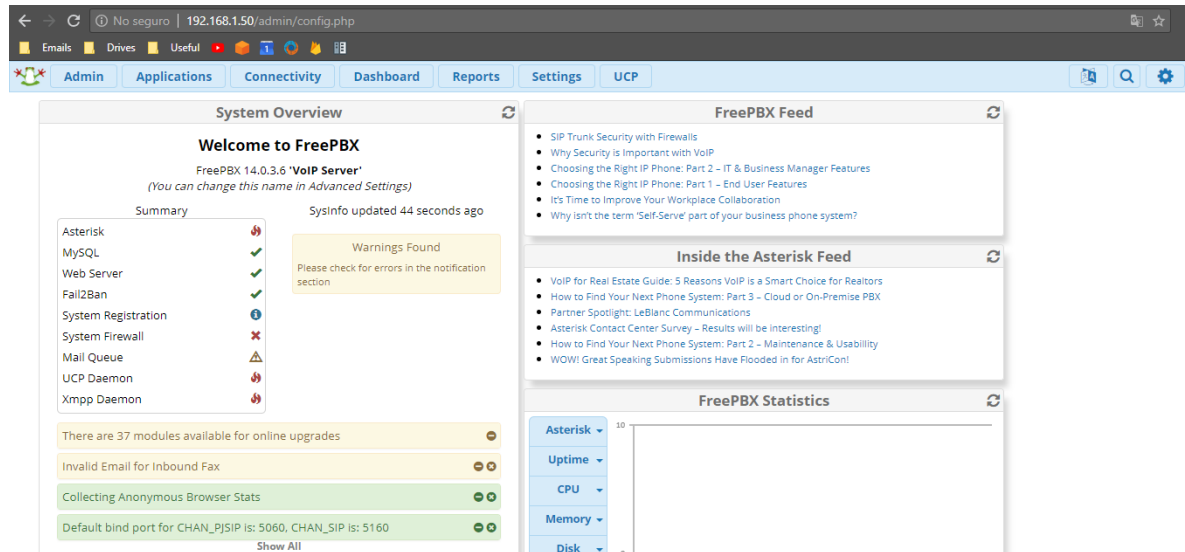
Así con esta información recolectada se procede a realizar el montaje de las dos troncales para VoIP y analizar su posible implementación a nivel empresarial.

3.2 Configuración de extensiones

Después de esta configuración se verifica si se tiene acceso a la interfaz web de los dos servidores, desde un navegador se ingresa la dirección IP asignada. Donde aparecerá la configuración para establecer el usuario y contraseña, con el fin de ingresar a la GUI de FreePBX.

Se ingresa el usuario y la contraseña. En la pantalla principal de la GUI nos muestra estadísticas y datos de la máquina si está siendo en uso y alertas, como se ve en la Figura 30.

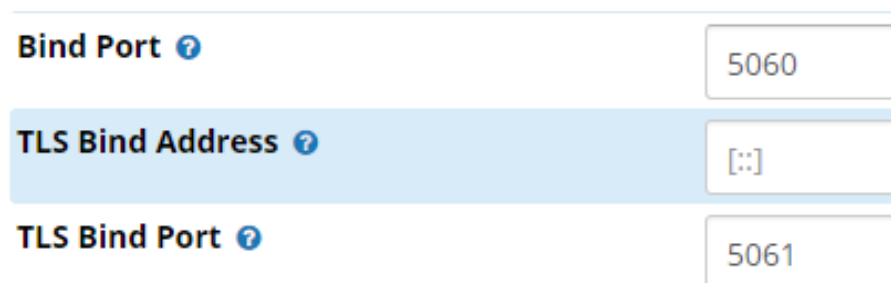
Figura 30. Página principal FreePBX.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

En este punto se puede empezar a crear las extensiones y llamar localmente en las troncales ya que no se ha configurado la comunicación de estas. Pero se debe tener en cuenta que la configuración por defecto de Asterisk tiene el puerto 5061, uno que no es estándar para muchos softphones o aplicaciones a las cuales no se les puede cambiar este puerto. En este escenario se va a configurar el puerto 5060 que es uno más común en los diferentes aplicativos que se utilizan en esta propuesta. Se pica en **Settings** y en **Asterisk SIP Settings**. Después en **Chan SIP Settings** y se baja hasta Advanced General Settings donde podemos observar el Bind Port y el TLS, ahí se configura de la siguiente forma como se ve en la Figura 31.

Figura 31. Bind Port y TLS Bind Port.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

Y después se pica en la pestaña **ChanPJSIP** y se baja hasta 0.0.0.0 udp donde se debe cambiar el puerto de escucha debido a que se cambiaron los otros así como se ve en la Figura 32.

Figura 32. Puerto de escucha.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

Se pica abajo en **Submit**, luego arriba en **Apply Config**. Además, al haber realizado estos cambios se debe reiniciar el servicio de Asterisk desde la máquina virtual con el comando **service asterisk restart**, debido a que es configuración del servicio total. La misma GUI nos indica que debe hacerse esta acción.

Después de esto si se pueden crear las extensiones picando en **Applications** y luego en **Extensions**. Para la primera troncal creamos las extensiones 101 y 103 de chan_sip con los nombres Eddy y prueba respectivamente, con contraseña designada para evitar entradas externas. Se crean picando en **Add Extension** y en **Add New Chan_SIP Extension**.

Dentro de estas los únicos datos que se deben agregar son los primeros los cuales son:

1. User Extension: El número de la extensión el cual recomiendan sea entre 3 o 4 dígitos.
2. Display Name: Es el nombre que se asocia a la extensión o el denominado CallerID cuando se trabaja con troncales.
3. Outbound CID: Sobreescribe el Caller ID cuando se llama por fuera de la troncal.
4. Secret: Es la contraseña configurada cuando se quiere acceder a la extensión mediante un software [43].

Los campos se llenan como se muestra a continuación en la Figura 33.

Figura 33. Datos extensión.

Add SIP Extension **102**

General Voicemail Find Me/Follow Me Advanced Pin Sets Other

— Add Extension

This device uses **CHAN_SIP** technology listening on Port 5060 (UDP)

User Extension

Display Name

Outbound CID

Secret

50-50

<input type="checkbox"/>	Extension	Name	CW	DND	FM/FM	CF	CFB	CFU	Type
<input type="checkbox"/>	101	Eddy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sip
<input type="checkbox"/>	103	prueba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sip

Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

Después de llenar los campos se pica en **Submit** abajo y arriba en **Apply Config**. Las extensiones quedan creadas y ya se puede acceder a ellas. Más adelante se indica cómo. Para la segunda troncal se crearon las extensiones 201 y 202 llamadas prueba y redirigida sin ninguna modificación alguna con la misma contraseña que las otras extensiones para evitar confusión a la hora de realizar pruebas de llamadas y se observan como en la Figura 34.

Figura 34. Extensiones.

Extension	Name	CW	DND	FM/FM	CF	CFB	CFU	Type
201	prueba	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sip
202	redirigida	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sip

Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

Luego de crear las extensiones se pueden realizar pruebas de llamadas locales entre las mismas extensiones, lo que se tiene en cuenta es el software que se utiliza para ingresar a cada una de las extensiones.

3.3 Ingreso de extensiones en diferentes softphones

3.3.1 Zoiper5. El software Zoiper5 es un softphone que funciona para Windows, macOS y Linux, el cual posee integración de contactos, presencia, llamada en conferencia, transferencia de llamada y cifrado [44].

Se descarga de la página <https://www.zoiper.com/en/products/zoiper5> totalmente gratis y luego para ingresar primero pregunta si se tiene una licencia para manejar mas opciones (PRO) o si se quiere continuar con usuario gratis. Pide usuario el cual debe ir con el formato de **extension@direcciónIP:puerto** y contraseña con un formato específico y la contraseña que se asignó, como se ve en la Figura 35.

Figura 35. Zoiper.



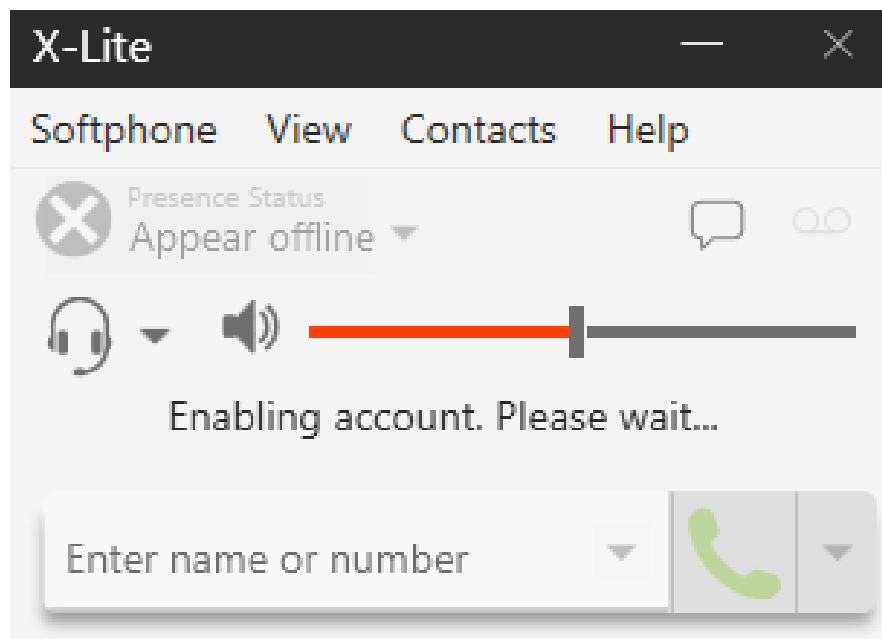
Fuente: Zoiper [44].

Se pica en **Login**, se verifica que la dirección IP es la correcta y el puerto en la pantalla y se pica **Next**, luego si tenemos autentica **Skip**. Luego si todo está bien en los ítems que cargan debe salir SIP UDP found en verde y listo queda registrada la extensión, si no debe revisarse si hay conexión y si no aparece en la GUI de FreePBX algo en rojo como el piñon o el mensaje Cannot Connect to Asterisk.

3.3.2 X-Lite. El software X-Lite es un softphone de la compañía CounterPath que combina llamadas de voz y video en una interfaz fácil de usar y ayuda a realizar una transición sin inconvenientes desde un entorno telefónico tradicional al mundo de Voz sobre IP. Se descarga de la página <https://www.counterpath.com/x-lite/> también gratis, se instala y aparece de una vez el entorno gráfico del softphone [45].

En la Figura 36 se ve la interfaz del softphone.

Figura 36. X-Lite.



Fuente: X-Lite [46].

Intenta establecer la cuenta, pero no la encuentra así que se pica en **Softphone** y **Account Settings** donde se ingresan los datos de la extensión que son el nombre de la cuenta y el UserID que serían el número de la extensión, el dominio sería la dirección IP y Password la contraseña asignada a la extensión, como se muestra a continuación en la Figura 37.

Figura 37. X-Lite extensión.

Account Voicemail Topology Presence Transport Advanced

Account name: 101

Protocol: SIP

Allow this account for

Call

IM / Presence

User Details

* User ID: 101

* Domain: 192.168.1.50

Password: ●●●●●●

Fuente: X-Lite [46].

Luego se pica en **Ok**, y si está funcionando de una vez da chulo verde y queda el Presence Status Available. Este softphone no requiere de más instrucciones debido a que tiene el puerto por defecto 5060 que se configuró anteriormente en las troncales.

3.3.3 3CXPhone. El softphone 3CX para Windows es un softphone gratuito desarrollado por 3CX. Se puede usar para realizar y recibir llamadas telefónicas de VoIP directamente desde el computador.

La ventaja de utilizar el softphone 3CX para Windows es que puede aprovechar llamadas VoIP de bajo costo o gratuitas. La interfaz fácil de usar permite a los usuarios realizar y recibir llamadas como si se tratara de un teléfono de escritorio físico [46].

Se descarga de la página <https://www.3cx.com/voip/softphone/> gratis para Windows, se instala y también aparece el entorno gráfico del softphone. En la Figura 38 se observa la interfaz del softphone 3CX.

Figura 38. 3CXPhone.



Fuente: 3CX [47].

Aparece no conectado (Not connected) porque no se han ingresado los parámetros de la extensión en el softphone, se pica en la parte superior derecha de la pantalla y despliega un menú de cuentas, se pica en **New**. Luego nos pide los datos de la extensión que son Account name, Caller ID y Extension, ID que son el número de la extensión, Password que es la contraseña que se asignó. En my location se pica en la opción I am the office – local IP y se ingresa la dirección IP y por último se pica chulo en Use 3CX Tunnel para poner el puerto 5060 asignado en la troncal, tal como se ve en la Figura 39.

Figura 39. 3CXPhone extensiones.

Account settings

Account name: 101
Caller ID: 101

Credentials
Enter your SIP account credentials
Extension: 101
ID: 101
Password: *****

My location
Specify the IP of your PBX/SIP server
 I am in the office - local IP 192.168.1.50 of PBX
 I am out of the office - external IP of PBX

Use 3CX Tunnel
Eliminates firewall configuration. Requires 3CX Phone System for Windows
Local IP of remote PBX: 192.168.1.6
Tunnel password: *** Port: 5060

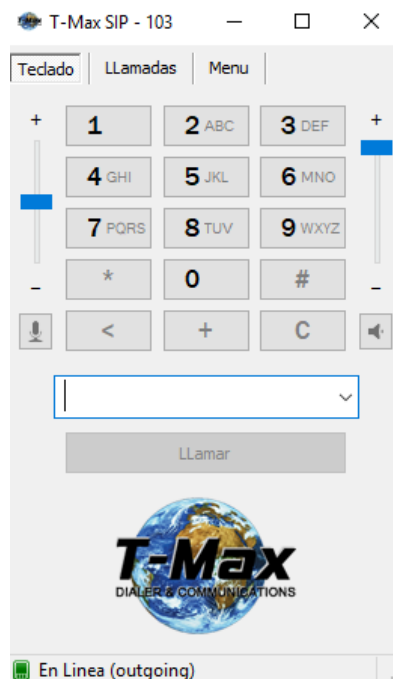
Fuente: 3CX [47].

Si todo está bien aparece OnHook en la parte izquierda de abajo.

3.3.4 T-Max SIP. El softphone T-Max SIP para Windows y OS es un softphone gratuito desarrollado por T-Max Dialer & Communications cuya tecnología es compatible con casi cualquier plataforma de IP PBX basada en SIP, como Blue Box, Free PBX, Asterisk y Trixbox [47].

Se descarga de la página <https://tmaxdialer.com/t-maxsip-free-sip-softphone/> y de una vez aparece la interfaz del softphone que tiene incorporados datos del pc para realizar llamadas en la red, pero se debe configurar la extensión para no generar problemas en la red. En la Figura 40 se observa la interfaz del softphone.

Figura 40. T-Max SIP.



Fuente: T-Max [27].

Se pica en **Menu**, luego en **Editar Cuenta**. Ahí se ingresan los parámetros de Usuario (número de la extensión), dominio (dirección IP), Contraseña y Transporte UDP como se ve a continuación en la Figura 41.

Figura 41. T-Max SIP extensiones.

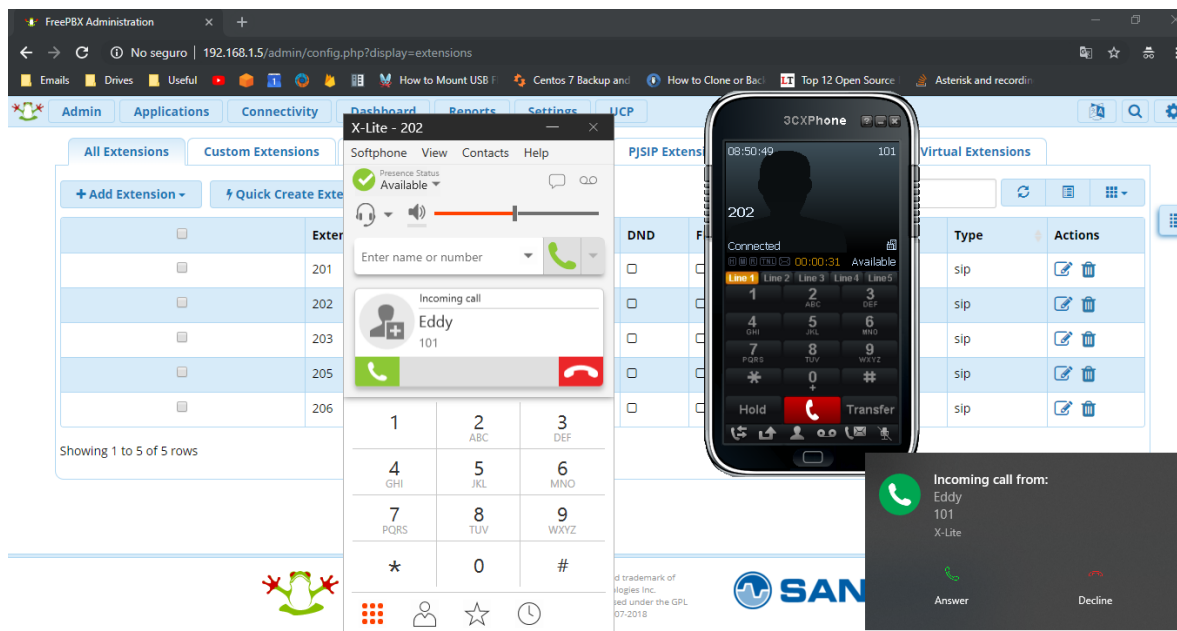
Usuario	<input type="text" value="103"/>
Dominio	<input type="text" value="192.168.1.50"/>
Ident. usu. autoriz.	<input type="text"/>
Contraseña	<input type="password" value="••••••••"/> Mostrar Contraseña
Tu Nombre	<input type="text"/>
Comunicacion Cifrada	<input type="text" value="Desactivado"/>
Transporte	<input type="text" value="UDP"/>

Fuente: T-Max [28].

Se pica en **Guardar** y luego si todo está bien aparece en la parte inferior izquierda con un celular verde en línea (outgoing).

Luego de haber configurado las extensiones y los softphones se realizan llamadas entre las extensiones de cada troncal para comprobar el funcionamiento de la conexión y el montaje. Se observa que efectivamente funciona en la Figura 42.

Figura 42. Funcionamiento de las troncales.



Fuente: Autor.

Habiendo realizado llamadas comprobando el funcionamiento ahora se observa el comportamiento de los ordenadores y los servidores cuando se realizan llamadas tanto únicas como simultáneas y luego se muestra la tarificación de soluciones en Bogotá para así continuar con el desarrollo del trabajo.

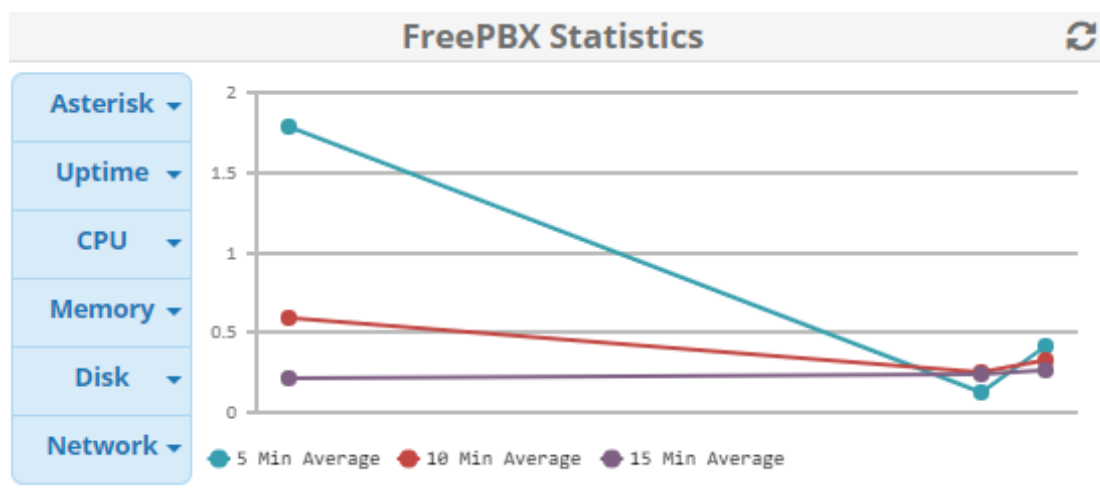
3.4 Comportamiento de CPU en las troncales realizando llamadas

Durante las pruebas hay muchos factores que pueden ser revisados gracias al uso de la consola gráfica de FreePBX. En este escenario se decidió revisar el comportamiento de la CPU cuando se realizan llamadas debido a que es uno de los factores importantes a revisar si se va a implementar en computadores a nivel corporativo.

El primer escenario que revisar es realizar llamadas entre las troncales para observar el comportamiento de estas frente al uso de CPU durante esta llamada y si genera congestión en los recursos de una máquina física.

3.4.1 Una sola llamada. Cuando se realiza una llamada desde la segunda troncal a la primera troncal con las extensiones (de la 201 a la 103) se observa el comportamiento de los ordenadores en cuanto a rendimiento. Primero observamos el comportamiento de la primera troncal en cuanto a uso de la CPU de 0 a 100% en la Figura 43.

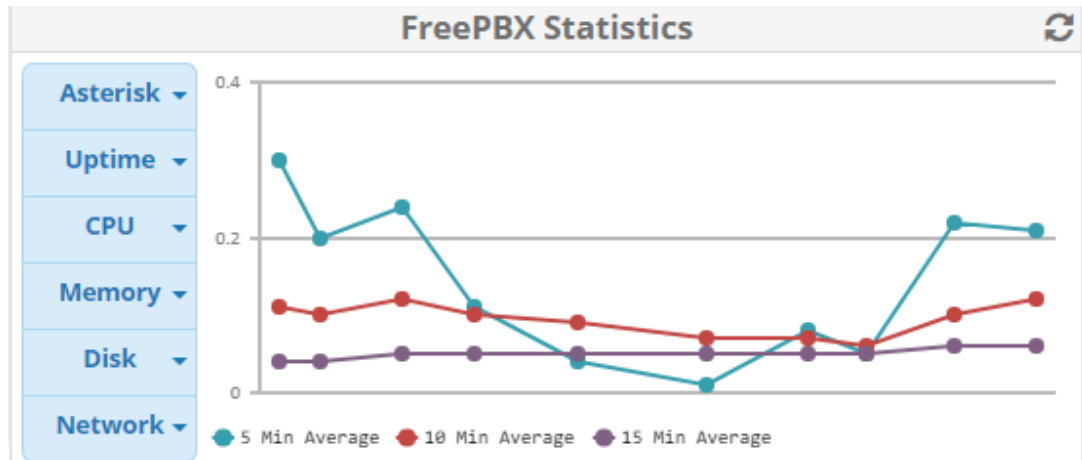
Figura 43. Comportamiento de CPU primera troncal una llamada.



Fuente: Pruebas hechas por el autor en FreePBX.

Al haber iniciado la máquina tenía un rendimiento mayor que fue decreciendo, pero cuando se realizó la llamada aumento llegando a 0.4% de uso en la línea de 5 minutos alrededor lo que indica que el rendimiento de la CPU sólo aumento en valores pequeños. Ahora se observa el rendimiento de la segunda troncal en la Figura 44.

Figura 44. Comportamiento de CPU segunda troncal una llamada.

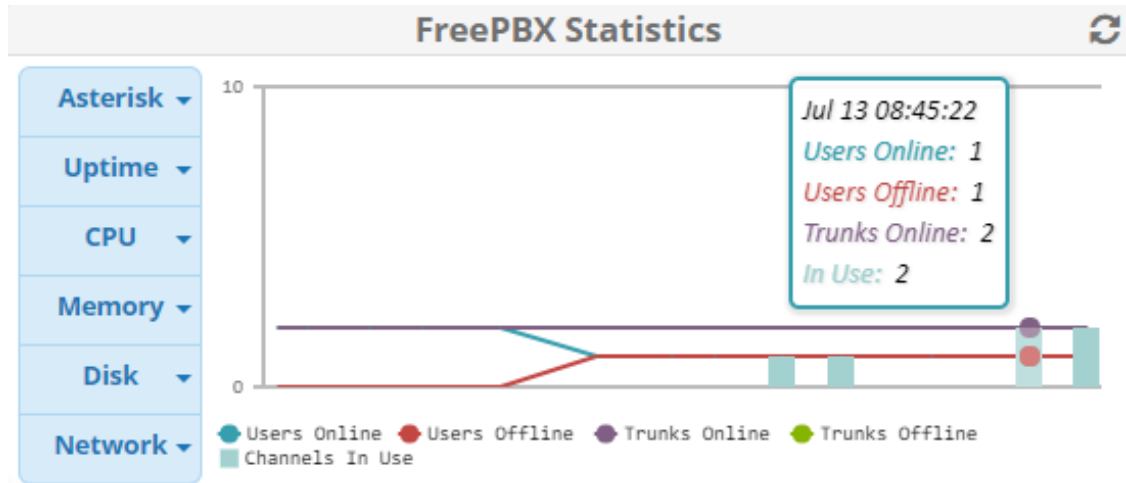


Fuente: Pruebas hechas por el autor en FreePBX.

Se observa que mientras se inició la máquina su rendimiento decreció, pero cuando se realizó la llamada si llegó a casi el mismo punto de partida, pero comparando los valores no superan el rendimiento de 0.4% de uso que tuvo la anterior troncal, lo que indica que es un buen indicio de rendimiento de CPU cuando se realizan llamadas con constante sonido. Otro factor importante que resaltar es que las llamadas con troncales no tienen el mismo uso de recursos que llamadas locales debido a que distribuyen los recursos con las dos máquinas ya que las llamadas locales si ocupan los recursos de una sola troncal.

3.4.2 Dos llamadas simultaneas. Después de realizar una sola llamada, ahora se realiza la prueba de dos llamadas simultáneas. En este caso se vuelve a realizar la llamada de las extensiones 201 a la 103 y se agrega de la 202 a la 101. Un factor importante es que en la plataforma de FreePBX nos indica el número de llamadas (canales en uso) cuando ya no es sólo una llamada, como podemos ver a continuación en la Figura 45.

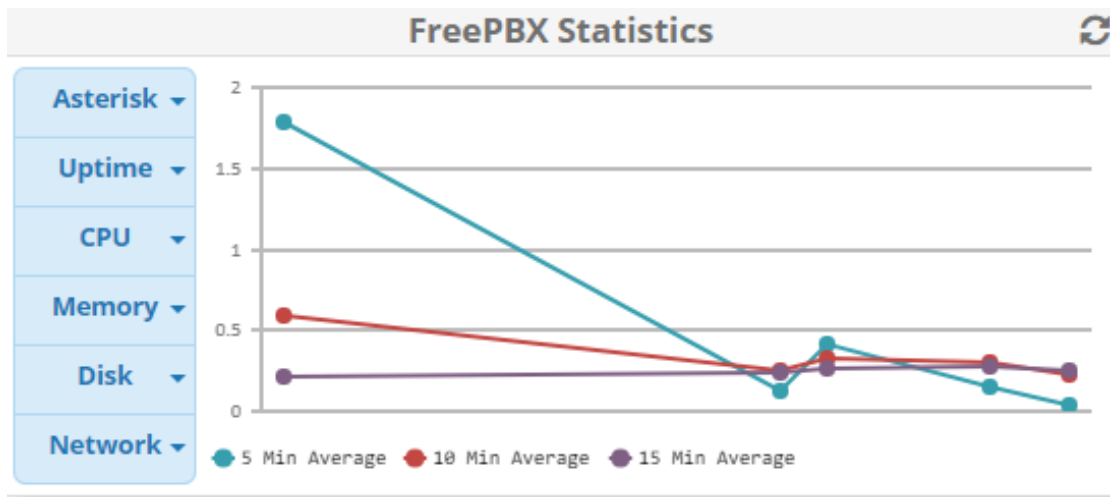
Figura 45. Canales en uso segunda troncal.



Fuente: Pruebas hechas por el autor en FreePBX.

Entonces observamos el comportamiento de la CPU de la troncal 1 cuando se encuentra con dos llamadas simultáneas en la Figura 46.

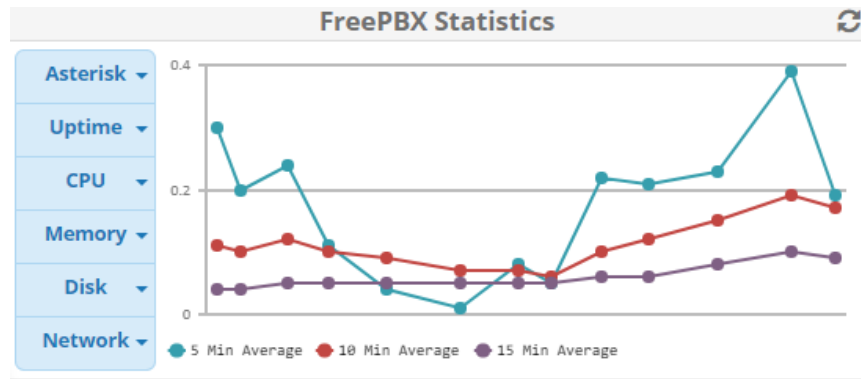
Figura 46. Comportamiento de CPU primera troncal dos llamadas.



Fuente: Pruebas hechas por el autor en FreePBX.

Como se puede observar no ha cambiado el uso de CPU al realizar dos llamadas simultáneas para la troncal 1. Ahora se observa para la troncal 2 si es el mismo escenario en la Figura 47.

Figura 47. Comportamiento de CPU segunda troncal dos llamadas.



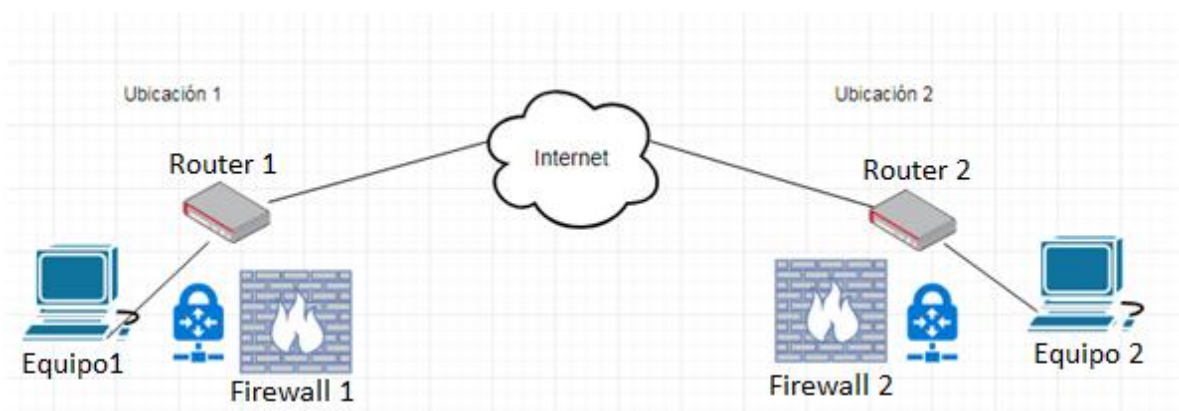
Fuente: Pruebas hechas por el autor en FreePBX.

Se puede observar que el rendimiento de la troncal 2 si aumentó hasta llegar a un pico de 0.4% de uso lo que indica que al distribuir el uso de recursos en las llamadas se fue hacia una sola troncal, pero sigue siendo un rendimiento bajo en comparación a procesos que si ocupan bastante uso de recursos en una CPU.

Así pues cuando se realizan las llamadas los sistemas no hacen uso de recursos significantes cuando se instalan en un ordenador en uso. Esta característica es fundamental cuando se hace uso de un servicio que requiere disponibilidad media o alta, haciéndola una solución viable para una implementación a nivel corporativo.

Si se pretende realizar una conexión entre empresas que se encuentran en diferentes zonas de la ciudad o tal vez realizar conexiones en otros países, se requiere un dispositivo de red virtual privada (VPN), que trabaje como firewall o enrutador de clase empresarial en cada ubicación, ilustrado en la Figura 48 a continuación.

Figura 48. Topología de red a distancia.



Fuente: Autor.

4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SOLUCIONES VOIP A NIVEL CORPORATIVO

Anteriormente se realizó el montaje de dos centralitas troncalizadas y se realizaron llamadas simultaneas probando el consumo de recursos en los ordenadores mientras se realizaban llamadas, mostrando que estos sistemas no ocupan recursos significativos de las máquinas para poderse utilizar en un entorno corporativo.

Después de haber realizado las llamadas y conexión de las dos troncales, comprobando su funcionamiento, se procede a enunciar las ventajas y desventajas de las soluciones VoIP a nivel corporativo, teniendo en cuenta las empresas más influyentes en Bogotá que ofrecen los servicios de telefonía, internet o las soluciones de VoIP.

4.1 Telefonía convencional e internet

Los planes de telefonía fija varían dependiendo del proveedor. Para no revisar todos los operadores con diferentes opciones, se busca el operador claro y ETB que son los operadores con mayor influencia en la parte de telefonía fija e internet en Bogotá para comparar los precios que son planes de nivel general si se requieren mayores especificaciones podrían variar dependiendo del operador.

4.1.1 Claro. Es uno de los operadores más importantes en el país y a nivel Latinoamérica tiene bastante influencia gracias a sus servicios móviles, de telefonía e internet. Siendo uno de los principales actores en el sector de telecomunicaciones ofrece diferentes servicios que lo posicionan en Bogotá como uno de los operadores preferidos por muchos de los habitantes.

En cuanto a la telefonía fija su servicio ofrece un paquete que incluye larga distancia, llamadas a móvil elegido de claro y locales ilimitadas el cual varía su precio dependiendo del estrato, para ser más generales y al buscar soluciones empresariales se observa el precio de este en el estrato 5 debido a que muchas compañías se encuentran en estos sectores de la ciudad. A continuación la información de los planes de telefonía fija en la Figura 49.

Figura 49. Plan de telefonía fija claro.

The image shows a promotional card for a Claro phone plan. At the top, it says 'Telefonía' in white on a black background. Below that, a teal banner displays 'Estrato 5' and '\$55.900' in large white font, with a smaller 'ver detalle >' link below the price. The card lists several features in grey boxes: 'Larga Distancia nacional Comunidad Claro', 'Larga distancia nacional e internacional Plan 30 minutos LD', 'Móviles 1 Elegido móvil Claro', and 'Llamadas locales ilimitadas'.

Fuente: Claro Telefonía fija [48].

Entonces se estaría pagando alrededor de \$55.900 sólo por el servicio de telefonía fija, claro teniendo en cuenta las ventajas que ofrece, pero esta solución no se acomoda a una empresa que requiere solamente comunicación interna y que no trabaje el operador móvil claro.

Ahora en la parte de internet la mayoría de las veces se ofrece el paquete completo de tripleplay, pero sólo se enfocó en el plan de internet. Claro ofrece cotizar el plan dependiendo de las megas de internet, entonces se observa el plan más bajo de 5 megas en la Figura 50.

Figura 50. Plan de internet claro.

The image shows a promotional card for a Claro internet plan. At the top, it says 'Internet 5 Megas' in white on a black background. Below that, a teal banner displays 'Estrato 5' and '\$75.900' in large white font, with a smaller 'ver detalle >' link below the price. The card lists several features in grey boxes: 'Hasta 5 cuentas Correo electrónico', '0 Puntos cableados adicionales', 'wifi y cable Red', and '5 Megas hasta 5.120 kbps bajada y hasta 1.024 kbps subida Internet'.

Fuente: Claro internet [48].

Como se puede observar el plan cuesta \$75.900, al cual si agregamos el precio de telefonía fija sería un costo de \$131.900 con los dos servicios. Por lo que sería económicamente mejor el servicio de telefonía con VoIP en vez de un servicio fijo más internet para el operador claro.

4.1.2 ETB. ETB es la empresa más importante de servicios de telecomunicaciones en Bogotá debido a que fue pionera en la ciudad con el servicio de telefonía fija. Para los servicios de telefonía fija e internet en estrato 5 ETB ofrece ambos servicios en un solo plan o por separado, primero se observa ambos planes juntos en ultra velocidad y luego el de sólo internet en las Figuras 51 y 52 respectivamente.

Figura 51. Plan telefonía e internet ETB.



Fuente: ETB S.A [49].

Ahora el plan de sólo internet sin telefonía fija en la Figura 52.

Figura 52. Plan de internet ETB.



Fuente: ETB S.A [49].

La diferencia entre el plan de 10,9 Mb y el plan de 50 Mb con telefonía es de \$41.000 que significarían para la empresa teniendo en cuenta sólo un punto de uso.

En este análisis sólo tenemos en cuenta el servicio por lo que no se tiene en cuenta los costos de energía que se emplean en las empresas debido a que estos varían dependiendo de la infraestructura de cada una. Otro aspecto que no se tiene en cuenta es la compra de equipos terminales (teléfonos) para la telefonía fija dentro de la empresa y la instalación de cableado telefónico el cual hoy en día no es muy implementado por las personas. Muchos son los aspectos que se logran ver en la diferencia de precios cuando se implementa telefonía fija o se implementa telefonía VoIP.

4.2 Servicio de troncales SIP. Las empresas ya están implementando servicios de troncales SIP también como es el caso de la empresa TIGOUNE, que ofrece el servicio dependiendo de las especificaciones del cliente los cuales son generalmente empresas especializadas o con conocimiento de este servicio. Estos planes casi siempre son como la telefonía móvil por minutos para poder realizar llamadas tanto a fijos como a móviles. En la Figura 53 se observa la poca información que se ofrece al público general sobre planes de troncales SIP en su portal de TIGO UNE.

Figura 53. Plan de troncal SIP TIGO UNE.



Fuente: TIGOUNE [50].

Estos servicios trabajan con asignación numérica de telefonía (fija o móvil) que no se encuentra en uso y al ser especializado, se ofrece la información a la empresa que debe tener conocimiento de la implementación de estas soluciones.

4.3 Ventajas de las soluciones VoIP. Dentro de las ventajas de las soluciones VoIP a nivel corporativo se encuentran:

- Ahorro de costos referente al pago de servicios en una empresa para comunicación interna con costos convencionales.
- Al utilizar sólo el servicio de internet, sólo se requiere una instalación de cableado mientras que con línea fija requiere otra instalación y distribución.
- Asignación de numeración empresarial personalizada (longitud de extensiones).
- Seguridad en la comunicación debido a que estos sistemas tienen firewalls y protección básica contra ataques.
- Ahorro en gasto de dispositivos de comunicación debido a que se puede utilizar tanto ordenadores como dispositivos móviles.
- Fácil escalabilidad del sistema a medida que la empresa crezca referente a la infraestructura física.

4.4 Desventajas. Dentro de las desventajas de las soluciones VoIP a nivel corporativo se encuentran:

- Personal capacitado para la instalación de los sistemas.
- Documentación de estos sistemas mayormente en inglés.
- Dependencia del servicio de internet.
- Comunicación con telefonía fija o móvil depende de configuraciones y planes de las empresas que manejan estas a no ser de que se implementen comunicaciones por medio de media Gateways.
- Migración de sistemas anteriores y adaptación.
- Dependencia de la planeación de cableado estructurado de la empresa.

5. DISEÑO DE GUÍAS CONFIGURACIÓN

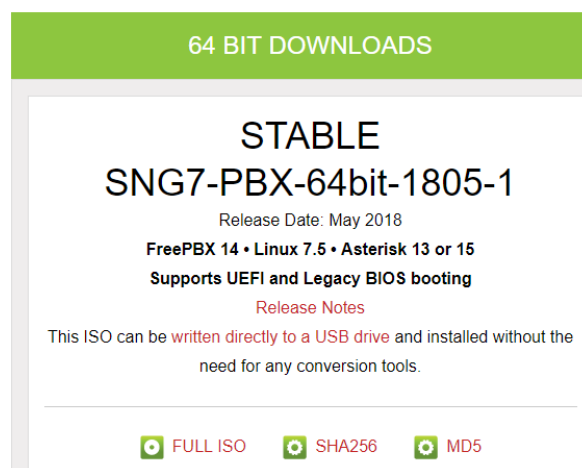
Continuando con el desarrollo del trabajo se presentan las guías de configuración de las troncales bajo el sistema FreePBX, en estas guías no se muestran una serie de pasos a seguir debido a que las condiciones de trabajo pueden variar dependiendo de la situación que se presente. En este caso se realizaron las guías bajo requerimientos técnicos específicos que fueron detallados anteriormente en el trabajo, como por ejemplo las máquinas de 64 bit y sus respectivos instaladores. Así que las primeras dos guías pueden variar en descarga de software y tiempos de ejecución.

5.1 Guía 1: Instalación

La siguiente guía contiene información sobre la instalación del sistema FreePBX montado en una máquina virtual, teniendo en cuenta una máquina física de 64 Bit con las últimas versiones hasta la fecha de este sistema, si no se tiene una de estas especificaciones podría cambiar el funcionamiento de este.

Primero se descarga el software de FreePBX que se encuentra en la página oficial: <https://www.freepbx.org/downloads/> el cual es un archivo de extensión .ISO el cual tiene la distribución de FreePBX 14, con el sistema operativo CentOS7 y las distribuciones de Asterisk 13 y 15 pero en este caso utilizamos la 13 que es la recomendada y estable como se ve en la Figura 54.

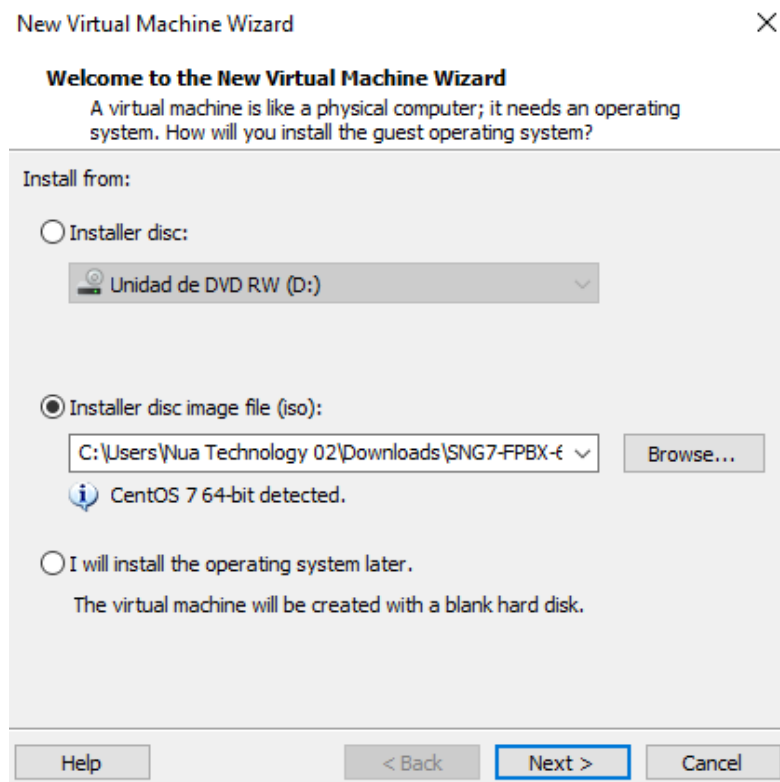
Figura 54. Descarga del archivo .ISO.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en FreePBX [30].

Después de descargar el archivo .ISO, se descarga el VMware WorkStation que se encuentra en su versión 14 en la página <https://www.vmware.com/products/workstation-pro/workstation-pro-evaluation.html> en donde se instala y para su uso se pica en file y new virtual machine y se selecciona la ruta donde se encuentra la extensión .ISO que para facilidad del virtualizador reconoce el sistema operativo y las especificaciones como se ve en la Figura 55.

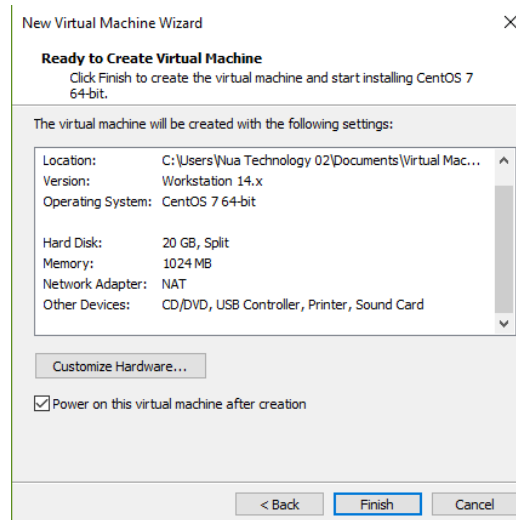
Figura 55. VMware WorkStation con imagen ISO.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Se pica en **Next** para que se cree la máquina virtual y por último muestra un resumen de las especificaciones como se ilustra en la Figura 56.

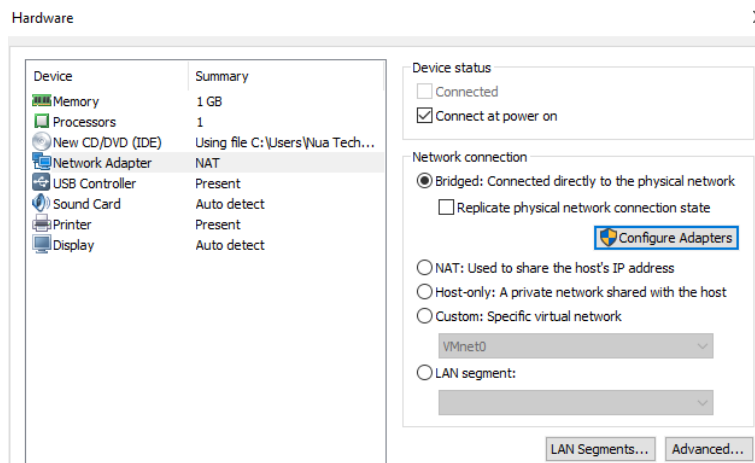
Figura 56. VMware WorkStation resumen de la máquina.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Después se debe configurar en **Customize Hardware** el adaptador de red debido a que no se va a utilizar la configuración de NAT sino un adaptador puente para conectarse a la red física. Entonces en **Network Adapter** se selecciona la opción **Bridged** como se ilustra en la Figura 57.

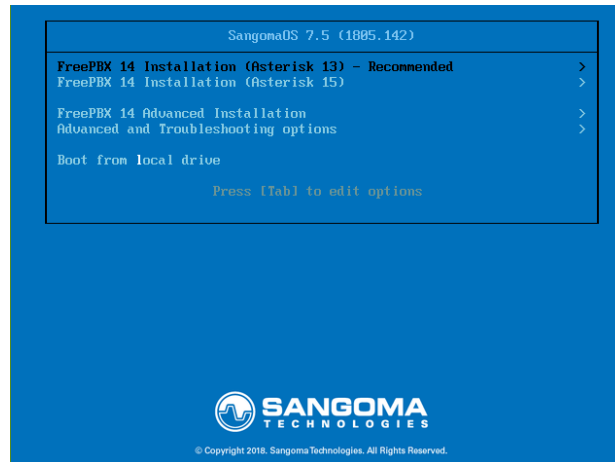
Figura 57. VMware WorkStation adaptador de red.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Cuando ya se realizó esta configuración se procede a la instalación de la máquina en donde se selecciona la primera opción que es la recomendada (FreePBX 14 con Asterisk 13) como se ilustra en la Figura 58.

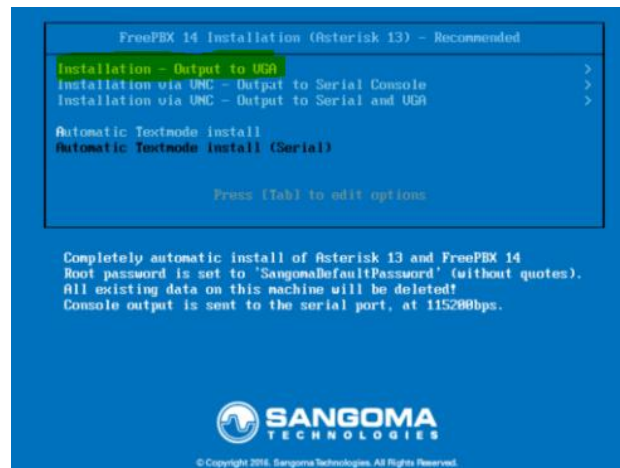
Figura 58. Pantalla de instalación FreePBX.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Luego pregunta que opción de video se requiere para la máquina. En este caso se utiliza la opción de salida VGA (la primera) ya que se está instalando en una máquina que solo tiene una salida de video VGA, DVI o HDMI como se señala en la Figura 59.

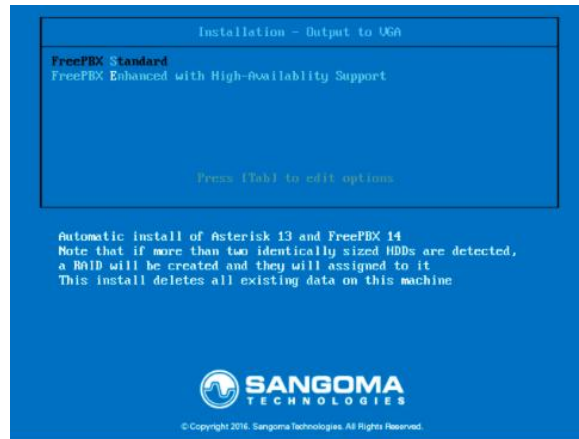
Figura 59. Pantalla de instalación de video.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Y por último dice si se quiere la versión estándar o la de alta disponibilidad, en este escenario se selecciona la estándar, mostrado en la Figura 60.

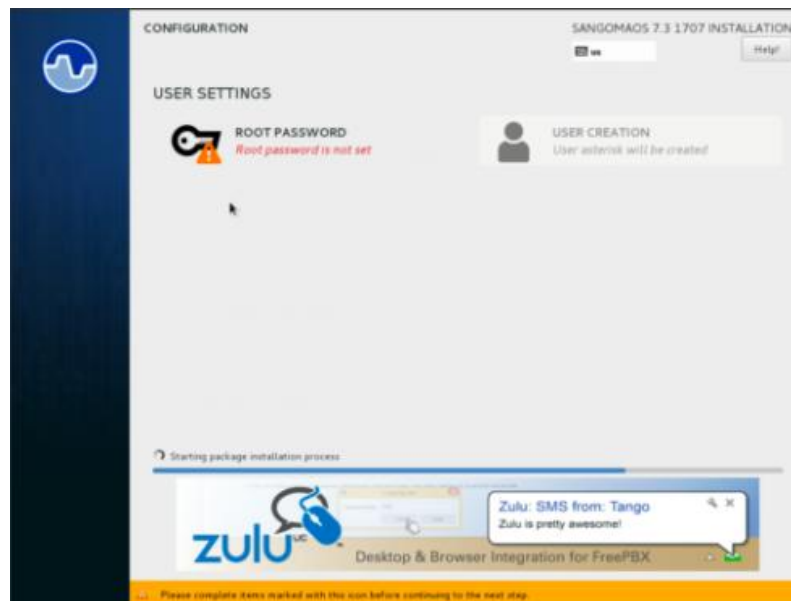
Figura 60. Pantalla de instalación versión.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

La instalación comienza en pantalla negra instalando los paquetes necesarios. Y después aparece en la pantalla la opción para establecer la contraseña del root como se ve en la Figura 61.

Figura 61 Pantalla de contraseña root.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Se escribe la contraseña que se va a utilizar para ingresar a la máquina FreePBX y se debe tener en cuenta para futuras configuraciones o cambios de la máquina cuando se apague. Después se espera a que se descarguen todos los paquetes y aparece en la parte de abajo que se instaló y debe reiniciarse con el botón reboot. Cuando carga todo aparece en la pantalla el login, el cual sería el usuario root y la contraseña que se estableció y después aparece la pantalla principal de la máquina, como se ve en la Figura 62.

Figura 62. Pantalla principal máquina virtual.

```
Last login: Tue Jul 10 20:51:15 from 192.168.1.100
FreePBX
NOTICE! You have 4 notifications! Please log into the UI to see them!
Current Network Configuration
-----+-----+-----+
| Interface | MAC Address | IP Addresses |
-----+-----+-----+
| eth0      | 00:0C:29:E9:5E:13 | 192.168.1.50 |
|           |                | fe80::20c:29ff:fee9:5e13 |
-----+-----+-----+

Please note most tasks should be handled through the GUI.
You can access the GUI by typing one of the above IPs in to your web browser.
For support please visit:
  http://www.freepbx.org/support-and-professional-services

-----+-----+-----+
| This machine is not activated. Activating your system ensures that |
| your machine is eligible for support and that it has the ability to |
| install Commercial Modules. |
| |
| If you already have a Deployment ID for this machine, simply run: |
| |
|   fwconsole sysadmin activate deploymentid |
| |
| to assign that Deployment ID to this system. If this system is new, |
| please go to Activation (which is on the System Admin page in the |
| Web UI) and create a new Deployment there. |
-----+-----+-----+

[root@freepbx ~]#
```

Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

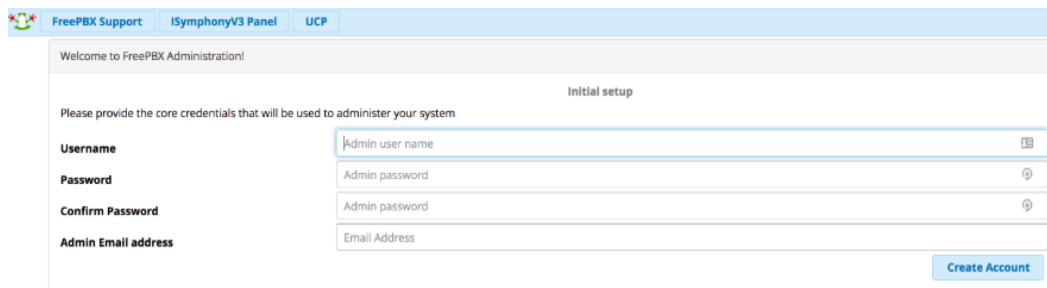
En algunos casos la misma máquina obtiene la dirección IP de la configuración puenteada con la red física, pero en otros no. De igual manera a continuación se muestra como se realiza la configuración de red para realizar la conexión de las dos troncales, desde aquí se realizó los mismos pasos para instalar las dos máquinas virtuales.

5.2 Guía 2: Interfaz y extensiones.

La siguiente guía es la continuación de la guía uno de instalación del sistema FreePBX en una máquina virtual y contiene la información para hacer uso de la interfaz gráfica de usuario que ofrece el sistema para crear las extensiones a utilizar.

Después de esta configuración se verifica si ya se tiene acceso a la interfaz web de los dos servidores, desde un navegador se ingresa la dirección IP asignada. Donde aparecerá la configuración para establecer el usuario y contraseña, con el fin de ingresar a la GUI de FreePBX, como se ve en la Figura 63.

Figura 63. Configuración del usuario y contraseña FreePBX.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

Después de ingresar los datos aparecerá la pantalla de ingreso para la GUI en donde muestra varias opciones de entrada, pero en este escenario solo vamos a manejar la de FreePBX administration, como se ve en la Figura 64.

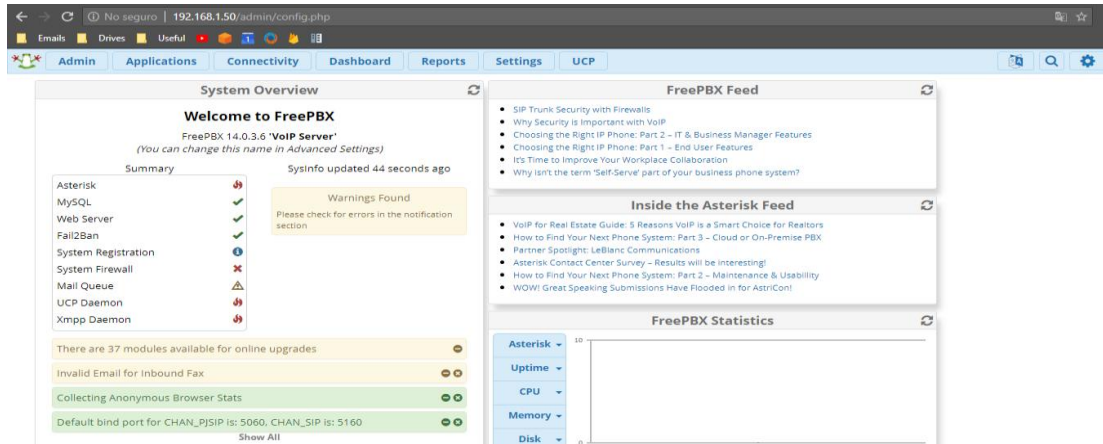
Figura 64. Ingreso a la GUI de FreePBX.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

Se ingresa el usuario y la contraseña. Como es la primera vez aparecen unos anuncios de firewall y otros servicios a los cuales se ignoran picando en **skip**. En la pantalla principal de la GUI nos muestra estadísticas y datos de la máquina si está siendo en uso y alertas, como se ve en la Figura 65.

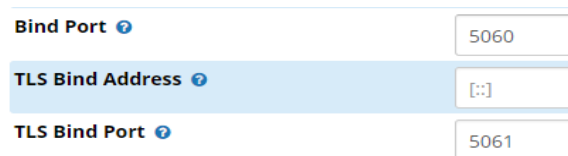
Figura 65. Página principal FreePBX.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo de FreePBX.

En este punto se puede empezar a crear las extensiones y llamar localmente en las troncales ya que no se ha configurado la comunicación de estas. Pero se debe tener en cuenta que la configuración por defecto de Asterisk tiene el puerto 5061, uno que no es estándar para muchos softphones o aplicaciones a las cuales no se les puede cambiar este puerto. En este escenario se va a configurar el puerto 5060 que es uno más común en los diferentes softwares que se utilizan en esta propuesta. Se pica en **Settings** y en **Asterisk SIP Settings**. Después en **Chan SIP Settings** y se baja hasta Advanced General Settings donde podemos observar el Bind Port y el TLS, ahí se configura de la siguiente forma mostrada en la Figura 66.

Figura 66. Blind Port y TLS Bind Port.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

Y después se pica en la pestaña **ChanPJSIP** y se baja hasta 0.0.0.0 udp donde se debe cambiar el puerto de escucha debido a que se cambiaron los otros como se observa en la Figura 67.

Figura 67. Puerto de escucha.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

Se pica abajo en **Submit**, luego arriba en **Apply Config**. Además, al haber realizado estos cambios se debe reiniciar el servicio de Asterisk desde la máquina virtual con el comando **service asterisk restart**, debido a que es configuración del servicio total. La misma GUI nos indica que debe hacerse esta acción.

Después de esto si se pueden crear las extensiones picando en **Applications** y luego en **Extensions**. Para la primera troncal creamos las extensiones 101 y 103 de chan_sip con los nombres Eddy y prueba respectivamente, con contraseña designada para evitar entradas externas. Se crean picando en **Add Extension** y en **Add New Chan_SIP Extension**.

Dentro de estas los únicos datos que se deben agregar son los primeros los cuales son:

1. User Extension: El número de la extensión el cual recomiendan sea entre 3 o 4 dígitos.
2. Display Name: Es el nombre que se asocia a la extensión o el denominado CallerID cuando se trabaja con troncales.
3. Outbound CID: Sobreescribe el Caller ID cuando se llama por fuera de la troncal.
4. Secret: Es la contraseña configurada cuando se quiere acceder a la extensión mediante un software [43].

Los campos se llenan como se muestra a continuación en la Figura 68.

Figura 68. Datos extensión.

Add SIP Extension 102

General Voicemail Find Me/Follow Me Advanced Pin Sets Other

— Add Extension

This device uses **CHAN_SIP** technology listening on Port 5060 (UDP)

User Extension 102

Display Name probe

Outbound CID 102

Secret clave1234*

So-So

Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

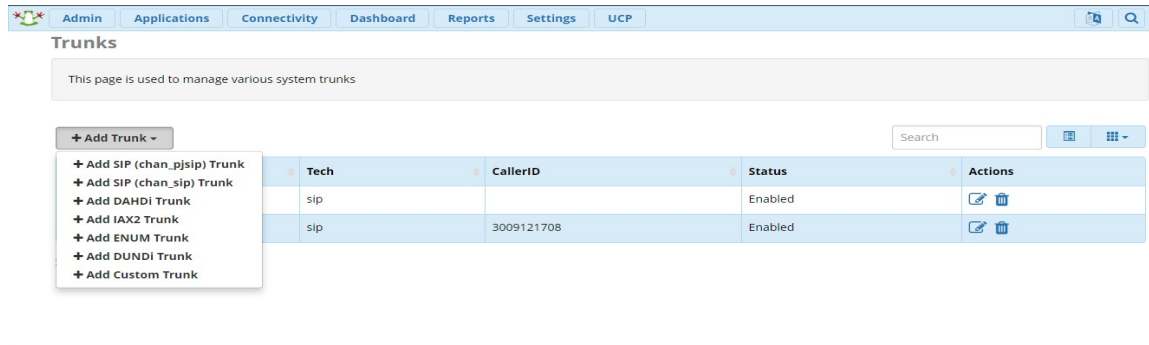
Después de llenar los campos se pica en **Submit** abajo y arriba en **Apply Config**. Las extensiones quedan creadas y ya se puede acceder a ellas. Dependiendo del softphone de preferencia se accede a cada una de ellas con los datos proporcionados y la dirección IP.

5.3 Guía 3: Configuración troncal

La siguiente guía es la continuación de la guía dos en la cual se crearon extensiones en la interfaz del sistema FreePBX. Esta guía contiene información sobre la creación de una conexión entre dos sistemas mediante una troncal para que se comuniquen entre ellos y se puedan realizar llamadas entre estos.

Para la configuración de la troncal se va al menú de arriba de freepbx, se pica en **connectivity** y en **trunks**. Se pica en **add trunk+** y se crea una troncal SIP (**add SIP(chan_sip) trunk**) como se ilustra en la Figura 69.

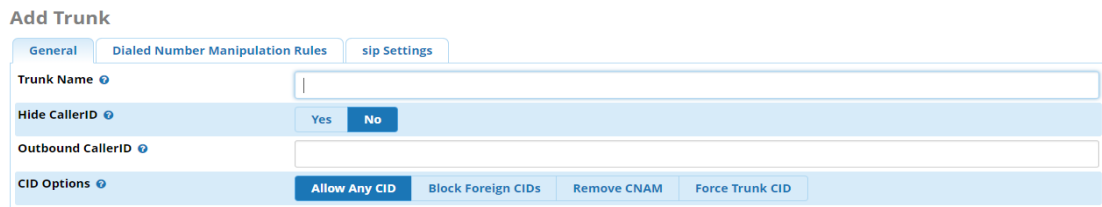
Figura 69. Troncal SIP.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

Se llenan los campos de nombre de la troncal (debe tenerse en cuenta para ambas centrales) y el outbound caller ID en la primera parte como se ve en la Figura 70.

Figura 70. Troncal SIP nombre y callerID.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

Luego en la pestaña de Dialed Number/Manipulation Rules se debe colocar la marcación de la central contraria. Es decir si se encuentra en la primera que es de marcación 1XX se coloca 2XX y viceversa. En la sección de match patern se pone esta marcación que se ilustra en la Figura 71 a continuación.

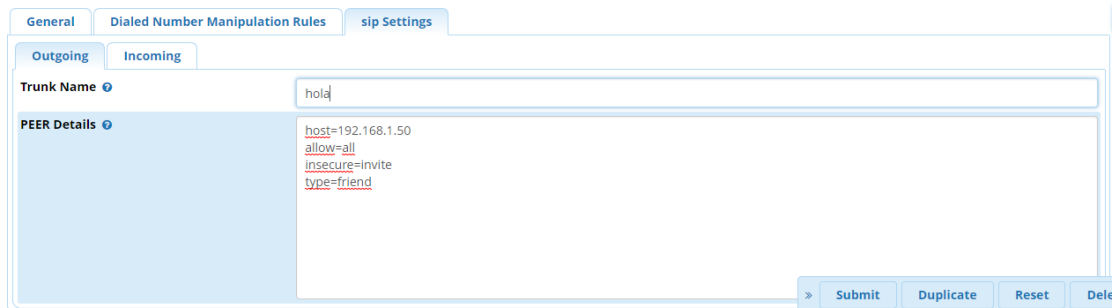
Figura 71 Troncal SIP patrón de marcación.



Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

Y por último en la pestaña SIP settings se debe colocar la dirección IP de la otra central como host, la regla de permitir todo (allow=all), la regla de modo inseguro invite (insecure=invite), el contexto (from-trunk) y el tipo amigo (type=friend) como se ve en la Figura 72.

Figura 72. Troncal SIP reglas.



```
Trunk Name: hola
PEER Details:
host=192.168.1.50
allow=all
insecure=invite
type=friend
```

Fuente: Pantallazo tomado por autor en plataforma corriendo en FreePBX.

Se pica en **submit** y en **apply config**. Luego se realiza el mismo proceso teniendo en cuenta los cambios para la otra central y ya se pueden realizar llamadas entre los softphones configurados en cada máquina.

5.4 Guía 4: Configuración avanzada de red

La siguiente guía contiene información para cambiar la dirección IP que asigna el sistema FreePBX por medio del CLI (entorno de la máquina virtual) instalado en una máquina con internet puenteado gracias al protocolo DHCP, el cual se cambia para configuración personalizada que es uno de los escenarios más comunes debido a que las direcciones IP son limitadas en un entorno empresarial.

La configuración de la red se encuentra en la ruta **/etc/sysconfig/network-scripts** en el archivo **ifcfg-eth0**.

Para acceder a este fichero se utiliza el comando **cd** y la **ruta del archivo**, además se utiliza el comando **vi** y el **nombre del archivo** para modificar el archivo de texto. Al modificar estos archivos de texto se debe tener bastante precaución debido a que se está configurando parámetros de la máquina virtual por lo que cualquier error de sintaxis

podría generar errores inmediatos en el funcionamiento de la máquina. Una de las ventajas es que la sintaxis de los archivos casi siempre se encuentra dentro de estos o realizando la búsqueda en internet.

Antes de realizar los cambios se debe ingresar al cmd de la máquina física y se ingresa el comando **ipconfig /all** y se observa la configuración del internet ya sea Wi-fi o LAN para tener los siguientes datos a la mano que son necesarios para la configuración: dirección IPv4, máscara de subred y DNS. A continuación en la figura 65 se señalan estos datos como aparecen en pantalla, mostrados aplicados en la Figura 73.

Figura 73. CMD máquina física.

```
Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:
Sufijo DNS específico para la conexión. . . : routera84864.com
Descripción . . . . . : Qualcomm Atheros QCA9377 Wireless Network Adapter
Dirección física. . . . . : 80-C5-F2-15-33-89
DHCP habilitado . . . . . : sí
Configuración automática habilitada . . . : sí
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::a022:5630:3d55:8659%12(Preferido)
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.100(Preferido)
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Concesión obtenida. . . . . : miércoles, 11 de julio de 2018 11:15:13 a. m.
La concesión expira . . . . . : viernes, 13 de julio de 2018 4:50:39 a. m.
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.1
Servidor DHCP . . . . . : 192.168.1.1
IAID DHCPv6 . . . . . : 192988658
DUID de cliente DHCPv6. . . . . : 00-01-00-01-21-F3-A3-8D-18-31-BF-79-49-B6
Servidores DNS. . . . . : 200.13.249.101
                               200.13.224.254
NetBIOS sobre TCP/IP. . . . . : habilitado
```

Fuente: Pantallazo tomado por autor en CMD de máquina.

Los parámetros que se deben cambiar en la configuración son:

1. El protocolo de boot **BOOTPROTO** que se encuentra en “**dhcp**”, se cambia a “**none**”.
2. Si el protocolo **ONBOOT** se encuentra en “**no**” se cambia a “**yes**”. En algunos casos no se encuentra modificado, pero en otros sí.
3. Se agrega la dirección IP de la máquina que se desea utilizar, ha de tenerse en cuenta la configuración de la red física para poder asignar esta dirección IP que debe encontrarse dentro de la misma red y no ser ocupada por otro proceso. Se agrega con **IPADDR0=dirección IP** sin comillas.
4. Agregar la máscara de red con **NETMASK=máscara de red**.
5. El Gateway de la máquina que debe ser el mismo de la red física y se agrega con **GATEWAY0=Gateway**.

6. Y por último el DNS que debe ser el mismo de la red física y se agrega con **DNS1=DNS**.

A continuación, podemos observar cómo queda la configuración de los archivos de red en las dos máquinas virtuales. La imagen de la izquierda corresponde a la primera troncal y a la derecha la configuración de la segunda troncal, se tiene en cuenta que ambas troncales se encuentran dentro de la misma red por lo que el único parámetro que cambia es la dirección IP que se trabaja debido a que no puede ser la misma. Ambas direcciones se utilizan más adelante para la configuración de las centrales como se ve en la Figura 74.

Figura 74. Configuración de red para las máquinas virtuales.

```
[root@freepbx network-scripts]# more ifcfg-eth0
TYPE="Ethernet"
PROXY_METHOD="none"
BROWSER_ONLY="no"
BOOTPROTO="none"
DEFROUTE="yes"
IPV4_FAILURE_FATAL="no"
IPV6INIT="yes"
IPV6_AUTOCONF="yes"
IPV6_DEFROUTE="yes"
IPV6_FAILURE_FATAL="no"
IPV6_ADDR_GEN_MODE="stable-privacy"
NAME="eth0"
UUID="bfc5a154-a3d8-4bb3-8d29-94c0b1934a91"
DEVICE="eth0"
ONBOOT="yes"
IPADDR0=192.168.1.50
NETMASK=255.255.255.0
GATEWAY0=192.168.1.1
DNS1=200.13.249.101

[root@freepbx network-scripts]# more ifcfg-eth0
TYPE="Ethernet"
PROXY_METHOD="none"
BROWSER_ONLY="no"
BOOTPROTO="none"
DEFROUTE="yes"
IPV4_FAILURE_FATAL="no"
IPV6INIT="yes"
IPV6_AUTOCONF="yes"
IPV6_DEFROUTE="yes"
IPV6_FAILURE_FATAL="no"
IPV6_ADDR_GEN_MODE="stable-privacy"
NAME="eth0"
UUID="bfc5a154-a3d8-4bb3-8d29-94c0b1934a91"
DEVICE="eth0"
ONBOOT="yes"
IPADDR0=192.168.1.6
NETMASK=255.255.255.0
GATEWAY0=192.168.1.1
DNS1=200.13.249.101
```

Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Para la primera troncal se utiliza la dirección **192.168.1.50**.

Para la segunda troncal **192.168.1.6**, ambos con el Gateway por defecto **192.168.1.1** y el **DNS 200.13.249.101**.

En caso de que las máquinas no van a estar prendidas totalmente se debe configurar el Gateway por defecto en la ruta **/etc/sysconfig** y el archivo **network**. Se agrega de la misma forma que en el archivo anterior **GATEWAY=Gateway** y se guarda el archivo.

Al final de estas configuraciones se debe reiniciar la máquina para que se establezcan todos los parámetros establecidos con el comando **reboot**. Luego debe cargar la pantalla

con la dirección establecida y se debe revisar si quedó configurado realizando ping tanto en la máquina como en el cmd a la dirección establecida y al Gateway.

5.5 Guía 5: Configuración avanzada de las troncales

La siguiente guía contiene información sobre la configuración de troncales a nivel avanzado utilizando el CLI de FreePBX que es un escenario especializado para usuarios con conocimientos previos en uso de sistemas operativos de Linux y documentados en configuraciones de lenguaje Asterisk que está incluido en el sistema FreePBX.

Luego de revisar que se pueden hacer llamadas en los softphones localmente se realiza la configuración para que las dos troncales se conecten. Se entra a las máquinas virtuales y teniendo en cuenta que se va a realizar la configuración de las troncales se modifican dos archivos que se encuentran en la ruta **/etc/Asterisk**. Estos archivos se encuentran vacíos debido a que no se han creado conexiones y además se podría configurar desde los archivos base que no tienen la denominación custom (personalizada) pero es mejor realizarlos en estos para evitar problemas de sintaxis o falta de parámetros que normalmente piden estos archivos.

5.5.1 sip_custom.conf. El primer archivo es **sip_custom.conf** el cual lleva la información de la troncal vecina, es decir si se encuentra en la primera troncal debe llevar la información de la segunda troncal y viceversa. En el archivo de la primera troncal se configura el contexto troncal y en el segundo el contexto from-troncal1.

A continuación, se muestra la configuración de los archivos en cada una de las troncales a la izquierda se ve la primera troncal y a la derecha a la segunda, tal como se observa en la Figura 75.

Figura 75. Configuración sip_custom.conf.

<pre>[troncal2] type=friend host=192.168.1.6 allow=all context=troncal insecure=invite</pre>	<pre>[troncal1] type=friend host=192.168.1.50 allow=all context=from-troncal1 insecure=invite</pre>
--	---

Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Se tiene en cuenta las direcciones IP de la troncal el tipo de conexión (friend), permitir todo, el contexto que manejan y el modo inseguro para el INVITE. Se guardan los archivos con el comando previamente mencionado **:wq!**.

5.5.2 extensions_custom.conf. El segundo archivo es **extensions_custom.conf** el cual lleva la información del marcado de las extensiones o plan de marcado. Para la primera troncal se indica el contexto de marcado [from-internal] el cual es el contexto para realizar llamadas en Asterisk, con la marcación de las extensiones de la otra troncal **_20X** y luego las llamadas entrantes con la marcación **_10X**. Para la segunda troncal se realiza la misma configuración solo que cambian las marcaciones, es decir, en la anterior donde se encontraba **_20X** ahora es **_10X** y viceversa. A continuación, se muestra la configuración de ambas troncales en la Figura 76.

Figura 76. Configuración **extensions_custom.conf**.

```
[from-internal]
; SALIENTES HACIA EL ASTERISK 2
exten => _20X,1,Answer
same => n,Wait(1)
same => n,Dial(SIP/${EXTEN}@troncal2)
same => n,Hangup()

; ENTRANTES DESDE EL ASTERISK 2

[troncal]
exten => _10X,1,Dial(SIP/${EXTEN})
same => n,Hangup ()

[from-internal]
; Hacia troncal1
exten => _10X,1,Answer
same => n,Wait(1)
same => n,Dial(SIP/${EXTEN}@troncal1)
same => n,Hangup()

; ENTRANTES DESDE EL ASTERISK 2

[from-troncal1]
exten => _20X,1,Dial(SIP/${EXTEN})
same => n,Hangup()
```

Fuente: Pantallazo tomado por autor en VMware.

Como se observa lo que se indica en la extensión es que mientras llega la petición realice la marcación respectiva, cuando se indica **/\${EXTEN}@troncal2** es la marcación de la extensión y la dirección IP guardada en **sip_custom.conf**. Cada vez que se realiza un cambio en estos archivos se debe ejecutar el comando previamente mencionado **service asterisk restart**, para que guarde la configuración.

Después de esto se pueden realizar llamadas entre las extensiones de las dos troncales por lo que quedó establecida la comunicación entre las dos y se procede a realizar pruebas de rendimiento y análisis de la información.

6. CONCLUSIONES

La telefonía de voz sobre IP es una de las alternativas más llamativas para las comunicaciones en la actualidad y es uno de los referentes para las futuras implementaciones de sistemas de telecomunicaciones, como se puede ver la telefonía móvil está tomando este sistema para el 4G. Aunque la implementación de estos sistemas no se vea de inmediato debido a que es más sencillo la implementación de telefonía fija con los proveedores de servicios de telecomunicaciones por el tiempo que lleva en el mercado.

Una de las ventajas de la telefonía de voz sobre IP es la economía respecto a los planes de telefonía fija para empresas que no requieren implementaciones de telefonía fija. Dentro de las diferencias en los sistemas es que dentro de la telefonía de voz sobre IP cuando una comunicación es establecida entre los computadores significa que cada sistema está esperando recibir paquetes que es por donde se propaga la información y en el medio, la infraestructura de internet maneja los paquetes de voz la comunicación de la misma forma que haría con un email o con una página web, mientras que la telefonía fija requiere de la infraestructura de sistemas terminales y la línea física lo que requiere mayores costos y espacio.

A pesar de no ser conocido el servicio en el mercado, la telefonía de voz sobre IP tiene bastantes aplicaciones que se implementan generalmente en prácticas de laboratorio con software tanto libre como de propietario. Como se observa en la comparación de servicios para realizar pruebas del montaje de troncales SIP se pueden encontrar diferentes desarrolladores proponiendo soluciones para implementar estos sistemas, de no ser así solo se quedaría en montajes de laboratorio y no llegaría a los operadores ni a las empresas grandes de telecomunicaciones.

Los sistemas de voz sobre IP pueden implementarse para comunicación interna de empresas o llegar a una escala mayor de comunicación de sedes en diferentes ubicaciones si se tiene el sistema con dirección pública de internet o configuración de comunicación con telefonía fija o móvil. Si se tiene la primera configuración asumiendo

una conectividad IP total entre las ubicaciones (es decir, no se está bloqueado por IPSec que es la seguridad que interviene en el direccionamiento). Esta es una gran solución para el tráfico de datos, ya que conecta cada LAN de la oficina con la otra, permitiendo el acceso a impresoras y dispositivos.

Las guías de configuración sólo son una parte pequeña de lo que estos sistemas pueden implementar, la intención de estas son recopilar información que en internet pueda que se encuentre por diferentes sitios y muchas configuraciones con los diferentes sistemas que se investigaron en el trabajo. En este caso se utilizó uno de los sistemas que ofrece la posibilidad de configuración por interfaz gráfica de usuario y por medio de interfaz de comando lo cual es una ventaja a la hora de entender el funcionamiento de estos sistemas y su capacidad amplia en el sector de las telecomunicaciones.

Se cumplió con el objetivo general de generar una troncal con dos máquinas utilizando el sistema de IP PBX seleccionando la mejor alternativa que fue FreePBX, sabiendo que durante el proceso se fueron identificando fallas de instalación y capacidades que fueron encontradas y corregidas para generar la respectiva documentación del proceso generando un resultado satisfactorio y se puede replicar a distancia como se observó en los montajes y los elementos necesarios para generar la solución.

7. RECOMENDACIONES

Es recomendable que si se quiere implementar el sistema de conexión de troncales, realizar un estudio previo de la infraestructura de la empresa para así poder identificar los equipos a ser utilizados y la ubicación de estos, no se requiere instalación de servicio fijo sino instalación en base a la infraestructura del internet y los computadores.

Al ser un sistema que no se ha implementado como servicio de telecomunicaciones estándar y se combina con la telefonía fija o móvil se debe tener en cuenta que en la ley 1341 del 2009 se hace referencia a los servicios de valor agregado tienen en cuenta los acuerdos con operadores del país para proveer servicios como la telefonía de voz sobre IP más no los servicios de voz sobre IP que no son considerados como estos servicios. Aunque no se infringe ninguna norma de telecomunicaciones cuando se usan estos servicios junto a la red pública conmutada o la red móvil y no se sigue la regulación establecida en el país si conlleva penalidades estipuladas en el artículo 257 del código penal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. WEBOPEDIA, «The Difference Between VoIP and PSTN Systems,» [En línea]. Available: [https://www.webopedia.com/DidYouKnow/Internet/VoIP POTS Difference Between.asp](https://www.webopedia.com/DidYouKnow/Internet/VoIP/POTS-Difference-Between.asp). [Último acceso: 2018].
- [2] M. Grech, «The Comprehensive Guide To Understanding VoIP Protocols and Standards,» 3 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://getvoip.com/blog/2017/03/03/voip-protocols-and-standards/>. [Último acceso: 2018].
- [3] R. Pandya, «Emerging mobile and personal communication systems,» *IEEE Communications Magazine*, nº 33, pp. 44-52, 1995.
- [4] I. (. E. T. F. N. Group, «RFC 3261 SIP: Session Initiation Protocol,» [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc3261>. [Último acceso: 2018].
- [5] R. y. Seguridad, «VOIP Protocolo H.323,» 21 Abril 2009. [En línea]. Available: <http://www.redesyseguridad.es/voip-protocolo-h323/>. [Último acceso: 2018].
- [6] M. Rouse, «IAX (Inter-Asterisk Exchange Protocol),» Junio 2007. [En línea]. Available: <https://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/IAX-Inter-Asterisk-Exchange-Protocol>. [Último acceso: 2018].
- [7] F. Matango, «Protocolo IAX2 (Inter-Asterisk Exchange Protocol),» 18 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.servervoip.com/blog/protocolo-iax2-inter-asterisk-exchange-protocol/>. [Último acceso: 2018].
- [8] E. Tech, «Protocolo IAX,» [En línea]. Available: <http://elastixtech.com/protocolo-iax/>. [Último acceso: 2018].
- [9] SinoLogic, «Todo lo que has querido saber de DAHDI,» [En línea]. Available: <https://www.sinologic.net/2008-10/todo-lo-que-has-querido-saber-de-dahdi.html>. [Último acceso: 2018].
- [10] E. Tech, «Modulo DAHDI en Elastix,» [En línea]. Available: <http://elastixtech.com/modulo-dahdi-en-elastix/>. [Último acceso: 2018].
- [11] Digium, «Asterisk Communication Solutions,» [En línea]. Available: <https://www.digium.com/products/asterisk>. [Último acceso: 2018].

- [12] S. Wintermeyer, «The Asterisk Book,» 2010. [En línea]. Available: the-asterisk-book.com/1.6/minimale-telefonanlage.html. [Último acceso: 2018].
- [13] M. Grech, «Get VOIP. The top 10 best free open source PBX software,» [En línea]. Available: <https://getvoip.com/blog/2016/09/23/best-open-source-pbx-software/>. [Último acceso: 2018].
- [14] Voip-info.org, «Asterisk config sip.conf,» [En línea]. Available: <https://www.voip-info.org/asterisk-config-sipconf/>. [Último acceso: 2018].
- [15] M. Picher, «sipXcom,» 2011. [En línea]. Available: <http://sipxcom.org/sipxcom-and-jitsi-are-a-match-made-in-open-source-heaven/>. [Último acceso: 2018].
- [16] E. Database, «SIPfoundry sipXphone,» [En línea]. Available: <https://www.exploit-db.com/exploits/16352/>. [Último acceso: 2018].
- [17] S. Forge, «The Complete Open-Source Software Platform,» [En línea]. Available: <https://sourceforge.net/>. [Último acceso: 2018].
- [18] Resiprocate, «Main Page,» [En línea]. Available: https://www.resiprocate.org/Main_Page. [Último acceso: 2018].
- [19] A. Issabel, «Características de Elastix,» [En línea]. Available: <http://elastixtech.com/curso-basico-de-elastix/caracteristicas-de-elastix/>. [Último acceso: 2018].
- [20] Elastix, «Elastix Freedom to communicate,» [En línea]. Available: <https://www.elastix.org/docs/convert-tool/>. [Último acceso: 2018].
- [21] Open, «Utilizamos el poder de Asterisk y FreePBX. La tecnología Open Source de centrales telefónicas IP-PBX más avanzada del mundo.,» [En línea]. Available: <https://www.openeb.co/telefonía-ip-asterisk/>. [Último acceso: 2018].
- [22] D. Rottenberg, «FreeSWITCH Introduction,» 2018. [En línea]. Available: <https://freeswitch.org/confluence/display/FREESWITCH/Introduction>. [Último acceso: 2018].
- [23] FreeSWITCH, «Open Source Telephony,» [En línea]. Available: <https://freeswitch.com/oss/>. [Último acceso: 2018].
- [24] O. V. SDK, «How to setup Ozeki VoIP SIP SDK with FreeSWITCH,» [En línea]. Available: http://www.voip-sip-sdk.com/p_43-freeswitch-pbx-setup-voip.html. [Último acceso: 2018].

- [25] Ozeki, «VOIP SIP SDK,» [En línea]. Available: <http://voip-sip-sdk.com/>. [Último acceso: 2018].
- [26] Voicetronix, «OpenPBX Phone System,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.voicetronix.com/openpbx.htm>. [Último acceso: 2018].
- [27] OpenSIPS, «OpenSIPS Control Panel and Homer integration,» 2 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://blog.opensips.org/2017/08/02/opensips-control-panel-and-homer-integration/>. [Último acceso: 2018].
- [28] OPENSIPS, «OPENSIPS The new breed of communication engine,» [En línea]. Available: <https://www.opensips.org>. [Último acceso: 2018].
- [29] A. d. WikiAsterisk, «WikiAsterisk,» [En línea]. Available: <https://wiki.asterisk.org/wiki/dashboard.action>. [Último acceso: 2018].
- [30] FreePBX, «FreePBX let freedom ring,» [En línea]. Available: <https://www.freepbx.org/downloads/>. [Último acceso: 2018].
- [31] M. Davenport, «Digium Phones and FreePBX,» 2017. [En línea]. Available: <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/DIGIUM/Digium+Phones+and+FreePBX>. [Último acceso: 2018].
- [32] Stackoverflow, «Kamailio Install,» 21 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://stackoverflow.com/questions/49413727/kamailio-install>. [Último acceso: 2018].
- [33] Asipto, «SIP and VoIP Knowledge Base,» [En línea]. Available: <http://kb.asipto.com/>. [Último acceso: 2018].
- [34] N. Vittles, «PBX in a Flash,» [En línea]. Available: <http://nerdvittles.com/>. [Último acceso: 2018].
- [35] N. Vittles, 2 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://nerdvittles.com/?p=11984>. [Último acceso: 2018].
- [36] P. I. A. Flash, «PBX in a Flash - Easily install your own Linux-based PBX!,» [En línea]. Available: <https://pbxinaflash.com/community/home/>. [Último acceso: 2018].
- [37] 3CX, «Tome el control de su PBX,» [En línea]. Available: https://www.3cx.es/Centralita-telefonica/3CXDatasheet_es.pdf. [Último acceso: 2018].

- [38] Waybackmachine, «3CX Phone System for Windows review,» [En línea]. Available: <https://web.archive.org/web/20080706062128/http://www.itreviews.co.uk/software/s589.htm>. [Último acceso: 2018].
- [39] I. GLOBE, «3CX Phone System,» [En línea]. Available: <https://www.ictglobe.com/3cx-phone-system/>. [Último acceso: 2018].
- [40] J. Chapman, «WHY 3CX? INTERVIEW WITH NICK GALEA, THE CEO OF 3CX,» 30 Septiembre 2009. [En línea]. Available: <https://blog.voipon.co.uk/why-3cx-interview-with-nick-galea-the-ceo-of-3cx/>. [Último acceso: 2018].
- [41] E. Wikipedia, «VMware,» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/VMware#VMware Workstation Player](https://es.wikipedia.org/wiki/VMware#VMware_Workstation_Player). [Último acceso: 2018].
- [42] L. Madsen, J. Meggelen y R. Bryant, «Asterisk™: The Definitive Guide.,» 2011. [En línea]. Available: http://www.asteriskdocs.org/en/3rd_Edition/asterisk-book-html-chunk/DeviceConfig_id216341.html. [Último acceso: 2018].
- [43] E. WikiFreePBX, «Extensions Module-Sip Extension,» [En línea]. Available: <https://wiki.freepbx.org/display/FPG/Extensions+Module+-+SIP+Extension#ExtensionsModule-SIPExtension-FindMe/FollowMe>. [Último acceso: 2018].
- [44] Zoiper, «Zoiper 5,» [En línea]. Available: <https://www.zoiper.com/en/products/zoiper5>. [Último acceso: 2018].
- [45] CounterPath, «X-Lite,» [En línea]. Available: <https://www.counterpath.com/x-lite/>. [Último acceso: 2018].
- [46] 3CX, «Free Softphone for Windows,» [En línea]. Available: <https://www.3cx.com/voip/softphone/>. [Último acceso: 2018].
- [47] T.-M. D. & Communications, «Free SIP Softphne,» [En línea]. Available: <https://tmaxdialer.com/t-maxsip-free-sip-softphone/>. [Último acceso: 2018].
- [48] Claro, «Claro,» [En línea]. Available: <https://www.claro.com.co/personas/>. [Último acceso: 2018].
- [49] ETB, «ETB,» [En línea]. Available: <https://etb.com/>. [Último acceso: 2018].
- [50] TIGO, «TIGO,» [En línea]. Available: <https://www.tigo.com.co/>. [Último acceso:

2018].

- [51] CounterPath, «X-Lite,» [En línea]. Available: <https://www.counterpath.com/x-lite/>. [Último acceso: 2018].