


Implementación de un servidor de voz sobre IP FREEPBX en redes institucionales

Diego Ortega-Garcés¹ 

¹Instituto Superior Tecnológico Quito

diego.ortega@itq.edu.ec

Corresponsal: diego.ortega@itq.edu.ec; Telf.: +593 962935297

Resumen: Una central telefónica PBX de las siglas en inglés Private Branch Exchange, es una nueva tecnología que permite transformar las señales de voz en paquetes de datos reducidos, que son transportados por internet; es una evolución de los antiguos conmutadores de voz (centrales analógicas), en la nueva era tecnológica son los conmutadores digitales para llamadas telefónicas. Los avances tecnológicos y en especial el empleo de la Telefonía IP que se ha desarrollado hacen más de una década, ha conseguido en los últimos años niveles operativos competitivos respecto a servicios de telefonía tradicional, trayendo así nuevos retos en varios aspectos a la estructura tradicional.

Esta investigación se basa en el estudio, análisis e implantación de una Central de Telefonía con voz sobre IP, utilizando como recurso una CPU con características mínimas requeridas y aplicando Herramientas GNU GPL (Linux y SANGOMA), dando como resultado una PBX robusta capaz de satisfacer las necesidades de los usuarios utilizando una aplicación de software libre llamada ZOIPER, de esta manera reducimos los gastos operativos de implementación de la misma que servirá como una guía capaz de ser instalada y dar servicio de telefonía IP a centros educativos que cuenta en con una administración de una red LAN, cumpliendo con estándares de calidad como IAX y SIP.

Palabras claves VozIP, FreePBX, IAX, Sip, Sangoma.

Abstract: A PBX (Private Branch exchange) is a new technology that allows transforming voice signals into reduced data packets, which are transported over the Internet; it is an evolution of the old voice switches (analog exchanges), in the new technological era are digital switches for telephone calls. Technological advances and especially the use of IP telephony, which has been developed for more than a decade, has achieved in recent years competitive operating levels compared to traditional telephony services, bringing new challenges in several aspects to the traditional structure.

This research is based on the study, analysis and implementation of a Telephony PBX with voice over IP, using as a resource a CPU with minimum required features and applying GNU GPL Tools (Linux and SANGOMA), resulting in a robust PBX capable of meeting the needs of users using a free software application called ZOIPER, in this way we reduce the operational costs of implementation of the same that will serve as a guide capable of being installed and provide IP telephony service to educational centers that have a LAN network administration, complying with quality standards such as IAX and SIP.

Keywords: VoIP, FreePBX, IAX, Sip, Sangoma.



Cita: Ortega-Garcés. Implementación de un servidor de voz sobre IP FREEPBX en redes institucionales. Revista DOXA, 1(1), 005

https://itq.edu.ec/wp-content/uploads/2023/06/2023-06-08_doxa_1-1-5-1.pdf

Recibido: 30/04/2023

Aceptado: 08/06/2023

Publicado: 23/06/2023

Santiago Del Castillo G., M.Sc.
Editor en jefe, Revista DOXA ITQ
Quito, Ecuador

Nota del editor: La Revista DOXA ITQ mantiene una posición neutral con respecto a cualquier reclamo legal que pueda surgir del contenido publicado. La responsabilidad de la información recae enteramente en los autores.

1. Introducción

Implementación de FreePBX para redes institucionales de educación superior del Ecuador, un sistema PBX conecta las extensiones internas dentro de una empresa y al mismo tiempo las conecta con la red pública conmutada, conocida también como PSTN (Public Switched Telephone Network). En la actualidad la mayoría de las instituciones educativas no posee una central telefónica, por falta de conocimiento y gestión, esto ha generado una problemática de comunicación y retrasa las actividades planificadas más aun en esta época de pandemia.

La base de la problemática es la falta de comunicación y utilizar medios de comunicación que no sean inmediatos para una respuesta pronta y efectiva. Para ello se han diseñado una guía didáctica sobre el uso del sistema FREE-PBX para mejorar las comunicaciones dentro de los establecimientos educativos de nuestro querido Ecuador.

2. Marco conceptual

2.1. Telefonía Fija vs voz sobre IP

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 (emisor - receptor), mientras que la telefonía de voz sobre IP utiliza conmutación de paquetes. Cada vez hay más empresas que utilizan la telefonía IP para recibir y realizar llamadas a diario. En el presente artículo se explica en qué consiste la tecnología VoIP (Voice Over IP) y qué ventajas ofrece respecto a la telefonía tradicional (Estraño, 2008). A continuación, se realiza una comparación de la telefonía fija vs VOIP en la siguiente tabla:

Tabla 1

Comparativa entre telefonía fija vs 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. Se puede actualizar o expandir con nuevos equipos y aprovisionamiento de línea.	Las funciones como llamada en espera, identificador de llamadas, etc. normalmente se incluyen de forma gratuita con el servicio. 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.
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

Fuente: (Vision Click, 2018)

2.2. Protocolos de voz sobre IP

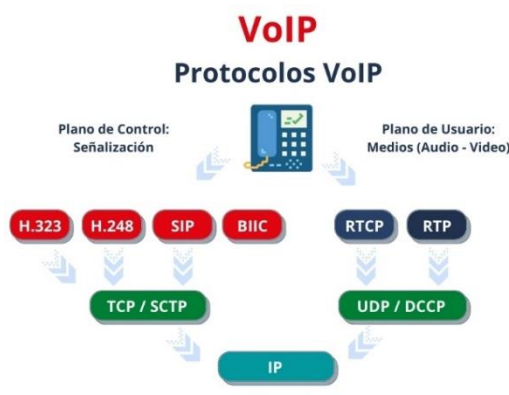
Uno de los protocolos más usados en comunicaciones de telefonía con voz sobre IP es SIP (Session Initiation Protocol), debido a la utilidad de los enlaces troncales digitales. A continuación, se encontrarán de manera resumida las principales características del protocolo SIP en la implementaciones de voz sobre IP (Quelal Zumárraga, 2010)

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 (Huidrobo & Roldán, 2017).

Figura 1
Protocolos sobre VOIP



Fuente: Autor

2.3 Comparación entre IAX y SIP

Dos de los protocolos más usados actualmente en VoIP son IAX2 y SIP. Razón por la cual es necesario conocer sus principales beneficios que son los siguientes:

IAX

- Solo necesita un puerto.
- No tiene problemas con Nat.
- Facilidad con los DTMF.
- Creado por Asterisk

SIP

- Protocolo estandarizado para VoIP.
- El nateo debe ser de 1 a 1.
- Buena documentación.
- Mayor consumo que IAX2.

En la actualidad se habla de IAX2 es decir la segunda revisión del protocolo ya que la primera ha quedado obsoleta.

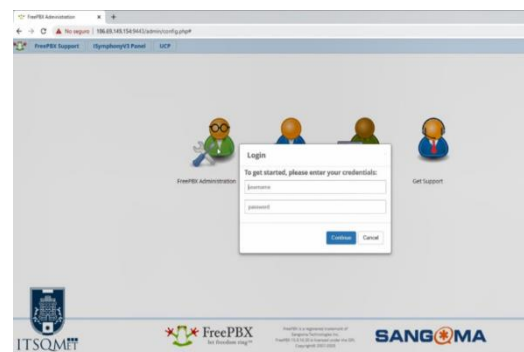
Rivadeneira Loor , (2014) menciona que el protocolo IAX2 maneja un solo puerto de comunicaciones, el UDP 4569, esto quiere decir que tanto la señalización y el flujo de audio RTP de todas las llamadas viajan multiplexados por el mismo canal, haciéndolo un protocolo casi transparente para los cortafuegos o firewalls.

Por el contrario, si se requiere de un escenario donde tengas que manejar muchas llamadas y quieras disminuir los costos por transferencia de datos, utilizando SIP y un servidor Proxy te daría una mejor alternativa

2.4. 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 (Flores Soto & Yépez Castillo, 2010). 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.

Figura 2
Interfaz gráfica de FreePBX



Fuente: Autor

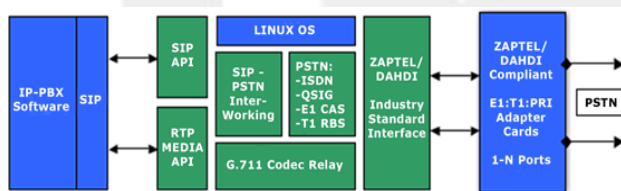
FreePBX permite hacer su propia troncalización SIP ilimitada ya que tiene una herramienta que se llama

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 (González López, 2018).

2.4.1. Arquitectura FreePBX.

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 3 (González López, 2018).

Figura 3
Módulo sip de FreePBX



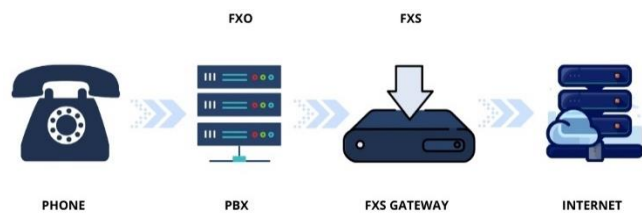
Fuente: (González, 2018)

2.4.2 Interfaces de FreePBX

(Dominguez, 2013) comenta cuando se trabaja en sistemas de telefonía y VoIP, se encontrará muchos acrónimos. Incluso después de descubrir las palabras representadas por los acrónimos, no siempre es claro lo que realmente significan. Aquí hay dos pautas simples que lo ayudarán a distinguir la diferencia entre FXO y FXS:

- Si desea conectar su IPBX con su línea analógica, debe usar FXO. La puerta de enlace conecta el IPBX con el operador - FXO (operador) - y permite al cliente final realizar llamadas a través de su línea anterior;
- Sin embargo, si tiene puntos finales analógicos como teléfonos, faxes o cualquier otra máquina analoga, necesita FXS

Figura 4
Interfaces de telefonía con VoIP

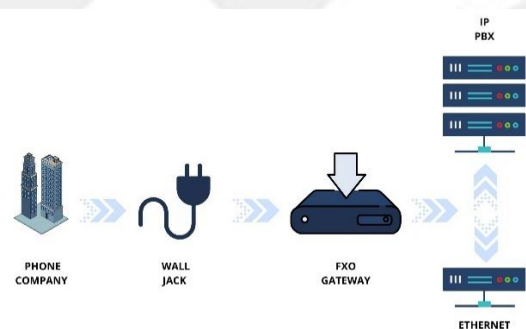


Fuente: (3CX, 2019)

Para conectar líneas telefónicas analógicas PSTN, tales como CNT en Ecuador con una PBX, se necesita un Gateway FXO. Ello le permitirá conectar el puerto FXS con el puerto FXO del Gateway, que luego convierte la línea telefónica analógica en una llamada VoIP. Esta es la mejor manera que utilizan las PBX para que puedan tener un número de marcado desde el exterior.

En la figura 5, se puede observar la conexión de la PBX con la PSTN y la distribución de la central a través de la red de datos mediante una asignación IP. Para la distribución es necesario crear un VLAN (Red de área local virtual, del inglés Virtual LAN Area Network.) que necesariamente debe ser de voz.

Figura 5
Conexión de PBX con compañía telefónica



Fuente: (3CX, 2019)

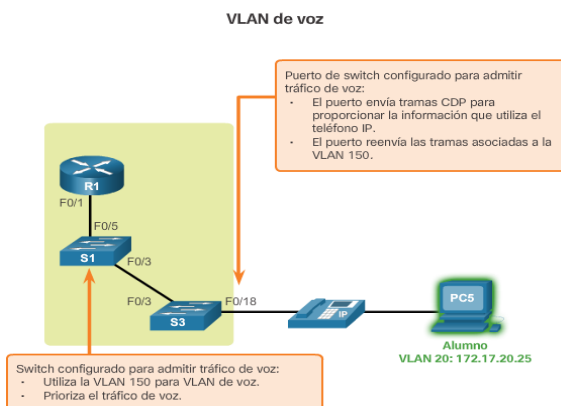
2.5 VLAN de voz

La función de la VLAN de voz permite que los puertos de switch envíen el tráfico de voz IP desde un teléfono IP. Cuando se conecta el switch a un teléfono IP, el switch envía mensajes que indican al teléfono IP conectado que envíe el tráfico de voz etiquetado con

el ID de VLAN de voz en conjunto con otra VLAN que es compartida para dar conexión a Internet (Idrogo, 2009).

En la figura 6, la VLAN 150 se diseña para enviar tráfico de voz. La computadora del estudiante PC5 está conectada al teléfono IP y el teléfono está conectado al switch S3. La PC5 está en la VLAN 20 que se utiliza para los datos de los estudiantes.

Figura 6
VLAN de voz y datos en conjunto



Fuente: (Suárez, 2020)

2.6. Teléfonos IP

Los teléfonos VoIP son iguales que los teléfonos de toda la vida, pero soportan SIP, IAX2, H323. Como tiene hardware dedicado a ello, la calidad de las llamadas es mejor y tienen funcionalidades adicionales, tipo conferencias o poner llamadas en espera (López, 2008).

Figura 7
Modelos de teléfonos IP

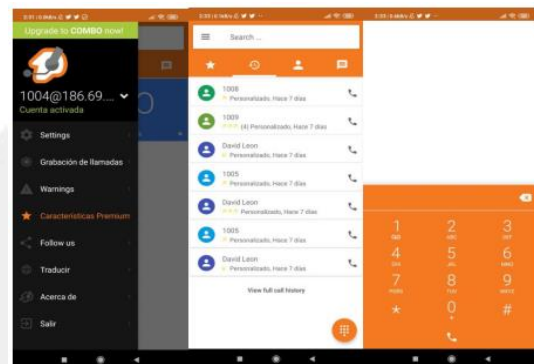


Fuente: Autor

2.7. Softphone Zoiper

Un softphone es un software utilizado para realizar llamadas como se haría con un teléfono convencional. Sólo que este software puede ser instalado en PC, Laptops, Tablets o smartphones. Esto quiere decir que podrías realizar llamadas hacia otros equipos que tengan un softphone instalado o a un teléfono fijo, por ejemplo: de una Tablet a una laptop; de un Smartphone a una PC, o de tu PC a tu oficina. Lo que logra un softphone es ampliar tus posibilidades de comunicaciones en cualquier lugar que estés (Flores Córdova, 2019).

Figura 8
Softphone zoiper.



Fuente: Autor

3. Métodos

Por medio de la plataforma Microsoft Teams, un alumno con la ayuda del grupo instaló en su equipo portátil el servidor virtual Work Station y el sistema operativo free PBX SANGOMA, se configuró utilizando una IP pública y siguiendo cada uno de los pasos y lineamientos que se requiere para mantener la comunicación mediante voz IP. Los demás integrantes instalaron en sus dispositivos móviles la aplicación ZOIPER. Una vez realizado la configuración y utilizando la IP pública el administrador del servidor agregó una extensión a cada uno de los integrantes con su respectiva contraseña y se realizó las llamadas en red.

3.1. Participantes

Hubo 6 participantes masculinos entre alumnos y profesores del Instituto Quito Metropolitano en la implementación de free PBX para redes institucionales de educación superior.

3.2. Instrumentos

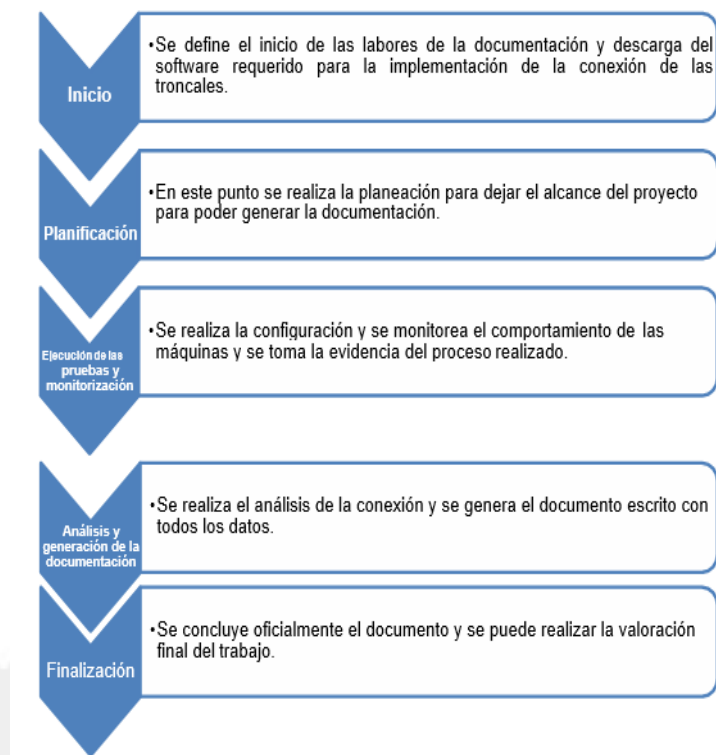
Como parte de este proyecto se utilizó una máquina portátil, IP pública, el servidor virtual Work Station y el sistema operativo free PBX SANGOMA instalado en Linux CentOS, adicionalmente se descargó la aplicación Zoiper de PlayStore de Google en dispositivos móviles de cada uno de los integrantes del grupo.

3.3. Procedimientos

Se realizó 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 9.

Figura 9

Diagrama de planificación



Fuente: Autor

3.4 Administración de FreePBX

Para la administración a través de la interfaz de FreePBX, es necesario configurar el Puerto de comunicación para poder salir al internet por medio de una IP pública que utilizó el puerto 9443. El código para poder configurar es vi ssl.conf.

Figura 10

Interfaz de consola de FreePBX

```

Last login: Wed Dec 16 12:16:14 on tty1
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:29:8c:7e:41 | 192.168.1.30 |
|           |               | fe80::20c:29ff:fe8c:7e41 |
+-----+-----+-----+
    
```

Fuente: Autor

3.4.1. Creación de una extensión

Se debe ingresar por medio de la interfaz web a la configuración de las extensiones con el número de extensión, nombre del usuario y colocamos una contraseña diferente por cada uno de los usuarios ingresados.

Figura 11

Creación de extensión en FreePBX



Fuente: Autor

Figura 12

Ingreso de usuario y contraseña



Fuente: Autor

3.4.2. Rendimiento de CPU con FreePBX

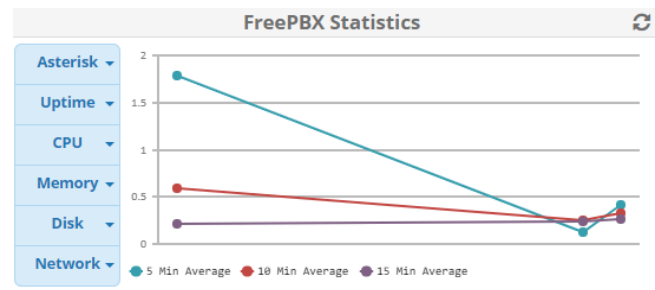
Durante las pruebas hay muchos factores que pueden ser revisados gracias al uso de la consola gráfica de FreePBX. En este escenario se decidió revisar el comportamiento de la CPU cuando se realizan llamadas debido a que es uno de los factores

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.

Figura 13

Prueba de rendimiento con 1 llamada

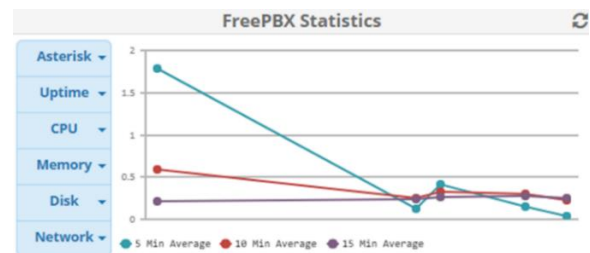


Autor: Fuente

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. Entonces se observó el comportamiento de la CPU de la troncal 1 cuando se encuentra con dos llamadas simultáneas en la Figura 14.

Figura 14

Prueba de rendimiento con 2 llamadas



Fuente: Autor

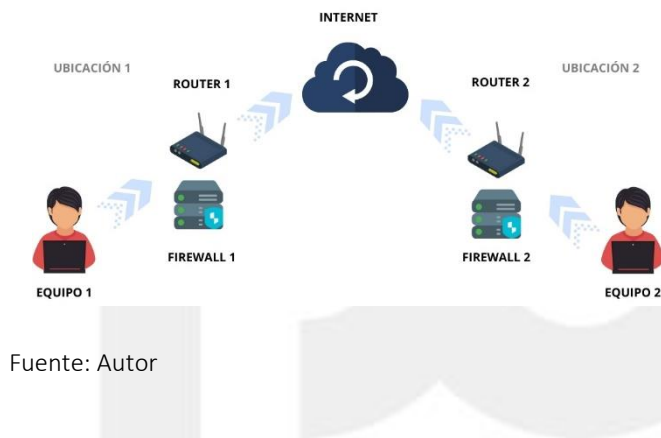
Como se puede observar no ha cambiado el uso de CPU al realizar dos llamadas simultáneas para a troncal 1. Así pues, cuando se realizan las llamadas los sistemas no hacen uso de recursos significantes cuando se instalan en un ordenador en uso. Esta característica es fundamental cuando se hace uso de

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 15.

3.5 Comparación con otros sistemas

Las características evaluadas son parámetros mínimos para trabajar una solución de VoIP a nivel empresarial (ver tabla 2).

Figura 15
Conexión con central a red externa



Fuente: Autor

Tabla 2
Conexión con central a red externa

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

Fuente: (González, 2018)

3. Discusión

Se diseñó e implementó una solución integral de telefonía IP, con la utilización de la técnica de voz de bajos consumo sobre IP ofreciendo una alta calidad de servicio con un consumo eficiente de ancho de banda.

Se intercomunicaron los integrantes de la red local, garantizando los beneficios que la tecnología Free-PBX SANGOMA ofrece a sus clientes.

Para las pruebas se creó varios ambientes que evaluaban el rendimiento de la central, al ancho de banda y el consumo de CPU en el equipo que estaba instalado FreePBX, obteniendo los resultados esperados detallados en la figura 13 y 14.

Se optimizó la red con usuarios que no tenían acceso a nodos cableados de conexión a la red interna. Finalmente, se documentó todo el proceso de instalación y configuración del proyecto.

Se recomienda implementar la central telefonía FreePBX en dispositivos que cuenten como mínimo una tarjeta de memoria RAM de 4 GB de por lo menos un procesador 5ta generación Core i5 y disco mayor a 50 GB.

4. Conclusiones

El proyecto se propuso como un dispositivo CPU que contenía el software Free-PBX cuya interfaz fue amigable tanto para el programador como para el usuario final, logrando una fácil gestión y mantenimiento del servicio dentro del establecimiento educativo ahorrando significativamente los costos de la implementación dejando solo el rubro del CPU (ver detalle en punto 4) y el contrato con el proveedor PSTN para realizar llamadas externas a la telefonía fija y celular.

Basado en el análisis de consumo de ancho de banda se evidenció que las troncales no saturan la red debido a la compresión

ofrecida dentro de su arquitectura basada en Asterisk FreePBX. El consumo de cada troncal para mantener una llamada simultánea era alrededor de 2.8 MB del ancho de banda con consumo de CPU alrededor de los 0.5 %.

Referencias

- Dominguez, F. L. (2013). *Introducción a la informática forense*. Grupo Editorial RA-MA.
- Estraño, L. (2008). *Aceptación del tutor*. Universidad Católica Andres Bello.
- Flores Córdova, D. A. (2019). *Diseño e implementación de un modelo de gestión de servicios VoIP para consultas académicas haciendo uso de Asterisk Gateway Interface en la Universidad Nacional de Piura*.
- Flores Soto, A. O., & Yépez Castillo, C. X. (2010). *Implementación del protocolo DUNDi para conectar dos o más PBX basadas en Asterisk remotamente ubicadas*. ESPOL.
- González López, E. S. (n.d.). *Solución de VOIP con servidores FreePBX a nivel empresarial en Bogotá*.
- Idrogo, M. J. (2009). *Modelo de una red de Datos, Voz y Video bajo tecnología VLAN como apoyo a las dependencias administrativas de la Universidad Bolivariana de Venezuela sede Monagas*.
- López, J. G. (2008). *VoIP y ASTERISK: Redescubriendo la telefonía*. Grupo Editorial RA-MA.
- Quelal Zumárraga, J. I. (2010). *Rediseño de de red de comunicaciones de la Empresa Metropolitana de Obras Públicas (EMOP-Q) para soportar aplicaciones de voz sobre IP (VoIP)*. QUITO/EPN/2010.
- Rivadeneira Loor, P. E., Huayamave Vera, F. A., & Medina Moreira, W. (2014). *Implementación del protocolo ss7 sobre conexiones entre dos servidores asterisk*.