

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de desarrollo de un sistema VoIP para la UEB

COSIE Centro UFC

Autor: Jorge Luis Díaz Fariñas

Tutores: MSc. Arelys Ramos Fleites

Ing. Enrique Hernández Portal

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de desarrollo de un sistema VoIP para la UEB

COSIE Centro UFC

Author: Jorge Luis Díaz Fariñas

E-mail: jdfarinas@uclv.cu

Thesis Director: MSc. Arellys Ramos Fleites

E-mail: arelys@uclv.cu

Ing. Enrique Hernández Portal

E-mail: enrique@sicen.ferronet.cu

Santa Clara Noviembre, 2021
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

DEDICATORIA

A mis padres.

TAREA TÉCNICA

1. Búsqueda de información en la literatura actualizada que permita conocer el desarrollo y la evolución de la telefonía VoIP.
2. Exploración de software actualizado que brinde soporte a sistemas VoIP.
3. Propuesta y comparación de las arquitecturas de Telefonía IP que satisfagan las necesidades de las comunicaciones en la UEB COSIE Centro UFC.
4. Implementación de la propuesta.
5. Pruebas reales.
6. Evaluación de los resultados del sistema propuesto.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

El despliegue de la voz sobre IP reduce el costo y mejora la escalabilidad empleando componentes de redes de datos estándares, utilizando la propia red interna que tenga predeterminada la empresa se puede establecer conexión desde cualquier lugar que tenga alcance dicha red. La presente investigación está orientada a la implementación de un sistema VoIP en la UEB COSIE Centro UFC mediante una PBX basada en el software libre Issabel. Se hace un recorrido por la tecnología a emplear, previo análisis de estándares y protocolos usados para esta finalidad, abordando además propiedades, ventajas y factores que afectan la calidad de la voz. Los valores referidos a jitter y pérdida de paquetes son mostrados en forma de tablas para ser analizados cualitativa y cuantitativamente, demostrando así la eficiencia del sistema a emplear y la factibilidad económica de dicha solución.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA | iv |
| TAREA TÉCNICA | v |
| RESUMEN | vi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. VoIP | 5 |
| 1.1 VoIP. Características fundamentales | 5 |
| 1.2 VoIP y telefonía IP | 7 |
| 1.3 Infraestructura de una Red de Telefonía IP | 7 |
| 1.3.1 Elementos de una Red de Telefonía IP | 8 |
| 1.3.1.1 Terminales | 8 |
| 1.3.1.2 Servidor o Central Telefónica | 8 |
| 1.3.1.3 Gateway | 9 |
| 1.3.1.4 Gatekeepers | 9 |
| 1.4 Transmisión de VoIP | 9 |
| 1.5 Protocolos VoIP | 11 |
| 1.5.1 Protocolos de señalización | 11 |
| 1.5.1.1 Protocolo H.323 | 11 |
| 1.5.1.2 Protocolo SIP | 13 |
| 1.5.1.3 Protocolo IAX | 15 |
| 1.5.2 Protocolos de Transporte | 16 |
| 1.5.2.1 Protocolo RTP | 16 |
| 1.5.2.2 Protocolo RTCP | 16 |

| | |
|--|----|
| 1.5.3 Compresión de la voz..... | 17 |
| 1.5.3.1 Códecs de voz..... | 18 |
| 1.5.3.1.1 Códec G.711..... | 18 |
| 1.5.3.1.2 Códec G.722..... | 18 |
| 1.5.3.1.3 Códec G.723..... | 18 |
| 1.5.3.1.4 Códec G.726..... | 19 |
| 1.5.3.1.5 Códec G.729..... | 19 |
| 1.5.3.1.6 Códec GSM..... | 19 |
| 1.5.3.1.7 Códec Speex..... | 19 |
| 1.5.3.1.8 Códec iLBC..... | 20 |
| 1.6 QoS para VoIP. | 21 |
| 1.6.1 Jitter..... | 21 |
| 1.6.2 Latencia. | 21 |
| 1.6.3 Pérdida de Paquetes..... | 22 |
| 1.6.4 Ancho de banda..... | 22 |
| 1.7 Umbrales de aceptación para VoIP. | 22 |
| 1.8 MOS. | 23 |
| 1.9 Situación de la telefonía en la UEB COSIE Centro UFC. | 24 |
| 1.10 Conclusiones parciales. | 24 |
| CAPÍTULO 2. Propuesta de sistema VoIP para la UEB COSIE Centro UFC. | 25 |
| 2.1 Asterisk..... | 25 |
| 2.1.1 Arquitectura..... | 27 |
| 2.1.2 Módulos..... | 28 |
| 2.1.3 Aplicaciones. | 28 |

| | |
|--|----|
| 2.1.4 Ventajas..... | 28 |
| 2.2 Issabel..... | 29 |
| 2.2.1 Servicios que brinda Issabel..... | 31 |
| 2.3 Issabel Cloud..... | 31 |
| 2.4 Centro de llamadas (<i>Call Center</i>)..... | 32 |
| 2.5 Ventajas y desventajas..... | 33 |
| 2.6 Instalación de Issabel..... | 34 |
| 2.7 Tecnología a emplear..... | 34 |
| 2.7.1 Centralita híbrida inteligente..... | 34 |
| 2.7.2 Teléfono IP estándar, pantalla de 3 líneas..... | 35 |
| 2.7.3 Teléfono analógico..... | 36 |
| 2.8 Arquitectura de la Red de Datos con VoIP en la UEB COSIE Centro UFC..... | 37 |
| 2.9 Conclusiones parciales..... | 38 |
| CAPÍTULO 3. Análisis del sistema propuesto..... | 39 |
| 3.1 Resultados..... | 39 |
| 3.2 Análisis de jitter y registro de llamadas en la red..... | 40 |
| 3.3 Análisis económico..... | 43 |
| 3.4 Conclusiones parciales..... | 44 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 45 |
| Conclusiones..... | 45 |
| Recomendaciones..... | 46 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |
| ANEXO 1. Tabla resumen de los códecs más usados actualmente..... | 49 |
| ANEXO 2. Servicios que brinda Issabel..... | 53 |

| | |
|---|----|
| ANEXO 3. Funciones del Call Center. | 57 |
| ANEXO 4. Instalación del software libre Issabel. | 60 |

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y fuerte implantación de las redes IP, tanto en local como en remoto, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir telefonía sobre IP. Esta disponibilidad tecnológica no significaría en modo alguno la desaparición de las redes telefónicas en modo circuito, sino que habrá, al menos temporalmente, una fase de coexistencia entre ambas, y por supuesto la necesaria interconexión mediante pasarelas (gateways), denominadas genéricamente pasarelas VoIP.

Es innegable la implantación definitiva del protocolo IP desde los ámbitos empresariales a los domésticos y la aparición de un estándar, el VoIP. Esta situación unida al abaratamiento de los Procesadores Digitales de Señales (DSP's), los cuales son claves en la compresión y descompresión de la voz, son los elementos que han hecho posible el despegue de estas tecnologías. Existen otros factores que también contribuyen a este auge tales como la aparición de nuevas aplicaciones o la apuesta definitiva por VoIP de fabricantes como Cisco Systems o Nortel-Bay Networks. Por otro lado los operadores de telefonía están ofreciendo o piensan ofrecer en un futuro cercano, servicios IP de calidad a las empresas.

Partiendo de las anteriores premisas se puede plantear como **situación problemática**:

La necesidad de implementar en la UEB COSIE Centro UFC un sistema de telefonía de VoIP para las comunicaciones mediante la instalación de un servidor de Asterisk de ahí se deriva el siguiente problema de investigación:

Problema.

¿Cómo contribuir en la mejora de las comunicaciones en la UEB COSIE Centro UFC, teniendo en cuenta las ventajas que podría ofrecer la implementación de un sistema VoIP?

Objetivo General.

Implementar un sistema de VoIP mediante la instalación de un servidor de Asterisk para ofrecer servicios telefónicos a la UEB COSIE Centro UFC.

Objetivos específicos:

- Documentar los estándares, protocolos y software actuales para manejar servicios VoIP.
- Analizar las distintas soluciones de hardware y software disponibles en la actualidad de sistemas con tecnología VoIP para ser implementadas en la UEB COSIE Centro UFC.
- Diseñar una infraestructura que permita configurar y proveer servicios de VoIP en la UEB COSIE Centro UFC.
- Realizar el montaje y puesta en marcha del Sistema VoIP.
- Evaluar el funcionamiento del sistema VoIP diseñado.

Interrogantes científicas.

- ¿Cuáles son las tendencias actuales de los sistemas de VoIP incluyendo los protocolos y estándares internacionales que soportan estos servicios?
- ¿Cuáles son las mejores variantes que podrían ser consideradas para ser implementadas en la UEB COSIE Centro UFC?
- ¿Cuáles serían las mejores propuestas para implementar un sistema de comunicaciones de telefonía IP en la UEB COSIE Centro UFC?
- ¿Cuál es la infraestructura actual que tiene la red de la UEB COSIE Centro UFC?
- ¿Qué arquitectura podría ser propuesta para insertar los servicios de Voz sobre la actual red IP de la UEB COSIE Centro UFC?
- ¿Cómo evaluar la efectividad de la implementación de un sistema de VoIP mediante la instalación de un servidor de Issabel para ofrecer servicios telefónicos a la UEB COSIE Centro UFC?

Tareas de investigación.

- Búsqueda de información en la literatura actualizada que permita conocer el desarrollo y la evolución de la Telefonía IP.
- Proponer y comparar las arquitecturas de Telefonía IP que satisfagan las necesidades de las comunicaciones en la UEB COSIE Centro UFC.
- Implementación de la propuesta.
- Pruebas reales.
- Elaboración del documento de tesis.

Posibles resultados.

Con este proyecto se pretende realizar una propuesta de implementación de la telefonía IP en la UEB COSIE Centro UFC, pudiera ser también viable su empleo en la formación de ingenieros en Telecomunicaciones y Electrónica.

Estructura del Trabajo: El trabajo consta de la Introducción, el desarrollo dividido en tres capítulos, las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

Los capítulos están orientados a los siguientes temas:

CAPITULO I: Tecnología VoIP.

En este capítulo se abordan los conceptos y definiciones principales para un mayor entendimiento del trabajo de diploma, así como las alternativas que ofrecen los distintos Servidores VoIP, elementos fundamentales, beneficios, factores que afectan la calidad, protocolos y codec que se usan para dar solución al problema planteado.

CAPITULO II: Sistema VoIP para la UEB COSIE Centro UFC.

En el segundo capítulo se incluye una caracterización detallada de la tecnología empleada para la realización de este proyecto, además, se señalan los elementos que componen el sistema de VoIP propuesto, así como un análisis de las diferentes alternativas que permiten la configuración del Issabel (Central PBX). Al final se presenta la arquitectura de la red de datos.

CAPITULO III: Evaluación del Sistema.

En el tercer capítulo se recogen los resultados del sistema de prueba llevado a cabo para la propuesta de desarrollo de un sistema VoIP en la UEB COSIE Centro UFC. Analizando a través de graficas la eficiencia del sistema y lo económico de esta solución.

CAPÍTULO 1. VoIP.

En este apartado se introduce la temática VoIP, donde se estudian conceptos generales, estructura de una red telefónica IP, componentes principales, protocolos así como el proceso de compresión de la voz y los códecs más empleados. También se ilustran beneficios que brinda VoIP y se establece un breve análisis sobre la calidad de servicio al emplear esta tecnología, brindando así una solución global para la situación problemática en cuestión.

1.1 VoIP. Características fundamentales.

VoIP es el acrónimo de “*Voice Over Internet Protocol*”, que tal y como el término dice, hace referencia a la emisión de voz en paquetes IP sobre redes de datos de Internet. En este punto se unen dos mundos que hasta entonces habían convivido separados: la transmisión de voz y la de datos. La tecnología VoIP transporta la voz, previamente procesada, encapsulándola en paquetes para poder ser transportada sobre redes de datos sin necesidad de disponer de una infraestructura telefónica convencional. Con lo que se consigue desarrollar una única red homogénea en la que se envía todo tipo de información ya sea voz, video o datos. Es evidente que la utilización de una única red para la transmisión de voz y datos presenta gran cantidad de ventajas. Para un proveedor de servicio de telefonía y datos, por un lado, obtiene mayores beneficios ya que con una sola línea puede ofrecer más servicios. Y por otro lado le supone un ahorro de gastos tanto de infraestructura como de mantenimiento. Una llamada telefónica requiere una gran red de centralitas conectadas entre sí con cableado, fibra óptica, satélites de telecomunicación o cualquier otro medio, que equivale a una enorme inversión para crear y mantener estas infraestructuras. En cambio, una llamada telefónica sobre IP supone comprimir la voz y enviarla en paquetes de datos por una línea en la que pueden viajar

diferentes llamadas e incluso diferentes datos, sin necesidad de líneas dedicadas ni desaprovechamiento del ancho de banda.

Por otro lado existen también ciertos inconvenientes para el desarrollo de la telefonía sobre IP que se pueden resumir en los siguientes tres conceptos: Seguridad, Fiabilidad y Calidad de Servicio (QoS). VoIP al basarse sobre el protocolo IP (y en muchos casos usando UDP en la capa de transporte) asume la posibilidad de que los paquetes puedan perderse, otro problema es que no hay una garantía absoluta en el tiempo que tardan en llegar los paquetes al otro extremo de la comunicación aunque se utilicen técnicas de priorización. Estos problemas de calidad de servicio telefónico y dependencia de la red de datos suponen uno de los principales problemas para la difusión total de la telefonía por IP. Pero cierto es que, poco a poco dichos problemas se van solucionando con la evolución de las tecnologías involucradas.

Desde el punto de vista de la seguridad, las llamadas en VoIP se transmiten por Internet o por redes potencialmente inseguras. Lo cual plantea riesgos de privacidad y seguridad que no surgen con un servicio telefónico tradicional. Un ejemplo de ello, es que la infraestructura VoIP se puede ver seriamente degradada por el efecto de algún virus, gusano o por el más que conocido SPAM. VoIP es vulnerable además en muchos otros puntos, ya sea en los protocolos utilizados, en los dispositivos que intervienen, o debilidades en la red por la que se transmite. Durante resto del documento se intenta dar una visión global y explicar los conceptos de seguridad y los ataques más comunes que afectan a las redes de telefonía IP [1].

La eficiencia que brinda la telefonía IP se refleja en los siguientes casos, las empresas que cambian la telefonía fija por telefonía IP o VoIP ahorran entre 50% y 70% de los costos mensuales destinados a dicho servicio, el mercado de servicios globales de VoIP aumentó de 83 mil millones de dólares en 2015 a 140 mil millones de dólares para 2021, debido al crecimiento de la telefonía IP las empresas proveedoras de telefonía fija pierden un promedio de 700.000 clientes mensualmente [2].

1.3.1 Elementos de una Red de Telefonía IP.

Dentro de una Red de Telefonía IP existen elementos fundamentales los cuales se describen a continuación.

1.3.1.1 Terminales.

Son los puntos terminales de la comunicación que permiten realizar y recibir llamadas de los usuarios, se encargan de codificar y empaquetar la voz en el emisor y realizar el proceso inverso en el receptor [5]. Los terminales pueden implementarse mediante hardware o software.

- **Hardware:** Es un teléfono IP que tiene soporte para VoIP nativo y puede conectarse directamente a una red IP o puede ser un teléfono analógico conectado a un adaptador el cual permite la comunicación entre una red PSTN y una red de VoIP.
- **Software:** Es un softphone el cual es un teléfono implementado por software, estos proporcionan a un dispositivo las funcionalidades de un teléfono de VoIP, pueden ser instalados en un computador o en un smartphone.

1.3.1.2 Servidor o Central Telefónica.

Es el centro de toda la organización de VoIP se encarga de controlar todo el procesamiento de las llamadas realizadas por los usuarios, gestiona toda la comunicación, provee control sobre los servicios o recursos de la red y también es encargado del enrutamiento de llamadas a través de la red. Dentro de una central telefónica IP cada usuario cuenta con su propia extensión IP y a través de esta puede hacer uso de todas las funciones que brinda el sistema como realizar llamadas internas, es decir únicamente dentro de la empresa o externas ya sea a una red de telefonía tradicional o a otra central de telefonía IP, mensajería y buzón de voz. Una central telefónica IP puede estar basadas en un hardware o en un software, la principal diferencia es que en la versión basada en un hardware el nivel de procesamiento de datos y velocidad en las comunicaciones son más rápidas debido a que sus componentes son fabricados exclusivamente para cumplir una función definida mientras que la versión basada en software utiliza procesos virtuales [6].

1.3.1.3 Gateway.

Este dispositivo es el encargado de conectar la red de telefonía IP con otro tipo de redes como redes basadas en protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), PSTN o a una RDSI (*Red Digital de Servicios Integrados*). El Gateway realiza la conversión entre los diferentes formatos de transmisión y procedimientos de comunicación [7], también se los conoce como ATA (Adaptador Telefónico Analógico). Permite interfaces de conexión como:

- FXO (*Foreing Exchange Office*): Permite la conexión a extensiones de centrales telefónicas privadas o a la red telefónica tradicional.
- FXS (*Foreing Exchange Station*): Permite la conexión de un teléfono a un computador.
- E&M: Conexión de PBXs entre sí, mediante troncales de telefonía tradicional.
- BRI (*Basic Rate Interface*) y PRI (*Primary Rate Interface*): Utilizados para acceso básico RDSI.

1.3.1.4 Gatekeepers.

Son el centro neurálgico de las redes VoIP. Se encargan de realizar tareas de autenticación de usuarios, control de admisión, control de ancho de banda, encaminamiento, servicios de facturación y temporización, etc [1].

1.4 Transmisión de VoIP.

La mayoría de los modelos de protocolos describen un stack de protocolos específicos del proveedor. Sin embargo, puesto que el modelo TCP/IP es un estándar abierto, una compañía no controla la definición del modelo. Las definiciones del estándar y los protocolos TCP/IP se explican en un foro público y se definen en un conjunto de RFC disponibles al público. Las RFC contienen la especificación formal de los protocolos de comunicación de datos y los recursos que describen el uso de los protocolos. Las RFC también contienen documentos técnicos y organizacionales sobre Internet, entre los que se incluyen las especificaciones técnicas y los documentos de las políticas elaborados por el IETF [8].

Los paquetes de VoIP se transmiten sobre la red basada en IP aprovechando el modelo TCP/IP. Consta de 5 capas:

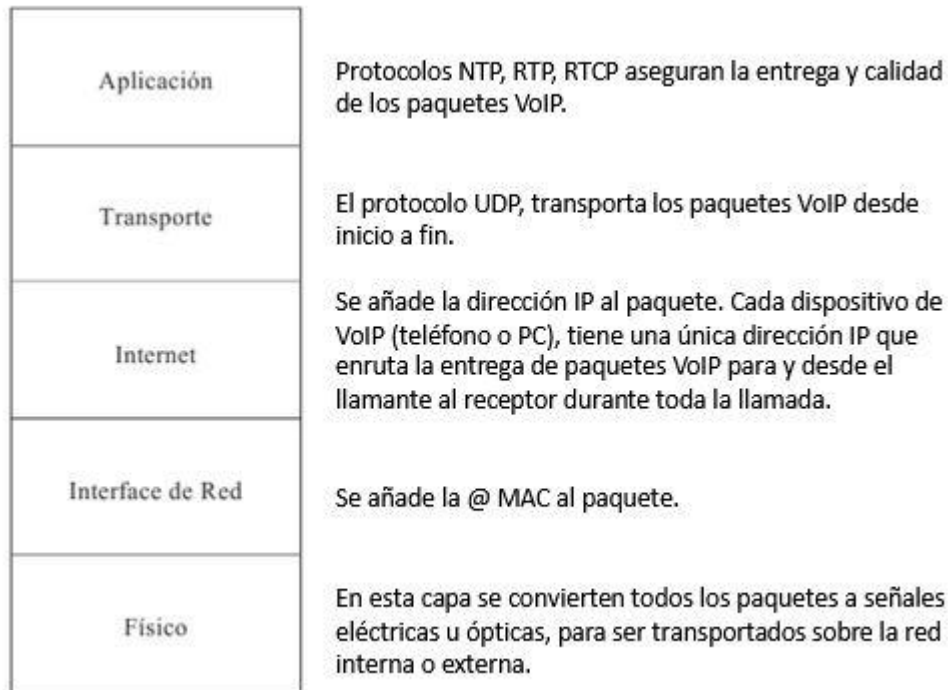


Figura 1.2 Modelo TCP/IP para VoIP [9].

Los protocolos específicos que se utilizan en cada capa son:

Aplicación:

En esta capa los paquetes de VoIP utilizan 3 protocolos:

- NTP (*Network Time Protocol*): ayuda a asegurar que las señales son transmitidas y recibidas en el margen de tiempo necesario para asegurar la calidad de recepción.
- RTP (*Real Time Transports Protocol*): proporciona funciones de transporte de red de extremo a extremo, para señales de voz digitales, encapsuladas en el paquete VoIP.
- RTCP (*Real Time Transports Control Protocol*): monitoriza la entrega de la señal de voz y proporciona funciones mínimas de control para asegurar la entrega de los paquetes.

Transporte:

La mayoría de los datos de una red usan el protocolo TCP en la capa de transporte, mientras que en VoIP se utiliza el UDP.

El TCP es más lento que el UDP. Utiliza más tiempo en la entrega de paquetes en el destino para asegurar que lleguen correctamente. Pero al tratarse de un sistema que funciona en tiempo real es más importante la velocidad de entrega de paquetes, que no la seguridad en que lleguen todos los paquetes. Por eso se usa el UDP [9].

1.5 Protocolos VoIP.

El objetivo de los protocolos de VoIP es dividir en paquetes los flujos de audio para transportarlos sobre redes basadas en IP. Los protocolos de las redes IP originalmente no fueron diseñados para el fluido el tiempo real de audio o cualquier otro tipo de medio de comunicación. La PSTN (*Public Switched Telephone Network*), conocida como la red telefónica pública conmutada, está diseñada para la transmisión de voz, sin embargo tiene sus limitaciones tecnológicas.

Es por lo anterior que se crean los protocolos para VoIP, cuyo mecanismo de conexión abarca una serie de transacciones de señalización entre terminales que cargan dos flujos de audio para cada dirección de la conversación.

1.5.1 Protocolos de señalización.

Un protocolo de señalización es un lenguaje común en teléfonos, servidores de gestión de llamadas, red telefónica pública conmutada, y los sistemas PBX, estos sistemas necesitan un medio para establecer, controlar y finalizar las llamadas. La Voz sobre IP ofrece varios protocolos de señalización. Para VoIP existen varios protocolos de señalización, siendo los tres protocolos más extendidos: SIP, IAX2, y H323.

1.5.1.1 Protocolo H.323.

El H.323 es un compendio de protocolos que se interconectan para garantizar tres tareas principales” – la señalización, la negociación de los Encoding/Decoding (CODECs) y el

transporte de datos VoIP. Este protocolo garantiza el control sobre la utilización de los recursos de la red [10].

Este compendio de protocolos está compuesto por el protocolo H.245 que es responsable por negociar la apertura, la utilización de canales y las configuraciones de la comunicación VoIP. El protocolo Q.931 que proporciona señalización y establecimiento de llamadas, protocolo Remote Access Service (RAS) utilizado por el terminal para comunicar con el gatekeeper [10].

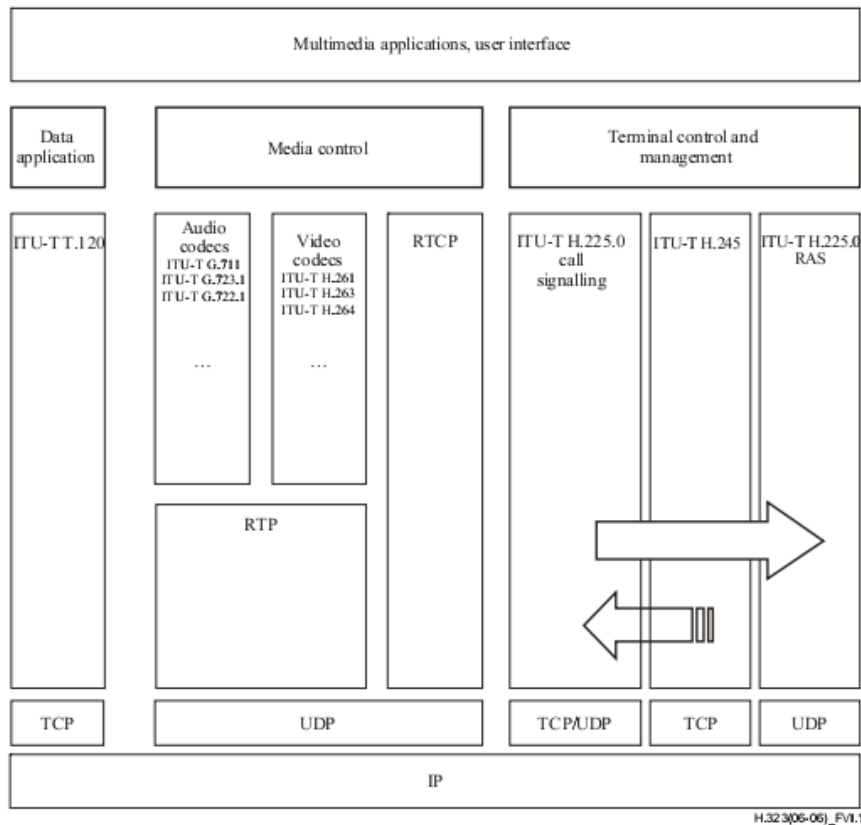


Figura 1.3 H.323 sobre pilas de IP [11].

Una llamada H.323 se caracteriza por las siguientes fases de señalización:

- Establecimiento de la comunicación.
- Señalización de Control.
- Los terminales inician la comunicación mediante el protocolo RTP/RTCP.
- Desconexión.

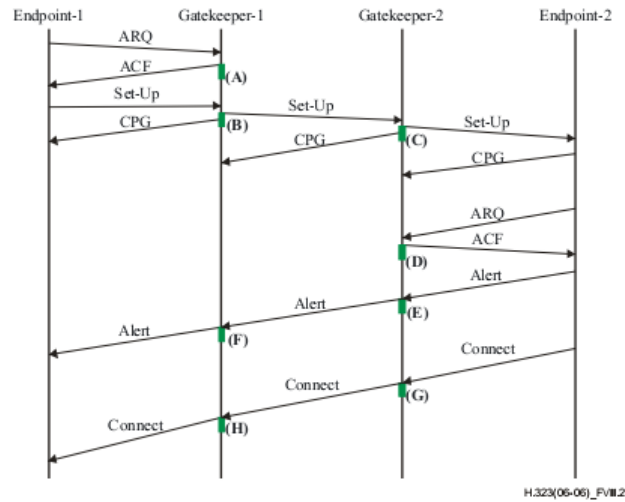


Figura 1.4 Ejemplo de llamada H.323 [11].

1.5.1.2 Protocolo SIP.

SIP es un protocolo de señalización interactivo desarrollado por el IETF para iniciar el control, la modificación y la terminación de una sesión. Aplica el modo Peer to Peer, que asigna funciones de red como el enrutamiento de llamadas y la gestión de sesiones para todos los nodos (incluidos los puntos finales y los servidores de red) de la red SIP. Esto es completamente diferente de la telefonía de voz tradicional, que se basa completamente en conmutadores centrales en la red. Además, SIP hace referencia completa a HTTP y SMTP en el protocolo de la capa de aplicación y adopta la arquitectura de red C / S, que es fácil de expandir. SIP usa un protocolo SDP separado para describir sesiones, cuya codificación de sesión es el modo de texto [12].

Inicialmente, solo se utilizaban sistemas telefónicos tradicionales basados en conmutadores para enviar y recibir mensajes. Sin embargo, con la introducción de Internet, se cumplió el requisito de un sistema que se pueda utilizar para conectar personas a través de Internet. La solución propuesta por IETF fue aceptada como la estándar. El primer borrador presentado por IETF fue en febrero de 1996 que se conoció como "borrador-ietf-mmusic-sip-00". El borrador inicial incluía solo un tipo de solicitud, lo que se denominó solicitud de establecimiento de llamada. Posteriormente en el mismo año en diciembre, se propuso una

nueva versión que se denominó “draft-ietf-mmusic-sip-01”. Luego, el IETF introdujo una versión mejorada del borrador llamado “draft-ietf-mmusic-sip-12” que incluía seis solicitudes SIP que tiene el protocolo en la actualidad. También publicaron RFC 2543 como estándar que se modificó aún más para hacer la versión actual de RFC 3261 en junio de 2002. RFC 3261 es el borrador estándar que describe la metodología estándar de funcionamiento SIP como protocolo de señalización [13].

El enlace troncal SIP simplifica el sistema de telefonía empresarial al permitir que las comunicaciones comerciales amplíen su presencia global. Los troncales SIP son fáciles de implementar, económicos y admiten múltiples canales para satisfacer las necesidades de cualquier empresa. Algunas de las ventajas más importantes de SIP Trunking se analizan a continuación [14].

- **Ahorro de costes:** uno de los beneficios clave del enlace troncal SIP es que ahorra el coste de todo el sistema de comunicación empresarial, incluidos los precios de las llamadas y los costes de infraestructura. Las empresas pueden decidir la cantidad de canales necesarios y pagar solo por los necesarios. Dado que también hay muy pocas infraestructuras de red que instalar para implementar SIP trunk, se reduce el costo total del sistema telefónico empresarial. El costo general de la instalación del SIP trunk varía de 0 € a 150 € y las tarifas mensuales de 25 € a 50 €. Los estudios muestran que el uso de troncales SIP en lugar de los sistemas telefónicos tradicionales reduce el costo del sistema de telefonía empresarial en un 50% por mes.
- **Movilidad:** el enlace troncal SIP permite a las empresas combinar VoIP y conectividad de datos en una sola red y proporcionar servicios de voz fluidos a los empleados ubicados en cualquier parte del mundo.
- **Comunicaciones unificadas:** la comunicación unificada es una de las partes clave del sector de la telefonía empresarial y el enlace troncal SIP actúa como puerta de entrada a los sistemas telefónicos empresariales mediante los cuales las organizaciones pueden disfrutar de todos los beneficios de las comunicaciones unificadas sin problemas.
- **Sin infraestructuras físicas:** hoy en día, los proveedores de servicios de comunicación ofrecen conexión troncal SIP a las empresas a través de la nube. El PBX en la nube de la

organización se puede conectar virtualmente con el proveedor de servicios a través del enlace troncal SIP, que no requiere la instalación de ninguna infraestructura física.

- **Fiabilidad:** el sistema telefónico tradicional se enfrenta a muchas críticas, ya que solía verse muy afectado por las malas condiciones climáticas y los daños en algunos elementos de la red que provocaban la interrupción del servicio. Con el troncal SIP, la confiabilidad está garantizada ya que los proveedores de comunicaciones pueden configurar las características de redundancia permitiendo que las conexiones vuelvan a la secundaria si falla la conexión primaria.

1.5.1.3 Protocolo IAX.

El protocolo IAX se corresponde con *Inter-Asterisk Exchange Protocol*. Como indica su nombre fue diseñado como un protocolo de conexiones VoIP entre servidores Asterisk aunque hoy en día también sirve para conexiones entre clientes y servidores que soporten el protocolo.

La versión actual es IAX2 ya que la primera versión de IAX ha quedado obsoleta es un protocolo diseñado y pensado para su uso en conexiones de VoIP aunque puede soportar otro tipo de conexiones (por ejemplo video).

Los objetivos de IAX son:

- Minimizar el ancho de banda usado en las transmisiones de control y multimedia de VoIP.
- Evitar problemas de NAT (Network Address Translation).
- Soporte para transmitir planes de marcación.

Entre las medidas para reducir el ancho de banda cabe destacar que IAX o IAX2 es un protocolo binario en lugar de ser un protocolo de texto como SIP y que hace que los mensajes usen menos ancho de banda.

Para evitar los problemas de NAT el protocolo IAX o IAX2 usa como protocolo de transporte UDP, normalmente sobre el puerto 4569, (el IAX1 usaba el puerto 5036), y tanto la información de señalización como los datos viajan conjuntamente (a diferencia de SIP) y por tanto lo hace menos proclive a problemas de NAT y le permite pasar los routers y firewalls de manera más sencilla [15].

1.5.2 Protocolos de Transporte.

Los protocolos de nivel de transporte TCP/IP permiten a los programas de aplicación comunicarse con otros programas de aplicación. El nivel de transporte es el encargado de la transferencia libre de errores de los datos entre el emisor y el receptor, aunque no estén directamente conectados, así como de mantener el flujo de la red. Es la base de toda la jerarquía de protocolo. La tarea de esta capa es proporcionar un transporte de datos confiable y económico de la máquina de origen a la máquina destino, independientemente de las de redes físicas en uno. Sin la capa transporte, el concepto total de los protocolos en capas tendría poco sentido.

1.5.2.1 Protocolo RTP.

RTP (*Real-time Transport Protocol*) Protocolo de transporte en tiempo real. Es un protocolo de tiempo real mediante multidifusión IP, pero también se puede utilizar en transmisión unicast. Realiza sus operaciones manteniendo un comportamiento temporal estricto. Posibilita que las acciones se realicen en intervalos de tiempo fijos, en lugar de ofrecer un desempeño a la velocidad más rápida. Es el componente clave de la voz sobre IP red y fue desarrollado por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (*Internet Engineering Task Force*) (IETF) [16].

Hay varios componentes en RTP y cada uno tiene su propia descripción y función. Los componentes principales de RTP consisten en: un número de secuencia, que se puede utilizar para encontrar los paquetes que se pierden, identificación de la carga útil que especifica la codificación de los medios después de lo cual se puede cambiar en caso de que haya variación en el ancho de banda, indicación de trama que indica el inicio y el final de cada marco de medios, fuente de identificación que muestra de dónde se origina la trama y la sincronización intermedia que detecta diferentes retrasos en la transmisión usando marcas de tiempo [17].

1.5.2.2 Protocolo RTCP.

RTCP (*Real Time Control Protocol*) Protocolo de control en tiempo real. RTCP se considera el protocolo hermano del protocolo RTP. RTCP proporciona control fuera de banda para transmisiones de medios en RTP. El propio RTCP no transmite datos, pero coopera con RTP

para empaquetar y enviar datos multimedia. RTCP transmite periódicamente datos de control entre los participantes en una sesión multimedia de transmisión. Su objetivo principal es proporcionar las estadísticas de calidad de servicio (QoS), es decir, el número de paquetes, pérdida de paquetes y retardo de tiempo. Con esto, los endpoints se comunican entre sí y comparten la información para ajustar la calidad. RTCP también se ejecuta con UDP como su protocolo para la capa de transporte [17].

1.5.3 Compresión de la voz.

Los códecs son algoritmos complejos de codificación y decodificación de la información, donde la señal de voz analógica es previamente digitalizada para ser transmitido y posteriormente reconstruido en el destino. Estos algoritmos buscan el equilibrio entre la voz calidad, ancho de banda y recursos de procesamiento. Los códecs de voz tienen características técnicas de diseño como frecuencia de muestreo, carga útil, velocidad de bits, PPS, y tamaño de cuadro, siendo estos los más comunes.

La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital. El proceso de convertir ondas analógicas a información digital se hace con un codificador-decodificador (el CODEC). Hay muchas maneras de transformar una señal de voz analógica, todas ellas gobernadas por varios estándares. El proceso de la conversión es complejo. Es suficiente decir que la mayoría de las conversiones se basan en la modulación codificada mediante pulsos (PCM) o variaciones.

Además de la ejecución de la conversión de analógico a digital, el CODEC comprime la secuencia de datos, y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada puede permitir el ahorro del ancho de banda. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca capacidad y permite tener un mayor número de conexiones de VoIP simultáneamente. Otra manera de ahorrar ancho de banda es el uso de la supresión del silencio, que es el proceso de no enviar los paquetes de la voz entre silencios en conversaciones humanas.

1.5.3.1 Códecs de voz.

El trabajo de los códecs de voz es convertir la voz humana en paquetes digitalizados que pueden enrutarse a través de Internet como cualquier otra forma de medio. Estos paquetes de voz se pueden marcar con una prioridad más alta a través de la configuración de QoS para permitirles pasar a través de firewalls u otros equipos de control más rápido. Esto suele ser necesario para garantizar que el audio no se caiga durante las llamadas. En este aspecto, la mayoría de los códecs de VoIP realizan el trabajo adecuadamente.

1.5.3.1.1 Códec G.711.

G.711: El códec G.711 es el estándar ITU-T para audio telefónico y utiliza un ancho de banda de 64 Kbps para transmisión única de paquetes de voz al destino. Este códec se ha utilizado para sistemas telefónicos desde 1972. El códec G.711 utiliza modulación de código de impulsos (PCM) para muestrear señales de sonido de hasta 8000 muestras/segundo, carga útil de 160 bytes, velocidad de bits de 64 kbps, PPS (paquetes por segundo) de 50 y tamaño de trama de 20 milisegundos. Este códec se utiliza especialmente en la PSTN y en entornos donde el consumo en ancho de banda no es un problema [18],[19].

1.5.3.1.2 Códec G.722.

G.722: Es un códec de alta calidad similar al códec G.711 pero mejorado. Funciona con Sub Band – Adaptive Algoritmos de modulación de código de pulso diferencial (SB-ADPCM). El G.722 tiene características técnicas como frecuencia de muestreo de 7 KHz, cargas útiles de 120, 140 y 160 bytes, tasas de bits de 48, 56 y 64 kbps, PPS de 50 y tamaño de trama de 20 ms. Este códec se utiliza en digital redes [19].

1.5.3.1.3 Códec G.723.

G.723: Es un códec estándar de ITU-T desarrollado originalmente para videoteléfonos que ofrecen video y habla a través de líneas telefónicas regulares (PSTN). Es un códec de voz de doble velocidad diseñado para ITU-T H.323 y Conferencia / telefonía de audio y video H.324 Normas. Para la tasa de bits baja, utiliza el algoritmo llamado predicción lineal excitada de código algebraico (ACELP) [20].

1.5.3.1.4 Códex G.726.

G.726: se basa en pulso diferencial adaptativo Algoritmos de modulación de código (ADPCM). Tiene características técnicas como frecuencia de muestreo de 8 kHz, cargas útiles de 40, 60, 80 y 100 bytes, velocidades de bits de 16, 24, 32 y 40 kbps, PPS de 50 y tamaño de cuadro de 20 milisegundo. Este códec se utiliza en sistemas de transmisión digital [19].

1.5.3.1.5 Códex G.729.

G.729: Es el códec estándar ITU-T que tiene dos versiones A y B, G.729. Es un códec de banda estrecha. Usa algoritmos basados en estructura conjugada-código algebraico-excitado Predicción lineal (CS-ACELP). Tiene características técnicas como frecuencia de muestreo de 8 kHz, carga útil de 20 bytes, velocidad de bits de 8 kbps, PPS de 50 y un tamaño de trama de 20 ms. Gestiona una alta compresión disminuyendo el ancho de banda. Se utiliza en redes digitales, sistemas de transmisión y sistemas multimedia [18], [19].

1.5.3.1.6 Códex GSM.

GSM: El sistema global para comunicaciones móviles (GSM) es un estándar comercial que se inició en 1982 por las normas europeas de telecomunicaciones Institute (ETSI) y en 1992 se puso a disposición su primera versión comercial. Utiliza Regular Excitación de pulso-Predicción a largo plazo-Codificador predictivo lineal (RPE-LTP) algoritmos. GSM tiene características técnicas como muestreo velocidad de 8 kHz, carga útil de 33 bytes, velocidad de bits de 13 kbps, PPS de 50, y tamaño de trama de 20 ms. La versatilidad de GSM ha dado lugar a la adaptación de especificaciones de muchas más bandas de frecuencia para atender mercados especializados [21], [19].

1.5.3.1.7 Códex Speex.

Speex: Definido por el IETF. Usa algoritmos basado en la predicción lineal excitada por código (CELP). Speex tiene diferentes características técnicas como tasas de muestreo de 8, 16 y 32 kHz, cargas útiles de 6 bytes a 110 bytes, velocidad de bits variable de 2,15 kbps a

44 kbps, PPS de 50 y tamaño de trama de 20 ms. Speex se utiliza para comunicaciones VoIP [19].

1.5.3.1.8 Códec iLBC.

iLBC: Estandarizado por el IETF. Está basado en Algoritmos de codificación lineal-predictiva (LPC). Este códec tiene características técnicas como frecuencia de muestreo de 8 kHz, carga útil de 50 bytes correspondiente a una tasa de bits de 13,33 kbps con un PPS de 33,33 y un tamaño de trama de 30 ms. Además, tiene una carga útil de 38 bytes correspondiente a una tasa de bits de 15,2 kbps con un PPS de 50 y un tamaño de trama de 20 ms. Este es un códec experimental para comunicaciones VoIP [19].

A continuación se muestra una tabla resumen con los códecs más utilizados actualmente: (Consultar Anexo 1)

- El Bit Rate indica la cantidad de información que se manda por segundo.
- El Sampling Rate indica la frecuencia de muestreo de la señal vocal. (Cada cuanto se toma una muestra de la señal analógica)
- El Frame Size indica el tiempo (en milisegundos) que tarda en enviarse un paquete con la información sonora.
- El MOS indica la calidad general del códec (valor de 1 a 5).

Ventajas del empleo de la tecnología VoIP.

- Integración con el sistema Informático: Se puede recibir y establecer llamadas desde un ordenador hacia un teléfono IP, teléfono tradicional y cualquier otro dispositivo que tenga conexión a la red.
- Ahorro de costos: Al utilizar la conexión a internet, ahorra hasta el 90% de lo que sería una llamada de telefonía tradicional.
- Facilita el Trabajo: Cualquier empleado que esté conectado a una red de internet con un teléfono IP o un softphone instalado en un smartphone puede realizar su trabajo incluso desde su casa.
- Integración de Smartphones: Se puede usar la red Wi-Fi para realizar y recibir llamadas.

- **Comunicación interna sin Internet:** Para realizar una comunicación interna la centralita IP solo necesita que estén conectados a la misma red sin necesidad de Internet.
- **Libertad al elegir el operador:** Se puede contratar cualquier operador VoIP que de tarifas más baratas para realizar las llamadas a la red telefónica.
- **Libertad en la elección de equipos:** A diferencia de las centralitas analógicas basadas en hardware, no obliga a utilizar teléfonos ni aparatos de una marca concreta.
- **Aprovechamiento del equipamiento existente:** Si es necesario o conveniente se puede aprovechar los teléfonos existentes cada uno conectado a un Gateway.
- **Multiservicios:** Fax, conferencia, videollamada, e-mail entre otros.
- **Fácil de administrar:** Las centralitas utilizan una interfaz amigable que puede ser administrable por cualquier persona que tenga conocimiento informático [22].

1.6 QoS para VoIP.

Según la ITU, QoS o calidad de servicio se define como “La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario” y según la IETF calidad de servicio se define como el “Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo” [23].

1.6.1 Jitter.

El Jitter es la variación del tiempo en la llegada de los paquetes, producida por congestión en la red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. Por lo general el Jitter se presenta en redes de datos no orientadas a la conexión y enlaces de red de baja velocidad basada en conmutación de paquetes [3].

1.6.2 Latencia.

La Latencia también denominada Retardo, dentro del mundo de VoIP se la conoce como el tiempo que se demora un paquete en llegar desde el origen hasta el destino. Las comunicaciones que son en tiempo real sufren de este efecto [24].

1.6.3 Pérdida de Paquetes.

Las comunicaciones en tiempo real utilizan el protocolo UDP, dicho protocolo no está orientado a la conexión y si se produce una pérdida de paquetes estos no se reenvían. Además la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor. [3] Sin embargo, debido a que la voz es predictiva, en el caso de que se pierdan paquetes no consecutivos la reconstrucción de la voz que llega al receptor no se ve mayormente afectada [25].

1.6.4 Ancho de banda.

En Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que pueden circular por medio de una conexión de red en un tiempo establecido. Si las comunicaciones de VoIP comparten el ancho de banda con otras aplicaciones dicha comunicación puede verse afectada [24].

El ancho de banda se encuentra directamente relacionado con el códec que se utiliza dentro de la comunicación, debido a esto es que si no se tiene suficiente ancho de banda según el códec que se utilice la calidad de servicio se degrada [23].

1.7 Umbrales de aceptación para VoIP.

Los principales indicadores que definen la calidad de servicio para VoIP son los valores máximos de Jitter, Latencia y Pérdida de paquetes, en la Tabla 2 se presenta los valores de Umbrales de Aceptación para VoIP y su clasificación de calidad.

| Calidad de VoIP | Excelente | Bueno | Aceptable | Pobre |
|-------------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------|
| Jitter (ms) | $t < 10$ | $10 \leq t < 20$ | $20 \leq t < 50$ | $t \geq 50$ |
| Latencia (ms) | $t < 50$ | $50 \leq t < 150$ | $150 \leq t < 300$ | $t \geq 300$ |
| Pérdida de Paquetes (%) | $p < 0,1$ | $0,1 \leq p < 0,5$ | $0,5 \leq p < 1,5$ | $p \geq 1,5$ |

Tabla 1.1 Umbrales de aceptación para VoIP [26].

1.8 MOS.

MOS (*Mean Opinion Score*) es la medida de la calidad de la voz de manera subjetiva según la recomendación ITU-T P.800, se determina a través de una calificación entre 1 y 5 que indica el usuario para determinar la calidad de la llamada de VoIP. En la Tabla 3 se muestra la calificación del MOS. Según los Umbrales de Aceptación para VoIP se puede obtener una calificación MOS de acuerdo a la Tabla 4.

| MOS | Calificación |
|-----------|--------------|
| Excelente | 5 |
| Bueno | 4 |
| Aceptable | 3 |
| Pobre | 2 |
| Malo | 1 |

Tabla 1.2 Calificación MOS [26].

| MOS | Jitter | Latencia | Pérdida de Paquetes |
|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| Excelente | Excelente | Excelente | Excelente |
| Bueno | Excelente | Bueno | Bueno |
| Bueno | Bueno | Excelente | Bueno |
| Bueno | Bueno | Bueno | Excelente |
| Bueno | Bueno | Bueno | Bueno |
| Aceptable | Bueno | Bueno | Aceptable |
| Aceptable | Bueno | Aceptable | Bueno |
| Aceptable | Aceptable | Bueno | Bueno |
| Aceptable | Aceptable | Bueno | Aceptable |
| Aceptable | Aceptable | Aceptable | Bueno |
| Pobre | Bueno | Aceptable | Aceptable |
| Pobre | Aceptable | Aceptable | Aceptable |
| Pobre | Pobre | Aceptable | Aceptable |
| Pobre | Aceptable | Pobre | Aceptable |
| Pobre | Aceptable | Aceptable | Pobre |
| Pobre | Pobre | Pobre | Aceptable |
| Pobre | Pobre | Aceptable | Pobre |
| Pobre | Aceptable | Pobre | Pobre |
| Malo | Pobre | Pobre | Pobre |

Tabla 1.3 Parámetros de QoS y MOS [26].

1.9 Situación de la telefonía en la UEB COSIE Centro UFC.

La UEB COSIE Centro subordinada a la Empresa Ferrocarriles de Centro con ubicación en Santa Clara cuenta con dos servicios telefónicos fijo automático de la Red pública de telefonía conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) de ETECSA. Existe un cable de cobre de 4 pares, pero se encuentran ocupados los mismos con servicios adicionales que los emplea la Empresa ATF Centro y no hay opciones de proyección por parte de ETECSA para su ampliación en el futuro debido al alto costo que implica una inversión de este tipo.

Las comunicaciones por esta vía están limitadas, ya que laboran una cantidad de personal considerable que tienen que tramitar información de vital importancia, por consiguiente, los servicios actuales no son suficientes, además, las tarifas actuales por las que factura ETECSA estos servicios tienen un costo alto.

1.10 Conclusiones parciales.

Como se pudo apreciar en este capítulo, varios motivos llevaron al desarrollo de la telefonía IP. Se trataron los principales beneficios que brinda actualmente, en especial para las Entidades de la Empresa Ferrocarriles de Centro que necesitan mejorar sus comunicaciones en cuanto a disponibilidad y costos; además se abordaron los principales estándares de protocolos imprescindibles en el funcionamiento de los niveles de arquitectura y la prestación de los servicios; todo ello como fundamento teórico para apoyar a la realización de este trabajo.

CAPÍTULO 2. Propuesta de sistema VoIP para la UEB COSIE Centro UFC.

El segundo capítulo contiene una descripción de la tecnología a emplear en la propuesta del sistema VoIP para la UEB Cosie Centro UFC. Se recurre al software Issabel como soporte para la arquitectura de red que se desea implementar, por lo que se incluyen conceptos, protocolos, códecs y beneficios de esta técnica.

2.1 Asterisk.

Es un software libre de código abierto que implementa una PBX de VoIP, similar a una PBX de tipo hardware, permite a los usuarios hacer llamadas entre sí, utilizando softphones o teléfonos analógicos o teléfonos IP, y conectarse con otros servicios incluida la PSTN, puede proporcionar varios servicios como llamadas de conferencias, correo de voz, notificación por correo electrónico del correo de voz, mensaje de texto, música en espera, asistencia automáticas, texto a voz, llamada en espera, estacionamiento de llamadas, desvío de llamadas [27].

Asterisk es una centralita pública (PBX) software que consta de un PBX, un SIP Proxy, un menú integrado de respuesta de voz interactiva (IVR) y un servidor que admite las cuatro principales protocolos VoIP que se utilizan actualmente en el mundo a saber, SIP, MGCP, H.323 e IAX. Para grande Redes VoIP, Asterisk se ejecuta con SIP Express Enrutador (SER) que es un proxy SIP que puede dar soporte a un gran número de clientes en nombre de Asterisk. Asterisk es un complejo software que se basa tanto en estándares como en código abierto.

Asterisk permite fácil creación de servicios en sistemas VoIP porque permite a varios protocolos de telefonía comunicarse de manera transparente y también Asterisk actúa como

middleware entre servicios y tecnologías de telefonía que hacen que Asterisk la plataforma ideal para desarrollar servicios para una red VoIP convergente. Asterisk en este momento tiene el potencial de expandirse para hacer mucho más que el subconjunto actual de aplicaciones de telefonía para el que se está utilizando. Asterisk muestra actualmente el mismo potencial que mostró la PC a principios de ochenta y pasó a dominar la informática mercado, por lo que Asterisk tiene el potencial para ser utilizado en una amplia variedad de servicios [28].

Hay varias series de versiones compatibles de Asterisk. Una vez que una serie de lanzamientos está disponible, se admite durante un período de tiempo. Durante este período de soporte inicial, las versiones incluyen cambios para corregir errores que se han informado y funciones que se han agregado siguiendo la política (las funciones no deben presentar un comportamiento incompatible con versiones anteriores y deben incluir pruebas cuando sea posible). En algún momento, la serie de lanzamientos quedará obsoleta y solo se mantendrá con correcciones para problemas de seguridad. Finalmente, el lanzamiento llegará a su fin de vida, donde ya no recibirá cambios de ningún tipo. El tipo de lanzamiento define cuánto tiempo será compatible. Una versión de soporte a largo plazo (LTS) será totalmente compatible durante 4 años, con un año adicional de mantenimiento para las correcciones de seguridad. Las versiones estándar se admiten durante un período de tiempo más corto, que será al menos un año de soporte completo y un año adicional de mantenimiento para las correcciones de seguridad [29].

2.1.1 Arquitectura.

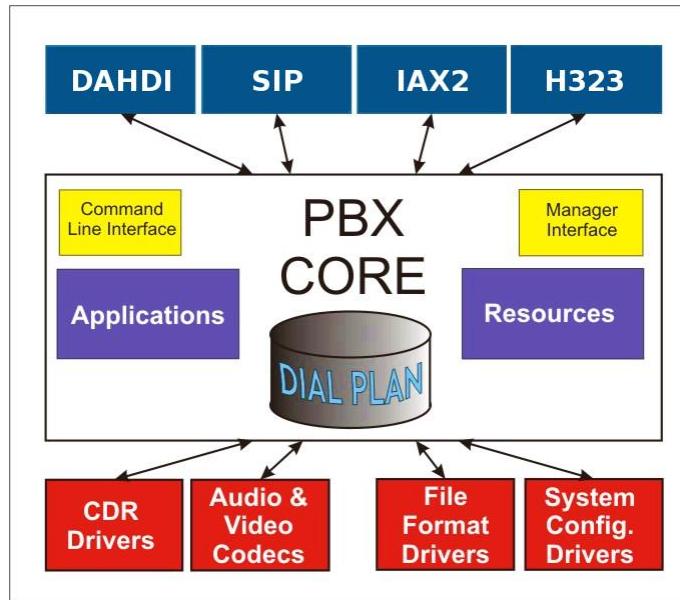


Figura 2.1 Arquitectura de Asterisk [29].

La arquitectura de Asterisk está basada en un sistema modular, que depende del núcleo principal del sistema.

El núcleo del sistema principalmente se basa en cuatro componentes:

- Gestión de Módulos.
- Temporizador de Sistema.
- Gestión de Canales.
- Interfaces de Sistema.

La mayor diferencia de Asterisk con las PBX tradicionales es que el Dialplan de Asterisk trata a todos los canales entrantes prácticamente de la misma manera.

Una PBX tradicional tiene diferencia lógica entre estaciones (extensiones) y troncales (conexiones para las centrales exteriores), esto quiere decir, que no se puede instalar un Gateway externo, sobre un puerto de una estación y enrutar las llamadas externas sin la necesidad que el usuario primero marque un número de extensión. Para Asterisk todo lo que entra o sale del sistema va por un canal de algún tipo. Existen diferentes tipos de canales, pero el Dialplan de Asterisk maneja los canales de una manera similar, esto quiere decir que

un usuario interno, puede existir en el extremo de una troncal externa y será tratado por el Dialplan, de la misma manera como que estuviera en una extensión interna [30].

2.1.2 Módulos.

Asterisk está basado en módulos independientes, los cuales pueden ser cargados y descargados a voluntad, en función de las necesidades que deseemos proveer al sistema. Cada módulo posee una funcionalidad específica, de tal forma que puedan tratarse todos los aspectos del sistema, pasando por los tipos de canales (SIP, IAX, DAHDI) o conexiones a otros sistemas para interactuar con Asterisk (mail, bases de datos, web, etc.) [29].

La mayoría de los módulos son configurables y opcionales como por ejemplo el módulo de base de datos. Desde el punto de vista del administrador, los módulos son archivos que contienen la configuración [31].

2.1.3 Aplicaciones.

Las aplicaciones son aquellas acciones aplicables al manejo de las llamadas dentro del Plan de Marcación. Por ejemplo, la más popular en todos los planes sería la aplicación Dial, la cual simplemente tiene como propósito lanzar una llamada a un canal en función de las propiedades que señalemos durante su ejecución. Existen otras aplicaciones comunes, como VoiceMail (encargada de la gestión del Buzón de Voz), Record (para grabar el sonido de un determinado canal), etc.

Algunas características en común de las aplicaciones son las siguientes:

- Las acciones están exclusivamente enfocadas por y para los canales.
- Se carga de forma dinámica.
- Se ejecutan de manera síncrona [29].

2.1.4 Ventajas.

- **Funcionalidad:** Asterisk se encuentra a la altura de competir con grandes centralitas propietarias (Avaya, Cisco, Panasonic, etc). Realiza desde funciones básicas (desvío de llamadas, capturas, transferencias, etc.) hasta las más avanzadas (IVR, buzón, CTI, etc.)
- **Escalabilidad:** Puede dar servicio a una sede pequeña con pocos usuarios hasta una multinacional con cientos de usuarios.

- **Costos:** Ya que es un sistema de código abierto y su arquitectura de hardware usa una plataforma servidor estándar y tarjetas PCI para las interfaces de telefonía, donde por la competencia del mercado sus costos se han ido abaratando.
- **Interoperabilidad y Flexibilidad:** Incorpora la mayoría de los estándares del mercado tanto tradicionales FXS (Foreign Exchange Station) y FXO (Foreign Exchange Office), y de telefonía IP (SIP, IAX). Permitiéndole integrarse con centralitas tradicionales y centralitas IP [32].

2.2 Issabel.

Para hablar de Issabel debemos mencionar a Elastix. Elastix fue una de las plataformas de software libre de telefonía que más se extendió en pequeñas y medianas empresas. Debido a su gran acogida esta fue comprada por la empresa 3Cx Phone. Con esta compra Elastix dejó de ser cien por ciento libre. Después de dicha venta los creadores de Elastix decidieron empezar con Issabel.

Conocida como IssabelPbx, es un software de código abierto es decir Open Source, su fuerte es la Telefonía IP, pero en estos años se ha desarrollado tanto y ha logrado hacer lo conocido como Comunicaciones Unificadas basado en Asterisk, esto incluye PBX IP, correo electrónico, mensajería instantánea, fax, funciones colaborativas, etc.

La plataforma Issabel está basada en software libre que nació de su antecesor Elastix, esto con el objeto de dar continuidad a las plataformas ya instaladas, para tener una alternativa a la comunidad de código abierto. El objetivo es incorporar en una sola solución todos los medios de comunicación que una empresa pueda necesitar [30].

| Características del software Issabel | |
|--------------------------------------|--|
| Soporte | El soporte está diseñado para resolver problemas o realizar configuraciones no planificadas de forma remota, desde procedimientos de configuración hasta estimaciones de implementación de |

| | |
|--|---|
| | proyectos, desde cualquier parte del mundo. |
| Accesorios | Dispositivos y tecnología de hardware de clase mundial para una mejor experiencia del cliente. Brinde aún más confiabilidad a su operación con alta disponibilidad y hardware certificado. |
| Módulo de Centro de Llamadas (<i>Call Center Module</i>) | Solución potente, robusta, flexible y fácil de usar, diseñada para automatizar y administrar de manera eficiente un centro de contacto. Está diseñado para manejar campañas de llamadas entrantes y salientes a través de una consola de agente fácil de usar y una interfaz de administración de llamadas. |
| Capacitación | El programa está diseñado para adquirir el conocimiento y la experiencia necesarios para dominar a Issabel paso a paso. |
| Hardware certificado | Este programa consiste en una serie de pruebas y procesos optimizados con el objetivo de inspeccionar y verificar que el hardware certificado se integra y funciona con el sistema. |
| Multiarrendatario | Issabel integra una solución PBX multiusuario para proveedores de servicios. Issabel Multitenant tiene una apariencia agradable, es intuitivo y los |

| | |
|--|--|
| | usuarios pueden usarlo desde el primer inicio de sesión. |
|--|--|

Tabla 2.1 Características del software Issabel [Elaborada por el autor].

2.2.1 Servicios que brinda Issabel.

Issabel es un Software Libre de Código Abierto que unifica las comunicaciones en una sola plataforma, está basado en Asterisk (Digium the Asterisk Company) integrando PBX, mailing y tareas colaborativas, también integra un servidor de base de datos. (Consultar Anexo 2)

2.3 Issabel Cloud.

Garantiza una comunicación segura y eficaz con su equipo de trabajo y clientes a través de voz y video, prácticamente desde cualquier ubicación.

- Es todo lo que una empresa necesita para comunicarse desde cualquier lugar.
- Activa en MINUTOS y de forma sencilla algunas funciones.
- Ofrece una experiencia de usuario coherente para toda la empresa.
- Interfaz de configuración amigable e intuitiva.
- Configuración sencilla y soporte al cliente 24 horas al día, 7 días a la semana.
- Escalabilidad acorde al crecimiento empresarial.
- Contratos flexibles. Solo paga por su consumo.

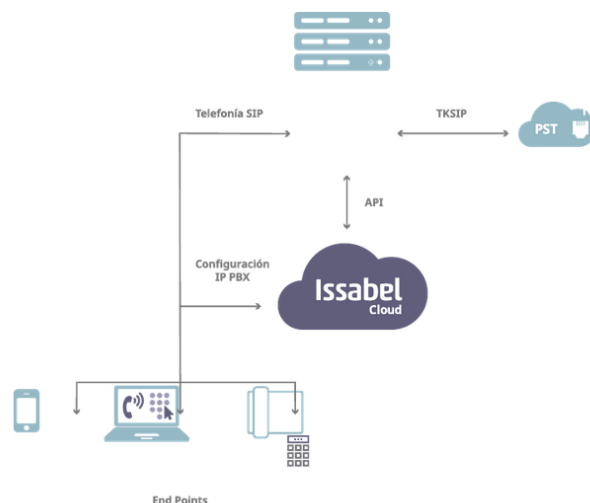


Figura 2.2 Arquitectura de Issabel Cloud [33].

El lugar de trabajo ha evolucionado, una empresa ya no es un espacio físico al que van los trabajadores, estos, son personas conectadas a través de diferentes dispositivos o laptops que trabajan desde diferentes lugares del mundo. Por tanto, el reto es mantener o incrementar la productividad de los equipos de trabajo. Issabel Cloud, ayuda a las empresas a romper los lazos de la empresa con una ubicación estándar, reducir las barreras de comunicación en su empresa y transformar la experiencia del personal mejorando su colaboración y comunicación. Las empresas han encontrado en la nube un elemento clave para gestionar las comunicaciones empresariales con un modelo altamente escalable y versátil. Issabel Cloud elimina la mayor parte del costo y la complejidad que implica el mantenimiento de los sistemas de comunicación locales.

2.4 Centro de llamadas (Call Center).

Acelera el crecimiento de la productividad y mejora la experiencia del cliente.

Está diseñado para manejar campañas de llamadas entrantes y salientes a través de una consola de agente fácil de usar y una interfaz de administración de llamadas.

Permite la colaboración en tiempo real y mejora la productividad de los agentes y supervisores a través de Comunicaciones Unificadas. (Consultar Anexo 3).

2.5 Ventajas y desventajas.

A continuación se expone una tabla comparativa mostrando las ventajas y desventajas de la implementación de Issabel.

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| ISSABEL es una herramienta empresarial de código abierto. | Dependiendo de la configuración de la troncal existe la posibilidad de no mostrar el número de cabecera al llamar o si no se contrata en combinación VoIP. |
| Grabación de llamadas con interfaz vía Web. | Coste de redirecciones elevado si no se tiene VoIP. |
| Aprovisionador de teléfonos vía Web. Esto permite instalar numerosos teléfonos en muy corto tiempo. | Imposibilidad de redirigir manualmente solo con la central, para poder hacerlo hace falta de una central más VoIP. |
| Servidor DHCP para asignación dinámica de IPs a Teléfonos IP. | La versión comunitaria solo permite subir un número telefónico por cada registro mientras la premium si permite esta opción. |
| Soporte para copias de seguridad y la restauración de las mismas a través del Web. | Debe descargar un script que se encuentra alejado de la nube para actualizar los drivers para el hardware de telefonía. |
| Módulo de centro de llamadas con marcador predictivo incluido. | |
| Soporte para hardware de telefonía. | |

Tabla 2.2 Ventajas y desventajas de Issabel [34].

2.6 Instalación de Issabel.

La instalación de Issabel se hace de una forma sencilla (ver el Anexo 4). La imagen en formato *.iso* de Issabel se puede obtener de internet desde [33].

2.7 Tecnología a emplear.

En este apartado se hará una muestra de la tecnología a emplear en la propuesta de red VoIP.

2.7.1 Centralita híbrida inteligente.



Figura 2.3 Modelo Panasonic KX-NS500 [35].

Servidor de comunicaciones empresariales KX-NS500.

Para cualquier empresa de pequeño y mediano tamaño que busque aprovechar la reputación de Panasonic en tecnología de calidad sin necesidad de grandes presupuestos, la nueva solución de comunicaciones unificadas KX-NS500 tiene la respuesta. Esta PBX híbrida inteligente es un sistema de comunicación rentable que aúna las comunicaciones antiguas y las comunicaciones IP para empresas con hasta 250 empleados. Esta solución ofrece una configuración flexible y puede ampliarse en función de las necesidades específicas de la empresa.

Características:

- Sistema PBX híbrido inteligente dirigido a pequeñas y medianas empresas.
- Ampliable hasta 190 canales y 288 extensiones.
- Instalación y uso eficiente en términos de costes.
- Entre las aplicaciones integradas se incluye una solución de centro de llamadas, una solución móvil y correo de voz.
- Sencilla evolución de comunicaciones analógicas a IP.

2.7.2 Teléfono IP estándar, pantalla de 3 líneas.



Figura 2.4 Modelo KX-NT543 Teléfono IP estándar [36].

Los teléfonos IP de la serie KX-NT500 le transportan a una nueva dimensión en términos de experiencia auditiva gracias a una excelente calidad de audio HD combinada con acceso sencillo a funciones y aplicaciones de ayuda. El diseño ultramoderno y elegante, disponible en colores blanco y negro, combina con cualquier decoración de oficina. Repletos de funciones de todo tipo, los teléfonos IP de la serie KX-NT500 no podrían resultar más sencillos de utilizar. Estos dispositivos integran pantallas alfanuméricas de gran tamaño, módulo Bluetooth integrado para permitir el uso de cascos inalámbricos, una tecla de navegación sencilla y un segundo puerto IP para reducir la congestión de cables en el escritorio.

Características:

Pantalla de 3 líneas con retroiluminación

- 24 teclas de función programables.
- Transmisión de voz de banda ancha de alta calidad.
- Compatible con EHS de Plantronics.
- 2 puertos Ethernet de 100 Mb, PoE.

Otras propiedades:

- Audio "HD" de alta definición.

La serie KX-NT500 de terminales IP ofrece la mejor calidad de audio de su categoría, lo que se traduce en menos conversaciones repetidas y menos dificultades para oír las llamadas. Con Audio de alta definición de banda ancha de serie para toda la gama, la serie KX-NT5xx ofrece los códecs G.722, G.711, G.726 y G.729a. Junto con la función de cancelación de eco mejorada y una cámara acústica ampliada, los terminales IP de la serie KX-NT5xx ofrecen una experiencia de audio superior a los usuarios a través del auricular, el altavoz y los cascos opcionales. La gama completa incluye compatibilidad para banda ancha, auriculares compatibles con audífonos y altavoz y micrófonos de alta calidad integrados.

- Pantalla LCD.

Pantalla LCD nítida y de gran tamaño con interfaz de usuario intuitiva y acceso rápido a agendas telefónicas y funcionalidad. Conmutador electrónico para control de llamadas. Un puerto EHS (conmutador electrónico para control de llamadas) integrado y compatible con Plantronics permite a los terminales IP de la serie KX-NT500 disponer de acceso a la gama de teléfonos habilitados para DECT de Plantronics. Esta prestación ofrece portabilidad y comodidad, ya que permite a los usuarios moverse libremente sin necesidad de estar atados a los teléfonos de escritorio.

- Respetuoso con el medio ambiente.

Bajo consumo de electricidad combinado con el modo de espera ecológico avanzado que se traduce en menores costes de energía.

2.7.3 Teléfono analógico.



Figura 2.5 Teléfono Panasonic KX-NT511 [37].

La serie KX-NT511de teléfonos IP consta de modelos ejecutivos y de un teléfono estándar para ofrecer un rendimiento profesional. Esta serie le transporta a una nueva dimensión en experiencia de audio y combina con un acceso sencillo a funciones y aplicaciones de ayuda.

Características:

- Teléfono propietario IP.
- Pantalla LCD de 1 línea.
- 3 teclas de función programables.
- Modo Eco.
- Altavoz Full Duplex.
- 2 Puertos Ethernet.
- Adaptador de corriente incluido.

2.8 Arquitectura de la Red de Datos con VoIP en la UEB COSIE Centro UFC.

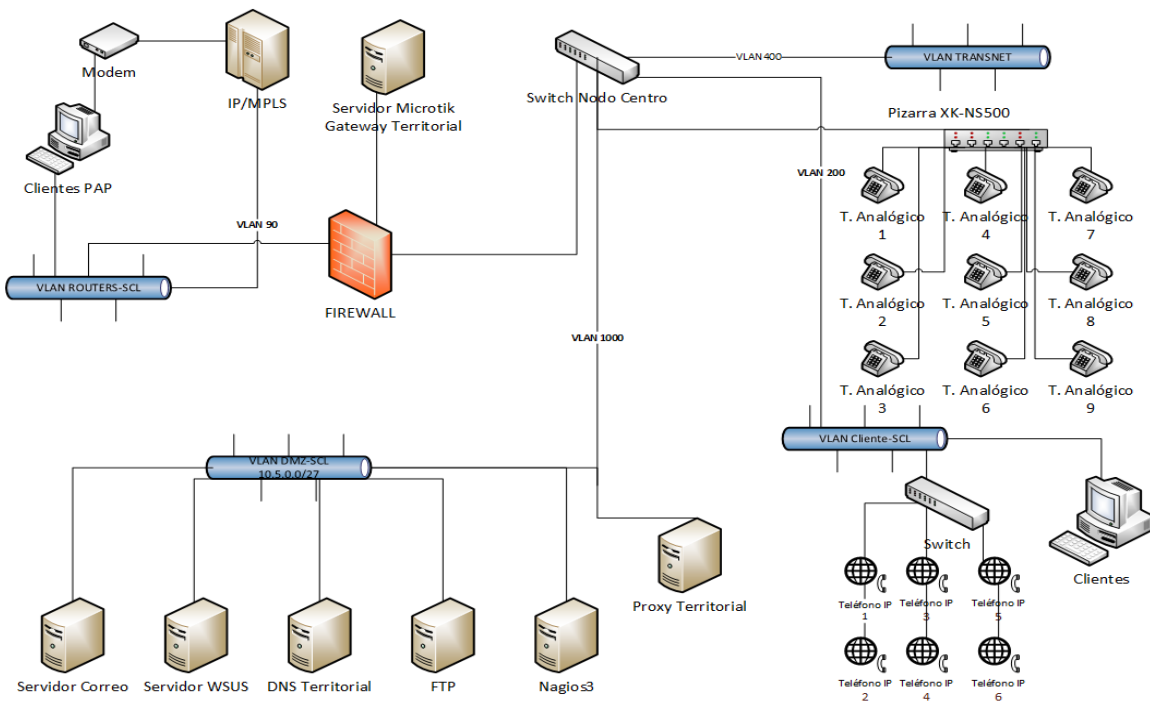


Figura 2.6 Arquitectura de la Red de Datos con VoIP en la UEB COSIE Centro UFC

[Elaborada por el autor].

Después de exponer las propiedades y características de los elementos que forman parte del Sistema VoIP de la UEB COSIE Centro UFC, situada en Santa Clara, es necesario decir que la empresa cuenta con dos servicios telefónicos fijos automáticos de la Red Pública de Telefonía Conmutada (PSTN, *Public Switched Telephone Network*) de ETECSA. La cantidad de trabajadores que posee esta empresa sumado a las tarifas actuales de costo elevado por las que factura ETECSA hace necesario la implementación de un sistema VoIP que satisfaga eficientemente el tráfico de llamadas, lo que producirá un alivio en la sobrecarga provocada hasta el momento en su proveedor de servicios. El coste de las llamadas tendrá un favorable descenso y las mismas ganarán en seguridad. El Servidor Issabel es configurado con dos troncales IAX, uno para el enlace con el Servidor Issabel de la UEB COSIE Centro UFC y el otro para el enlace con el Servidor Issabel Ferronet Centro por los cuales saldrán todas las llamadas.

2.9 Conclusiones parciales.

Se han mostrado los elementos que forman parte del sistema VoIP a implementar en la UEB COSIE Centro UFC. Es notable el ahorro económico que supone para esta entidad al integrar servicios con otras aplicaciones en una red empresarial que reduce gastos, el coste de mantenimiento de la red es mucho menor y es mejorada la productividad y el tiempo de respuesta.

CAPÍTULO 3. Análisis del sistema propuesto.

Este capítulo recoge los resultados del sistema de prueba llevado a cabo para la propuesta de desarrollo de un sistema VoIP en la UEB COSIE Centro UFC. Se evalúa la calidad de la llamada de acuerdo al codec y cliente seleccionados. Además se realiza un análisis económico de la alternativa propuesta.

3.1 Resultados.

Los resultados obtenidos son relevantes y se muestran pruebas realizadas en un ambiente real donde se aprecia la conexión para las futuras conversaciones. Los aspectos analizados en los escenarios para evaluar la calidad de servicio son: El jitter, se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debe ser inferior a 100 ms para una buena comunicación. Pérdidas de paquetes, las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce pérdida de paquetes no se reenvían. Además la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor. El límite máximo admitido para que no se degrade la comunicación es inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del codec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del codec más perjudicial es el efecto de la pérdida de paquetes [11].

| MOS | Calidad de la Voz | Nivel de distorsión |
|-----|-------------------|-------------------------------------|
| 5 | Excelente | Imperceptible |
| 4 | Buena | Apenas perceptible, no desagradable |
| 3 | Regular | Perceptible, levemente desagradable |
| 2 | Pobre | Desagradable, pero aceptable |
| 1 | Insatisfactoria | Muy desagradable. Inaceptable |

Tabla 3.1 MOS, calidad de la voz y nivel de distorsión [11].

3.2 Análisis de jitter y registro de llamadas en la red.

Como se muestra en la figura 11 el valor máximo del jitter en el teléfono convencional no llega a 25ms por lo que no supera los 100ms de límite considerándose trivial para una llamada y no existen pérdidas de paquetes. La calidad de la llamada según la muestra tomada es buena.

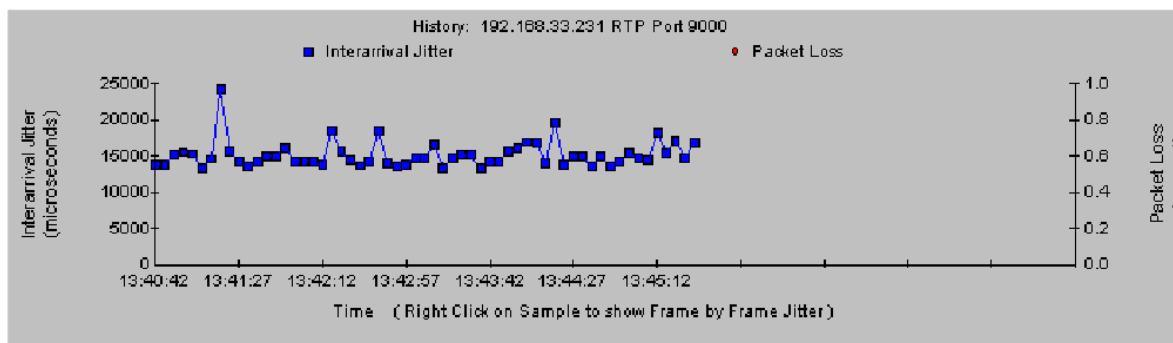


Figura 3.1 Jitter en el teléfono convencional [Elaborada por el autor].

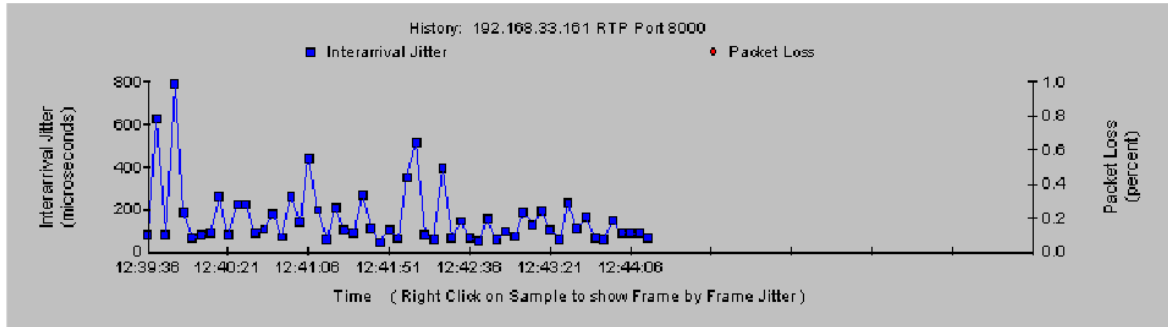


Figura 3.2 Jitter en teléfono IP [Elaborada por el autor].

Como se muestra en la figura 12 el valor máximo del jitter en el teléfono convencional IP es de 0,8ms por lo que no supera los 100ms de límite. Se considera insignificante para una llamada y no existen pérdidas de paquetes.

| Alternativas | Usuarios | Porcentaje |
|--------------|-----------|-------------|
| Clara | 25 | 54.35% |
| Buena | 16 | 34.78% |
| Regular | 4 | 8.70% |
| Deficiente | 1 | 2.17% |
| Total | 46 | 100% |

Tabla 3.2 Resultado de la Calidad de Voz en el teléfono IP [Elaborada por el autor].

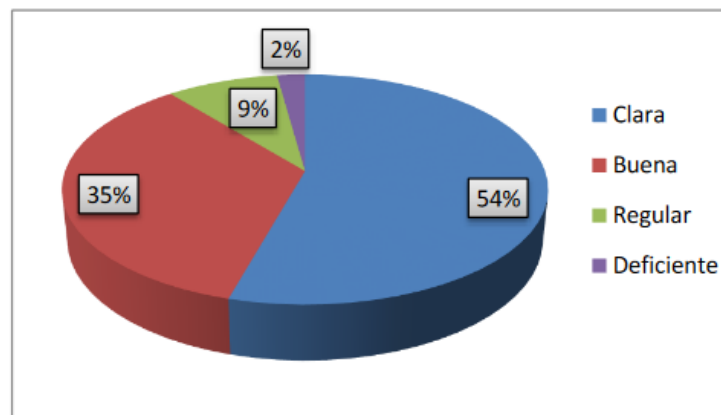


Figura 3.3 Calidad de Voz en Telefonía IP [Elaborada por el autor].

Análisis e interpretación: Del total de usuarios encuestados, el 54% considera muy buena la calidad de voz en los teléfonos IP, mientras que solo el 2% de los usuarios considera deficiente.

| Alternativas | Usuarios | Porcentaje |
|----------------|-----------|-------------|
| Muy Eficiente | 29 | 63% |
| Optimo | 12 | 26% |
| Regular | 4 | 9% |
| Muy deficiente | 1 | 2% |
| Total | 46 | 100% |

Tabla 3.3 Digitación de número en los Teléfonos IP [Elaborada por el autor].

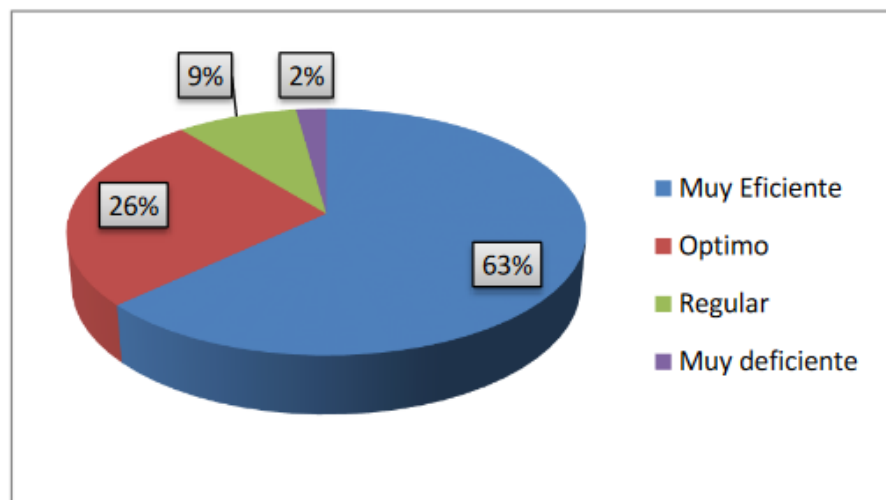


Figura 3.4 Desempeño de la telefonía IP [Elaborada por el autor].

Análisis e interpretación: Del total de usuarios encuestados, el 63% considera muy eficiente el desempeño del teléfono IP, mientras que solo el 2% de los usuarios considera muy deficiente.

3.3 Análisis económico.

| N° | Medio | Valor USD | Cantidad | Total USD |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|----------|-----------|
| 1 | Panasonic - Central IP KX-NS500 | 1185.6 | 1 | 1185.6 |
| 2 | Panasonic KX-NT543 - Teléfono IP | 327.6 | 10 | 3276 |
| 3 | Teléfono Panasonic KX-NT511 | 39.8 | 32 | 1273.6 |
| 4 | Rack para Gabinete | 24.80 | 3 | 74.4 |
| 5 | UPS p/ gabinete | 69.04 | 3 | 207.12 |
| 6 | Cable UTP cat. 8 | 157.2 | 1 | 157.2 |
| 7 | Patch Cord 5m Cat5e | 8.5 | 10 | 85 |
| 8 | Conector RJ45 /paquete de 300 pcs | 90.61 | 1 | 90.61 |
| Costo Total | | | | 6349.53 |

Tabla 3.4 Descripción del costo de la tecnología a emplear [Elaborada por el autor].

Factibilidad Económica.

Issabel siendo una solución bajo software libre, maneja ventajas en el ámbito económico y esto hace posible que pequeñas empresas puedan implementar una solución de telefonía a un bajo costo. Entre esas ventajas tenemos:

- Asignado bajo Licencia GPL.
- Actúa sobre la plataforma Linux que es líder dentro de los sistemas open source que garantizan estabilidad, escalabilidad y alto rendimiento.
- Es competitivo en el costo al ser un sistema de código libre y utilizar una arquitectura de hardware poco rigurosa, es decir que puede actuar sobre un servidor estándar y tarjetas PCI para interfaces de telefonía las cuales están a la venta en el mercado a un precio bajo.

3.4 Conclusiones parciales.

Los resultados obtenidos con la aplicación de la alternativa propuesta, desarrollada sobre un sistema de prueba, permitieron evaluar el desempeño de la red telefónica solucionando las necesidades de la entidad con la utilización de la VoIP a un costo económicamente factible.

La aplicación de la herramienta en la empresa objeto de estudio certificó su alcance y efectividad, aportándole información para la mejora de su gestión y su desempeño.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- La voz IP es una tecnología que soporta estándares para la señalización como el protocolo SIP, los cuales permiten la comunicación entre diferentes terminales ya sean análogos o digitales, a su vez la telefonía IP es un sistema que es capaz de comunicarse con la red básica de la telefonía por medio de interfaces o Gateway que permiten la interconexión.
- En la telefonía IP una llamada telefónica se convierte en paquetes tomando la ruta más corta y menos congestionada, donde los paquetes se fragmentan y después uniéndose en el terminal de destino.
- La calidad del servicio es uno de los más importantes a la hora de implementar la telefonía de voz IP para cualquier empresa, por lo que se debe buscar alternativas para el mejoramiento del QoS, esto se da determinando el códec Speex que se utiliza para compresión y descompresión de voz, permitiendo prioridad a los paquetes de voz, dejando un ancho de banda disponible para la transmisión de voz y entre otras alternativas para que una llamada tenga óptimo rendimiento.
- La utilización de una PBX con servidor Issabel es una gran alternativa al momento de implementar una telefonía de voz IP por sus ventajas, las cuales son la optimización en calidad de servicio y poder tener el control de su propia red.
- Se ha logrado implementar un central de telefonía IP en la UEB COSIE Centro UFC usando el servidor Issabel con este tipo de software PBX; se puede controlar la red y configurar de acuerdo a los requerimientos de los usuarios. No existe afectación del jitter significativo para el oído humano, ni pérdida de paquetes, por los que los resultados son satisfactorios.

Recomendaciones.

- Mantener actualizada las versiones de Issabel para futuras mejoras.
- Valorar la posibilidad de realizar una compra de hardware para tener respaldo en caso de averías.
- Expandir la aplicación de la VoIP hacia otras empresas del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Gutiérrez Gil, *Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y Riesgos*, 2014.
- [2] H. Tandel, & Rughani, P. H. , "Forensic Analysis of Asterisk-FreePBX based VoIP Server.," *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 2017.
- [3] D. Carmona, "Implementación de una central IP – PBX basada en Asterisk para el sistema de telefonía de la Universidad Católica de Pereira. ," 2014.
- [4] J. Caldera, & Suazo, W., "Módulo III: Telefonía IP. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería. ," 2011.
- [5] T. Armijos Maldonado, "Implementación y análisis de un sistema VoIP mediante Cloud Computing con integración para WebRTC. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.," 2017.
- [6] C. Soto, "Estudio del comportamiento de un servidor de VoIP basado en Raspberry PI y su incidencia en la cobertura para clientes móviles en redes WiFi. Guayaquil: Escuela Politécnica del Litoral," 2017.
- [7] J. Vaca, "Diseño e implementación de un emulador de central telefónica IP utilizando el software de código abierto ASTERISK para la red de datos de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército," 2008.
- [8] <https://www.cisco.com>, "CCNA Routing and Switching," ed, Available [Online], [last access] 17-august-2021.
- [9] D. Escañuela Alonso, "Estudio y Montaje a medida de Centralita Telefónica VoIP Asterisk " enero-2010.
- [10] A. Khat, El Khaili, M., & Bakkoury, J., "Study And Evaluation Of Voice Over IP Signaling Protocols Performances On MIPv6 Protocol In Mobile 802.11 Network SIP And H.323," 2017.
- [11] UIT-T, "UIT-T Packet-based multimedia communications systems. Series H: Audiovisual and multimedia systems. H.323 (12/2009)," 2009.
- [12] J. Yingyan, Yiwen, L., Xiaodong, Xu., Sumin, Chen., "Advances in Engineering Research, volume 120 International Forum on Energy, Environment Science and Materials (IFEESM 2017) Design and implementation of V oIP transceiver module based on SIP protocol " 2017.
- [13] K. Banerjee, "SIP: Session Initiation Protocol," 2018.
- [14] <https://www.atlantech.net/blog/why-sip-10-benefits-of-sip-trunking>. (Available [Online] [Last Access 14-september-2021].). *Atlantech Online*.
- [15] <https://www.voipforo.com>. (Available [Online], [last access] 6-september-2021).

- [16] M. Abdullah Abdullah, Lloret, J., Cánovas Solbes, A., & García García, L., "Survey of transportation of adaptive multimedia streaming service in internet," 2017.
- [17] D. Noworatzky, "TeleDynamics," 2019.
- [18] H. Nurdyana, Mulyana, Asepy., & Dillak, H., *Membangun Call Center Menggunakan Voip Server Berbasis Elastix Di Pt. Charisma Persada Nusantara: eProceedings of Applied Science*, 2018.
- [19] *Differences between real and theoretical technical values of the voice over IP codecs*, E. y. T. U. d. C. C. d. S. F. d. I. P. U. C. d. E. Departamento de Eléctrica, 2021.
- [20] S. Feisal Mohammed, & Amin Babiker Abd, M. , "Voice over IP Co- dec at WiMAX Network (Analysis & Performance)," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 2018.
- [21] A. Vasconcelos Cavalcante, "Análise dos efeitos dos codecs de áudio na avaliação de desvios vocais," Instituto Federal da Paraíba, 2018.
- [22] C. Calderón Moreno, "Estudio de Migración a una PBX IP Mediante modelo TCO en la empresa Tecnotempe S.A.," Departamento Académico de Graduación, Universidad de Guayaquil Facultad Ingeniería Industrial 2018.
- [23] M. Blanco, & Lovera, C., "Evaluación de los Parámetros que Afectan la Calidad de Servicio en Telefonía IP," 2015.
- [24] C. Aguilar, "Análisis, Diseño, e Implementación de un Sistema de VoIP para el Hospital Un Canto de la Vida. ," 2015.
- [25] S. Pazmiño, "Evaluación del desempeño de un prototipo de central Asterisk implementado sobre la tarjeta de desarrollo de bajo costo BeagleBone Black. ," 2020.
- [26] M. Chávez, & Saltos, D., "Evaluación de un prototipo de central Asterisk implementado sobre la tarjeta Raspberry PI," 2015.
- [27] K. N. S. Sarwar, "Design and configuration of VoIP based PBX using asterisk server and OPNET platform," *International Electrical Engineering Congress (iEECON) 2017*.
- [28] S. J. Kaul, A., "Voice over IP and SIP based Asterisk PBX," 2017.
- [29] <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Asterisk>. (Available [Online] [Last Access 30-september-2021].).
- [30] R. Castro Moncayo, "Implementación De Una Estación De Pruebas Entre Dos Centrales Telefónicas Basadas En Asterisk," 2019.
- [31] S. Guzman Romero, "Diseño De Una Aplicación Tarificadora De Llamadas De Los Datos Provenientes De Asterisk Para La Empresa Quality Group Services Empleando La Metodología Scrum Y Cobit 5," 2020.
- [32] J. Escobar Guala, "Análisis De La Interconexión De Dos Centrales Telefónicas Ip Basadas En Asterisk Usando Como Medio De Comunicación El Internet. ," 2020.
- [33] <https://issabel.org>. (Available [Online] [Last Access 29-september-2021].).
- [34] O. Tomalá Holguín, "Estudio de factibilidad del uso de la aplicación Answering machine Detection en un sistema telefónico Issabel PBX para empresas de telemercadeo. Omar Ricardo Tomalá Holguín. 2018," 2018.
- [35] <https://business.panasonic.es/communication-solutions/kx-ns500>, Available [Online] [Last Access 1-october-2021].).
- [36] <https://business.panasonic.es/communication-solutions/kx-nt543>, Available [Online] [Last Access 29-september-2021].).
- [37] <https://business.panasonic.es/communication-solutions/kx-nt511>, Available [Online] [Last Access 1-october-2021].).

ANEXO 1. Tabla resumen de los códecs más usados actualmente.

| Nombre | Estandarizado | Descripción | Bit rate (kb/s) | Sampling rate (kHz) | Frame size (ms) | Observaciones | MOS (Mean Opinion Score) |
|-------------------|---------------|--|--|---------------------|-----------------|---|--------------------------|
| G.711 * | ITU-T | Pulse code modulation (PCM) | 64 | 8 | Muestreada | Tiene dos versiones u-law (US, Japan) y a-law (Europa) para muestrear la señal | 4.1 |
| G.711.1 * | ITU-T | Pulse code modulation (PCM) | 80-96Kbps | 8 | Muestreada | Mejora del códec G.711 para abarcar la banda de 50 Hz a 7 KHz. | |
| G.721 | ITU-T | Adaptive differential pulse code modulation (ADPCM) | 32 | 8 | Muestreada | Obsoleta. Se ha transformado en la G.726. | |
| G.722 | ITU-T | 7 kHz audio-coding within 64 Kbit/s | 64 | 16 | Muestreada | Divide los 16 KHz en dos bandas cada una usando ADPCM | |
| G.722.1 | ITU-T | Codificación a 24 y 32 kbit/s para sistemas sin manos con baja pérdida de paquetes | 24/32 | 16 | 20 | | |
| G.722.2 AMR-WB | ITU-T | Adaptive Multi-Rate Wideband Codec (AMR-WB) | 23.85/ 23.05/ 19.85/ 18.25/ 15.85/ 14.25/ 12.65/ 8.85/ 6.6 | 16 | 20 | Se usa principalmente para compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación. | |
| G.723 | ITU-T | Extensión de la norma G.721 a 24 y | 24/40 | 8 | Muestreada | Obsoleta por G.726. Es | |

| | | | | | | | |
|---------|-------|--|-------------|---|------------|---|---------|
| | | 40 Kbit/s para aplicaciones en circuitos digitales. | | | | totalmente diferente de G.723.1. | |
| G.723.1 | ITU-T | Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 Kbit/s | 5.6/6.3 | 8 | 30 | Parte de H.324 video conferencia. Codifica la señal usando linear predictive analysis-by-synthesis coding. Para el codificador de high rate utiliza Multipulse Maximum Likelihood Quantization (MP-MLQ) y para el de low-rate usa Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (ACELP). | 3.8-3.9 |
| G.726 | ITU-T | 40, 32, 24, 16 Kbit/s adaptive differential pulse code modulation (ADPCM) | 16/24/32/40 | 8 | Muestreada | ADPCM; reemplaza a G.721 y G.723. | 3.85 |
| G.727 | ITU-T | 5-, 4-, 3- and 2-bit/sample embedded adaptive differential pulse code modulation (ADPCM) | Var. | | Muestreada | ADPCM. Relacionada con G.726. | |
| G.728 | ITU-T | Coding of speech at 16 Kbit/s using low-delay code excited linear prediction | 16 | 8 | 2.5 | CELP. | 3.61 |

| | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|-------------------------------|------------------------|--|------|
| G.729 | ITU-T | Coding of speech at 8 Kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP) | 8 | 8 | 10 | Bajo retardo (15 ms) | 3.92 |
| G.729.1 | ITU-T | Coding of speech at 8 Kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP) | 8/12/14/16/ 18/20/22/24/ 26/28/30/32 | 8 | 10 | Ancho de banda desde 50Hz a 7 KHz. | |
| GSM 06.10 | ETSI | Regular Pulse Excitation Long Term Predictor (RPE-LTP) | 13 | 8 | 22.5 | Usado por la tecnología celular GSM | |
| LPC10 | Gobierno de USA | Linear-predictive códec | 2.4 | 8 | 22.5 | 10 coeficientes. La voz suena un poco "robótica" | |
| Speex | | | 8, 16, 32 | 2.15-24.6 (NB) 4-44.2 (WB) | 30 (NB) 34 (WB) | | |
| iLBC | | | 8 | 13.3 | 30 | | |
| DoD CELP | American Department of Defense (DoD) Gobierno de USA | | 4.8 | | 30 | | |
| EVRC | 3GPP2 | Enhanced Variable Rate CODEC | 9.6/4.8/1.2 | 8 | 20 | Se usa en redes CDMA | |

| | | | | | | | |
|------|---|--|------------------|----------|------------|--|--|
| DVI | Interactive Multimedia Association (IMA) | DVI4 uses an adaptive delta pulse code modulation (ADPCM) | 32 | Variable | Muestreada | | |
| L16 | | Uncompressed audio data samples | 128 | Variable | Muestreada | | |
| SILK | Skype | Uncompressed audio data samples | De 6 a 40 kbit/s | Variable | 20 | El códec Harmony está basado en SILK | |

Tabla A1.1 Resumen de los códecs más usados actualmente [15].

ANEXO 2. Servicios que brinda Issabel.

| Servicios que brinda Issabel | |
|---|--|
| <p>Issabel Meet</p> <p>Videoconferencia en tiempo real</p> | <ul style="list-style-type: none"> - A través de WebRTC, Issabel incluye un módulo de videoconferencia en tiempo real basado también en código abierto; sin necesidad de licencia. Es una solución flexible y segura gracias a su nivel de cifrado. - Sin límite de usuarios. - Posibilidad de compartir escritorio o ventanas específicas. - Los enlaces para acceder a la herramienta son personalizables. Con solo compartirlo, los invitados pueden ingresar a la reunión. - Para mayor privacidad, puede proteger la videoconferencia con contraseña. - Marcar a un número de teléfono de Issabel Meet. - Audio y video en alta definición. - Acceso a la conferencia desde el navegador web, no es necesario instalar software adicional. - Edición de documentos juntos y en tiempo real. - Chat integrado. |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none">- Cada reunión tiene un número de teléfono para ingresar desde cualquier dispositivo a través de una llamada. |
| <p>Issabel Cloud, garantiza una comunicación segura y eficaz con su equipo de trabajo y clientes a través de voz y video, prácticamente desde cualquier ubicación.</p> | <ul style="list-style-type: none">- Función Business PBX: transferencia de llamadas, desvío automático de llamadas, conferencia, correo de voz, música en espera y enrutamiento de llamadas.- Llamar directamente a una extensión.- Operador automático.- Salas de conferencias de audio privadas.- Grabación de llamada. |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">- Gestión desde cualquier dispositivo en cualquier momento y en cualquier lugar.- Marcar por directorio.- Desvío de llamadas.- Movilidad. Capacidades disponibles desde dispositivos portátiles, computadoras de escritorio y computadoras portátiles.- Correo de voz a correo electrónico.- Grupos de captura de llamadas.- Con niveles de servicio "SLA" de la industria.- Informe de tráfico de llamadas realizadas y recibidas.- Llamadas simultáneas que suenan en grupos de extensiones.- Llamada secuencial sonando.- Escalabilidad ilimitada. Puede aumentarse o disminuirse según las necesidades del negocio.- Mejora la estructura de costes: con un modelo de pago por uso.- Le permite operar con una amplia variedad de "terminales" SIP y softphones. |
|--|--|

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollado por Issabel: la solución segura de código abierto para comunicaciones unificadas" - Brindar a sus trabajadores herramientas que les permitan comunicarse de manera efectiva y mejorar el desempeño de la organización. - Fomenta la productividad empresarial con capacidades que incluyen SIP Trunking, PBX y un grupo completo de aplicaciones. - Habilita los servicios de voz en toda su organización de forma instantánea a través de un único panel de control del navegador web. |
| <p>Issabel PBX. Para proveedores de servicios Issabel Multiempresa.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Aspecto agradable y tacto. Debe animar a los usuarios a utilizarlo y facilitar su comercialización. - Fácil de usar. No se necesitan técnicos calificados para el uso y mantenimientos diarios. - Sin manual. Debe ser intuitivo y los usuarios deben poder utilizarlo desde el primer inicio de sesión. - Interfaz simple y limpia. No se permite una solución universal con miles de opciones y formas complicadas. |

| | |
|--|--|
| | - Pretende cubrir las necesidades del 95% de las empresas con las mínimas prestaciones posibles. |
|--|--|

Tabla A2.1 Servicios que ofrece Issabel [Elaborada por el autor].

ANEXO 3. Funciones del Call Center.

| Call Center | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Informes estadísticos | Informes en tiempo real | Campañas salientes | Campañas entrantes | Funciones |
| - Informe de roturas. - Detalle de la llamada. - Llamadas por hora. - Llamadas por agente. - Apoyar. - Hora de inicio y cierre de sesión. - Llamadas entrantes exitosas. | - Seguimiento de agentes. - Monitoreo de llamadas entrantes. - Campaña de seguimiento. - Número de agente. - Tipo de llamada. - Llamadas contestadas. - Duración y media. | - Genera llamadas desde una lista de teléfonos. - Las llamadas se asignan a los agentes para intercomunicarse con los clientes. - El marcador predictivo genera llamadas buscando la | - Contact Center recibe llamadas y las asigna a agentes a través de colas. - Puede alimentar una base de números de teléfono y clientes para saber | - Asistente automatizado. - Marcador predictivo, vista previa. - IVR - Respuesta de voz interactiva. - Distribución automática de llamadas. - Reportes y estadísticas. - Soporte para Blending. |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento de agentes. - Monitoreo de llamadas entrantes. - Información del agente. - Informe general: tiempo de conexión del agente por día. - Informe de baúles usados por hora en el día. | <ul style="list-style-type: none"> - Llamada más larga. - Fecha inicial, final. - Acceso total. - Llamadas entrantes y salientes. - Tiempo en llamadas, servicio. - Estado. | <ul style="list-style-type: none"> máxima eficiencia. - El operador recibe información del usuario y la ingresa a la base de datos a través de formularios. - La información se puede exportar a hojas de cálculo. | <ul style="list-style-type: none"> quién está generando la llamada y brindar un mejor servicio al cliente. | <ul style="list-style-type: none"> - Grabación de llamadas por interfaz. - Asociar "scripts" de texto a campañas. - Varios idiomas de interfaz. - Soporte para la lista de No llamar. - "Susurro". - Monitoreo silencioso. - Campañas entrantes y salientes. - Supervisión en tiempo real e histórico. - Grupos de atención por campañas. - Manejo de llamadas en cola. - Formularios de campaña (asistente web). |
|---|---|---|---|--|

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | <ul style="list-style-type: none">- Administración web.- Consola del agente.- Soporte para varios tipos de pausas.- Puntuación de llamadas.- Módulo de salida de SMS.- Módulo de grabación de llamadas.- Módulo de gestión de fax virtual.- Integración con aplicaciones existentes.- Soporte del protocolo ECCP.- Módulo de chat, modo web y modo Smartphone.- Informes avanzados. |
|--|--|--|--|---|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | - Integración a CRM (servicios web). - Integración a bases de datos: Oracle: MSSQL, MySQL, Postgresql. |
|--|--|--|--|--|

Tabla A3.1 Funciones del Call Center [Elaborada por el autor].

ANEXO 4. Instalación del software libre Issabel.

Para la instalación de la alternativa tecnológica del software libre para la implementación del prototipo de comunicaciones unificadas Issabel, se debe tener en cuenta los recursos de memoria, disco y procesador que se asignará a la VM (Virtual Machine), así como las adecuadas configuraciones del software y sus herramientas complementarias. Los recursos asignados para la instalación de Issabel son los siguientes:

-Características mínimas para el software Issabel:

- Procesador: icore3.
- Memoria: 2 RAM.
- Disco: 50 GB almacenamiento.

- Recursos Recomendables para el software Issabel:

- Procesador: icore5.
- Memoria: 4 RAM.
- Disco: 100 GB almacenamiento.

De tal manera que a continuación se presenta la instalación y configuración del software de libre Issabel.

a) Como primer punto se debe descargar el software Issabel Phone System (1.5GB):

Ingresa a <https://www.issabel.org/>. Dar clic en descarga Issabel ISO, la descarga tomará algunos minutos (de 30 a 40 min).



Figura A3.1 Descargar la ISO del Software libre para Comunicaciones Unificadas Issabel
[Elaborada por el autor].

b) Cuando finalice la descarga de la ISO, abrimos VMware Workstation y creamos una nueva VM (máquina virtual) con el siguiente nombre: PROTOTIPO ISSABEL – BVSC.

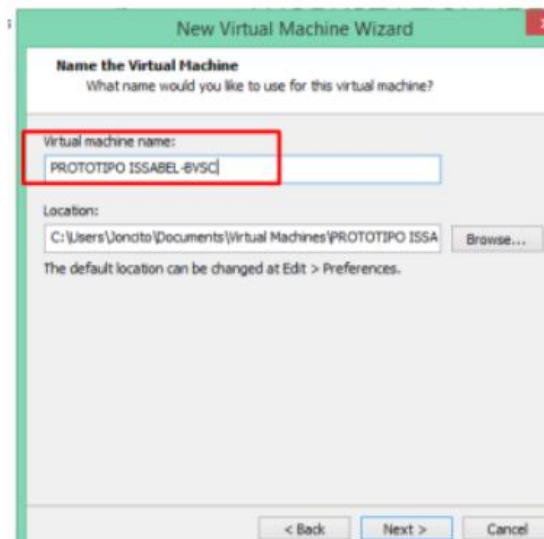


Figura A3.2 Creación de la VM: PROTOTIPO ISSABEL –BVSC en VMware Workstation
[Elaborada por el autor].

c) Se asigna los recursos de procesador (2 vcore), memoria (2GB) y disco (20GB) respectivamente.

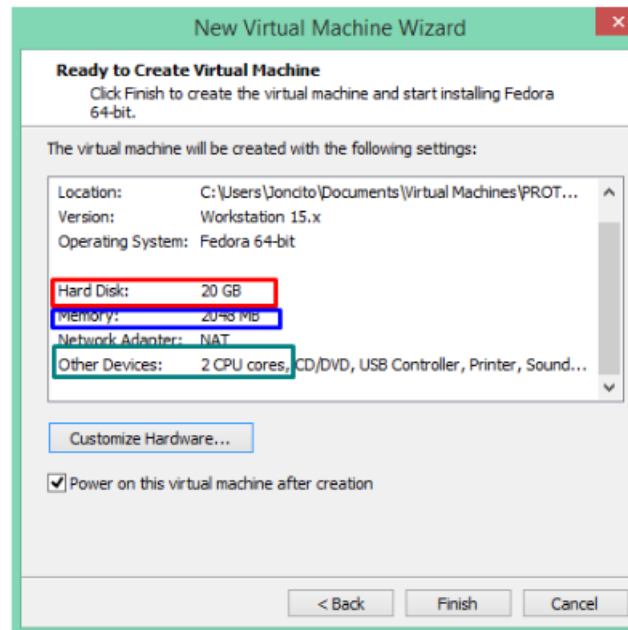


Figura A3.3 Asignación de recursos para la VM: PROTOTIPO ISSABEL –BVSC en VMware Workstation [Elaborada por el autor].

d) Una vez creada la VM: PROTOTIPO ISSABEL - BVSC, procedemos a modificar los parámetros de Network a Bridge Adapter y seleccionar la tarjeta de red de la PC del host.

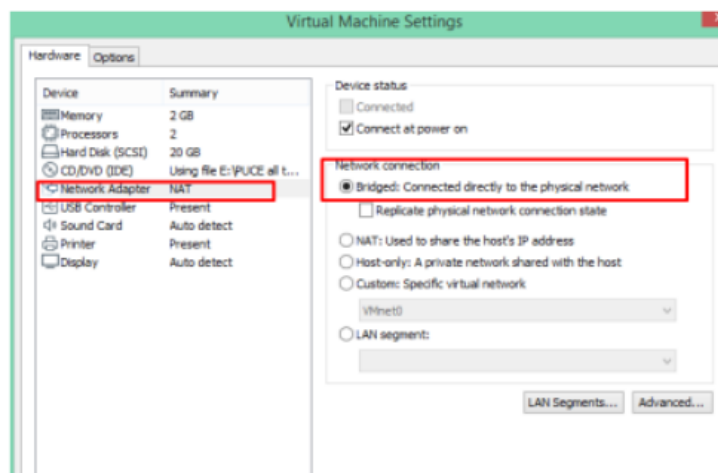


Figura A3.4 Modificación y establecimiento de los parámetros de la VM: PROTOTIPO ISSABEL – BVSC [Elaborada por el autor].

e) Encender la VM, una vez que este encendida mostrará la interfaz de instalación de Issabel, después clic en Install.

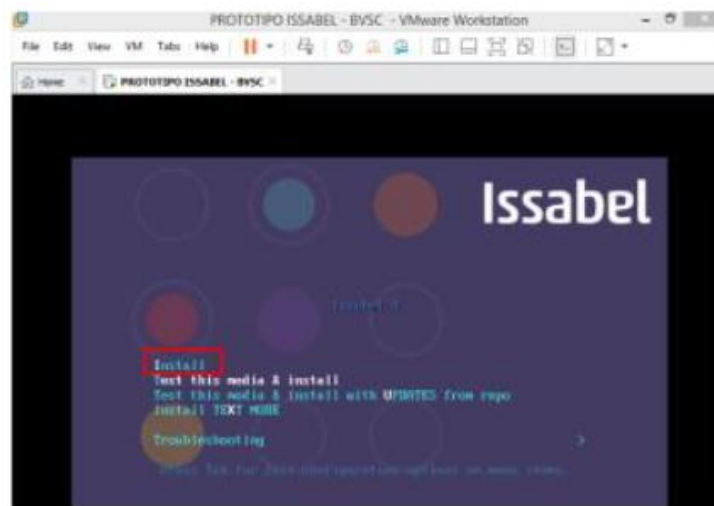


Figura A3.5 Encendido de la VM y ejecución de la instalación de Issabel [Elaborada por el autor].

f) Después empezará la configuración e instalación del software como tal mediante una GUI. Se puede escoger el idioma español o inglés.



Figura A3.6 Instalación de Issabel mediante interfaz GUI [Elaborada por el autor].

g) Selecciones Installation Source (destino de instalación) y verifique que está seleccionada la partición automática, luego clic en listo en la parte superior, adicional se puede configurar fecha, hora y lenguaje, finalmente en la opción selección de software, escoja Asterisk 13.



Figura A3.7 Parámetros de configuración del software Issabel [Elaborada por el autor].

h) Verificar que el direccionamiento IPv4 de Issabel este en DHCP, se lo puede revisar en Network&HostName - Configure - Ipv4 – Settings - Automatic (DHCP) – Done

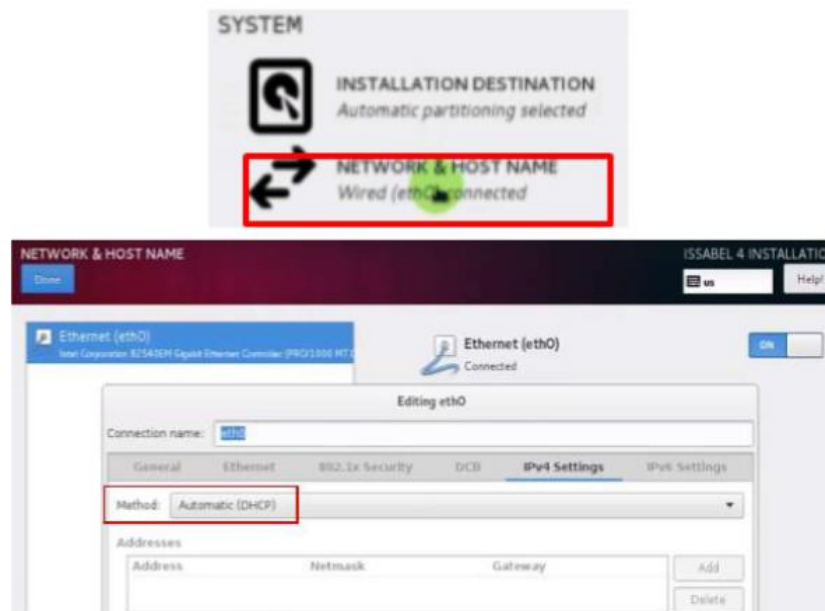


Figura A3.8 Verificación del adaptador de red del software Issabel [Elaborada por el autor].

i) La instalación empezará una vez configurada los parámetros iniciales, durante la instalación se puede registrar las credenciales de administración del software Issabel, en este caso serán usuario admin: root y password: COSIE2021.



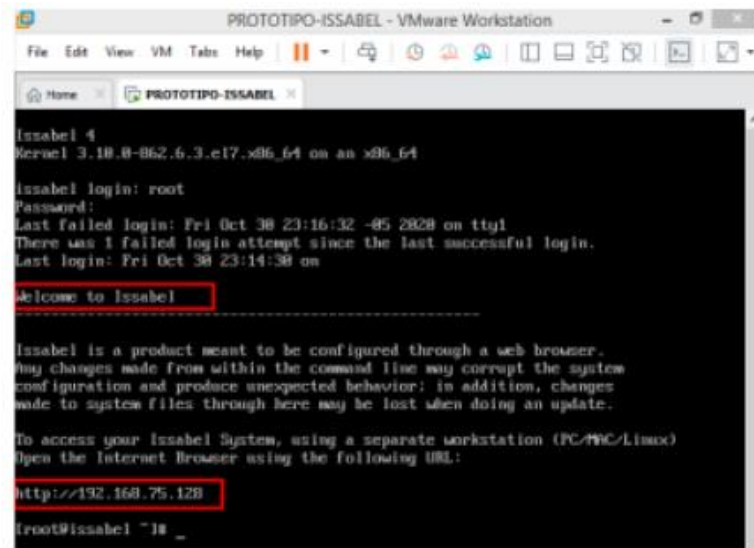
Figura A3.9 Registro de credenciales para la administración de Issabel [Elaborada por el autor].

j) Se solicitará credenciales de root para la base de datos MaríaDB (nombre hipotético), en este caso serán las mismas de administración.



Figura A3.10 Registro de la contraseña de root para la base de datos MaríaDB [Elaborada por el autor].

k) Finalmente terminado el proceso, será posible ingresar por medio de CLI a Issabel. Se valida la bienvenida y la dirección IPv4 que se entrega a la VM.

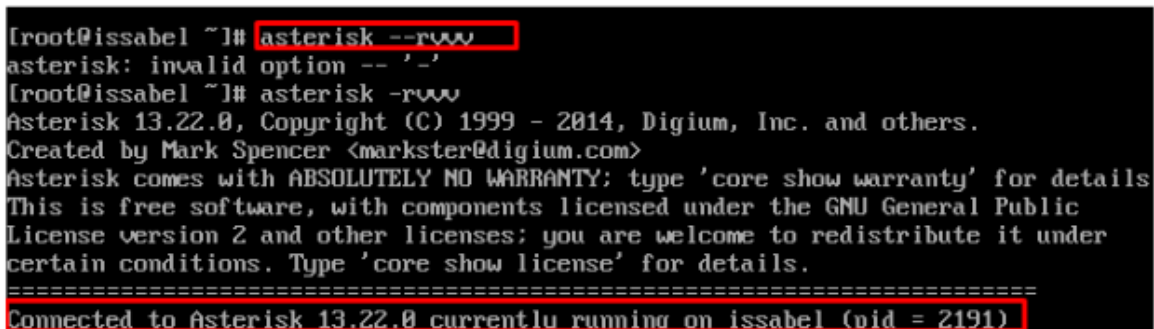


```
PROTOTIPO-ISSABEL - VMware Workstation
File Edit View VM Tabs Help
Home x PROTOTIPO-ISSABEL x
Issabel 4
Kernel 3.10.0-862.6.3.el7.x86_64 on an x86_64
Issabel login: root
Password:
Last failed login: Fri Oct 30 23:16:32 -05 2020 on tty1
There was 1 failed login attempt since the last successful login.
Last login: Fri Oct 30 23:14:38 on
Welcome to Issabel
-----
Issabel is a product meant to be configured through a web browser.
Any changes made from within the command line may corrupt the system
configuration and produce unexpected behavior; in addition, changes
made to system files through here may be lost when doing an update.

To access your Issabel System, using a separate workstation (PC/MAC/Linux)
Open the Internet Browser using the following URL:
http://192.168.75.128
[root@issabel ~]#
```

Figura A3.11 Finaliza la instalación e ingreso a Issabel por medio de CLI [Elaborada por el autor].

l) Por recomendación se debe verificar que esté DHCP funcionando correctamente Asterisk dentro de Issabel debido a que hay varias versiones de Asterisk y posiblemente varíe alguno de ellos.



```
[root@issabel ~]# asterisk --rww
asterisk: invalid option -- '-'
[root@issabel ~]# asterisk -rww
Asterisk 13.22.0, Copyright (C) 1999 - 2014, Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 13.22.0 currently running on issabel (pid = 2191)
```

Figura A3.12 Verificación del funcionamiento de Asterisk en Issabel [Elaborada por el autor].

m) En caso de necesitar una actualización de paquetes, plugins y servicios de Issabel lo realizamos mediante el comando `yum -y update`. Tomará algunos minutos.

n) Ingresamos a la interfaz GUI de Issabel web por medio de la dirección IP asignada al server. Las credenciales como user es admin y el password el configurado en la instalación.



Figura A3.13 Ingreso a la interfaz web de Issabel por medio de la IP del servidor
[Elaborada por el autor].

o) El dashboard principal de Issabel tiene la siguiente forma y características.

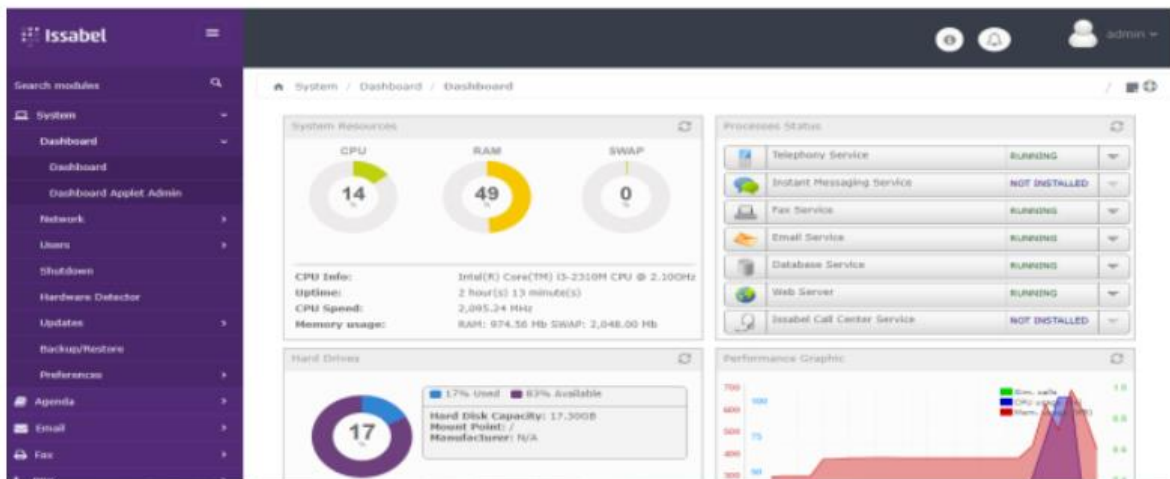


Figura A3.14 Presentación del dashboard de Issabel [Elaborada por el autor].