



Recibido: 17/06/2021

Aceptado: 26/07/2021

Revisión sistemática de Comunicaciones Unificadas de VoIP en redes CAN

Silvia Monserrate Cedeño Delgado¹, Dannyll Michelle Zambrano Zambrano², Walter Daniel Zambrano Romero²

¹Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí

²Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí

¹silvia.cedeno@utm.edu.ec ²michellc.zambrano@utm.edu.ec ²walter.zambrano@utm.edu.ec

RESUMEN Las comunicaciones Unificadas (CU) de VoIP, en la actualidad permiten integrar canales de comunicación tales como correo electrónico, mensajería instantánea, telefonía (fija, móvil, voz sobre IP), videoconferencia, entre otros, funcionando a través de una sola interfaz, permitiendo agilidad e inmediatez en los procesos de una organización, mejorando la colaboración e incrementando la productividad de los empleados, habilitando la posibilidad de la movilidad y trabajo remoto, otro aspecto importante muy considerado en las instituciones es la reducción de costos. Las redes de área de campus (CAN) permiten conectar varias redes LAN a través de un área limitada, como una universidad, una base militar. El objetivo de esta revisión sistemática es explorar el tema central en investigaciones técnicas especializadas, realizando un filtro de acuerdo a lo más relevante encontradas en ellas previo su análisis metódico, de tal forma que sea utilizada de base para determinar los elementos necesarios de hardware y software al momento de diseñar un sistema de comunicaciones unificadas de voz sobre IP (VoIP) en redes CAN.

Palabras claves: Comunicaciones unificadas VoIP, diseño, VoIP, QoS, simulación.

Systematic Review of VoIP Unified Communications in CAN Networks

ABSTRACT VoIP Unified Communications (UC), currently allows the integration of communication channels such as email, instant messaging, telephony (fixed, mobile, voice over IP), videoconferencing, among others, working through a single interface, allowing agility and immediacy in the processes of an organization, improving collaboration and increasing employee productivity, enabling the possibility of mobility and remote work, another important aspect highly considered in the institutions is the reduction of costs. Campus area networks (CAN) allow connecting several LANs across a limited area, such as a university or a military base. The objective of this systematic review is to explore the central theme in specialized technical research, making a filter according to the most relevant found in them prior to their methodical analysis, so that it is used as a basis for determining the necessary elements of hardware and software when designing a unified communications system for voice over IP (VoIP) in CAN networks.

KEYWORDS: VoIP unified communications, design, VoIP, QoS, simulation.

1. Introducción

Las comunicaciones a través de la voz han evolucionado, inicialmente se podía comunicar a pocas distancias, con la aparición de la telefonía aumentaron las distancias y con la aparición del internet se utiliza la infraestructura de la red para transportar la voz mediante el protocolo IP permitiendo la tecnología VoIP. La voz sobre IP se instauró con la integración de Internet y las tecnologías de comunicación para



reducir el importe de la comunicación y también agrupar los servicios de datos con la voz [1]. Las Comunicaciones Unificadas (UC) son redes IP de última generación que permiten la integración de todos los componentes separados de comunicación en una experiencia de usuario homogénea, eficiente y productiva [2]. Las comunicaciones unificadas se establecen como una idea de crecer las funcionalidades y contribuir un valor añadido a la infraestructura de comunicaciones existentes. La construcción de una red que proporcione una serie de servicios como VoIP de manera oportuna y precisa requiere de un sistema grande y complicado, donde se planifica y se selecciona la tecnología, los equipos, los diagramas de topología de red, para obtener un diseño eficiente [3]. Mediante esta investigación se pretende exponer la base teórica de las comunicaciones unificadas de VoIP, los componentes básicos que se requieren para obtener comunicaciones unificadas de VoIP, el estudio de los servidores CU más empleados en las implementaciones, los parámetros de calidad de servicio considerados en los diseños y los softwares de simulación con mejores resultados al entorno real y facilidad de uso, así como metodologías consideradas en los diseños de red. Se considera importante este estudio puesto que las comunicaciones unificadas de VoIP permiten agilizar procesos operativos, promueve la productividad obteniendo mayor rapidez en la toma de decisiones, aumento de disponibilidad, mejora los tiempos de respuestas, las relaciones laborales, flexibilidad laboral, y permite convergencia de tecnologías transparente al usuario.

2. Materiales y Métodos

Para este estudio se emplea una revisión sistemática de la literatura (SLR) cualitativa, para constituir y organizar información más notable de las comunicaciones unificadas de VoIP, los problemas que intentaron resolver, la relación que guardan con esta investigación y la comparación de sus técnicas y métodos de desarrollo [4]. Este SLR cumplió con los siguientes pasos:

1. Se establecieron las preguntas de investigación.
2. Palabras claves o frases específicas fueron establecidas.
3. Los artículos seleccionados fueron analizados.
4. Información más relevante fue tomada en cuenta.

En este orden de acuerdo con el primer paso, las preguntas de investigación que se establecieron fueron:

1. ¿Qué son las comunicaciones unificadas VoIP?
2. ¿Cuáles son los componentes básicos de las comunicaciones unificadas VoIP?
3. ¿Qué servidores son los más utilizados para comunicaciones unificadas de VoIP?
4. ¿Qué parámetros de calidad de servicio son los más estimados para comunicaciones unificadas de VoIP?
5. ¿Qué software de simulación es el más empleado para simular redes con VoIP?
6. ¿Qué metodologías se emplean para diseños de comunicaciones unificadas de VoIP?

El paso siguiente, consistió en realizar una búsqueda de las Keywords, en los repositorios de Google Scholar, esto se realizó para el control de la literatura y términos base. La tabla 1 muestra el resumen de los artículos encontrados.

Con la ayuda de Google Scholar se procedió a buscar información que se detalla en la Tabla 1, con fecha de 2016-2021.

Se empleó una búsqueda para el escogimiento de estudios candidatos en tesis doctorales y de maestría, en portales de tecnología del área de comunicación, así como diferentes revistas con un alto nivel de influencia en el mundo debido a sus inciviles artículos sobre todo en el área de la ingeniería. Las bases de datos que se exploraron en esta revisión son: ACM Digital Library, IEEE Explore, Springer, Dialnet, Scielo, Redalyc, GeoScienceWorld, Scopus.

Se consideró establecer un rango de años, los últimos cinco años de los estudios candidatos en las diferentes bases de datos antes mencionadas, el rango se estableció entre 2016 y 2021, por lo que se consideró



Keyword	Cantidad de Información
“Comunicaciones unificadas” VoIP	295
VoIP	19.200
Diseño VoIP	3.200
Metodología VoIP	4.110
QoS VoIP	10.900
Simulation VoIP	12.900

Tabla 1: Búsqueda de términos base en Google Scholar
Fuente: Elaboración propia

criterios de exclusión e inclusión como a continuación se detallan. Los criterios que se utilizaron se alinean hacia el hallazgo de información relacionada al desarrollo de sistemas comunicaciones unificadas de VoIP. Criterios de Inclusión: 1) Artículos con experiencias en comunicaciones unificadas de VoIP. 2) Artículos con descripciones y relaciones entre componentes de comunicaciones unificadas de VoIP 3) Investigaciones que estudien servidores de comunicaciones unificadas de VoIP 4) Artículos que estudien los parámetros de red aplicados a VoIP 5) Investigaciones que utilicen simulaciones para comprobar resultados del comportamiento de los elementos de red 6) Investigaciones que apliquen metodologías para diseños de comunicaciones unificadas de VoIP.

Criterios de Exclusión: 1) Artículos que guarden relación con tesis de grado, 2) Estudios con aplicaciones, diferentes al desarrollo de comunicaciones unificadas de VoIP o de diseños de red. 3) Artículos publicados hace más de 5 años de antigüedad.

3. Resultados y Discusión

3.1. Definiciones de las comunicaciones unificadas VoIP

Según [5] el auge de las nuevas tecnologías en el campo de comunicaciones a través del uso de redes informáticas promovió el desarrollo de las organizaciones, siendo VoIP una tecnología que ha logrado un gran impacto en la comunicación de redes digitales. Se define Voz sobre IP (VoIP) como una tecnología que permite el enrutamiento de comunicaciones de voz sobre Internet o a través de una red de computadores [6]. Las comunicaciones unificadas de VoIP [7] es una solución formada por varios componentes de hardware y de software que permiten en una interfaz única de usuario tener mensajería instantánea, correo electrónico, llamadas de voz y vídeo, integración con la red telefónica, conferencia, estado de presencia (telefónica y en línea), conocimiento y estado de los dispositivos. VOIP permite que haya convergencia de voz, video y datos en una sola red, ofreciendo ahorros significativos [8].

3.2. Componentes básicos de las comunicaciones unificadas VoIP

Existen diversidad de criterios en relación a los componentes básicos de las comunicaciones unificadas de VoIP, en el estudio presentado [9] considera elementos básicos como cliente, servidor, Gateway y equipo, en el trabajo [10] enuncia elementos como teléfonos IP, adaptadores ATA, Gateway VoIP (GW), Gatekeeper (GK), proveedores de VoIP, Servidor VoIP, en el artículo [11] donde se utiliza una solución de Avaya Aura cita elementos básicos como la Infraestructura IP (servidores, ruteadores, conmutadores y el correspondiente dispositivo de usuario final), Módulo de medios de comunicación (el teléfono, comunicación por video o mensajería instantánea), Módulo de integración medio/canal (componente de gestión de mensajes integrado y una capa de coordinación basada en reglas), Módulo de señalización de presencia, Módulo de colaboración, Módulo de contextualización. Las comunicaciones unificadas agrupan un conjunto de tecnologías que contribuyen a optimizar las comunicaciones, implica componentes



de hardware, software, infraestructura de red, tecnologías, protocolos y servicios. En base a lo expuesto a continuación, se especifican definiciones de componentes VoIP, **Central VoIP:** Puede ser de hardware propietario o mediante software que utiliza un servidor, trabaja en la red de datos bajo el protocolo IP empleando la tecnología VoIP, voz sobre IP y que puede interactuar con PSTN tanto analógicas, como digital y móviles. Diseñado para ofrecer servicios de comunicación a través de las redes de datos, con los componentes adecuados se puede manejar un número ilimitado de anexos en sitio o remotos vía internet, dentro de las funciones de una central telefónica se encuentran [12] :

- Número ilimitado de extensiones
- Múltiples operadores automáticos con menús
- Múltiples casillas de correos de voz
- Integración con teléfonos celulares
- Perifoneo con altavoz
- Teléfonos remotos alrededor del mundo
- Interfaz con el usuario (incluyendo reenvíos, mensajería unificada, grabaciones de los mensajes redirigidos a su correo de voz)
- Rango de Numeración de Extensiones Flexible
- Identificador de llamadas
- DID ingreso directo para marcación interna
- Enrutamiento de llamadas
- Grabación de llamadas
- Grabación en vivo
- Devolución de llamadas
- Correos de voz enviados a sus correos electrónicos
- Notificación por mensajes SMS de sus correos de voz
- Acceso de correo de voz por la Web
- Soporta teléfonos analógicos
- Llamadas en espera
- Llamadas monitorizadas
- Integración con el cliente (CRM)
- Servidores vinculados remotos
- Consola de operadora
- Salas de conferencias virtuales
- Números de marcación rápida (Memorias)
- Múltiples Músicas en espera
- Troncales Analógicas y Digitales T1/E1
- Enrutamiento avanzado (IVR)
- Notificación de estatus de llamada
- Aviso de Llamada
- Auto desvío de llamadas
- Mensajería unificada
- Filtrado de llamadas
- Teléfonos virtuales en su PC (Softphones)
- Transferencia de llamadas
- Llamada de conferencia

Servidor VoIP: El servidor es un sistema informático que permite la reproducción de datos en un ordenador. El servidor cuenta con funciones que permiten a los administradores controlar las tareas de los usuarios, los servidores de alto nivel están equipados con ordenadores de alto rendimiento y también cuentan con un sistema de gestión que permite gestionar las funciones de los servidores que se están ejecutando [13]. Los servidores realizan varios procesos como operaciones complejas de bases de datos, manejo de dominios, servidores proxy, etc., dichas operaciones se realizan en tiempo real y de forma local [9]. El servidor VoIP es el nodo centralizado que inicia, gestiona y finaliza la comunicación entre



el llamante y el receptor. (En términos de telefonía, el llamante es el usuario que inicia la llamada y el receptor recibe la llamada en el otro extremo). El servidor de VoIP debe implementar los protocolos de señalización de llamadas (SIP, H.323, etc.) y garantizar el correcto enrutamiento de los paquetes IP a su destino. El control de admisión de llamadas es una de las principales funciones del servidor. También puede utilizarse para los mecanismos de provisión de QoS [1].

Terminales: Los endpoints o terminales también conocidos como cliente o agente, puede ser un teléfono IP o softphone. Los softphones son una aplicación que se ejecuta en un computador o smartphone [14]. En caso de dispositivos analógicos, se utiliza un adaptador de teléfono analógico (ATA) que convierte el servicio analógico a digital [10]. **Unidad de Control Multipunto (MCU)**, es opcional, MCU está dividida en dos partes: el controlador multipunto (MC) que proporciona capacidad de negociación y control de los miembros del grupo, y el procesador multipunto (MP) que se encarga de realizar las funciones de mezcla de medios (audio, vídeo, datos). **GateKeeper (GK):** Es un elemento opcional proporciona servicio al resto de elementos, estos servicios son: traslación de direcciones, autorización de llamadas, control de admisión, control de zonas, gestión de ancho de banda, gestión de llamadas, reserva, de ancho de banda, servicios de directorio, etc.[15]

Gateway o puerta de enlace: es un dispositivo vinculante conectado simultáneamente a la red IP y la red telefónica [16]

Protocolos:

Protocolos de señalización: Los protocolos de señalización se utilizan para establecer y controlar sesiones multimedia

H.323 es una especificación ITU-T para transmitir audio, video y datos a través de una IP, proporciona una especificación completa de la arquitectura requerida para implementar sistemas de videoconferencia y voz sobre un paquete [17].

SIP Session Initiation Protocol, desarrollado por el IETF basado en el modelo cliente-servidor, es un protocolo de la capa de aplicación, usada para la señalización en tráfico de conexiones de VoIP, implementada en una infraestructura de red de comunicaciones [18]. Su ventaja frente al protocolo H.323 es su simplicidad, requiere de un solo intercambio de información entre los destinatarios.

MGCP (H.248) corresponde a sus siglas Media Gateway Control Protocol, utiliza el modelo cliente-servidor, es un protocolo estándar que trabaja con la señalización y la gestión de las sesiones necesarias durante una conferencia multimedia, crea gestión centralizada de pasarelas y soluciones de telefonía de banda ancha [10], es el resultado de protocolos anteriormente propuestos y ha sido propuesto en distintos organismos de estandarización como el grupo de trabajo MEGACO del IETF y la ITU-T donde se ha denominado H.248.

SCCP: SCCP (Skinny Client Protocol), es un protocolo de propiedad de Cisco realiza señalización mediante TCP y UDP para la transmisión de paquete RTP. Skinny es compatible con Asterisk, pero si está conectado con teléfonos Cisco a Asterisk, generalmente se recomienda que obtenga imágenes SIP para cualquier teléfono que lo admita y se conecte a través de SIP [19].

Protocolos de transporte: Son los mismo que se utilizan en las redes IP. **TCP** (Transmission Control Protocol): El protocolo de control de transmisión con sus siglas en del inglés TCP fue diseñado con un enfoque hacia las redes cableadas, y por ello malinterpreta por congestión la causa de la pérdida de paquetes en medios inalámbricos cuando en realidad es causada por factores propios del canal de comunicaciones, como las colisiones de paquetes, las interferencias y el ruido. **ACK** del inglés Acknowledgement Para el control de la congestión en la red TCP emplea un acuse de recibo (ACK del inglés Acknowledgement), el cual es utilizado por el receptor para indicar que se tomó el segmento sin errores y para especificar el siguiente segmento esperado [20].

UDP (User Datagram Protocol): Este es un protocolo no orientado a la conexión, propio de la capa de transporte. No proporciona detección de errores, comparado con TCP, UDP es menos complejo



y confiable, cuya tasa de transferencia lo define el equipo que envía, sin importar el estado de congestión de la red[21].

RTP (Real-time Transport Protocol): 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. Privilegia que las acciones se realicen 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 Transporte de Audio-Video de Internet Grupo de trabajo de ingeniería (IETF) [22].

Códecs es la abreviatura de codificador – decodificador, es un algoritmo capaz de transformar una señal o flujo de datos (stream). Los códecs pueden codificar el flujo de datos y recuperarlo del mismo modo [14].

Códecs de voz

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 [23].

G.729: Es el códec estándar ITU-T que tiene dos versiones A y B, G.729 ofrece una baja tasa de bits de 8 kbps con calidad de sonido. El marco de entrada es 10 milisegundos (10 ms) y el cuadro resultante contiene 80 bits. Entrada y salida que contienen código de pulso de 16 bits. Las muestras de modulación (PCM) se convierten de 0 a 8 datos comprimidos en Kbps [23].

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. Originalmente fue diseñado para operar en la banda de 900 MHz, luego se adaptó a 1800 MHz. Su versatilidad de GSM ha dado lugar a la adaptación de especificaciones de muchas más bandas de frecuencia para atender mercados especializados [24].

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) [25].

Códecs de video

El uso de terminales que utilizan los usuarios finales son más sofisticados y cuentan con pantallas a color, cámaras de video de alta calidad, micrófonos y altavoces incorporados, y en las comunicaciones unificadas en ocasiones se incorpora videoconferencias, por lo tanto, es necesario citarlos. A continuación se describe los principales códecs de video utilizados por las centralitas VoIP, son los estandarizados por la ITU (Union Internacional de las Telecomunicaciones), estándar H.26x.

H.263: Es el primer códec de video comprimido, desarrollado en 1996 con el propósito de dar servicio a sistemas multimedia basados en IP y mensajes multimedia (MMS). Este códec podía ser transmitido a través de la línea telefónica ya que sólo requería de 64 Kbps. Las resoluciones que video que podía gestionar H.263 eran de 640×480. La idea fundamental fue proporcionar mejor la apreciación audiovisual para videoteléfono y videoconferencia (Yustres, 2017) .

H.264: Es el códec sucesor a H.263, publicado en 1999, es un códec muy flexible el cual tiene un rango de velocidades desde 5 kb/s a 10 Mb/s, haciendo posible pensar en el video móvil, el video de definición estándar (SD, Standar Definition) y alta definición (HD, High-definition). MPEG-4 puede ahorrar hasta el 50 % del ancho de banda de los servicios de video.Elementos de Telefonía IP (Cristian, 2017).

Servicios



Mensajería Tecnología que permite almacenamiento y reenvío

- Correo electrónico
- Forma predominante en las organizaciones
- Buzón de Voz
- Un único buzón con mensajes de correo electrónico y fax
- Mensajería instantánea
- Relacionados a presencia y estados
- Fax
- Un único buzón con mensajes de correo electrónico y voz, audio/ video en tiempo real
- SMS
- Utilizado masivamente en la telefonía móvil, en CU se integra en aplicaciones corporativas.

Voz Tecnologías de paquetización de voz como VoIP.

Multiconferencias Permite la compartición interactiva de información entre dos o más interlocutores, esta puede ser mediante voz (audioconferencias), solos datos con pizarras electrónicas o audio, video y datos (videoconferencias).

3.3. Servidores utilizados para comunicaciones

Unificadas de VoIP

En la academia existe una gran acogida por utilizar el software, siendo el de código libre de mayor demanda, así tenemos los basados en Asterisk ocupan la delantera por el respaldo de la comunidad Open Source. En la investigación de [2] concluye que una de las mejores alternativas es utilizar un servidor basado en Asterisk, con esta misma tónica [26] expresa que FreePBX proporciona un alcance y una interfaz gráfica de usuario amigable a Asterisk, lo que hace que sea fácil para los administradores configurar, TrixboxCE sistema embebido de Asterisk con administración web fue considerado como software para un ambiente hogareño [27], así mismo [28] [29] [23] [13] [12] se utiliza Elastix de entorno gráfico que tiene varios servicios como: Asterisk, Dahdi, Hylafax y Postfix, para brindar un entorno completo de Comunicaciones Unificadas basado en Software libre. Al pasar Elastix a la empresa 3CX la comunidad de software libre para dar continuidad a las plataformas instaladas creó el sistema de servidor de comunicaciones unificadas Issabel, que ha permitido que algunos usuarios de Elastix emigren a Issabel como se realiza en la investigación [30], y se esté utilizando en algunas proyectos en la actualidad [19] En el estudio [11] utiliza la plataforma propietaria Avaya Aura.

Por lo expuesto a continuación se detallan características de servidores de comunicaciones unificadas más utilizado en el ámbito educativo como son los Open Source.

Software libre (Open Source) Es aquel software con acceso ilimitado y sin límite a la creación intelectual, para que un software sea considerado libre debe cumplir con algunas características tales como de uso libre para cualquier propósito, el código fuente está disponible para ser estudiado y adaptado a cualquier necesidad, reutilizado [31], se pueden distribuir las copias, publicar las mejoras y así la comunidad se beneficie. El software libre ha beneficiado a la comunidad educativa al disponer de herramientas tecnológicas al alcance de todos, al no tener costo puede llegar a cualquier ámbito social. Existen varios tipos de software libre, algunos con protección para que puedan cumplir con las características básicas de este tipo de software de manera que al realizar modificaciones estas no puedan ser comercializadas como es el caso de los software con copyleft, los GPL. Este proyecto se ha desarrollado y compartido desde principios de la década de 1950. Richard Stallman anunció el Proyecto GNU en 1983 y creó la Fundación para el Software Libre. Las comunidades de colaboración en torno a proyectos de código abierto empezaron a surgir en los años 80, con los notables ejemplos de la Colección de Compiladores de GNU (GCC) o el núcleo de Linux. Poco después, el acceso generalizado a Internet permitió a muchas comunidades de desarrolladores prosperar y coordinar sus esfuerzos, en 1990 se acuñó el término "código abierto" para reflejar únicamente el modelo de desarrollo, y pronto se generalizó comparando las dificultades de la ingeniería del software monolítico con este nuevo modelo. [32].



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 [33]

Elastix Es una distribución Gnu/Linux [28], que proporciona servicio de comunicaciones unificadas, utiliza prestaciones de Asterisk, Dahdi, Hylafax y Postfix, para brindar un entorno completo basado en software libre. Existen varias versiones siendo la última la versión 5.0, Palo Santo Solutions, empresa ecuatoriana fue la creadora y administradora por 10 años 2006-2016 durante dicho tiempo se realizaron un total de cuatro millones de descarga y se estima que existen un millón de aplicaciones realizadas, en la actualidad pertenece a la empresa 3CX [34].

Issabel es un software de código abierto (Open Source) de Telefonía IP y Comunicaciones Unificadas basado en Asterisk, utilizado para montar servidores de comunicaciones telefónicas y unificadas, que incluye: PBX IP, correo electrónico, mensajería instantánea, fax, funciones colaborativas, etc. El objetivo de Issabel es el de incorporar en una única solución todos los medios y alternativas de comunicación existentes en el ámbito empresarial. Issabel se ejecuta sobre una plataforma de Linux con Asterisk y utiliza otros paquetes que son administrados fácilmente a través de una interfaz de usuario Web. La distribución de Linux sobre la cual funciona Issabel se basa en CentOS, que tiene compatibilidad binaria con Red Hat Enterprise Linux [19].

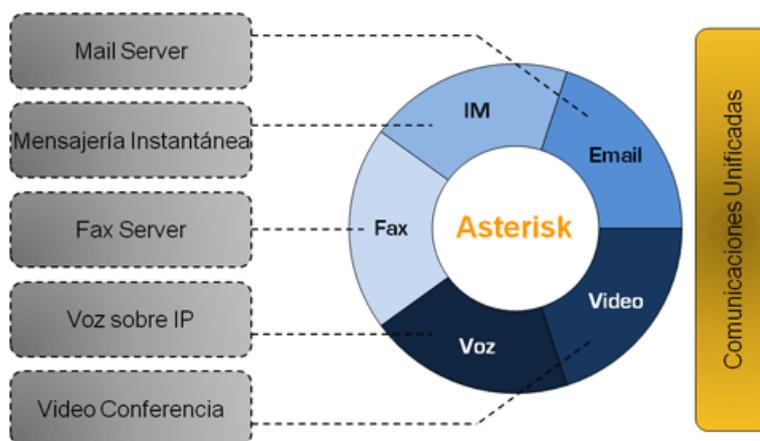


Figura 1: Componentes Issabel
Fuente: <https://elastixtech.com>

3.4. Parámetros de calidad de servicio utilizados para comunicaciones unificadas de VoIP

La calidad de servicio en comunicaciones de VoIP se refieren a hablar y escuchar de forma clara y continua, sin ruidos y sin demoras[10]. La calidad de servicio (QoS) se define como la capacidad que tiene una red para administrar la demanda de tráfico según la clase de servicio, con el fin de satisfacer las expectativas del usuario y de acuerdo con unas métricas claramente establecidas [35]. Las métricas utilizadas para definir la calidad de servicio (QoS) en VoIP de acuerdo a [36] son el retardo extremo a extremo (latencia, delay), la variabilidad del retardo (jitter) y la pérdida de paquetes. En este estudio se utilizaron la latencia y el jitter.



La latencia uno de los mayores atenuantes que pueden afectar la calidad en VoIP (Kyrbashov et al., 2011), [36] puntualiza que retardo es el tiempo desde que se muestra la voz del emisor hasta que se reproduce en el receptor, se puede descomponerse en cinco términos y el que se utiliza en esta investigación es la latencia de la red., que define el tiempo desde que se genera el paquete de voz hasta que alcanza su destino (i.e., cola, transmisión y propagación. Para cerciorar una calidad aceptable en la llamada, el retardo extremo-a-extremo debería ser inferior a 150 ms [37].

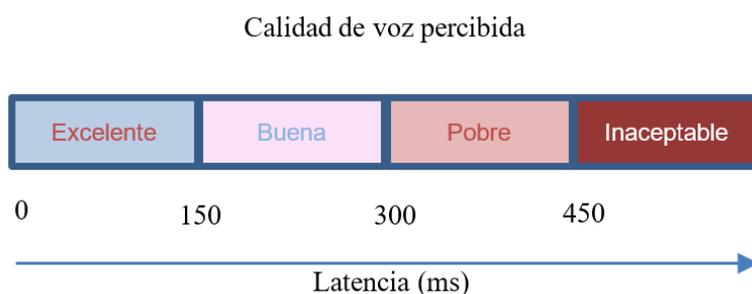


Figura 2: Relación entre la calidad de voz y la latencia
Fuente: Adaptado de investigación de maestría [38]

La Figura 2 muestra la relación que existe entre la percepción de la calidad de voz humana con la latencia en milisegundos, encasillando de excelente cuando la latencia da como resultado los valores de 0 ms a 150 ms, de buena cuando el valor es de 151 ms a 300 ms, pobre cuando la latencia es de 301 ms a 450 ms y de inaceptable de latencia superiores a 450 ms.

La varianza de los tiempos entre llegadas de paquetes al receptor (el jitter) es el potencial más impactante para VoIP que el retardo mismo. La correcta secuencia en el tiempo es una característica importante de la voz de tal forma que si un paquete IP tarda más que el tiempo promedio, este se considera perdido y afectaría la calidad de la voz [39].

El valor ideal del jitter en donde no presenta afectación en la calidad de servicio es menor a 30 ms [38].

La Puntuación de Opinión media, MOS corresponde a las siglas en inglés Mean Opinion Scores, la métrica aceptada ya que puede facilitar un enlace directo a la calidad de voz según la perciben los usuarios finales, se obtiene de una evaluación subjetiva, que se puntúan de 1 a 5[40]. La recomendación P.800 de la UIT describe tres métodos de determinación subjetiva de la calidad de la transmisión [39]. A continuación, se detalla en la tabla 1 valores de la escala de MOS con su equivalencia en calidad de servicio.

Puntuación	Calidad
5	Excelente
4	Buena
3	Aceptable
2	Pobre
1	Mala

Tabla 2: Escala MOS para la evaluación de Calidad de Experiencia
Fuente: Adaptado de investigación de artículo [40]



3.5. Software de simulación empleados para simular redes con VoIP

La simulación es utilizada como herramienta para anticipar el comportamiento de redes en una puesta real, lo que ayuda a determinar protocolos a utilizar sean estos de video, señalización, transporte, analizar resultados con códecs de audio, estructura de redes, equipos, tecnología de red.

En la mayor parte de trabajos que utilizan simulación han optado por utilizar OPNET Modeler, desarrollado para cubrir las mayores necesidades dentro de una red y ver problemas que se presentan de tal forma que se pueda prevenir una mala configuración de la red siendo su mayor ventaja que la configuración es intuitiva [41], a continuación se detallan algunos ejemplos para los cuales estudios se apoyaron de este simulador:

Para comparar resultados de carga de paquetes utilizando protocolos SIP y H.323 con algunos códecs de audio [33].

Comparar el valor medio de la fluctuación del tráfico de VoIP que atraviesa la red WiFi con WiMAX [42].

Analizar el rendimiento de los códecs VoIP en la red WiMAX fija para mejorar la calidad de las llamadas VoIP [25].

Simular tráfico de VoIP siendo los criterios de evaluación el jitter, el retraso de extremo a extremo y la tasa de pérdida [43].

Comparar red MPLS y red convencional de Protocolo de Internet (IP) La comparación es basado en métricas de rendimiento como Voice jitter, Means Puntuación de opinión (MOS), paquete de voz recibido [44].

Simular el tráfico a través de UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) y WiFi (IEEE 802.11x) [45].

Con el propósito de simular las nuevas instalaciones de la Universidad Salahaddin de 3000x3000 metros con dispositivos primarios y secundarios y desde la nube soporta servicios de internet, además hace las pruebas con el firewall [46].

Simulación del programador de cola de prioridad de voz y datos críticos (CCDPQ) para VoIP de ancho de banda restringido redes. [47].

Con el fin de comparar el algoritmo Token Bucket con y sin QoS para medir factores de red [48].

Se involucró estudios de simulación para el propósito de analizar el rendimiento de VoIP sobre dispositivos móviles Redes WiMAX, esto se logró, investigando Clases de servicio WiMAX QoS (UGS, rtPS y BE) y códecs de VoIP (G.711, G.729 y G.723.1) [49].

En el estudio de desempeño de diferentes esquemas de programación, como: FIFO, PQ y WFQ para diferentes formatos de códec [50].

En comparaciones entre sus resultados de la evaluación del desempeño VoIP (retraso promedio, jitter promedio, promedio índice de pérdida de paquetes y puntaje MOS promedio) en VPN multipunto la red [51].

Para examinar el rendimiento del escenario sin QoS y del escenario QoS e investigar el efecto de la calidad de servicio (QoS) en el rendimiento de la red [52].

Medir y analizar un conjunto de parámetros de calidad de servicio en redes WiMAX, incluida la pérdida de paquetes de puntuación de opinión media, la fluctuación y el retraso [53].

Calificar las estructuras de recursos limitados, así como redes de banda ancha para utilizar plataformas de comunicaciones unificadas con una buena QoS [54].



Simular el servicio de VoIP en la red WiFi del campus paso por paso, aumentando el número de llamadas, siendo los parámetros importantes de calidad de servicio estimados como jitter, retardo de extremo a extremo del paquete, carga de LAN inalámbrica y rendimiento de LAN inalámbrica[55].

Simular escalabilidad de la tecnología VOIP en los distintos escenarios (IP, MPLS, MPLS VPN y MPLS VPN protegidos por IPsec) [56].

Evaluar la QoS de VOIP para diferentes redes de banda ancha. Red de área local inalámbrica y cableada (WLAN), interoperabilidad mundial para el acceso por microondas (WiMAX) y sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) [57].

En otros estudios han escogido OMNeT ++ por conocimiento previo y facilidades, es un entorno de simulación de uso libre para instituciones universitarias desarrollado en C++. Su principal área de aplicación es la simulación de redes de telecomunicación, sistemas complejos de IT, redes de colas o arquitecturas hardware.

En la documentación encontrada se utiliza OMNeT ++ para simular de manera flexible escenarios donde múltiples fuentes configurables de voz, vídeo y MTC comparten recursos en la red modelo definida. SimulCity permite la configuración de los mecanismos de gestión de tráfico (control de admisión en el acceso, clases de servicio, funciones policía, tránsito en la red MPLS) para evaluar prestaciones y dimensionar adecuadamente los parámetros de caudales y clases de servicio que garanticen el adecuado funcionamiento de las aplicaciones [58], evaluar las políticas de gestión consciente de la calidad de la experiencia (QoE) en condiciones reales de red LTE con Voice over IP y patrones de tráfico de transmisión de vídeo [59], realizar comparaciones de los resultados de la simulación y se presentan algunos de los parámetros mejor encontrados para las comunicaciones VoIP [60].

Mientras que en otras investigaciones utilizaron NS2 para modelar la ejecución de una red tanto por medio de calcular la interacción entre las distintas entidades de la comunidad, como hosts, paquetes, etc., o detener honestamente las observaciones de un sistema de fabricación. Se ha utilizado para analizar el desempeño de la aplicación de VoIP en redes inalámbricas, con respecto a diferentes protocolos de capa de transporte y códec de audio en dos escenarios [61], de similar forma para analizar el rendimiento del rendimiento de VoIP en 4G LTE redes celulares mediante la incorporación de códecs de voz y para evaluar la latencia de VoIP y el jitter en redes celulares 4G LTE dentro de los códecs de voz [62], permite investigar la aplicación de VoIP en entornos multi-rutas. [63].

Continuando con la exploración de trabajos relacionados a VoIP que utilizan simulación, el software QualNet se empleó para simular conversaciones de principio a fin [64], así como comparar la jitter de unidifusión promedio, retraso unidireccional promedio, MOS promedio, pérdida de trayectoria promedio, interferencia promedio, potencia de señal promedio utilizando códecs de VoIP [65], evaluar cómo un conjunto de estándares y la integración de protocolos puede afectar la calidad de VoIP en WMN [66].

Otro simulador empleado en voz sobre IP es Cisco Packet Tracer que puede simular la arquitectura de la red VoIP diseñada para campus universitario, utiliza componentes principales de la red, protocolo RIP [67], ayuda a visualizar el escenario que ocurre cuando se implementa VoIP [68].

3.6. Metodologías empleadas para diseños de comunicaciones unificadas de VoIP

En el estudio [69] para el diseño de comunicaciones unificadas se examina la infraestructura existente, para ello se realizan algunos procesos, siendo el primero el análisis de los requerimientos de la institución objeto de estudio, una institución educativa que cuenta con edificios que están separadas ajustándose a una red CAN, identificando el número de usuarios y la necesidad de conectividad.

El segundo paso es realizar el estudio de la tecnología que se utiliza, el tipo de conexión de internet, la cobertura, ubicación del cuarto de equipos informáticos y comunicación, con estos datos se hace un informe de las debilidades de la red.



El siguiente proceso es el requerimiento técnico que lo constituye el cálculo del ancho de banda para realizar una llamada IP considerando los códecs de audio, el dimensionamiento telefónico, dimensionamiento de la centralita VoIP PBX, dimensionamiento de servicios, arquitectura de la red, equipos y hardware, por último, el presupuesto.

La metodología implementada [7] define aspectos considerados realizando los respectivos análisis de cada uno, estos aspectos son: Tres (3) aspectos técnicos, dos (2) aspectos organizacionales, dos (2) aspectos económicos.

Los aspectos técnicos identificados a analizar de la solución de CU implementada en la organización internacional con presencia en Colombia:

- Análisis técnico de la arquitectura implementada, donde se revisa las funcionalidades de la nueva arquitectura.
- Análisis del uso de herramientas colaborativas para laborar, servicios TIC colaborativos que ofrece la implementación del proyecto a nivel corporativo o empresarial.
- Análisis de la disponibilidad técnica de la implementación, funcionamiento de las CU, desde cualquier dispositivo computacional.

Los aspectos organizacionales deducidos:

- Facilitación de la implementación laboral de teletrabajo, aspectos positivos de la implementación de CU, para facilitar el teletrabajo
- La implementación de un Call center TIC de soporte global, cantidad de solicitudes o llamadas atendidas. Datos obtenidos de las herramientas de gestión técnica del departamento TIC.

Los aspectos económicos determinados a analizar:

- Análisis económico OPEX de la infraestructura implementada
- Análisis económico del retorno de la inversión (ROI)

En el artículo [3] para realizar un diseño en redes CAN se considera en primer lugar un análisis de la demanda, en donde se estudian los requisitos de red a nivel de 10 aspectos: distribución geográfica, exportaciones, seguridad, entorno Web, direccionamiento, control de ancho de banda, multidifusión, escalabilidad, gestión de red, obtención de funciones básicas.

En segundo lugar, se realiza el estudio del entorno de la red, determina los nodos necesarios y los tipos de enlace.

Una vez realizado esto se procede al diseño general define los switches, aplica el modelo jerárquico de diseño de redes de campus que consiste en dividir el complejo diseño de la red en varios niveles, cada uno de los cuales se centra en determinadas funciones específicas, lo que puede convertir un gran problema complejo en muchos pequeños problemas sencillos.

Se define la topología a usar, el tipo de transmisión entre edificios y dentro de edificio, el tipo de cable y de fibra.

El siguiente paso es la selección de equipos de red: los switches de las tres capas, servidores, y por último definir configuraciones generales.

La metodología expuesta en el trabajo de investigación [70] describe la metodología top-down involucra varias fases desde el análisis de requerimientos hasta las pruebas y monitoreo cumpliendo con los estándares y normas internacionales vigentes. Esta metodología se basa en las necesidades de análisis de requerimientos y diseño arquitectónico de las redes de comunicación, que debe realizarse antes de la selección de determinados componentes específicos para construir la red física. Las fases son las siguientes que se presentan en la figura 3.

Analizar los requerimientos: En esta fase, el analista de la red entrevista a los usuarios y al personal técnico para comprender los objetivos comerciales y técnicos para un nuevo o sistema mejorado. La tarea



Figura 3: Fases de metodología Top-Down
Fuente: Adaptada del trabajo de Maestría [70]

de caracterizar la red existente, incluyendo la topología lógica y física y el rendimiento de la red. El último paso en esta fase consiste en analizar el tráfico actual y futuro de la red, incluido el flujo de tráfico y la carga, comportamiento del protocolo y requisitos de calidad de servicio (QoS).

Desarrollar el diseño lógico: Esta fase trata con una topología lógica para la nueva o mejorada Red, direccionamiento de capa de red, nombres y conmutación y protocolos de enrutamiento. El diseño lógico también incluye planificación de seguridad, diseño de gestión de red, y la investigación inicial sobre qué proveedores de servicios pueden cumplir con WAN y requerimientos de acceso remoto.

Desarrollar el diseño físico: Durante la fase de diseño físico, se seleccionan tecnologías y productos específicos que realizan el diseño lógico. Además, la investigación en los proveedores de servicios, que comenzaron durante la fase de diseño lógico, debe completarse durante esta fase.

Probar, optimizar y documentar el diseño: Los pasos finales en el diseño de red de arriba a abajo son escribir e implementar un plan de prueba, construir un prototipo o piloto, optimizar el diseño de red, y documentar el trabajo con una propuesta de diseño de red.

Implementar y probar la red: En esta fase se debe realizar cronograma de implementación, realizar la implementación del diseño de red y ejecutar pruebas de red. **Monitorear y Optimizar la Red:** En la fase final se orienta al monitoreo de la red implementada, así como su optimización en caso se requiera.

4. Conclusiones

Las comunicaciones unificadas de VoIP dan lugar a converger varias tecnologías, utilizando una sola interfaz que según las necesidades organizacionales pueden usar canales de comunicación que van desde el correo electrónico, mensajería instantánea, videoconferencia, telefonía IP, telefonía fija, telefonía



móvil, fax, hasta herramientas de colaboración como foros, redes sociales y la integración de procesos de negocio, todo esto hace que en los actuales momentos con la pandemia del COVID-19 se convierta en una necesidad ya que da paso a la movilidad permitiendo el teletrabajo con la comunicación interpersonal desde cualquier dispositivo, en cualquier lugar y en cualquier momento, permitiendo de esta forma mejorar el rendimiento de procesos cumpliendo así objetivos institucionales.

De acuerdo al alcance del diseño de comunicaciones unificadas de VoIP, este puede tener varias sus componentes siendo la de primera fase la de telefonía IP en donde converge con la red de datos, la segunda fase convergencia de comunicaciones y la tercera fase la convergencia con las aplicaciones de negocio.

En la academia existe una gran acogida por utilizar el software como servidor de comunicaciones unificadas VoIP y poder implementarlo en cualquier equipo de hardware que reúna las especificaciones técnicas de acuerdo al alcance de la solución, siendo el de código libre de mayor demanda, así tenemos los basados en Asterisk con entrono web ocupan la delantera por el respaldo de la comunidad Open Source.

Los parámetros de calidad de servicio más empleados son el jitter, y la latencia puesto que están presente en investigaciones para comprobar el rendimiento de la red. El MOS es muy empleado para obtener la percepción del usuario de la calidad de voz en las conversaciones.

La simulación ha sido una alternativa para analizar el resultado del rendimiento de la red y comprobar el comportamiento de protocolos, tipos de enlaces, equipos, tecnologías de red, escalabilidad de la red, seguridad, entre otros, que permite avizorar consecuencias que pasarían a nivel real, ayudando de esta forma a la toma de decisiones.

De esta investigación sobre los simuladores empleados en redes con VoIP se determina que el 63.3 % utilizaron OPNET, mientras que el 10 % utilizaron OMNeT ++, NS2 y QuaNet ; y el restante 6.7 % Cisco Packet Tracer.

Existen varias metodologías a seguir para conseguir un diseño de red CAN contemplando la incorporación de varios servicios, siguiendo procesos o fases, siendo la Top-Down propuesta por la academia de Cisco una que contempla fases que facilitan la realización del objetivo trazado, contemplando varios detalles que enlazan a la organización y a la parte técnica, piezas fundamentales para el éxito de todo proceso, no obstante, esta consideración depende de quien elabore el proyecto.

Referencias

- [1] Tamal Chakraborty, Iti Saha Misra y Ramjee Prasad. «Overview of VoIP Technology». En: *VoIP Technology: Applications and Challenges*. Springer, 2019, págs. 1-24.
- [2] Rodrigo del Pozo Durango, Juan Manuel Galarza, Washington Fierro Saltos y Juan Sosa Silva. «Análisis de las alternativas tecnológicas de comunicación unificada para la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática de la Universidad Estatal de Bolívar». En: *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento* 2.1 (2018), págs. 942-955.
- [3] Huichao Ma, Guoliang Lv y Chunyu Wu. «Campus Network Planning and Design». En: *Journal of Computer Hardware Engineering (TRANSFERRED)* 1.1 (2018).
- [4] Luis Daniel Álava. «Revisión sistemática de la literatura de los sistemas de recomendación de contenidos educativos». En: *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones* 4.2 (2021), págs. 21-26.
- [5] Eric Gamess y Alejandro Martin. «A Proposal for A High Availability Architecture for VoIP Telephone Systems based on Open Source Software». En: *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA)* 9.9 (2018), págs. 1-6.



- [6] Juan Carlos Ferreira, Gerardo Granados Acuña y José Antonio Vesga Barrera. «Evaluación del rendimiento de una red LAN sobre power line communications para la transmisión de VOIP». En: *ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería* 13.1 (2016), págs. 83-95.
- [7] L. Blanco Araque. *Análisis de la implementación de una solución de comunicaciones unificadas en una organización, para verificar su impacto en la facilidad de teletrabajar*. 2021.
- [8] Demir Y Yavas, Ibrahim Hokelek y Bilge Gunsul. «On modeling of priority-based SIP request scheduling». En: *Simulation Modelling Practice and Theory* 80 (2018), págs. 128-144.
- [9] Javier Guña-Moya y Viena Muirragui-Irrazábal. «Servicios y aplicaciones de voz sobre IP utilizando el estándar H. 323». En: *Polo del Conocimiento* 3.9 (2018), págs. 343-355.
- [10] Euclides Hamilton Miúdo Gaspar. «Investigação, desenho e implementação de soluções de comunicação de Voz sobre IP». Tesis doct. 2018.
- [11] Jose Nerio Chavarria, Josefina Morgan Beltran y Mario Trejo Perea. «La competitividad de las empresas del sector servicio basada en las comunicaciones unificadas». En: *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad* 8.1 (ene. de 2018).
- [12] Ramos Dillon Lizet María & et al. «Diseño de una red VPN para la integración de los servicios de VOIP y video vigilancia para los infocentros comunitarios.» Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.
- [13] Gregorius Hendita Artha Kusuma & et al. «Implementasi Voip Elastix Server Pada PT XYZ». En: *Journal of Informatics and Advanced Computing (JIAC)* 1.1 (2020), págs. 1-7.
- [14] Priscila Galina Maldonado Mendieta. «Esquema de seguridad para una central VoIP, en software libre en su implementación Elastix». Tesis de mtría. PUCE, 2016.
- [15] José Ignacio Moreno Novella, Ignacio Soto Campos y David Larrabeiti López. «Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP». En: *Novática* 151 (2001), págs. 14-20.
- [16] A Mentsiev y Kh Supaeva. «VoIP techniques». En: *Engineering journal of Don* 1 (52) (2019), págs. 1-6.
- [17] Anna Martinez Querol. *VoIP Network Analyzer*. Barcelona, España, 2016.
- [18] Diego Fernando Avila Pesantez, Juana Karina Arellano Aucancela, Alberto Leopoldo Arellano Aucancela y Carmen Elena Mantilla. «Modelo de Seguridad contra ataques de denegación de servicio para tráfico SIP». En: *Revista Tecnológica-ESPOL* 30.3 (2017).
- [19] Daniel Alonso Flores Córdova. *Diseño e implementación de un modelo de gestión de servicios VoIP para consultas académicas haciendo uso de Asterisk Gateway Interface en la Universidad Nacional de Piura*. 2019.
- [20] Román Alcides Lara Cueva y Martínez Hidalgo Diego Xavier. «Hacia un nuevo enfoque de TCP para un aumento del throughput en redes inalámbricas / Towards a new approach of TCP for increasing throughput in wireless networks». En: *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática* 7.13 (mayo de 2018), págs. 106-123.
- [21] Maglione Livio Sebastián Maglione Corteggiano Fernando Tosco Sebastian y Fontana Juan Manuel. «Communication architecture for Real-Time Telemedicine Systems on the internet». En: *Revista Argentina de Bioingeniería* 21.2 (dic. de 2017). ISSN: 2591-376X.
- [22] Miran Taha Abdullah Abdullah, Jaime Lloret, Alejandro Cánovas Solbes y Laura García-García. «Survey of transportation of adaptive multimedia streaming service in internet». En: *Network Protocols and Algorithms* 9.1-2 (2017), págs. 85-125.
- [23] Hadiyan Nurdyana, Asep Mulyana y Heru Christian Dillak. «Membangun Call Center Menggunakan Voip Server Berbasis Elastix Di Pt. Charisma Persada Nusantara». En: *eProceedings of Applied Science* 4.3 (2018).
- [24] Anselmo de Vasconcelos Cavalcante. «Análise dos efeitos dos codecs de áudio na avaliação de desvios vocais». Tesis de maestría. Instituto Federal da Paraíba, 2018.



- [25] Feisal Mohammed Salih Mohammed y Amin Babiker Abd AlNabi Mustafa. «Voice over IP Codec at WiMAX Network (Analysis & Performance)». En: *International Journal of Computer and Electrical Engineering* (2018).
- [26] Hardik Tandel y Parag H Rughani. «Forensic Analysis of Asterisk-FreePBX based VoIP Server». En: *International Journal of Emerging Research in Management and Technology* 6.8 (2018), págs. 166-171.
- [27] Mario Augusto Garzón González. «Diseño de un servidor de VoIP para ambiente hogareño». Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2017.
- [28] Antonio Insuasti, Santiago Salvador y Diego Marcillo. «Análisis, Diseño y Desarrollo del Sistema de Monitorización para el Servicio de Comunicaciones Unificadas en Elastix 2». En: *GEEKS DECC-REPORTS* 3.1 (2016).
- [29] Danny Alfonso Díaz Almeida. «Análisis comparativo del desempeño de un servidor SIP sin seguridad frente a un servidor con Seguridad S/MIME sobre TLS en un sistema de VoIP para una red WLAN.» Tesis de pregrado. 2016.
- [30] Elly Mufida, David Wardana Agus Rahayu-STMIK Nusa & et al. «Pengembangan Sistem VoIP Menggunakan Server Issabel Versi 4.0 Dan Tunnel EoIP Pada Omni Hospital Alam Sutera». En: *IJNS-Indonesian Journal on Networking and Security* 7.4 (2018).
- [31] Wilhelm Hasselbring, Leslie Carr, Simon Hettrick, Heather Packer y Thanassis Tiropanis. «Open source research software». En: *Computer* 53.8 (2020), págs. 84-88.
- [32] Mark Fingerhuth, Tomáš Babej y Peter Wittek. «Open source software in quantum computing». En: *PloS one* 13.12 (2018), e0208561.
- [33] Sarwar Khan y Nouman Sadiq. «Design and configuration of VoIP based PBX using asterisk server and OPNET platform». En: *2017 International Electrical Engineering Congress (iEECON)*. IEEE. 2017, págs. 1-4.
- [34] *Acerca de nosotros*. PaloSanto Solutions :: Open Source Innovation :: Innovación de Código Abierto.
- [35] Juan Carlos Ferreira, Gerardo Granados Acuña y José Antonio Vesga Barrera. «Evaluación del rendimiento de una red LAN sobre power line communications para la transmisión de VOIP». En: *ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería* 13.1 (2016), págs. 83-95.
- [36] Vicente Jesús Mayor Gallego. «Optimización en el despliegue de servicios de Voz sobre IP (VoIP) sobre redes WiFi con restricciones de calidad de servicio». Tesis de maestría. Universidad de Sevilla, 2020.
- [37] *ITU-T G.114*. Inf. téc. Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [38] Mayra Fernanda Blanco Almeida. «Evaluación de los modelos utilizados para la medición de los parámetros de calidad de servicio en la telefonía IP». Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- [39] Frank Aquino Cornejo Moreira, Cristhian Gustavo Minaya Vera y Jorge Luis Moreira Calderón. *Telefonía IP y servicios convergentes sobre redes cableadas*. Grupo Compás, 2016.
- [40] Jesús Moya Neyra, César Alonso Irizar y Caridad Anías Calderón. «Evaluación de QoE en servicios IP basada en parámetros de QoS». En: *Revista Científica de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones* 38.3 (2017), págs. 36-46.
- [41] Galo Rafael Iturralde Orellana y Ana Cristina Abad Hanze. «Análisis de seguridad de transferencia de voip y desempeño de los protocolos en redes con clientes inalámbricos». Tesis de pregrado. 2006.
- [42] Mahdi H. Miraz, Suhail A. Molvi, Muzafar A. Ganie, Maaruf Ali y AbdelRahman H. Hussein. «Simulation and Analysis of Quality of Service (QoS) Parameters of Voice over IP (VoIP) Traffic through Heterogeneous Networks». En: *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 8.7 (2017).



- [43] Ayoub Bahnasse, Zakariae Malainine y Hamza El Azzaoui. «Study and evaluation of VoIP Scalability Performances». En: *International Journal of Computer Applications* 182.47 (abr. de 2019), págs. 10-14. ISSN: 0975-8887.
- [44] Nueafun Pimwong y RK Sharma. «Building simulation model: QoS of VoIP through MPLS network for the Royal Parliament of Thailand». En: *The International Journal of Computer Science and Information Security* 15.7 (2017), págs. 95-100.
- [45] Mahdi H Miraz, Suhail A Molvi, Maaruf Ali, Muzafar A Ganie y AbdelRahman H Hussein. «Analysis of QoS of VoIP traffic through WiFi-UMTS networks». En: *arXiv preprint arXiv:1708.05068* (2017).
- [46] Ammar O Barznji, Tarik A Rashid y Nawzad K Al-Salihi. «Computer Network Simulation of Firewall and VoIP Performance Monitoring.» En: *International Journal of Online Engineering* 14.9 (2018).
- [47] JN Dike y CI Ani. «Design and Simulation of Voice and Critical Data Priority Queue (VCDPQ) Scheduler for Constrained-Bandwidth VoIP Networks». En: *International Journal of Scientific and Engineering Research* 9.9 (2018), págs. 2050-2056.
- [48] ME Ebrahim y Hesham A Hefny. «Fuzzy Logic based Approach for VoIP Quality Maintaining». En: *International Journal Of Advanced Computer Science And Applications* 9.1 (2018), págs. 537-542.
- [49] Ilyas Khudhair Yalwi Dubi y Ravie Chandren Muniyandi. «Performance Investigation of VoIP Over Mobile WiMAX Networks through OPNET Simulation». En: *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 10.1 (2019), págs. 148-152.
- [50] Abusamra Aiman. «Performance Evaluation of the QoS for VoIP using Different CODECS». En: *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology* 5 (ago. de 2017), págs. 1636-1640.
- [51] Adel Alharbi, Ayoub Bahnasse y Mohamed Talea. «A Comparison of VoIP Performance Evaluation on different environments Over VPN Multipoint Network». En: *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)* 17.4 (2017), pág. 123.
- [52] Fekadu Yihunie y Eman Abdelfattah. «Simulation and Analysis of Quality of Service (QoS) of Voice over IP (VoIP) through Local Area Networks». En: *2018 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*. IEEE. 2018, págs. 598-602.
- [53] Bassam M AL-Mahadeen y Ameen Al-Msedan. «Improving the QoS of VoIP over WiMAX networks using OPNET modeler». En: *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* 17.8 (2017), págs. 132-142.
- [54] Aiman Ahmed Abu Samra. «Performance Analysis of VoIP in WiFi Campus Network». En: *International Journal of Computer Applications* 174.3 (sep. de 2017), págs. 9-13. ISSN: 0975-8887.
- [55] Mohamed Hassan Babiker y Hala Eldaw Idris. «Throughput Performance Analysis VOIP over LTE». En: *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)* 11.1 (2016), págs. 15-23.
- [56] Faycal Bensalah, Najib El Kamoun y Ayoub Bahnasse. «Scalability evaluation of VOIP over various MPLS tunneling under OPNET modeler». En: *Indian Journal of Science and Technology* 10.29 (2017), págs. 1-8.
- [57] Mutasim Khier y Mutasim Kir. «QoS of VOIP Over Broadband Network». En: *International Journal of Engineering and Management Research* 9 (2019), págs. 122-125.
- [58] Ángel Aureliano Gómez Sacristán. «Análisis y caracterización del tráfico htc+ mtc en una smart city. Modelado de fuentes y calidad de servicio». Tesis doct. Universitat Politècnica de València, 2018.



- [59] D. Ciambrone, S. Tennina, M. Boschi, D. Tsolkas y L. Pomante. «Assessing QoE-driven management policies for VoIP and Video Streaming service provisioning». En: *2018 IEEE 23rd International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*. 2018, págs. 1-6.
- [60] Sebastijan Horvatić. «Simulations of VoIP applications in INET framework». Tesis doct. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2017.
- [61] Ali H Wheeb. «Performance analysis of VoIP in wireless networks». En: *International Journal of Computer Networks and Wireless Communications (IJCNWC)* 7.4 (2017), págs. 1-5.
- [62] RC Soothar, M Pathan, B Qureshi, PK Butt y G Mujtaba. «Analysis of VoIP Traffic Service in 4G LTE Cellular Networks». En: *Indian Journal of Science and Technology* 11.16 (2018).
- [63] Sahel Alouneh, Sa'ed Abed y George Ghinea. «Security of VoIP traffic over low or limited bandwidth networks». En: *Security and Communication Networks* 9.18 (2017), págs. 5591-5599.
- [64] Sakshi Kaushal, Harish Kumar, Sarbjeet Singh, Shubhani Aggarwal, Jasleen Kaur y Sundarapandian Vaidyanathan. «Modelling and simulation of an analytical approach to handle real-time traffic in VoIP network». En: *International Journal of Simulation and Process Modelling* 13.1 (2018), págs. 35-42.
- [65] Subhabrata Dhar y Sabyasachi Chatterjee. «A study of VOIP codecs performance over IEEE 802.11n». En: *2017 Devices for Integrated Circuit (DevIC)*. IEEE. 2017, págs. 121-124.
- [66] Mohammad Tariq Meeran, Paul Annus, Muhammad Mahtab Alam y Yannick Le Moullec. «Evaluation of VoIP QoS performance in wireless mesh networks». En: *Information* 8.3 (2017), pág. 88.
- [67] Zar Chi Soe Mon Mon Aye Naing Kyaw Soe. «Design and Simulation of VoIP System for Campus usage: A Case Study at PTU». En: *International Journal of Trend in Scientific Research and Development* 3.5 (2019), págs. 1350-1354.
- [68] Nusaiba Binte Mahbub. *Study of Voice over Internet Protocol (VoIP) in an Enterprise Network Through Simulation*. Dhaka, Bangladesh, 2018.
- [69] Wilson Hernán Anrango Cotacachi. «Diseño de una red de telefonía IP para el instituto tecnológico superior "17 de julio" sede Yachay». Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.
- [70] Oscar Augusto Alvarado Mendoza. «Implementación de red de datos para la gestión de información en la empresa CICSAC, Huaraz-2019». Tesis de maestría. 2020.