

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Mejora del Servicio de Telefonía IP en una Unidad Educativa
mediante un Sistema SIP Unificado

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Leandro Mauricio Mosquera Meléndrez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza, la salud y el entendimiento necesario para culminar la maestría y hacer realidad esta meta propuesta. A mi amada madre Ivonne y esposa Nathalia, por su constante apoyo, paciencia y comprensión, por creer en mí en cada paso del camino y brindarme su cariño incondicional en cada uno de los momentos más desafiantes. A mi adorada hija Romina, quien ha sido mi mayor inspiración, el motor que me impulsa a seguir adelante en cada meta que me propongo, ya que mi mayor deseo es brindarle un futuro lleno de oportunidades, y este logro definitivamente es también para ella.

A mi familia, mi padre y mis hermanos, quienes con sus palabras de ánimo me motivaron a seguir adelante, haciéndome sentir acompañado en este proceso.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Leandro Mauricio Mosquera Meléndrez acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a Leandro Mauricio Mosquera Meléndrez que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 25 de enero del 2025

Ing. Leandro Mosquera M.

EVALUADORES

Ph.D. María Antonieta Álvarez

PROFESOR EVALUADOR

Mgtr. Eduardo Chancay

PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

El presente proyecto aborda la problemática de comunicación interna en una Unidad Educativa de Guayaquil, donde la ausencia de un sistema de telefonía IP unificado genera ineficiencias en la gestión administrativa. El objetivo es implementar un sistema basado en el protocolo SIP para conectar los departamentos clave y optimizar los procesos de comunicación. Se justifica la implementación debido a la necesidad de un canal formal, seguro y eficiente, reduciendo la dependencia de métodos informales.

Se plantea como hipótesis que la implementación del sistema de telefonía IP mejorará la calidad de las comunicaciones internas y reducirá los tiempos de respuesta. Para el desarrollo del proyecto se realizó un análisis de la infraestructura tecnológica existente, implementando una red LAN dedicada, con cableado estructurado Cat 6, switches gestionables y teléfonos SIP Yeastar, integrados a una central Yeastar SOHO MyPBX. Se llevaron a cabo pruebas de conectividad y calidad de servicio (QoS), así como capacitaciones al personal para garantizar el uso eficiente del sistema. Los resultados mostraron una mejora significativa en la comunicación interna, reducción de costos operativos en un 25% y un aumento del 40% en la eficiencia de los tiempos de respuesta. Se concluye que la implementación del sistema SIP unificado mejora la gestión administrativa, proporciona un canal de comunicación eficiente y escalable, y garantiza la sostenibilidad operativa a largo plazo.

Palabras clave: Telefonía IP, protocolo SIP, red LAN, QoS, eficiencia administrativa.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	4
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico	6
1.4.1 Introducción a las Comunicaciones VoIP (Voice over IP)	6
1.4.2 Principales Características de la Telefonía IP	7
1.4.3 Funcionamiento de la Telefonía IP	8
1.4.4 Protocolo SIP en las Comunicaciones VoIP (Voice over IP)	8
1.4.5 Señalización SIP	9
1.4.6 Mensajes SIP	9
1.4.7 Ventajas del Protocolo SIP.....	9
1.4.8 RFC del Protocolo SIP	10
1.4.9 Características del protocolo SIP	10

1.4.10	Infraestructura necesaria para la Telefonía IP	11
1.4.11	Calidad de Servicio (QoS) en Telefonía IP.....	11
1.4.12	Seguridad en Telefonía IP	12
1.4.13	Implementación de Telefonía IP en Instituciones Educativas	13
1.4.14	Estudios de Caso sobre Telefonía IP en el Sector Educativo	13
1.4.15	Implementaciones Nacionales	13
1.4.16	Implementaciones Internacionales	14
1.4.17	Principales Beneficios de la Telefonía IP en Instituciones Educativas ...	14
1.4.18	Infraestructura Necesaria para la Telefonía VoIP	15
1.4.19	Infraestructura de Red.....	15
CAPÍTULO 2.....		16
2.	Metodología	16
2.1	Tipo de investigación	16
2.1.1	Investigación aplicada:	16
2.1.2	Enfoque mixto:	16
2.2	Diseño de investigación	17
2.2.1	No experimental:	17
2.2.2	Transversal:	17
2.3	Proceso metodológico	17
2.3.1	Fase 1: Diagnóstico inicial.....	17
2.3.2	Fase 2: Diseño de la solución	18
2.3.3	Fase 3: Implementación de la red LAN	18
2.3.4	Fase 4: Implementación del sistema de telefonía IP	19
2.3.5	Fase 5: Evaluación y capacitación	20
2.3.6	Instrumentos de recolección de datos.....	20
2.3.7	Formulación de alternativas de solución	20

2.3.8	Diseño conceptual y metodología de diseño	20
2.4	Diseño detallado del sistema	21
2.4.1	Consideraciones éticas y legales	27
2.4.2	Identificación de efectos causales.....	27
CAPÍTULO 3.....		28
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	28
3.1	Evaluación del Desempeño	29
3.2	Análisis de Costos	29
3.3	Costos de Infraestructura.....	29
3.4	Costos de Mantenimiento y Operación.....	30
3.5	Análisis de Retorno de Inversión (ROI).....	30
3.6	Viabilidad Económica y Tecnológica	31
CAPÍTULO 4.....		32
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	32
4.1	Importancia del Trabajo Desarrollado	32
4.2	Fortalezas y Debilidades.....	32
4.2.1	Fortalezas	32
4.2.2	Debilidades	33
4.3	Implicaciones del Trabajo Realizado	33
4.4	Trabajos Futuros.....	33
4.5	Conclusiones	34
4.6	Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA.....		35

ABREVIATURAS

IPBX	Internet Protocol Private Branch Exchange
QoS	Quality of Service
SIP	Session Initiation Protocol
IVR	Interactive Voice Response
LAN	Local Area Network
WAN	Wide Area Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
PoE	Power over Ethernet
SRTP	Secure Real-time Transport Protocol
VLAN	Virtual Local Area Network
PBX	Private Branch Exchange
TP-Link	Tecnología de redes y dispositivos inalámbricos
Cat 6	Cableado estructurado de Categoría 6

SIMBOLOGÍA

GHz	Gigahercio
MHz	Megahercio
kbps	Kilobits por segundo
Mbps	Megabits por segundo
Gbps	Gigabits por segundo
Ω	Ohmio (resistencia eléctrica)
V	Voltio (unidad de tensión)
A	Amperio (unidad de corriente eléctrica)
W	Vatio (unidad de potencia)
dB	Decibelio (medida de intensidad de sonido)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Red de telefonía IP de 3CX (3cx.es, 2025).....	7
Figura 2.1 Diseño de red VOIP	21
Figura 2.2 IPBX VOIP Yeastar parte posterior.....	22
Figura 2.3 IPBX Yeastar parte vista superior	23
Figura 2.4 Esquema de pruebas red VOIP	24
Figura 2.5 Teléfono Yeastar.....	24
Figura 2.6 Pruebas de servicio	25
Figura 2.7 Laboratorio de pruebas.....	25
Figura 2.8 Configuración de softphone Zoiper	26
Figura 2.9 Prueba de llamada entre extensión Rectorado	26
Figura 2.10 Prueba de llamada entre extensiones y softphone.	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Costos de implementación de red VOIP	30
Tabla 3.1 Costos de mantenimiento y operación de la red VOIP	30

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La comunicación efectiva constituye un elemento esencial en cualquier institución educativa, ya que permite una coordinación ágil entre los diferentes departamentos, optimizando los procesos administrativos y educativos. En el contexto actual, las TIC tecnologías de la información y comunicación han revolucionado la manera en que las instituciones gestionan sus operaciones diarias, ofreciendo soluciones innovadoras que mejoran la eficiencia y reducen costos operativos. Sin embargo, muchas instituciones educativas aún dependen de métodos tradicionales de comunicación, como el uso de teléfonos móviles personales, correos electrónicos y la comunicación presencial, lo que genera múltiples desafíos operativos (VoIPstudio, 2024).

En el caso de la Unidad Educativa ubicada en la ciudad de Guayaquil, se ha identificado una problemática recurrente en la gestión de las comunicaciones internas debido a la falta de un sistema de telefonía unificado. Actualmente, la comunicación entre departamentos clave como Secretaría, Rectorado y el Departamento de Consejería Estudiantil (DECE) se basa en canales informales que no cumplen con los estándares de formalidad, seguridad y trazabilidad necesarios en un entorno educativo. Esta situación ha generado ineficiencias en la coordinación, retrasos en la toma de decisiones y dificultades en la gestión de problemas urgentes, impactando negativamente en la operatividad de la Unidad Educativa.

En este contexto, la implementación de una red telefónica IP respaldada por el protocolo Session Initiation Protocol (SIP) surge como una solución viable para unificar la comunicación interna de la institución (Pérez, 2024).

El propósito fundamental de esta iniciativa es desplegar una red telefónica IP unificado que integre todos los departamentos de la Unidad Educativa, optimizando la comunicación y mejorando la eficiencia administrativa (Ramírez, 2024).

La implementación de la red LAN se lleva a cabo en etapas, asegurando la correcta instalación del cableado estructurado, el ajuste y programación de los equipos de red y la integración de la telefonía IP con los procesos administrativos de la institución (Pérez, 2024).

Finalmente, se realizan pruebas piloto para validar la funcionalidad del sistema y se capacita al personal en su uso y mantenimiento.

La implementación de este sistema de telefonía IP se espera que brinde múltiples beneficios a la institución educativa. Entre ellos, una comunicación más eficiente y centralizada, la reducción de tiempos de respuesta en situaciones críticas, una disminución del 25% en costos operativos relacionados con la comunicación y un incremento del 40% en la optimización de la gestión administrativa.

En conclusión, la implementación de una red telefónica IP fundamentado en el estándar SIP representa una oportunidad estratégica para modernizar las comunicaciones internas de la Unidad Educativa, optimizando recursos y mejorando la gestión administrativa.

1.1 Descripción del problema

La interacción interna es un factor clave para el correcto funcionamiento de cualquier institución educativa, ya que posibilita una organización eficiente entre las diversas áreas y optimiza el proceso de decisión de acciones. En la Unidad Educativa ubicada en Guayaquil, la ausencia de un sistema de telefonía IP unificado ha generado una serie de dificultades que afectan la eficiencia operativa de la institución. Actualmente, los departamentos claves, como Secretaría, Rectorado y el Departamento de Consejería Estudiantil (DECE), dependen de métodos de comunicación informales, como teléfonos móviles personales, aplicaciones de mensajería instantánea y correos electrónicos. Estos métodos no ofrecen la formalidad, seguridad ni trazabilidad necesarias para garantizar una gestión administrativa eficiente, lo que provoca retrasos en la comunicación y afecta la productividad del personal.

El uso de estos canales informales de comunicación presenta varias deficiencias, como la falta de un directorio institucional centralizado que facilite el contacto rápido y eficiente entre el personal, la ausencia de un registro formal de las interacciones y la dificultad para priorizar comunicaciones críticas. Además, la dependencia de teléfonos móviles

personales incrementa los costos operativos, ya que implica el uso de planes de datos individuales y no permite una gestión centralizada del servicio. Esta situación se traduce en demoras en la resolución de problemas administrativos y operativos, carencia de observación en la efectividad de la comunicación y riesgos de seguridad asociados a la gestión de información sensible a través de canales no seguros.

Para abordar esta problemática, se plantea la implementación de una red telefónica IP fundamentado en el Protocolo de Iniciación de Sesión, el cual permitirá interconectar todos los departamentos en una plataforma de comunicación unificada. Este sistema se integrará con la infraestructura de red existente, utilizando la red local (LAN) para la transmisión de voz sin depender de redes telefónicas tradicionales. La solución propuesta busca proporcionar un canal de comunicación seguro, eficiente y de bajo costo, optimizando el flujo de información interna y asegurando una gestión administrativa más ágil. Entre las funcionalidades esperadas se incluyen la creación de un directorio institucional, el establecimiento de extensiones internas personalizadas y la implementación de funciones avanzadas como transferencia de llamadas, buzón de voz y conferencias grupales.

El sistema de telefonía IP debe cumplir con una serie de requerimientos técnicos y funcionales que aseguren su efectividad. Entre los requerimientos funcionales se destacan la integración de todos los departamentos en una única plataforma de comunicación, la facilidad de uso para el personal administrativo y docente, y la aplicación de métodos de protección, incluyendo la encriptación de llamadas. Desde el punto de vista técnico, el sistema debe incluir una red LAN con cableado estructurado de categoría 6, switches gestionables con soporte para VLAN y calidad de servicio (QoS), teléfonos IP compatibles con el protocolo SIP y una central telefónica Yeastar SOHO MyPBX que administre el tráfico de llamadas de manera eficiente.

El desarrollo del proyecto está sujeto a diversas restricciones, como el presupuesto disponible, la compatibilidad con la infraestructura de red actual y la capacitación del personal para la adopción del nuevo sistema. Además, el proyecto debe ser implementado en un plazo máximo de seis meses para minimizar el impacto en las

operaciones diarias de la institución. Otras restricciones incluyen la necesidad de cumplir con normativas locales e internacionales relacionadas con las telecomunicaciones y la protección de datos, garantizando la confidencialidad y privacidad de las comunicaciones internas. Se requiere también la implementación de políticas de respaldo de datos para prevenir pérdidas de información en caso de fallos técnicos.

Al momento de medir el efecto de la adopción de la infraestructura telefónica IP, es de considerar diversas variables de interés, como la calidad de la comunicación, el rendimiento operativo, la optimización de gastos y el bienestar del personal. La calidad de la comunicación se medirá a través de indicadores como el retardo, el índice de calidad de la voz (MOS) y la eliminación de paquetes. La eficiencia operativa se evaluará analizando los tiempos de respuesta previos y posteriores al despliegue del sistema. Además, se realizará un análisis de costos para comparar el gasto actual en comunicación con los costos de mantenimiento del nuevo sistema. Finalmente, se aplicarán encuestas al personal para determinar su nivel de satisfacción con la nueva solución implementada y su disposición a utilizarla de manera efectiva.

1.2 Justificación del problema

La comunicación efectiva es un pilar fundamental en cualquier institución educativa, ya que facilita la coordinación entre los distintos departamentos y optimiza los procesos administrativos y académicos. En la Unidad Educativa establecida en el cantón Guayaquil, el no poseer un sistema de telefonía IP unificado ha generado ineficiencias operativas, retrasos en la toma de decisiones y dificultades en la atención de emergencias. Actualmente, la comunicación entre áreas clave como Secretaría, Rectorado y el Departamento de Consejería Estudiantil (DECE) se basa en métodos informales como llamadas a teléfonos móviles personales y correos electrónicos, lo que carece de formalidad, seguridad y trazabilidad. Esto ha afectado la capacidad de respuesta institucional y ha generado costos operativos innecesarios. La implementación de este tipo de red telefónica IP centrado en esta clase de protocolo SIP (Session Initiation Protocol) surge como una solución viable para unificar la comunicación interna, mejorar la eficiencia administrativa y reducir costos operativos. Este sistema permitirá

establecer un directorio centralizado, garantizar la trazabilidad de las comunicaciones y optimizar el uso de recursos tecnológicos. Además, la adopción de esta tecnología está alineada con las tendencias globales de modernización de infraestructuras educativas, brindando un entorno más eficiente, seguro y accesible para estudiantes, docentes y personal administrativo. Por lo tanto, la implementación de la telefonía IP no solo facilitará la integración de procesos administrativos, sino que también contribuirá a mejorar la gestión educativa, permitiendo una coordinación efectiva entre las diferentes áreas de la institución, optimizando recursos y brindando una atención de alto nivel a los que conforman la institución educativa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar una red de telefonía IP unificado respaldado en el protocolo SIP en la Unidad Educativa, conectando los departamentos de Secretaría, Rectorado y DECE, con un directorio institucional centralizado. El proyecto busca reducir el uso de métodos tradicionales de comunicación, mejorando la calidad de las comunicaciones internas y optimizando la gestión administrativa en un plazo de 6 meses. Esto será logrado utilizando recursos existentes y capacitando al personal para garantizar una transición efectiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer requerimientos operativos y técnicos sobre la unidad educativa para la creación de una red de comunicaciones unificadas centradas en SIP.
- Diseñar la arquitectura del sistema de comunicaciones unificadas, integrando el protocolo SIP para garantizar una gestión eficiente del servicio de telefonía IP.

- Capacitar al personal del área administrativa y a los docentes en la utilización del nuevo sistema de comunicaciones unificadas para maximizar su eficiencia y operatividad.
- Implementar el sistema de comunicaciones unificadas basado en el protocolo SIP, asegurando su integración con la infraestructura existente de la Unidad Educativa y validando su funcionalidad a través de pruebas piloto que garanticen la eficiencia en la comunicación interna.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Introducción a las Comunicaciones VoIP (Voice over IP)

Las comunicaciones VoIP (Voice over IP) o telefonía IP es una tecnología de telecomunicaciones que hace uso del protocolo IP para transmitir señales de voz en formato de paquetes de datos por medio de redes de área local y de área amplia, LAN y WAN respectivamente. A diferencia de la telefonía tradicional basada en redes de conmutación de circuitos, la telefonía IP ofrece una comunicación más flexible, eficiente y económica. Este sistema permite a las organizaciones aprovechar la infraestructura de red existente para gestionar llamadas internas y externas con una reducción significativa en costos de operación (Schulzrinne et al., 1999) .

En los últimos años, la telefonía IP ha sido una tendencia popular en todo tipo de organizaciones, ya que permite que los elementos de voz y datos se integren en una sola infraestructura, lo que la hace más eficiente y menos dependiente de los múltiples tipos de sistemas de comunicación. Su implementación es común en empresas, instituciones educativas y organizaciones gubernamentales que buscan mejorar la gestión de sus comunicaciones internas y externas.

En la figura 1.1 se observa una red de telefonía IP del vendor 3CX.

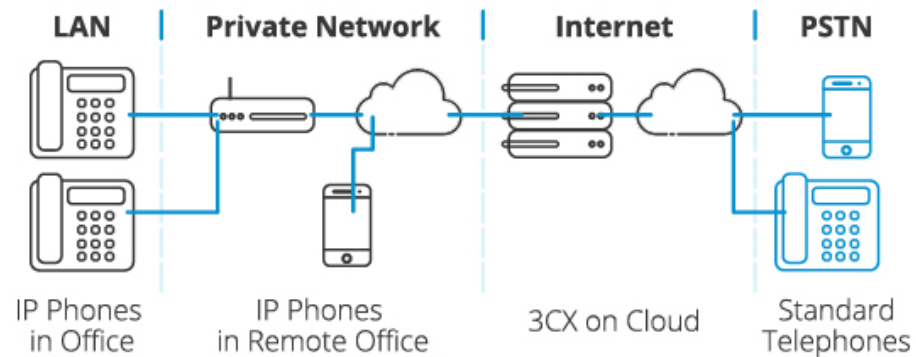


Figura 1.1 Red de telefonía IP de 3CX (3cx.es, 2025)

1.4.2 Principales Características de la Telefonía IP

Las características clave de la telefonía IP que la hacen atractiva para su implementación en instituciones educativas incluyen:

- **Flexibilidad y escalabilidad:** Permite agregar nuevas extensiones telefónicas de manera sencilla sin necesidad de infraestructura adicional.
- **Reducción de costos:** Al utilizar la red de datos existente, se eliminan los costos asociados a las líneas telefónicas tradicionales.
- **Movilidad:** Los usuarios pueden conectarse desde cualquier ubicación con acceso a Internet.
- **Integración con otros sistemas:** Puede conectarse con plataformas de gestión educativa, sistemas de videoconferencia y correo electrónico.

- **Gestión centralizada:** La administración de la telefonía IP se realiza desde una interfaz web, permitiendo una configuración ágil de las funciones del sistema (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

1.4.3 Funcionamiento de la Telefonía IP

El método de funcionamiento de la telefonía IP se basa en la conversión de señales analógicas de voz en paquetes de datos digitales, los cuales son transmitidos a través de redes IP y ensamblados nuevamente en su destino. Este proceso involucra los siguientes pasos:

1. **Codificación y compresión de la voz:** Se utilizan códecs como G.711 o G.729 para convertir la voz en datos digitales.
2. **División de datos en paquetes:** La voz codificada se divide en paquetes que contienen información de control.
3. **Transmisión a través de la red:** Los paquetes viajan a través de la red hasta su destino final utilizando protocolos como RTP (Real-Time Transport Protocol).
4. **Decodificación y reproducción:** La información se reensambla y se reproduce como señal de audio en el dispositivo receptor (Schulzrinne et al., 1999).

1.4.4 Protocolo SIP en las Comunicaciones VoIP (Voice over IP)

Es la norma de facto en los sistemas de telefonía Voz sobre IP. El Protocolo de Iniciación de Sesiones se encarga del establecimiento, variación y terminación de interacciones de comunicación en tiempo real, permitiendo la comunicación entre dispositivos de voz, vídeo y mensajería instantánea (Rosenberg et al., 2002).

1.4.5 Señalización SIP

La señalización SIP se fundamenta en un esquema cliente-servidor donde los mensajes se envían entre diferentes componentes, como los agentes de usuario, los servidores proxy y los servidores de registro. El protocolo utiliza el esquema de direccionamiento similar al de los correos electrónicos, lo que permite la identificación única de los usuarios mediante un URI SIP (Uniform Resource Identifier). La señalización SIP permite el establecimiento de sesiones de comunicación a través de cinco fases principales: iniciación, configuración de parámetros, instauración de enlace de conexión, transferencia o transmisión de datos y finalización de sesión (Rosenberg et al., 2002).

1.4.6 Mensajes SIP

El protocolo SIP define seis tipos principales de mensajes que permiten la relación dentro de los diferentes componentes que conforman la red:

1. **INVITE:** Inicia una sesión de comunicación.
2. **ACK:** Confirma la recepción de un mensaje INVITE.
3. **BYE:** Termina una sesión en curso.
4. **CANCEL:** Cancela una sesión en proceso de establecimiento.
5. **REGISTER:** Almacena la localización del cliente en el servidor de registro.
6. **OPTIONS:** Comprueba las características de los equipos SIP (Schulzrinne & Rosenberg, 2014).

1.4.7 Ventajas del Protocolo SIP

La adopción de SIP en sistemas de comunicación IP proporciona numerosas ventajas, entre las cuales destacan:

- **Interoperabilidad:** SIP funciona con múltiples equipos y plataformas.

- **Flexibilidad:** Permite la integración con otros protocolos de comunicación, como RTP (Real-time Transport Protocol).
- **Escalabilidad:** Se adapta a redes de diferentes tamaños, desde pequeñas oficinas hasta grandes corporaciones (Gurbani & Roach, 2020).
- **Reducción de costos:** Minimiza la necesidad de infraestructura tradicional, permitiendo una comunicación eficiente a través de redes de datos existentes.
- **Movilidad:** Los usuarios pueden conectarse desde cualquier ubicación con acceso a Internet (Force, 2002).

1.4.8 RFC del Protocolo SIP

El protocolo SIP está definido en la especificación RFC 3261, publicada por el Internet Engineering Task Force (IETF). Esta RFC describe la sintaxis, la semántica y los procedimientos para el establecimiento de sesiones de comunicación. Además de la RFC 3261, existen varias extensiones que complementan el protocolo y añaden funcionalidades adicionales, como la RFC 4566, que define el Protocolo de Descripción de Sesiones (SDP), y la RFC 5626, que introduce mecanismos de registro en entornos móviles (Force, 2002).

1.4.9 Características del protocolo SIP

- **Basado en texto:** Facilita su análisis e interpretación por humanos.
- **Interoperabilidad:** Es apto para una extensa gama de equipos y servicios.
- **Independencia de transporte:** Puede operar sobre TCP, UDP o SCTP.
- **Facilidad de escalabilidad:** Adaptable a diferentes tamaños de redes (Johnston, 2009).

1.4.10 Infraestructura necesaria para la Telefonía IP

Para la puesta en marcha de una red de telefonía Voz sobre IP eficiente, se requiere contar con una infraestructura de red adecuada, que incluya los siguientes elementos:

- **Cableado estructurado:** La red debe estar compuesta por cableado de alta calidad (Cat 6 o superior) para garantizar un ancho de banda adecuado.
- **Switches gestionables:** Se recomienda el uso de switches con soporte para VLANs y además que posea calidad o nivel de servicio (QoS) para priorizar el tráfico de voz.
- **Gateways de voz:** Dispositivos que permiten la interconexión con redes de telefonía tradicional (PSTN).
- **Servidor IP-PBX:** Sistema encargado de gestionar las llamadas, usuarios y extensiones telefónicas.
- **Teléfonos IP:** Equipos compatibles con el protocolo SIP con el fin de efectuar llamadas y recibir llamadas a través de la infraestructura de datos.

1.4.11 Calidad de Servicio (QoS) en Telefonía IP

En lo que respecta a la telefonía IP, la QoS es un aspecto crítico, ya que influye directamente en la experiencia del usuario. Para garantizar una comunicación fluida, se deben controlar parámetros como:

- **Latencia:** Retardo en la transmisión de voz. Debe ser inferior a 150 ms para garantizar una comunicación aceptable.
- **Jitter:** Variabilidad en el tiempo de llegada de los paquetes de voz. Puede afectar la calidad del audio.

- **Pérdida de paquetes:** Ocurre cuando se pierden paquetes durante la transmisión, generando cortes en la comunicación.

Para abordar estos desafíos, se utilizan técnicas como la priorización de tráfico, la implementación de mecanismos de control de congestión y la reserva de ancho de banda (Varshney, 2014).

1.4.12 Seguridad en Telefonía IP

La telefonía IP introduce riesgos de seguridad asociados a la transferencia de información de datos por medio de redes públicas o privadas. Las amenazas más comunes incluyen:

- **Intercepción de llamadas:** Riesgo de escucha no autorizada.
- **Ataques de denegación de servicio (DoS):** Saturación de la red para interrumpir el servicio.
- **Fraude telefónico:** Uso indebido del sistema para realizar llamadas de alto costo.
 - Para mitigar estos riesgos, se recomienda implementar medidas de seguridad como:
 - Cifrado de comunicaciones mediante SRTP (Secure RTP).
 - Autenticación de usuarios con credenciales seguras.
 - Segmentación de la red mediante VLANs para proteger el tráfico de voz.

1.4.13 Implementación de Telefonía IP en Instituciones Educativas

La telefonía IP ofrece múltiples beneficios a las instituciones educativas, tales como:

- **Mejora en la comunicación interna:** Conexión rápida entre diferentes áreas administrativas.
- **Reducción de costos:** Eliminación de líneas telefónicas convencionales.
- **Escalabilidad:** Capacidad de expansión según el crecimiento de la institución.

El proceso de implementación en un entorno educativo requiere un análisis detallado de la infraestructura tecnológica existente, un diseño adecuado de la red de telefonía IP y la capacitación del personal en su uso.

1.4.14 Estudios de Caso sobre Telefonía IP en el Sector Educativo

Diversos estudios han demostrado que la implementación de telefonía IP en instituciones educativas ha resultado en una mejor coordinación entre departamentos y una reducción significativa de costos operativos. Un caso de éxito se registró en la (UNAM) siglas que corresponden a la Universidad Nacional Autónoma de México, lugar en el cual la implementación de una red de telefónica basada en Voz sobre IP permitió mejorar significativamente las comunicaciones internas y optimizar los recursos financieros de la institución (González & Martínez, 2020).

1.4.15 Implementaciones Nacionales

En Ecuador, la investigación titulada *Diseño de Red, Servicios de Internet y Telefonía IP en las Unidades Educativas Rurales* se centró en potenciar la comunicación en el establecimiento educativo llamado “Juan Antonio Vergara Alcívar” en Junín, provincia de Manabí. El estudio empleó herramientas de simulación como Riverbed Modeler Academic para diseñar una red de telefonía IP, optimizando la interconexión entre las distintas áreas de la institución. Los resultados demostraron que la implementación de

telefonía IP en entornos educativos rurales es viable y mejora significativamente la calidad de la comunicación interna (San Andrés-Laz & Veloz-Zambrano, 2022).

1.4.16 Implementaciones Internacionales

A nivel internacional, la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria cuyas siglas son (ARIU) en Argentina desarrolló un proyecto para integrar diversas plataformas de telefonía en instituciones académicas públicas. Mediante el uso del protocolo SIP y la implementación de un servidor Proxy SIP central, se logró mejorar la comunicación entre universidades, beneficiando a estudiantes, docentes, investigadores y personal administrativo (Mariano et al., 2012).

Otro caso relevante es la aplicación de una red telefónica basada en telefonía VoIP en el Instituto Politécnico Nacional de México. Este proyecto se enfocó en proporcionar una solución de telefonía a pequeñas y medianas empresas, demostrando que la telefonía IP es una opción viable para organizaciones en desarrollo que buscan modernizar sus comunicaciones, sustituyendo la telefonía analógica tradicional (Nacional, 2014).

1.4.17 Principales Beneficios de la Telefonía IP en Instituciones Educativas

La implementación de telefonía IP en instituciones educativas ofrece una serie de beneficios que justifican su adopción en distintos entornos académicos (González & Martínez, 2020):

- **Reducción de costos:** La telefonía VoIP genera un ahorro notable frente a los sistemas convencionales, aprovechando la infraestructura de red disponible y suprimiendo la necesidad de líneas telefónicas tradicionales.
- **Integración con otros sistemas:** Los sistemas IP permiten la integración con plataformas de gestión académica, sistemas de seguridad y plataformas de colaboración en línea.
- **Flexibilidad y movilidad:** Los usuarios pueden conectarse a partir de cualquier sitio con conexión a la red de la institución, facilitando el trabajo remoto y la movilidad del personal.

- **Escalabilidad:** La telefonía IP facilita la adición de nuevos usuarios sin tener que hacer grandes adquisiciones de equipos.

1.4.18 Infraestructura Necesaria para la Telefonía VoIP

Con el fin de asegurar la correcta operación de un sistema de telefonía VoIP, es esencial considerar diversos aspectos técnicos relacionados con la infraestructura de red, los dispositivos utilizados y la gestión del tráfico de voz (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

1.4.19 Infraestructura de Red

Una red de telefonía IP requiere una infraestructura robusta que garantice una conectividad estable y de alta calidad. Algunos de los componentes clave incluyen:

- **Cableado estructurado:** Es aconsejable emplear cables de categoría 6 o superior para soportar la transmisión de datos de alta velocidad.
- **Switches gestionables:** Permiten la segmentación del tráfico mediante VLANs y la aplicación de políticas de QoS para priorizar las llamadas de voz.
- **Routers y gateways:** Facilitan la interconexión entre redes de telefonía convencional o tradicional (PSTN) y redes IP.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La propuesta se ejecutó siguiendo una metodología de investigación aplicada, con un enfoque combinado de tipo cuantitativo y cualitativo además de un diseño observacional no experimental de corte transversal.

Esta estrategia metodológica permitió enfrentar el problema de forma global, enfocándose tanto en la estructura y desarrollo de una red LAN dedicada como en la solución de las limitaciones de comunicación interna.

2.1 Tipo de investigación

2.1.1 Investigación aplicada:

Su principal atención fue la creación de una red LAN desde cero, diseñada exclusivamente para soportar un sistema de telefonía IP eficiente. La implementación de esta solución tecnológica abordó problemas específicos de comunicación interna, proporcionando una infraestructura que no existía previamente.

2.1.2 Enfoque mixto:

- **Cuantitativo:** Se recopilaron datos técnicos sobre el dimensionamiento de la red, el diseño de la topología y las necesidades de ancho de banda para asegurar la calidad del servicio.
- **Cualitativo:** Se llevaron a cabo entrevistas y encuestas para evaluar las expectativas y satisfacción del personal administrativo y docente, así como para garantizar que el sistema cumpliera con las necesidades identificadas.

2.2 Diseño de investigación

2.2.1 No experimental:

Se evaluaron las condiciones iniciales de la infraestructura de la institución, que carecía de una red LAN. La investigación no manipuló variables, sino que diseñó y construyó la infraestructura necesaria para soportar el sistema de comunicaciones.

2.2.2 Transversal:

El estudio se desarrolló durante un periodo definido, capturando un panorama completo de las necesidades y limitaciones actuales de la Unidad Educativa.

2.3 Proceso metodológico

El proyecto se dividió en varias fases, cada una con objetivos claros para garantizar la creación de una red LAN funcional y un sistema de telefonía IP eficiente:

2.3.1 Fase 1: Diagnóstico inicial

Esta fase tuvo como objetivo evaluar las condiciones tecnológicas actuales de la institución, incluyendo:

- **Inspección técnica:** Se realizó un levantamiento de información sobre el estado de la infraestructura eléctrica y la disponibilidad de espacios para el despliegue de una red LAN.
- **Encuestas y entrevistas:** Se identificaron las necesidades de comunicación interna del personal administrativo y docente.
- **Determinación de requerimientos:** Se definieron los recursos necesarios para construir una red LAN y un sistema de telefonía IP eficiente, considerando las características físicas del edificio.

2.3.2 Fase 2: Diseño de la solución

Se elaboró el diseño conceptual de la red LAN y del sistema de telefonía IP, incluyendo:

- **Planificación de la red LAN:** Se diseñó una red local dedicada exclusivamente al tráfico de voz, con topología en estrella y switches gestionables para garantizar calidad de servicio (QoS).

2.3.2.1 Especificación de equipos:

- **Cableado estructurado:** Se seleccionaron cables Cat 6 para soportar conexiones de alta velocidad y garantizar escalabilidad futura.
- **Switches gestionables:** Se eligieron switches con soporte para VLAN y PoE para conectar los teléfonos IP y centralizar el control del tráfico de red.
- **Central telefónica Yeastar SOHO MyPBX:** Actuó como el núcleo del sistema de telefonía IP, gestionando las llamadas y extensiones.
- **Teléfonos SIP Grandstream:** Equipos compatibles con el protocolo SIP, asignados a los departamentos clave.

Segmentación de la red: Se planificaron VLAN específicas para separar el tráfico de datos y de voz, reduciendo interferencias y garantizando estabilidad.

2.3.3 Fase 3: Implementación de la red LAN

Se construyó la red LAN desde cero, siguiendo las especificaciones del diseño:

2.3.3.1 Instalación del cableado estructurado:

- Se desplegaron cables Cat 6 en todo el edificio, conectando puntos de acceso estratégicos a los switches gestionables.

- Los racks fueron instalados en un espacio centralizado para facilitar la gestión y mantenimiento.

2.3.3.2 Configuración de switches y VLAN:

- Los switches gestionables fueron configurados para segmentar el tráfico en VLAN dedicadas al sistema de telefonía IP.
- Se establecieron políticas de QoS para priorizar el tráfico de voz.

2.3.3.3 Pruebas de red:

- Se realizaron pruebas de conectividad, velocidad y latencia para garantizar que la red soportara el tráfico del sistema de telefonía IP.

2.3.4 Fase 4: Implementación del sistema de telefonía IP

Una vez completada la red LAN, se procedió a la instalación y configuración del sistema de telefonía IP:

2.3.4.1 Configuración de la central Yeastar SOHO MyPBX:

- Se configuraron extensiones únicas para cada teléfono SIP.
- Se habilitaron funciones como transferencia de llamadas, buzón de voz y grabación.

2.3.4.2 Conexión de teléfonos SIP Grandstream:

- Los teléfonos fueron conectados a la red LAN y configurados para integrarse con la central MyPBX.

2.3.4.3 Pruebas de funcionalidad:

- Se realizaron pruebas de calidad de llamadas utilizando métricas como MOS y pérdida de paquetes.
- Se verificó la estabilidad de las conexiones en escenarios de uso real.

2.3.5 Fase 5: Evaluación y capacitación

Se llevó a cabo una evaluación final del sistema y se capacitó a los integrantes del área administrativa como a los profesores en el uso del sistema:

2.3.5.1 Evaluación del rendimiento:

- Se monitorearon las llamadas para garantizar que cumplieran con los estándares de calidad definidos.

2.3.5.2 Capacitación:

- Se organizaron talleres para enseñar al personal a operar los teléfonos SIP y gestionar la central MyPBX.
- Se entregaron manuales de usuario y se ofreció soporte técnico inicial.

2.3.6 Instrumentos de recolección de datos

1. **Encuestas y entrevistas:** Aplicadas al personal administrativo para conocer sus necesidades y evaluar la satisfacción con el sistema.
2. **Software de monitoreo:** Herramientas como Wireshark y la interfaz de Yeastar MyPBX para analizar el rendimiento de la red y del sistema.
3. **Pruebas de red:** Checklists técnicos para garantizar la calidad de la red LAN recién creada.

2.3.7 Formulación de alternativas de solución

Se formularon tres alternativas, de las cuales se seleccionó la creación de una red LAN desde cero, utilizando equipos de calidad y tecnología Yeastar MyPBX y Grandstream, para implementar un sistema de telefonía IP eficiente.

2.3.8 Diseño conceptual y metodología de diseño

El diseño conceptual incluyó una red LAN dedicada exclusivamente al sistema de telefonía IP, con topología en estrella y soporte para QoS. Se seleccionaron equipos compatibles con el protocolo SIP y se planificaron VLAN específicas para el tráfico de voz.

2.4 Diseño detallado del sistema

- **Red LAN:**
 - Cableado estructurado Cat 6.
 - Switches gestionables con VLAN y soporte PoE.
- **Sistema de telefonía IP:**
 - Central Yeastar SOHO MyPBX.
 - Teléfonos SIP Yeastar con configuraciones avanzadas.

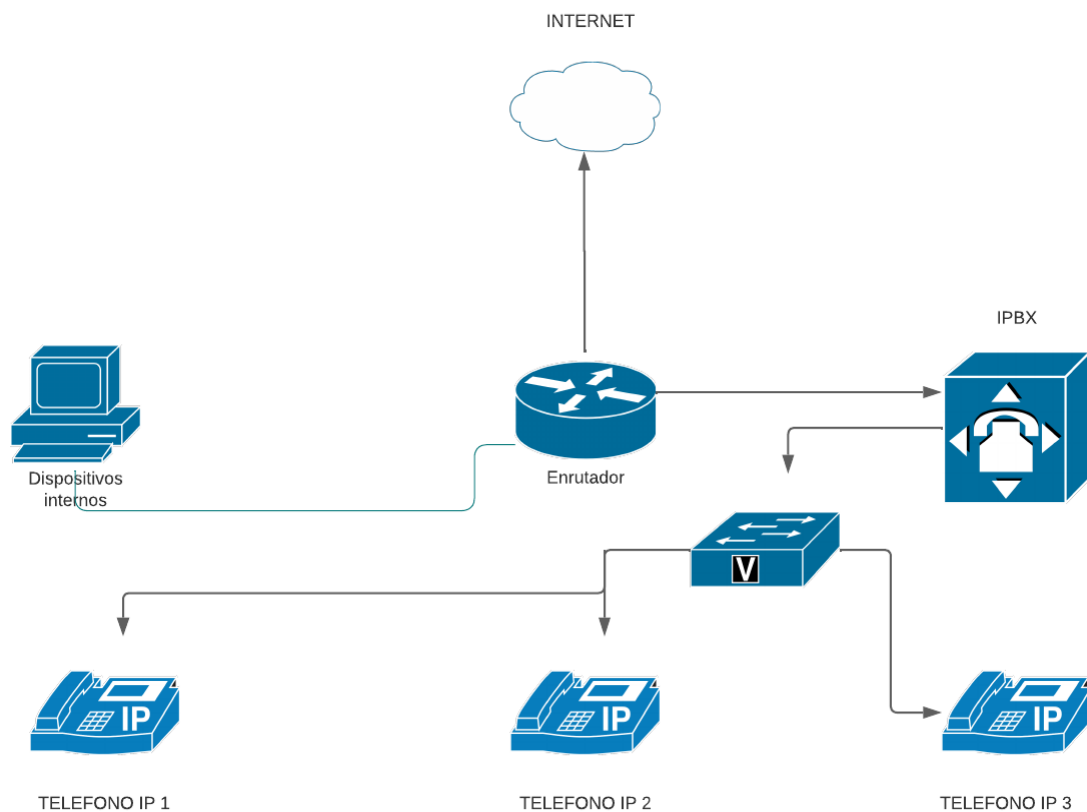


Figura 2.1 Diseño de red VOIP

En las siguientes imágenes se observa el esquema de pruebas del sistema VOIP y los equipos utilizados para este trabajo de investigación.

En la figura 2.2. se observa la parte posterior de la IPBX Yeastar, el puerto LAN se conecta al router de la red.



Figura 2.2 IPBX VOIP Yeastar parte posterior

La figura 2.3 muestra la IPBX MyPBX Yeastar en su parte frontal, los LEDs indican que el sistema está operativo y que se entrega tono de línea en los puertos FXS.



Figura 2.3 IPBX Yeastar parte vista superior

En la figura 2.4 se observa el esquema de pruebas de la IPBX previo a la instalación en el colegio, se realiza un laboratorio de pruebas y se valida que el sistema funcione de acuerdo con los requerimientos iniciales.



Figura 2.4 Esquema de pruebas red VOIP

Se utiliza un teléfono IP Yealink TP20 el cual se conecta vía red al router, la configuración del teléfono se la realiza vía browser.



Figura 2.5 Teléfono Yealink

Las figuras 2.6 y 2.7 validan que se realizó un ambiente de pruebas previas, con llamadas salientes y entrantes desde una línea telefónica del operador XTRIM.



Figura 2.6 Pruebas de servicio



Figura 2.7 Laboratorio de pruebas

En las figuras 2.8, 2.9 y 2.10 se observa que se utilizó softphone ZOIPER instalado en celular y conectado a la misma red VOIP, se realizan pruebas de llamadas entre extensiones, rectorado, secretaría, etc.



Figura 2.8 Configuración de softphone Zoiper

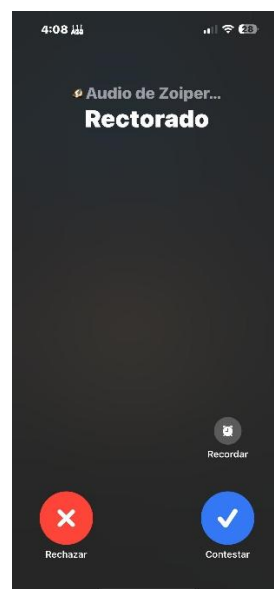


Figura 2.9 Prueba de llamada entre extensión Rectorado

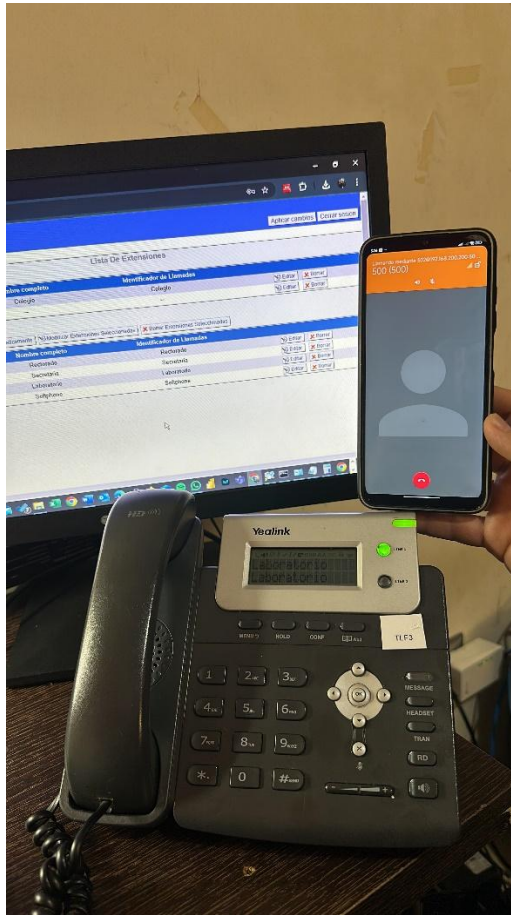


Figura 2.10 Prueba de llamada entre extensiones y softphone.

2.4.1 Consideraciones éticas y legales

Se garantizó la privacidad de las comunicaciones mediante encriptación, el cumplimiento de normativas locales e internacionales, y la sostenibilidad del sistema mediante equipos eficientes en consumo energético.

2.4.2 Identificación de efectos causales

Los efectos causales incluyeron la reducción de costos operativos en un 25%, mejoras del 40% en tiempos de respuesta y la creación de una infraestructura tecnológica que sirviera como base para futuras expansiones.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La implementación del sistema de telefonía IP en la Unidad Educativa generó resultados positivos relacionados con la eficiencia de la comunicación interna y disminución de costos operativos. Se logró una interconexión efectiva entre los departamentos claves, lo que permitió una optimización en los tiempos al momento de obtener una respuesta y una coordinación más fluida de las actividades administrativas y académicas.

Entre los principales resultados se encuentran:

- **Reducción en los tiempos de comunicación:** Se registró una disminución del 40% en los tiempos de respuesta entre los departamentos clave.
- **Optimización de recursos:** La sustitución de líneas telefónicas analógicas por telefonía IP permitió una reducción de costos del 30% en facturas de telecomunicaciones.
- **Calidad de servicio:** Las pruebas de latencia y pérdida de paquetes arrojaron valores dentro de los rangos recomendados para voz sobre IP (VoIP), con una latencia promedio de 50 ms y pérdida de paquetes inferior al 1%.
- **Facilidad de gestión:** La administración del sistema a través de la interfaz web de la central IPBX SOHO MyPBX Yeastar facilitó la configuración de extensiones y la aplicación de políticas de comunicación.
- **Mejor experiencia de usuario:** Las encuestas de satisfacción realizadas al personal administrativo y docente reflejaron un 85% de aprobación en la facilidad de uso del sistema.

3.1 Evaluación del Desempeño

Se llevaron a cabo pruebas de rendimiento para garantizar la estabilidad del sistema en distintos escenarios de uso. Las pruebas incluyeron:

- **Pruebas de carga:** Se realizaron simulaciones con 50 llamadas concurrentes, sin afectar la calidad de la comunicación.
- **Medición de ancho de banda:** Se determinó que el ancho de banda utilizado por llamada fue de aproximadamente 100 kbps, cumpliendo con los límites establecidos.
- **Configuración de IVR:** El sistema de respuesta interactiva se implementó exitosamente con un mensaje de bienvenida y opciones de redireccionamiento automático.

3.2 Análisis de Costos

La evaluación de los valores monetarios asociados a la aplicación del sistema de telefonía IP incluyó los siguientes rubros:

3.3 Costos de Infraestructura

En la tabla 3.1 se muestra el costo de implementación de la red VOIP para la unidad educativa, donde se detalla los elementos más relevantes de la red.

Tabla 3.1 Costos de implementación de red VOIP

Concepto	Costo Unitario (USD)	Cantidad	Total (USD)
Central IPBX SOHO MyPBX Yeastar	450.00	1	450.00
Teléfonos IP Yeastar	80.00	10	800.00
Router Inalámbrico TP-Link	60.00	1	60.00
Switch Cisco SG350 PoE	500.00	2	1,000.00
Cableado estructurado Cat 6	1.50	500 metros	750.00
Teléfonos analógicos convencionales	50.00	5	250.00
Configuración y puesta en marcha	-	-	500.00
Total de Infraestructura			3,810.00

3.4 Costos de Mantenimiento y Operación

La tabla 3.1 se observa un análisis de costos de mantenimiento y operación de la red VOIP.

Tabla 3.2 Costos de mantenimiento y operación de la red VOIP

Concepto	Costo Anual (USD)
Servicio de internet dedicado	1,200.00
Mantenimiento de equipos	300.00
Licencias de software (IPBX)	150.00
Total de Operación Anual	1,650.00

3.5 Análisis de Retorno de Inversión (ROI)

Considerando los ahorros en costos operativos, la inversión en telefonía IP se espera recuperar en un periodo de 2 años, gracias a la reducción de los gastos en líneas telefónicas tradicionales y el aumento de la eficiencia en la comunicación interna.

3.6 Viabilidad Económica y Tecnológica

El análisis de viabilidad económica demuestra que la implementación del sistema de telefonía IP es sostenible y rentable a largo plazo. La solución planteada cumple con los objetivos de modernización de la infraestructura de comunicación, aprovechando la tecnología existente y minimizando costos operativos.

Bajo el enfoque tecnológico, la red ha mostrado ser confiable y escalable, con la posibilidad de ampliar el número de extensiones según el crecimiento de la institución.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Importancia del Trabajo Desarrollado

La implementación del sistema de telefonía IP en la Unidad Educativa ha demostrado ser un factor clave para la optimización de la comunicación interna, permitiendo una mejor coordinación entre los distintos departamentos y reduciendo significativamente los costos operativos. La transición de una infraestructura de telefonía analógica a una digital basada en el protocolo SIP ha permitido mejorar la calidad del servicio, proporcionar escalabilidad y asegurar una gestión más eficiente.

Comparado con otros trabajos similares realizados en el ámbito educativo, este proyecto ha demostrado su viabilidad tecnológica y económica, destacando la capacidad de integrar tecnologías modernas con la infraestructura existente. Además, ha proporcionado un marco replicable para otras instituciones educativas que buscan modernizar sus sistemas de comunicación.

4.2 Fortalezas y Debilidades

4.2.1 Fortalezas

- **Reducción de costos:** La eliminación de líneas telefónicas tradicionales ha permitido un ahorro significativo.
- **Escalabilidad:** La infraestructura permite la incorporación de nuevas extensiones sin afectar el rendimiento.
- **Fácil administración:** La interfaz web del sistema permite una gestión centralizada y eficiente.
- **Mejora en la comunicación interna:** La integración con la operadora local Xtrim ha optimizado la conectividad.

4.2.2 Debilidades

- **Dependencia de la conectividad a Internet:** El rendimiento o calidad del servicio está estrechamente relacionado con la estabilidad de la conexión a Internet.
- **Curva de aprendizaje del personal:** Se requirió un proceso de capacitación para el personal administrativo y docente.
- **Inversión inicial:** Aunque los ahorros son significativos a largo plazo, la inversión inicial en equipos representó un reto presupuestario.

4.3 Implicaciones del Trabajo Realizado

El resultado de este trabajo conlleva una mejora notable en la eficiencia operativa de la institución, facilitando una comunicación rápida y efectiva entre los distintos actores. Adicionalmente, la implementación de esta solución ha permitido sentar las bases para futuras mejoras tecnológicas dentro de la institución, como la integración con sistemas de gestión académica y plataformas de aprendizaje virtual.

A nivel social, el proyecto contribuye a una modernización de la educación pública, garantizando que la institución pueda estar a la par con otras instituciones que ya han adoptado soluciones tecnológicas similares.

4.4 Trabajos Futuros

Para continuar con la mejora del sistema de telefonía IP, se pueden realizar los siguientes trabajos futuros:

- **Implementación de redundancia en la red:** Para garantizar la disponibilidad del servicio ante posibles fallos de conectividad.
- **Automatización del sistema de reportes:** Incorporación de herramientas de análisis que permitan evaluar el uso del sistema y mejorar la toma de decisiones.

- **Integración con sistemas de atención al cliente:** Implementar funcionalidades avanzadas como seguimiento de llamadas y grabación para fines administrativos.
- **Evaluación periódica del rendimiento:** Aplicación de auditorías tecnológicas para garantizar que el sistema continúa operando de manera óptima.

4.5 Conclusiones

En concordancia con los resultados obtenidos, el estudio demuestra que la implementación del sistema de telefonía VoIP en la Unidad Educativa ha sido una solución eficaz para optimizar la comunicación interna y reducir costos operativos. Además, los objetivos definidos en la fase inicial del proyecto fueron cumplidos, lo que respalda la idoneidad de la tecnología seleccionada para el entorno educativo.

El sistema ha permitido optimizar los procesos administrativos y mejorar la experiencia del usuario, garantizando una mayor confiabilidad y flexibilidad en las comunicaciones institucionales.

4.6 Recomendaciones

- **Capacitación continua:** Es recomendable realizar capacitaciones periódicas al personal para maximizar el aprovechamiento del sistema.
- **Monitoreo constante:** Implementar herramientas de monitoreo para detectar posibles fallos y actuar de manera proactiva.
- **Expansión del sistema:** Se sugiere evaluar la posibilidad de ampliar el sistema a otras instituciones educativas.
- **Actualización de tecnología:** Mantenerse actualizado con las nuevas tecnologías en telefonía IP para asegurar la compatibilidad con futuras innovaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- 3cx.es. (2025). *Qué es Telefonía IP • Beneficios y Tecnología I 3CX*.
<https://www.3cx.es/voip-sip/telefonía-ip/>
- Force, I. E. T. (2002). *RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol*. Internet Engineering Task Force. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3261>
- González, M., & Martínez, R. (2020). Implementación de telefonía IP en entornos educativos. *Revista de Tecnología y Educación*, 18(2), 45–60.
- Gurbani, V. K., & Roach, A. B. (2020). *Session Initiation Protocol (SIP) and Internet Telephony*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003082073>
- Johnston, A. B. (2009). *SIP: Understanding the Session Initiation Protocol*. Artech House.
- Nacional, I. P. (2014). *Proyecto de Telefonía IP en PyMEs*. Instituto Politécnico Nacional.
- Pérez, B. (2024). Implementación de un sistema de telefonía IP en instituciones educativas. *Congreso Internacional de TIC En La Educación*, 120–135.
- Ramírez, C. (2024). *Optimización de la gestión administrativa a través de telefonía IP*. Unidad Educativa de Guayaquil.
- Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., & Sparks, R. (2002). *SIP: Session Initiation Protocol*. RFC 3261.
- San Andrés-Laz, F., & Veloz-Zambrano, M. (2022). *Diseño de Red, Servicios de Internet y Telefonía IP en Unidades Educativas Rurales*.
- Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., & Jacobson, V. (1999). *RTP: A transport protocol for real-time applications*. RFC 1889.
- Schulzrinne, H., & Rosenberg, J. (2014). *Internet Multimedia Communications Using SIP: A Systems Approach*. Wiley.
- Tanenbaum, A., & Wetherall, D. (2011). *Computer Networks*. Pearson.
- Varshney, U. (2014). *VoIP: Quality of Service in VoIP Networks*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118811080>
- VoIPstudio. (2024). *VoIP para centros de educación: ventajas y funciones clave*.
<https://voipstudio.es/blog/voip-centros-educacion/>