

Área de Conocimiento de Tecnología de la
Información y Comunicación

“Estudio de factibilidad de una ip-pbx virtual
usando software libre y servicios en la nube
para la empresa CORE IMC”

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA

Elaborado por:

Br. Nadietchka Paola
Gutiérrez Sandoval
Carnet: 2015-0209U

Br. Orville Alexandre
Centeno Martínez
Carnet: 2015-1088U

Tutor:

MSc. Cedrick Dalla-Torre
Parrales



Secretaría Académica
DACTIC

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

GUTIÉRREZ SANDOVAL NADIECHKA PAOLA

Carné: 2015-0209U Turno: Diurno Plan de Asignatura: 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2020 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los cuatro días del mes de junio del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,



HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

☎ Movil. (505) 83803517

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo 5595



Secretaría Académica
DACTIC

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

CENTENO MARTÍNEZ ORVILLE ALEXANDRE

Carné: 2015-1088U Turno: Diurno Plan de Asignatura: 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2021 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los cuatro días del mes de junio del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,



HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

📞 Móvil (505) 83803517

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria,
Managua, Nicaragua.
Apdo. 5595

Managua, managua
09 de agosto de 2025

A quien corresponda

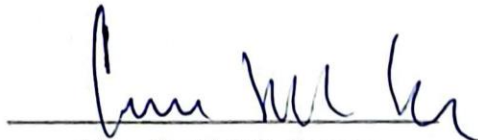
Por medio de la presente, yo, Cedrick Dallatorre, en calidad de tutor académico del trabajo monográfico titulado: "**Estudio De Factibilidad De Una Ip-Pbx Virtual Usando Software Libre Y Servicios En La Nube Para La Empresa Core IMC**", elaborado por los **bachilleres Nadlechka Paola Gutiérrez Sandoval con carnet 2015-0209u y Orville Alexandre Centeno Martínez con carnet 2015-1088U de la carrera de ingeniería electrónica**, hago constar que he brindado el debido acompañamiento durante el proceso de elaboración del mismo.

Asimismo, avalo **la presentación del trabajo en su etapa de predefensa**, considerando que cumple con los requisitos académicos y normativos establecidos para este proceso, ya que, dicho trabajo cumple con los lineamientos metodológicos, formales y éticos establecidos por la institución, demostrando rigurosidad investigativa, claridad en los objetivos, pertinencia en la temática abordada y un adecuado manejo de fuentes y normativas de citación.

Por lo tanto, recomiendo su presentación y evaluación por parte del jurado correspondiente, como parte de los requisitos para optar al **título de ingeniero electrónico**.

Sin otro particular, me suscribo de ustedes atentamente.

Atentamente,



Msc. Cedrick Dallatorre
Tutor académico
5807 8377



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

Managua, 19 de Agosto de 2024

Bachilleres

Orville Alexandre Centeno Martínez 2015-1088U

Nadiechka Paola Gutiérrez Sandoval 2015-0209U

Egresado de programa académico de Ingeniería Electrónica

Sus manos

Estimados Bachilleres:

Reciban cordiales saludos de mi parte y deseándole el mejor de los éxitos en sus actividades diarias.

Por medio de la presente, le comunico la aprobación e inscripción del Protocolo de trabajo monográfico, titulado "Estudio de factibilidad de una IP-PBX virtual usando software libre y servicios en la nube para la empresa CORE IMC" el cual cumple con los requisitos establecidos en el capítulo II de la normativa para los trabajos Monográficos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)I como forma de culminación de estudios.

No omito manifestar, que el Maestro Msc. Cedrick Elksnherr Dalla-Torre PARRALES, es el docente encargado de acompañarlos con responsabilidad y compromiso como tutor en el proceso de desarrollo de la monografía.

Así mismo, en correspondencia con la Normativa para los Trabajos Monográficos, a partir de la fecha de aprobación e inscripción tendrá un máximo de 12 meses para la ejecución y entrega de los ejemplares para la organización de la pre-defensa y posterior defensa del mismo.

Sin más a que hacer referencia, les deseo el mejor de los éxitos en la culminación de esta etapa, les saludo.

Atentamente,



MSc. Claudia Benavidez Rugama
Directora Área de Conocimiento de

Tecnología de la Información y Comunicación

CC. Msc. Cedrick Elksnherr Dalla-Torre PARRALES – Tutor
MSc. Cedrick DallaTorre PARRALES – Secretario Académico
Archivo DACTIC2024

Móvil: (505) 8588 8333



Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria,
Managua, Nicaragua.
Apdo. 5595



www.uni.edu.ni

Dedicatoria y Agradecimientos.

Dedicamos esta oportunidad de culminar nuestro trabajo monográfico a Dios, antes que nada, por prestarnos salud durante todo este tiempo, por darnos sabiduría e inteligencia, a nuestros padres (Wilburt Centeno Diaz – Lesbia Martínez Figueroa), (Myriam Sandoval) quienes nos han apoyado en el transcurso de nuestra formación como personas y como profesionales, a pesar de todas las adversidades presentadas.

Agradecemos considerablemente a nuestro tutor Ing. Cedrick Dallatorre Parrales por dirigirnos en la elaboración de este trabajo, por su tiempo prestado y su dedicación. De igual manera agradecemos a nuestra alma mater por enseñarnos el camino del conocimiento durante estos años y a todos aquellos docentes que nos ayudaron a formarnos como profesionales en cada una de las asignaturas brindadas y también agradecer la colaboración de Giancarlo Braccio presidente de la empresa CORE I.M.C; quienes nos apoyaron en todo momento con información solicitada para llevar a cabo este trabajo.

Br. Orville Alexandre Centeno Martínez

Br. Nadiechka Paola Gutiérrez Sandoval

Resumen

Este estudio evaluó la factibilidad de implementar una IP-PBX virtual con software libre y servicios en la nube para CORE IMC. Se realizó un análisis comparativo entre la PBX tradicional (Panasonic KX-TDA200) y una IP-PBX en Azure, considerando escalabilidad, costos, funcionalidades y seguridad.

La investigación fue de tipo aplicada, descriptiva y correlacional, con un diseño no experimental. No se realizó implementación; el análisis se basó en datos proporcionados por la empresa, cálculos técnicos y revisión documental. Se utilizaron fuentes primarias (información operativa y de costos) y secundarias (documentación técnica y estudios previos).

Se calcularon tráfico de llamadas, modelo Erlang B y ancho de banda para evaluar el desempeño de la red. En el análisis financiero, se determinaron la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) para medir la viabilidad económica.

Los resultados demostraron que la IP-PBX en Azure ofrece mayor flexibilidad, menores costos operativos y mejor integración con herramientas modernas, representando una alternativa eficiente y escalable frente a la PBX tradicional.

ÍNDICE

I.	Introducción.....	1
II.	Justificación.....	2
III.	Objetivos	3
3.1	Objetivo General	3
3.2	Objetivos Específicos.....	3
IV.	Marco Teórico Conceptual	4
4.1	VoIP.....	4
4.1.1	Protocolos en VoIP (SIP, RTP, etc.).....	4
4.1.2	Telefonía IP en arquitectura de Cloud Computing.....	5
4.2	Fundamentos de Cloud Computing	5
4.2.1	La nube (cloud).....	5
4.2.2	Características de la nube (escalabilidad, flexibilidad, etc).....	6
4.2.3	Tipos de nube (pública, privada, híbrida).....	6
4.3	Plataformas de Cloud Computing	7
4.3.1	AWS (Amazon Web Services).....	7
4.3.2	Amazon EC2	8
4.3.2	Microsoft Azure.....	8
4.3.3	Características de Azure	9
4.4	Google Cloud Platform.....	9
4.4.1	Características de Google Platform	10
4.5	Sistemas operativos y servidores	2
4.5.1	Ubuntu	2
4.5.2	Ubuntu 20.04 LTS	3
4.5.3	Ubuntu Server.....	3
4.6	Soluciones de telefonía IP y PBX.....	3
4.6.1	FreePBX	3
4.6.2	Instalación de FreePBX en Ubuntu 20.04.....	4
4.6.3	Asterisk	5
4.6.4	Características de Asterisk.....	5
4.6.4.1	Beneficios de Asterisk.....	6
4.7	Softphone.....	6
4.7.1	3CX.....	7
4.7.1.1	Características de 3CX.....	7

4.8	Beneficios de 3CX	7
4.8.1	Natterbox.....	9
4.8.1.1	Ventajas de Natterbox	9
4.8.1.2	Características de Naterbox.....	10
4.9	Zoiper.....	10
4.9.1	Ventajas de Zoiper.....	10
4.10	Comparativa entre 3CX, Asterisk y Natterbox	11
4.11	Hardware y proyectos prácticos	13
4.11.1	Hardware y software.....	13
4.11.2	Raspberry (uso en proyectos de VoIP).....	13
4.11.3	Debian 10	14
4.12	Estudio económico	15
4.12.1	Factibilidad económica	15
4.12.2	Factores Económicos Locales.....	15
4.12.2.1	Tasa de Inflación en Nicaragua	15
4.12.2.2	Tasa mínima aceptable de retorno (TMAR).....	15
4.12.3	VPN O VAN	16
4.12.4	TIR (Tasa Interna de Retorno).....	17
4.13	Desempeño de la red	17
4.13.1	Modelado de Tráfico Telefónico (Erlangs)	17
4.13.2	Probabilidad de Bloqueo (Erlang B)	18
4.13.4	Calidad de Servicio (QoS) en VoIP.....	18
V.	Análisis y presentación de Resultados.....	20
5.1	Metodología y desarrollo del tema.	20
5.1.1	Tipo de Investigación	20
5.1.2	Recolección de Datos	20
5.1.3	Diagrama funcional	21
5.1.4	Análisis Técnico.....	22
5.1.5	Estudio Económico	23
5.1.6	Evaluación de Desempeño	24
5.2	Resultados	25
5.2.1	Análisis técnico-comparativo	25
5.2.2	Arquitectura y Tecnología	25
5.2.3	Escalabilidad.....	25
5.2.4	Integridad y Funcionalidades	26
5.2.5	Movilidad y Teletrabajo	26
5.2.6	Seguridad y Confiabilidad	27
5.3	Análisis económico	28

5.3.1	Análisis de costos.....	28
5.3.1.1	Costo de llamadas.....	30
	Fuente: Elaboración propia.....	31
5.3.2	Flujos de efectivos.....	32
5.3.2.1	Flujo de efectivo PBX tradicional.....	32
5.3.2.2	Flujo de efectivo de Migración a IP PBX.....	32
5.3.3	VAN O VPN.....	33
5.3.3.1	VAN PBX tradicional.....	33
5.3.3.2	VAN IP PBX.....	34
5.3.4	TIR (Tasa Interna de Retorno).....	35
5.3.4.1	TIR PBX tradicional.....	35
5.3.4.2	TIR IP-PBX.....	35
5.4	Desempeño de la red.....	36
5.4.1	Desempeño de la red de la PBX.....	36
5.4.1.1	Tráfico de llamadas.....	36
5.4.1.2	Tasa de bloqueo de llamadas.....	36
5.4.1.2.1	Cálculos con Erlang B.....	36
5.4.1.3	Tráfico de Erlang.....	37
5.4.2	Desempeño de la red de la IP-PBX.....	38
5.4.2.1	Tasa de bloqueo de llamadas.....	39
5.4.2.1.1	Cálculos con Erlang B.....	39
5.4.2.1.1.1	Erlang B.....	39
5.4.2.1.1.2	Erlang C.....	39
5.4.1.1	Ancho de Banda (VoIP).....	39
5.4.1.2	QoS (Calidad de Servicio) para VoIP.....	40
5.4.1.3	Comparación PBX Tradicional vs. IP-PBX.....	41
VI.	Conclusiones y recomendaciones.....	42
6.1	Conclusiones.....	42
6.2	Recomendaciones.....	43
	Bibliografía.....	44

Tabla de Ilustraciones

Tabla 1. Voip En El Modelo Osi.....	5
Tabla 2: Comparativa Entre Los Gigantes De Cloud Computing Empresarial	11
Tabla 3.Comparativa Entre 3cx, Asterisk Y Natterbox [4].	11
Tabla 4. Calidad De Servicio En Voip	18
Tabla 5. Preciario Para Pbx Panasonic Kx-Tda200	28
Tabla 6. Preciario Para Ip-Pbx (Virtual).....	30
Tabla 7. Costo De Llamadas Pbx Tradicional	31
Tabla 8. Costo De Llamadas Ip-Pbx.....	31
Tabla 9. Flujo De Caja Pbx Tradicional 2025-2029	32
Tabla 10. Flujo De Caja Ip-Pbx 2025-2029	32
Tabla 11.Cálculo Por Codec.....	40
Tabla 12. Comparación Pbx Tradicional Vs. Ip-Pbx.....	41

Lista De Figuras

Figura No 1. Amazon Web Services [5]	8
Figura No 2. Google Cloud Platform. [5]	10
Figura No 3. Asterisk En La Nube [7]	5
Figura No 4. Raspberry Pi 3b [12].....	14
Figura No 5. Diagrama De Funcionamiento	22
Figura No 6. Promedio De Latencia	41
Figura No 7. Promedio De Latencia	41

Lista De Anexo

Anexo 1. Tasa De Inflación De Nicaragua Periodo 2018-2025	47
Anexo 2. Pbx Panasonic Kx-Tda200.....	48
Anexo 3. Promedio De Llamadas.....	49
Anexo 4. Teléfono Panasonic Kx-T7630	50
Anexo 5. Requisitos De Instalación De Freepbx	51
Anexo 6. Instalación De Asterisk Server	51

I. Introducción

En un mundo cada vez más interconectado, donde la eficiencia y la innovación tecnológica son pilares fundamentales para el éxito empresarial, la migración de sistemas de comunicación tradicionales hacia soluciones basadas en la nube se ha convertido en un imperativo estratégico. Este trabajo monográfico aborda un caso de estudio emblemático: la transición exitosa de una PBX física a una IP-PBX virtual en la empresa CORE IMC, dedicada a la correduría de seguros en Nicaragua. A través de un análisis riguroso, se demostró no solo la factibilidad técnica y económica de esta migración, sino también su impacto en la mejora de los procesos de comunicación, la reducción de costos operativos.

La telefonía IP, respaldada por tecnologías de software libre como FreePBX y sistemas operativos robustos como Ubuntu Server 20.04 LTS ha revolucionado la forma en que las empresas gestionan sus comunicaciones. Al integrar voz, datos y video en una plataforma unificada, esta tecnología ofrece una escalabilidad sin precedentes y una reducción significativa en la dependencia de hardware físico.

En el caso de CORE IMC, esta migración representó un hito estratégico. La empresa, con una misión centrada en ofrecer servicios de seguros de alta calidad y una visión orientada a liderar el mercado nicaragüense, identificó en la IP-PBX virtual una oportunidad para modernizar su infraestructura de comunicaciones.

El estudio demostró que, además de ser viable técnica y económicamente, la implementación de esta solución permitirá a la empresa consolidar sus servicios de voz, mensajería instantánea y videoconferencias, al tiempo que redujo costos operativos y mejoró la eficiencia en la gestión de sus procesos clave, como la asesoría de seguros y el análisis de pólizas. A través del enfoque metodológico riguroso, se validó la viabilidad de utilizar herramientas de software libre en entornos cloud, demostrando que la combinación de FreePBX, Ubuntu Server y Microsoft Azure constituyen una solución robusta, económica y altamente eficiente.

II. Justificación

En el entorno empresarial actual, las pequeñas y medianas empresas (PYME) como CORE, una correduría de seguros, enfrentan el desafío de optimizar sus recursos tecnológicos para mantenerse competitivas y garantizar un crecimiento sostenible. La telefonía IP (VoIP) se ha convertido en una herramienta esencial para las empresas que buscan modernizar sus comunicaciones, reducir costos y mejorar la eficiencia operativa. En este contexto, la migración de una PBX física tradicional a una IP-PBX virtual basada en software libre y servicios en la nube representa una oportunidad estratégica para CORE, no solo para mejorar sus procesos internos, sino también para escalar sus operaciones de manera eficiente en el futuro.

El estudio de la factibilidad que se realizó podrá llevar a cabo una futura implementación de una IP-PBX virtual utilizando tecnologías de código abierto como Asterisk y FreePBX, la cual, junto a la infraestructura en la nube de Microsoft Azure, se justifica por las siguientes razones, especialmente considerando el perfil de CORE como una PYME en el sector de seguros con planes de crecimiento:

- ✓ Compatibilidad con el ecosistema tecnológico existente.
- ✓ Reducción de costos operativos y de mantenimiento.
- ✓ Escalabilidad para el crecimiento futuro.
- ✓ Mejora de la productividad y atención al cliente.
- ✓ Continuidad del negocio y redundancia.

El estudio de factibilidad de una IP-PBX virtual utilizando software libre y servicios en la nube para la empresa CORE IMC no solo responde a una necesidad tecnológica inmediata, sino que también sienta las bases para un crecimiento sostenible y competitivo. Esta propuesta se alinea con las tendencias actuales de transformación digital y ofrece una solución innovadora, escalable y eficiente que permitirá a CORE IMC optimizar sus comunicaciones, reducir costos y mejorar la experiencia de sus clientes, asegurando su éxito en el futuro.

III. Objetivos

3.1 Objetivo General

Realizar un estudio de factibilidad en una IP-PBX virtual usando software libre y servicios en la nube para la EMPRESA CORE IMC

3.2 Objetivos Específicos

- Hacer un análisis técnico-comparativo entre la PBX tradicional actual y la IP-PBX
- Elaborar un estudio económico donde se visualicen los costos y beneficios de la PBX tradicional actual vs la IP-PBX
- Evaluar el desempeño de una red IP-PBX virtual frente a una PBX tradicional, considerando el uso de ancho de banda y el análisis de tráfico mediante la fórmula de Erlang B, para determinar la solución más eficiente para la empresa.

IV. Marco Teórico Conceptual

4.1 VoIP

Lo que se conoce como Telefonía IP, telefonía sobre internet, voz sobre IP o VoIP se unifican en un solo concepto: un servicio que permite la transmisión de la voz utilizando la red de Internet. [1]

El termino IP es el nombre de la tecnología principal que utiliza Internet. Esta tecnología también la utilizan las redes locales de datos, como Ethernet o Wifi, por lo que VoIP puede ser empleada también para facilitar las comunicaciones internas de una empresa, como sustituto del sistema tradicional de centralitas.

4.1.1 Protocolos en VoIP (SIP, RTP, etc.)

- SIP: Es un protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet.
- IAX: Es un protocolo abierto de transporte, que utiliza el puerto UDP 4569 tanto para señalización de canal como para RTP (Protocolo de transporte en tiempo real).
- IAX2: Mejora de IAX.
- H.323: Es un protocolo que originalmente fue diseñado para el transporte de videoconferencia.
- MGCP: Inicialmente diseñado para simplificar en lo posible la comunicación con terminales como los teléfonos.
- SCCP: Es un protocolo propietario de Cisco.

4.1.2 Telefonía IP en arquitectura de Cloud Computing

Tabla 1. VoIP en el modelo OSI

Nivel OSI	Protocolos VoIP
7 Aplicación	Asterisk, Aplicaciones
6 Presentación	G.729, G.723, G.711, GSM
5 Sesión	H.323, MGCP, SIP, IAX
4 Transporte	RTP, TCP, UDP
3 Red	IP
2 Enlace	Frame Relay, ATM, Ethernet, PPP, MLP
1 Física	Ethernet, V.35, RS-232, xDSL

En la tabla 1 se muestra la relación entre el modelo OSI y los protocolos usados por VoIP [2].

La voz sobre IP está compuesta de diversos protocolos que envuelven varios niveles del modelo OSI. Principalmente abarca las capas de transporte, sesión, presentación y aplicación.

En la capa de transporte, la mayor parte de estos protocolos usa RTP/RTCP, siendo el primero un protocolo de media y el segundo un protocolo de control. Todos ellos utilizan UDP para transportar la voz.

En la capa de sesión entran los protocolos de voz sobre IP propiamente dichos, H.323, SIP, IAX, etc.

En la capa de presentación los Códecs definen el formato de presentación de voz con sus diferentes variaciones de compresión.

4.2 Fundamentos de Cloud Computing

4.2.1 La nube (cloud)

Es una red de servidores remotos conectados a internet la cual permite almacenar, administrar y procesar datos, servidores, bases de datos, redes y software esto da lugar a no tener que depender de un servicio físico instalado, ya que se tiene acceso a una

estructura donde el software y el hardware están virtualmente integrados.

Para hacer uso de la nube no es necesario disponer de un equipo potente, tan solo de un aparato con conexión a internet; esto debido a que el dispositivo del usuario no realizaría ningún proceso complejo y los ficheros puede guardarse en esta misma.

4.2.2 Características de la nube (escalabilidad, flexibilidad, etc)

- Es auto reparable: En caso de surgir un fallo, el último respaldo (Backup) de la aplicación se convierte automáticamente en la copia primaria y a partir de esta se genera uno nuevo.
- Es escalable: Se establece un nivel de servicios que crea nuevas instancias de acuerdo con la demanda de operaciones existente de tal forma que se reduzca el tiempo de espera y los cuellos de botella.
- Virtualización: El usuario es libre de usar la plataforma que desee en su terminal (Windows, Unix, Mac, etc.). Al utilizar las aplicaciones existentes en la nube puede estar seguro de que su trabajo conservara sus características bajo otra plataforma.
- Disponibilidad de la información: No se hace necesario guardar los documentos editados por el usuario en su computadora o en medios físicos propios ya que la información radicara en Internet permitiendo su acceso desde cualquier dispositivo conectado a la red (con autorización requerida). [2].

4.2.3 Tipos de nube (pública, privada, híbrida)

- Nube pública

Este contenido es administrado externamente por un tercero, el contenido de diferentes

clientes puede residir en el mismo servidor o sistema de almacenamiento. [3]

- Nubes privadas

En las nubes privadas, la plataforma se encuentra dentro de las instalaciones del usuario de esta y no suele ofrecer servicios a terceros. En general, una nube privada es una plataforma para la obtención solamente de hardware, es decir, máquinas, almacenamiento e infraestructura de red (IaaS), pero también se puede tener una nube privada que permita desplegar aplicaciones (PaaS) e incluso aplicaciones (SaaS)". [4]

- Nubes híbridas

Las nubes híbridas incluyen la combinación de aplicaciones locales con aplicaciones de nube pública. También se puede considerar como una aplicación separada complementada por la infraestructura y los servicios de computación en la nube. [4].

4.3 Plataformas de Cloud Computing

4.3.1 AWS (Amazon Web Services)

Amazon Web Services es una plataforma en la nube que ofrece más de 200 servicios integrales de centros de datos a nivel global. Millones de clientes, incluso las empresas emergentes que crecen más rápido, las compañías más grandes y los organismos gubernamentales líderes, usan AWS para reducir los costos, aumentar su agilidad e innovar de forma más rápida.



Figura No 1. Amazon web services [5]

AWS ofrece servicios, tales como, almacenamiento, recursos informáticos, aplicaciones móviles y bases de datos, servidores, seguridad informática, correo electrónico.

4.3.2 Amazon EC2

“EC2 es un servicio web que proporciona capacidad informática en la nube segura y de tamaño modificable. Está diseñado para simplificar el uso de la informática en la nube a escala web para los desarrolladores”. [5]

4.3.2 Microsoft Azure

Microsoft Azure es un proveedor de servicios en la nube, cuenta con más de 100 servicios distintos para ser accedidos a través de internet entre ellos máquinas virtuales, aplicaciones en la nube, aplicaciones WEB y Móvil, almacenamiento en la nube, bases de datos, internet de las cosas, Redes virtuales, estos cubren prácticamente cualquier necesidad para la nube o de cómputo. [6]

4.3.3 Características de Azure

- **Autoservicio bajo demanda:** Los usuarios pueden proveerse de cómputo en la nube sin requerir interacción humana o con el mismo proveedor (Microsoft).
- **Acceso ubicuo a la red:** Todo lo que podamos necesitar se encuentra en la red y accesible desde la red. Disponible desde cualquier dispositivo móvil, tableta, pc o equipo portátil por medio de estándares como HTML y HTTP.
- **Agrupación de recursos independientes de la posición:** Los recursos del proveedor se encuentran geográficamente agrupados para servir a múltiples consumidores de manera distribuida y bajo demanda.
- **Elasticidad rápida:** Las funcionalidades se proporcionan de manera rápida, incluso puede ser configurable para que crezca dependiendo el ambiente actual
- **Servicio medido:** El uso de todos los recursos se puede monitorizar, lo que proporciona transparencia tanto al que expone los servicios (proveedor) como a los que acceden a ellos (consumidores). [6]

4.4 Google Cloud Platform

Google Cloud Platform es una plataforma que ofrece más de 90 servicios de tecnología de la información (también llamados productos), que las empresas, los profesionales de TI y los desarrolladores pueden aprovechar para trabajar de forma más eficiente, ganar más flexibilidad y/o permitirles una ventaja estratégica.

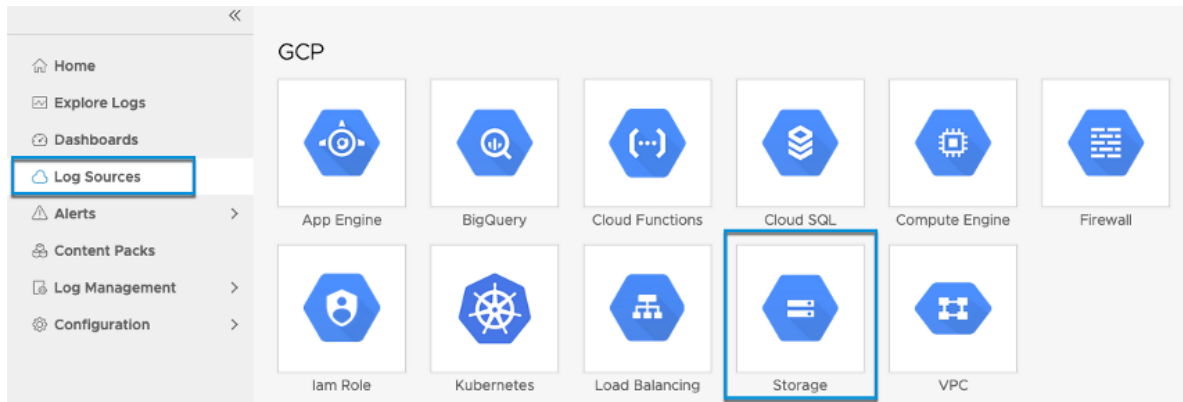


Figura No 2. Google Cloud Platform. [5]

4.4.1 Características de Google Platform

- Networking: Google ha rediseñado completamente la infraestructura de red desde la base para adaptarse a su escala incomparable. Tienen una red de fibra global, privada y de alta velocidad con protocolos de routing personalizados, hardware e incluso topología. [5]
- Almacenamiento: La parte de almacenamiento consta de Cloud Datastore (para guardar datos no relacionales NoSQL), Cloud SQL (para administrar bases de datos relacionales MySQL) y Cloud Storage (un servicio de almacenamiento duradero y de alta disponibilidad).
- Seguridad: los servicios de Google Cloud Platform se dividen en herramientas como Gestión de claves en la nube para la gestión de claves de cifrado simétricas y asimétricas, así como en los servicios de identificación, clasificación y protección de datos sensibles (Prevención de pérdida de datos en la nube).
- Cálculo: Google ha construido una infraestructura de centro de datos masiva diseñada para escalabilidad y tiempos de respuesta mínimos. Esto ha dado como resultado una oferta en la nube que puede procesar más de 100.000 eventos por segundo o manejar operaciones con un tamaño de

carga útil de eventos agregado total.

La siguiente tabla (tabla 2) sirve como punto de comparación para la empresa, ya que muestra los costes, backups, disponibilidad mundial, market place, soporte, tipos de servidores, tipos discos, otros servicios en la nube, seguridad, estabilidad y migración de servidores distintas de Amazon, Microsoft azure y Google platform.

Tabla 2: Comparativa entre los gigantes de cloud computing empresarial

	Amazon	Microsoft Azure	Google cloud Platform
Nacimiento de servicio	2006	2010	2011
Coste	Pago por hora o fracción. Descuentos en contrataciones de 1 o 3 años. Precio servidor pequeño: 39\$. Precio servidor mediano: 134\$	Pago por minutos No tiene opciones de ahorro Precio servidor pequeño: 43\$ Precio servidor mediano: 180\$	Pago por minutos. Descuentos proporcionales a las horas del consumo. Precio servidor pequeño: 35\$ Precio servidor mediano: 143\$
Backups	Realiza 3 copias en la misma zona geográfica. Posibilidad de replicar copias a otras zonas.	Realiza 3 copias en la misma zona geográfica. Posibilidad de replicar copias a otras zonas.	Por defecto realiza las copias en las zonas alrededor del mundo.
Disponibilidad mundial	11 centros de datos. 37 puntos de distribución de	11 centros de datos. 32 puntos de distribución de	4 centros de datos. 160 puntos de distribución de

	contenido.	contenido	contenido.
Marketplace	2400 aplicaciones	707 aplicaciones	160 aplicaciones
Soporte	<p>Soporte gratuito usando base de conocimientos.</p> <p>Contacto por email en horas de oficina: 49\$/mes</p> <p>Contacto en 24x7 con 1 hora de tiempo de respuesta.</p> <p>10% de la facturación (min. 100\$/mes.</p>	<p>Soporte gratuito usando base de conocimientos.</p> <p>Contacto por web: En 24x7, 8 horas de tiempo de respuesta.</p> <p>24.46\$/mes</p> <p>Contacto telefónico 24x7, 2 horas tiempo de respuesta</p> <p>256\$/mes.</p>	<p>Soporte gratuito usando base de conocimientos.</p> <p>4 horas de tiempo de respuesta</p> <p>150\$/mes.</p> <p>1 hora de tiempo de respuesta.</p> <p>9% de la facturación (min. 400 \$/mes).</p>
Tipos de discos	<p>Clásicos</p> <p>SSD</p> <p>Se pueden personalizar</p>	<p>Clásicos</p> <p>SSD</p> <p>No se pueden personalizar</p>	<p>Clásicos</p> <p>SSD</p> <p>Se pueden personalizar</p>
Otros servicios en la nube	<p>Almacenamiento</p> <p>Bases de datos</p> <p>DNS</p> <p>VDL</p>	<p>Almacenamiento</p> <p>Bases de datos</p> <p>Suite ofimática</p> <p>Correo electrónico</p>	<p>Almacenamiento</p> <p>Bases de datos</p> <p>Suite ofimática</p> <p>Correo electrónico</p> <p>Registro dominios y DNS</p>
Seguridad	20 certificaciones	25 certificaciones	6 certificaciones
Estabilidad	<p>99.95% disponibilidad mensual.</p> <p>Entre 99.95% y 99% penalización del 10%.</p>	<p>99.95% disponibilidad mensual.</p> <p>Entre 99.95% y 99%</p>	<p>99.95% disponibilidad mensual.</p> <p>Entre 99.95% y</p>

	Por debajo del 99% penalización del 30%.	penalización del 10%. Por debajo del 99% penalización del 25%.	99% penalización del 10%. Por debajo del 99% penalización del 25%. Por debajo del 99% penalización del 60%.
Migración de Servidores	Servidores VMware e Hyper-v.	Servidores VMware e Hyper-v.	Por el momento no soporta migraciones de servidores.

Adaptado de [4].

Durante la investigación la comparativa entre los gigantes de cloud computing empresarial, (Amazon, Microsoft Azure y Google cloud platform) facilitará la evaluación para seleccionar el servicio que mejor se adapte a la empresa según su costo beneficio, ya que cada uno ofrece un coste, backups, disponibilidad mundial, market place, soporte, tipos de servidores, tipos discos, otros servicios en la nube, seguridad, estabilidad y migración de servidores distintas.

Amazon inició en 2006, Microsoft Azure en 2010 y Google cloud platform en 2011, Amazon, el coste que posee es por hora o con descuento si se contrata de 1 a 3 años en cambio Microsoft Azure y Google cloud platform ambas son de pago por minuto.

Sus Backups, Amazon y Microsoft Azure realiza 3 copias en la misma zona geográfica y puede replicar copias a otras zonas. Google cloud platform realiza las copias en todas las plataformas del mundo, por defecto. La disponibilidad mundial que posee Amazon es de 11 centros de datos y 37 puntos de distribución de contenido. Por otro lado, la de Microsoft Azure es de 11 centros de datos y 32 puntos de distribución de contenido y Google cloud platform solo 4 centros de datos y 160 puntos de distribución de contenido.

En Marketplace Amazon posee 2400 aplicaciones, Microsoft Azure posee 707 aplicaciones y Google Cloud platform solo 160 aplicaciones. El Soporte de los 3 gigantes de cloud computing empresarial, es gratuito usando base de conocimientos, con la diferencia en el tiempo de respuesta. Amazon posee 53 tipos de servidores, Microsoft Azure solo 25 y por el contrario Google cloud platform únicamente 18. Los tipos de discos que utiliza Amazon y Google cloud platform son clásicos, SSD y se pueden personalizar la única diferencia es que los discos no se pueden personalizar en Microsoft Azure.

Entre otros servicios de la nube, los 3 cuentan con almacenamiento y bases de

datos, pero solo Microsoft Azure y Google Cloud Platform cuenta con Suite informática y Correo Electrónico. Registros dominios y DNS únicamente Google Cloud platform y DNS y VDL solo lo tiene Amazon. Cada uno cuenta con diferentes números de certificaciones iniciando con Amazon con 20 certificaciones a nivel de seguridad, Microsoft Azure con 25 y finalmente Google cloud platform con únicamente 6 certificaciones. Las 3 poseen una estabilidad de 99.95% disponible mensualmente y la migración de servidores que acepta Amazon son servidores VMware e Hyper-v, Microsoft Azure acepta solo servidores Hyper-V y por el contrario Google Cloud Platform no soporta migraciones de servidores.

Durante el desarrollo de la tesis se escogerá el mejor servicio basándose en diferentes parámetros como la accesibilidad, escalabilidad, tipos de servidores, Backup, estabilidad, seguridad y disponibilidad alrededor del mundo, el mejor precio y la calidad respectiva para la empresa CORE IMC.

4.5 Sistemas operativos y servidores

4.5.1 Ubuntu

Ubuntu es una distribución Linux basada en Debian GNU/Linux, que incluye principalmente software libre y código abierto. [5].

Este será el sistema operativo que estaremos usando para nuestro proyecto debido a:

- **Fácil de usar:** Al igual que Windows, instalarlo resulta bastante fácil y cualquier persona con conocimientos básicos puede configurar el sistema.
- **Software libre:** Gran parte de Ubuntu es totalmente gratis
- **Seguro y confiable:** No se necesita antivirus, los riesgos de malware asociados con Ubuntu son mínimos. Los métodos de protección de Firewall y virus

incorporado aseguran que estés protegido.

- **Pocos recursos:** Ubuntu no necesita los requisitos de sistemas de alta gama.
- **Compatibilidad mejorada, y controladores incluidos:** Con las nuevas versiones de Ubuntu se emplean con el último Kernel de Linux. Esto ayuda a funcionar con más cantidad de hardware antiguo y con los nuevos sistemas con los últimos chips.

4.5.2 Ubuntu 20.04 LTS

Esta es la versión de Ubuntu que estaremos usando, la ventaja de contar con una versión LTS de Ubuntu es el soporte que este presenta, a diferencia de las versiones corriente o intermedias que tienen un soporte por hasta 9 meses, las versiones LTS tienen un soporte hasta de 5 años y suelen ser las versiones más estables, por lo que a corto, mediano y largo plazo es más que suficiente. Además, puede utilizarse en computadores y servidores como es nuestro caso.

4.5.3 Ubuntu Server

Es una variante de Ubuntu que sale con cada versión y está dedicada especialmente para su uso en servidores. [5].

Es un Sistema Operativo sin entorno gráfico (aunque podemos instalarlo) lo que quiere decir que todas las acciones se realizan mediante consola, y normalmente ni si quiera a través del propio servidor, sino desde una conexión remota.

4.6 Soluciones de telefonía IP y PBX

4.6.1 FreePBX

Es un sistema de PBX open source con interfaz gráfica que permite a los clientes

configurar y mantener control de la solución basado en el sistema mencionado anteriormente Asterisk. Mientras esta plataforma realiza configuraciones de Asterisk, los clientes pueden trabajar solo la interfaz gráfica para configurar el sistema, o toda la solución que incluye el sistema operativo de base Linux, la base de sistema Asterisk y la interfaz gráfica de FreePBX, así como todas las dependencias necesarias. Mientras trabajar solo la parte de Asterisk puede requerir conocimientos técnicos para desarrollar un sistema completo o crear una interfaz gráfica, FreePBX es lo mejor de dos mundos. [6].

4.6.2 Instalación de FreePBX en Ubuntu 20.04

Se realizó una instalación de FreePBX en Ubuntu debido que se busca obtener una solución robusta y flexible para gestionar el sistema de telefonía IP, enumeraremos 7 razones del porque nos beneficia:

- ✓ **Gestión Centralizada de Comunicaciones:** Simplifica la administración de sistemas de telefonía, incluso si no se posee conocimientos avanzados en telecomunicaciones.
- ✓ **Compatibilidad con múltiples proveedores de VoIP:** Puede configurar múltiples proveedores para redundancia u optimizar costos.
- ✓ **Escalabilidad:** Soporta desde muy pocas extensiones hasta las que se deseen.
- ✓ **Comunidad y Soporte:** Ofrece soporte comercial si se necesita asistencia profesional.
- ✓ **Costos Reducidos:** FreePBX al ser de código abierto y gratuito junto con Ubuntu 20.04 reduce significativamente los costos en comparación a soluciones propietarias, obteniendo una solución completa sin licencias costosas.
- ✓ **Integración con Asterisk:** FreePBX está construido con Asterisk, esto da acceso a todas las funciones de Asterisk, pero con una interfaz

más amigable.

- ✓ **Seguridad:** FreePBX incluye herramientas para proteger el sistema de telefonía, como firewalls, autenticación y cifrado de llamadas, en conjunto con Ubuntu 20.04, el cual es una plataforma estable y segura, lo que garantiza un entorno confiable para la PBX. [6].

4.6.3 Asterisk

Asterisk es un programa de software libre [ver figura 4], bajo Licencia Pública General de GNU (General Public License) que permite a los usuarios utilizar, copiar, estudiar, compartir y modificar el software, e incluso publicar las mejoras. Este programa proporciona las funcionalidades de una central telefónica (PBX). [7]



Figura No 3. Asterisk en la nube [7]

4.6.4 Características de Asterisk

- **Posibilidad de integración con el sistema de telefonía analógica:** Al ser una centralita mixta, es compatible tanto con líneas de telefonía tradicional como con telefonía IP. [7]
- **Soporta cualquier protocolo estándar:** SIP (Session Initiation Protocol),

H.323 – MGCP (Media Gateway Control Protocol), IAX2 (Inter-Asterisk eXchange) o SCCP (Cisco Skinny)

- **Soporte de todos los códecs estándar:** ADPCM, G.711, G.723.1, G.726, G.729A/B (Con licencia), GSM, ILBC, LineaR, LPC-10 o Speex.
- **Flexibilidad:** El software está pensado para que pueda funcionar por módulos, por lo que cada empresa puede personalizarlo, según sus necesidades, y a medida que estas varíen e ir implementando otras funcionalidades.
- **Sencillez de uso:** Admite Interfaces de integración, como FreePBX para Asterisk, que es una aplicación diseñada específicamente para Asterisk. Esta hace que el manejo de Asterisk sea mucho más fácil, ya que la utilización del software, sin este tipo de complementos, es bastante complicada. [7]

4.6.4.1 Beneficios de Asterisk

- **Buzón de voz:** Las llamadas que no pueden ser atendidas en un momento dado, pasan al buzón de voz, e incluso permite utilizar el correo de voz para email. Además, se puede configurar Asterisk, para crear varios buzones de voz, dependiendo de las necesidades de cada compañía.
- **Llamada en espera:** Podemos indicarle al emisor de la llamada que el teléfono está ocupado, o amenizarle la espera con música.
- **Marcación directa desde una aplicación:** para emitir una llamada, no es necesario marcar el número, se puede realizar directamente clicando en el teléfono que nos aparezca en un programa de gestión de contactos, o de correo electrónico o también desde una página web.
- **Trasferencias de llamadas:** A través de Asterisk se puede transferir llamadas a cualquier softphone de la empresa.

4.7 Softphone

4.7.1 3CX

“La central telefónica 3CX es una central telefónica que reemplaza en su totalidad a una central telefónica convencional y que funciona bajo sistemas operativo Windows, Linux, entregando la posibilidad de usar el equipo como servidor y para labores ofimáticas”. [8]

Esta central telefónica podrá ser usada como alternativa a la propuesta principal la cual es “FreePBX” si así se desea.

4.7.1.1 Características de 3CX

Estándar

- Recepcionista Digital, Colas de llamadas y Grupos de llamadas.
- Servidor de fax y servidor de conferencia.
- Buzón de voz, mensajería instantánea y comunicaciones unificadas.
- 3CX WebMeeting a través de WebRTC (10 participantes).
- 3CX Phone cliente, CTI y TAPI.

Profesional

- Características profesionales de Call Center.
- Reportes avanzados.
- Todos los módulos CRM.
- 3CX WebMeeting a través de WebRTC (25 participantes).

4.8 Beneficios de 3CX

- **Más fácil de administrar:**

La Central Telefónica 3CX tiene una interfaz de configuración basada en Web, muy simple de utilizar, permitiendo mantener y adecuar fácilmente la central telefónica. Las centrales telefónicas propietarias normalmente tienen interfaces complicadas, las cuales están diseñadas para que solamente instaladores entrenados de la propia

central telefónica puedan usarlas efectivamente. [8]

- **Reducción en el costo de llamadas:**

Se puede ahorrar sustancialmente al utilizar un proveedor de servicio VOIP, para llamadas internacionales y de larga distancia, conectar fácilmente sistemas entre oficinas/sucursales o trabajadores remotos a través de Internet o una red WAN y realizar llamadas telefónicas gratuitas.

No hay necesidad de cableado telefónico separado, por lo cual utiliza la red de computadores. Un sistema telefónico VOIP permite conectar teléfonos basados en hardware directamente a un puerto estándar de la red de computadores (el cual puede compartir con el computador adyacente). Teléfonos basados en software pueden ser instalados directamente en la PC. Esto significa que no se necesita instalar o mantener un cableado de red separado destinado para el sistema telefónico, brindándole mucha más flexibilidad para agregar usuarios / extensiones. Si se está moviendo a una oficina y el cableado telefónico no está instalado todavía, entonces se puede ahorrar significativamente al solo instalar la red de computadores. [8]

- **Sin dependencia de proveedor:**

Un sistema telefónico VOIP está basado en estándar abierto. Todas las centrales telefónicas IP modernas utilizan SIP como protocolo. Esto significa que se puede utilizar casi cualquier teléfono SIP VOIP. En contraste, una central propietaria normalmente requiere teléfonos propietarios, diseñados específicamente para la central propietaria y sus módulos de expansión, para agregar opciones y líneas. [9]

- **Escalable:**

Los sistemas propietarios no permiten incrementar su capacidad con facilidad. El agregar más líneas telefónicas o extensiones, requiere normalmente actualizaciones de hardware costosas. En algunos casos, se necesita un nuevo

sistema telefónico completo. Esto no sucede con la central telefónica VOIP. Una computadora estándar puede manejar fácilmente un gran número de líneas telefónicas y extensiones. Solo agregue más líneas a su red para expandir y listo.

- **Mejor servicio al cliente y productividad:**

Debido a que las llamadas están basadas en una computadora, es más fácil para los programadores la integración con aplicaciones de negocios. Por ejemplo, una llamada entrante puede mostrar automáticamente el registro con los datos del cliente que está llamando, mejorando dramáticamente el servicio al cliente y reduciendo costos al mismo tiempo.

- Teletrabajo/Usó remoto a través de teléfonos inteligentes

Utilizando el 3CXPhone para Windows, Android e iPhone, los usuarios pueden utilizar sus extensiones, y realizar y recibir llamadas utilizando la central telefónica 3CX de la empresa, desde cualquier lugar utilizando su teléfono inteligente o computadora portátil. [8]

4.8.1 Natterbox

Natterbox es una solución de voz experta para Salesforce, con integración de telefonía nativa que ayuda a las organizaciones a personalizar la experiencia del cliente a escala, a aumentar las ventas y la eficiencia del servicio y a obtener una visibilidad completa de las operaciones. [9]

4.8.1.1 Ventajas de Natterbox

- Soporte 24/7
- Fácil de manejar y sencillo, no necesita teléfonos, hardware ni software, solo una computadora con auriculares.
- El sistema es escalable de 1 a más de 10 000 usuarios;
- Es flexible, acepta llamadas en cualquier lugar tras iniciar sesión en Salesforce.

4.8.1.2 Características de Naterbox

- Acceso móvil
- Conexión SIP
- Creación de informes/análisis
- Desvío de llamadas
- Enrutamiento de llamadas
- Extensiones virtuales
- Alertas y notificaciones

4.9 Zoiper

Es una aplicación que facilita que las computadoras y los equipos móviles que se conecten al servidor Asterisk, mediante una red de internet, la dirección IP, el número de la extensión que se le asigna en el “sip.conf” y la contraseña asignada para cada extensión. Se debe tener en cuenta que para el funcionamiento correcta de la aplicación se necesita configurar una IP estática ya que esta nos va a permitir que no se corrompa la conexión automática con la central telefónica privada (PBX) [10]

4.9.1 Ventajas de Zoiper

- Integración con la agenda del programa de gestión
- Incluye Click to Call
- Recepción automática de llamadas
- Copiar y pegar números
- Grabación de llamadas
- Mejora de sonido

4.10 Comparativa entre 3CX, Asterisk y Natterbox

Tabla 3. Comparativa entre 3CX, Asterisk y Natterbox [4].

3CX	ASTERISK	NATTERBOX
Plataformas Compatibles	Plataformas Compatibles	Plataformas Compatibles
Web	Web	Web
iPhone	iPhone	iPhone
Android	Android	Android
Windows		Windows
Opciones de asistencia	Opciones de asistencia	Opciones de asistencia
E-mail/Help Desk	E-mail/Help Desk	E-mail/Help Desk
Preguntas frecuentes/foro	Preguntas frecuentes/foro	Preguntas frecuentes/foro
Base de conocimientos	Base de conocimientos	Base de conocimientos
Asistencia telefónica	Asistencia telefónica	Asistencia telefónica
Chat	Asistencia 24/7	Asistencia 24/7
	Chat	Chat
Precio	Precio	Precio
A partir de USD 285.00/mes	A partir de USD 595.00/mes	A partir de USD 52.00/mes
Versión gratuita	Versión gratuita	
Prueba gratis	Prueba gratis	Prueba gratis
Suscripción		Suscripción
Funciones		
Total de funcionalidades 113	Total de funcionalidades 29	Total de funcionalidades 95
API	API	API
Acceso móvil	Acceso móvil	Acceso móvil
Actualizaciones en tiempo real		Actualizaciones en tiempo real
Alertas y alzada		Alertas y alzada
Alertas y notificaciones		Alertas y notificaciones
Análisis en tiempo real		Análisis de campañas
Archivo y conservación		Análisis en tiempo real

En la tabla 3 se muestra que 3CX, Asterisk y Natterbox, todos son softwares los cuales integran telefonía, llamadas o aplicaciones de comunicación con multifuncionalidades.

Tienen compatibilidad en plataformas como Web, iPhone, Android y Windows a excepción de Asterisk que no es compatible con Windows y cuentan con opciones de asistencia tales como E-mail/Help Desk, Preguntas frecuentes/foro, Base de conocimientos, asistencia telefónica, Asistencia 24/7 (3CX no cuenta con esta) y Chat, facilitando al usuario la capacidad de gestionar problemas.

Entre las diferencias notable son los precios por cada programa informático, 3CX tiene versión gratuita, prueba gratis y suscripción por un precio de \$285 mensuales, Asterisk posee un precio de \$595 y no necesita suscripción por lo que es un pago único con versión gratuita y prueba gratis para su uso y Natterbox tiene un precio de \$52 mensuales y esto a través de su suscripción, no posee versión gratuita, pero si prueba gratis.

Entre las funciones se encuentra API, Acceso móvil, Actualizaciones en tiempo real, Alertas y alzada, Alertas y notificaciones, Análisis de campañas, Análisis en tiempo real, Archivo y conservación, Archivos de audio y video bidireccionales y arrastrar y soltar. 3CX se destaca por poseer más funciones que los demás sin embargo no posee análisis de campaña, Asterisk por su parte solo consta de API y Acceso móvil y Natterbox no dispone de Archivo y conservación ni Archivos de audio y video bidireccionales ni arrastrar y soltar. Durante la tesis se estudiará el que más se adapte.

4.11 Hardware y proyectos prácticos

4.11.1 Hardware y software

El enfoque de este protocolo abre paso al uso del hardware, por lo que es necesario hacer saber en qué consiste y que contiene.

“Incluye a las tecnologías digitales necesarias para unir a cada uno de los nodos de Internet, pero también para almacenar la información circulante” [11]

4.11.2 Raspberry (uso en proyectos de VoIP)

Es una computadora de placa reducida (SBC) de bajo coste desarrollado en el Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation [ver figura 5]. El diseño se centra en un solo microprocesador con la RAM, E/S y todas las demás características de una computadora funcional en una sola tarjeta. [12]

La Raspberry Pi 3 incluye el módulo Wifi CYW43438 que está bajo el estándar 2.4 GHz WLAN IEEE 802.11 b/g/n que nos brinda una velocidad de transferencia de datos sin procesar de hasta 200 Mbps a una frecuencia de bus de 50 MHz.

Se usará una Raspberry Pi como un ordenador de bajo costo, el cual tiene la ventaja de presentar un bajo consumo de potencia, para la realización de pruebas pilotos de manera local ya que funcionará para mostrar el procedimiento, y los resultados, de una evaluación de rendimiento realizada a un servidor de telefonía IP, el cual tiene la funcionalidad de un PBX IP, usando como plataforma una tarjeta Raspberry pi. Dicha evaluación tiene como finalidad determinar las características de desempeño básicas.

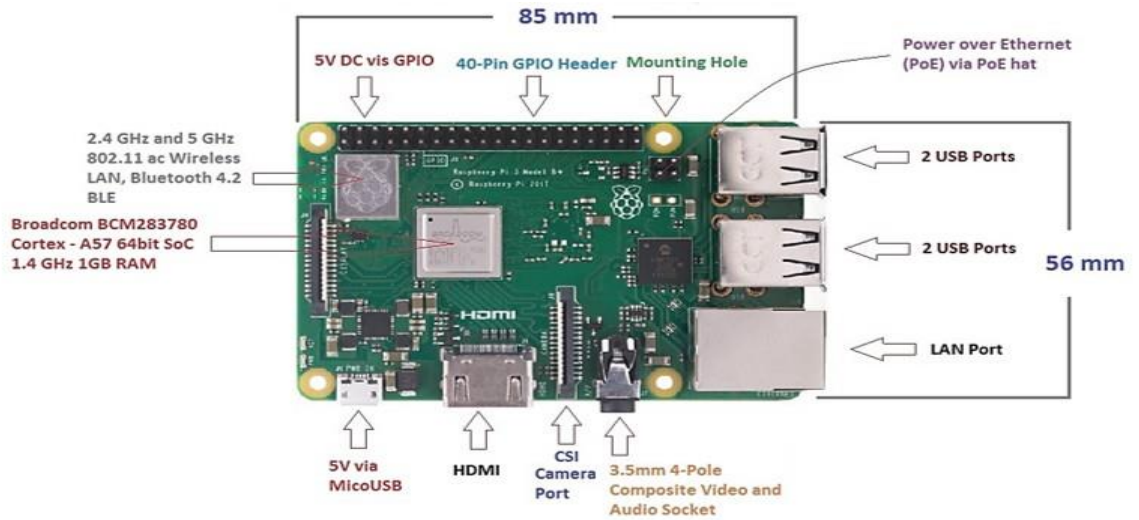


Figura No 4. Raspberry pi 3B [12]

4.11.3 Debian 10

Este es el sistema operativo open source que usaremos para realizar pruebas pilotos de FreePBX.

“Debian es una distribución GNU/Linux, es un sistema operativo completo, incluyendo el software y los sistemas para su instalación y gestión, todo ello basado en el núcleo Linux y software libre” [13]

4.12 Estudio económico

“Es el ordenamiento y sistematización de la información de carácter monetario y elaboración de los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica.” [26]

Comienza con la determinación de los costos totales y de la inversión inicial a partir de los estudios de ingeniería, ya que estos costos dependen de la tecnología seleccionada. Continúa con la determinación de la depreciación y amortización de toda la inversión inicial.

4.12.1 Factibilidad económica

“La factibilidad económica de un proyecto se refiere a determinar si la empresa cuenta con el capital o créditos de financiamiento necesarios para invertir en el desarrollo del proyecto, el cual deberá probar que sus beneficios son mayores a los costos en los que se incurrirá al desarrollarlo e implementarlo por parte de la empresa.” [26]

4.12.2 Factores Económicos Locales

4.12.2.1 Tasa de Inflación en Nicaragua

La tasa de inflación en Nicaragua se estima en alrededor del 3.54 % al 4.20 % para 2025 [27] (ver Anexo 1, Gráfica de inflación, periodo 2018-2025).

4.12.2.2 Tasa mínima aceptable de retorno (TMAR)

La Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) es la tasa de descuento que representa el rendimiento mínimo aceptable que un inversionista espera obtener

de un proyecto, considerando el costo de oportunidad del capital, la inflación y el riesgo asociado a la inversión [26].

En otras palabras, es el umbral por debajo del cual un proyecto se considera financieramente inviable. Si la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es mayor que la TMAR, el proyecto se acepta; si es menor, se rechaza.

La TMAR suele definirse como la suma de: Tasa libre de riesgo + inflación + devaluación del córdoba + Riesgo del país + Riesgo del proyecto.

$$\text{TMAR} = 5.00\% + 4.25\% + 3.50\% + 5.00\% + 4.25\% = 22.00\%$$

La Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) utilizada en este análisis se estimó en 22.00 %, resultado de la suma de distintos factores de riesgo y rendimiento exigido. Se considera la tasa libre de riesgo internacional (bonos del Tesoro de EE. UU.), ajustada por inflación interna, devaluación esperada del córdoba, riesgo país en moneda local, y una prima adicional por el riesgo del proyecto. Esta TMAR representa el retorno mínimo que justifica la inversión en una solución IP-PBX en Nicaragua.

4.12.3 VPN O VAN

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

VPN > 0: la inversión produciría ganancias, por lo cual el proyecto podría aceptarse.

VPN < 0: el proyecto no produciría ganancia, por tanto, el mismo debería rechazarse.

VPN = 0: la inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas, por lo que la decisión debería basarse en otros criterios y factores, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado.

$$VPN = -P + \sum_{t=1}^3 \frac{FNE_t}{(1+i)^3}$$

4.12.4 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. [27]

TIR > TMAR: el rendimiento supera al costo del capital invertido, por lo tanto el proyecto es rentable.

TIR < TMAR: el rendimiento no alcanza a cubrir el costo del capital invertido, por lo tanto el proyecto no es rentable.

TIR = TMAR: se cubre exactamente el capital invertido, por lo tanto el proyecto es indiferente desde el punto de vista de rendimiento.

$$0 = -Inversión\ inicial + \sum_1^n \frac{Flujo\ de\ efectivo\ neto\ en\ el\ año\ t}{(1 + TIR)^t}$$

4.13 Desempeño de la red

4.13.1 Modelado de Tráfico Telefónico (Erlangs)

El Erlang es la unidad estándar de intensidad de tráfico telefónico, donde 1 Erlang equivale a una llamada que ocupa un canal continuamente durante una hora. [29]

El cálculo considera

Tasa de llegada de llamadas (λ)

Duración promedio (T)

Fórmula:

$$A = \lambda * T$$

Fundamentos

Erlang B: Modela sistemas con pérdida de llamadas (sin colas), usado en PBX tradicionales con recursos limitados.

Erlang C: Incluye colas de espera, aplicable a IP-PBX modernas.

4.13.2 Probabilidad de Bloqueo (Erlang B)

Calcula la probabilidad de que una llamada no pueda ser atendida por falta de canales disponibles. [29]

Aplicación Práctica

Esencial para dimensionar líneas troncales en PBX convencionales

4.13.3 Ancho de banda

El ancho de banda también se utiliza para caracterizar un sistema. Un sistema puede ser tan simple como un filtro paso bajo o un amplificador, o tan complejo como un enlace de comunicación satelital completo. [30]

4.13.4 Calidad de Servicio (QoS) en VoIP

La calidad de servicio (QoS), ofrecido por una red de datos es importante, ya que tiene relación directa con la cantidad de información que se puede transmitir, el tiempo que tarda en llegar a su destino y las variaciones en estos retardos. [31]

Parámetros críticos:

Tabla 4. calidad de servicio en voip

Métrica	Umbral Óptimo	Impacto
Latencia	<150 ms	Percepción de conversación natural

Packet Loss	<1%	Previene distorsiones
-------------	-----	-----------------------

La latencia mide el retraso de un sistema. La latencia de red es el tiempo que tardan los datos en viajar de un punto a otro a través de una red. Una red con una latencia alta tendrá tiempos de respuesta más lentos, mientras que una red con una latencia baja tendrá tiempos de respuesta más rápidos.

V. Análisis y presentación de Resultados.

5.1 Metodología y desarrollo del tema.

5.1.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se enmarca dentro del tipo de investigación aplicada, dado que tiene como finalidad principal brindar una solución concreta a la necesidad de evaluar alternativas tecnológicas en el sistema de comunicación empresarial de CORE IMC. El estudio se orienta a la generación de conocimiento útil y directamente aprovechable para la toma de decisiones tecnológicas, específicamente mediante un estudio de factibilidad de una solución IP-PBX virtual en comparación con la PBX tradicional. Asimismo, la investigación adopta un enfoque descriptivo y correlacional, ya que propone describir las características técnicas y financieras de ambas soluciones y analizar la relación entre su desempeño funcional y los costos de implementación y operación.

5.1.2 Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó mediante técnicas mixtas que permitieron obtener información cuantitativa y cualitativa para la evaluación comparativa entre la PBX tradicional y la solución IP-PBX virtual.

- **Datos primarios:** Se recopiló información operativa y financiera directamente proporcionada por la empresa CORE IMC, incluyendo parámetros de tráfico telefónico, costos de operación, consumo energético y mantenimiento asociado a la PBX Panasonic KX-TDA200.
- **Datos secundarios:** Se consultaron fuentes documentales especializadas en telefonía IP, VoIP, modelos de tráfico telefónico, protocolos de señalización y plataformas de nube pública (Azure). Adicionalmente, se

revisaron manuales técnicos, artículos científicos y reportes técnicos sobre FreePBX y arquitecturas IP-PBX.

- **Cálculos técnicos:** Se aplicaron modelos matemáticos como Erlang B para la estimación del tráfico y bloqueo de llamadas, así como análisis de requerimientos de ancho de banda en función del códec y la cantidad de llamadas simultáneas esperadas.

5.1.3 Diagrama funcional

El diagrama funcional de este sistema consta de 1 computador el cual será el encargado de administrar todas las funciones de la PBX, 2 celulares por medio de los cuales se podrá acceder a la PBX más cómodamente, 1 switch que es el que interconecta todos los equipos al router y luego a internet.

Todos los procesos y acciones realizadas para comunicarse por medio de la PBX virtual se encontraran alojados en la nube, esto dentro de un servidor (Ubuntu SERVER) el cual es el encargado de almacenar la PBX y así administrar de mejor manera los recursos usados en la nube, por último tenemos a la PBX quien podrá ser accesible a ella por medio de internet en la nube, pudiendo de esta manera conectarnos a ella sin invertir en algún tipo de infraestructura física o comprar algún equipo para poder operarla, cabe aclarar que gracias a que se encuentra en la nube y está debidamente configurada podemos acceder a ella desde cualquier parte del mundo sin tener que preocuparnos por la seguridad e integridad de la misma.

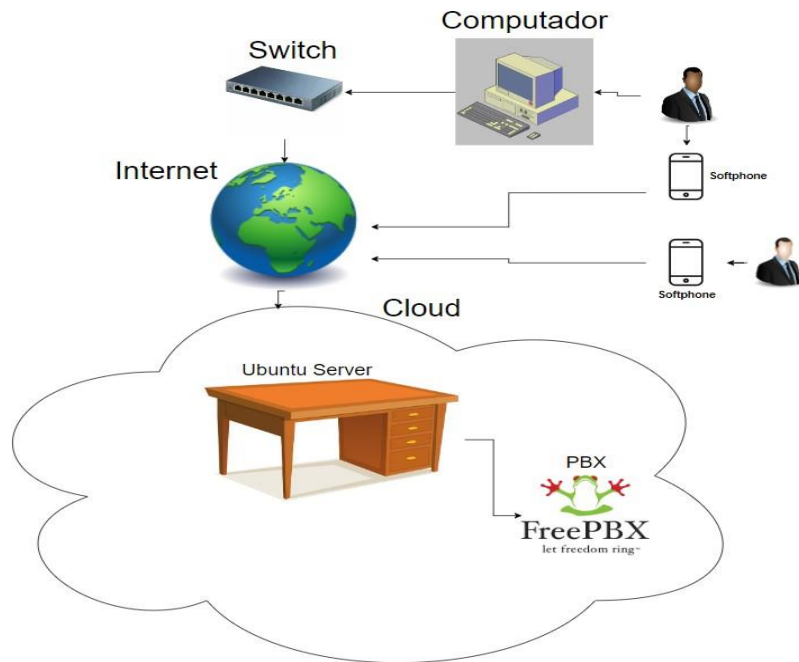


Figura No 5. Diagrama de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Análisis Técnico

Se abordó un análisis exhaustivo de los aspectos técnicos relacionados con la implementación y operación de ambas soluciones:

- **Movilidad y Teletrabajo:** Se evaluó la capacidad de la IP-PBX para soportar extensiones remotas mediante VPNs y acceso mediante softphones, garantizando continuidad y flexibilidad en la comunicación.
- **Arquitectura y Tecnología:** Se contrastaron las arquitecturas física y lógica, analizando la modularidad, dependencia de hardware, y compatibilidad con protocolos estándar de comunicación.
- **Seguridad y Confiabilidad:** Se analizaron mecanismos de cifrado (TLS, SRTP), autenticación, resistencia a ataques DoS y redundancia de servicios para asegurar la integridad y disponibilidad.
- **Escalabilidad e Integridad:** Se estimó la capacidad para ampliación de usuarios y volumen de llamadas, además del mantenimiento de la calidad del

servicio bajo diferentes escenarios de carga.

5.1.5 Estudio Económico

Se llevó a cabo un análisis financiero que consideró tanto costos de inversión como costos operativos para determinar la viabilidad económica del proyecto:

- **Flujo de efectivo:** Se elaboraron proyecciones de ingresos y egresos asociados a la implementación y operación de la solución IP-PBX virtual, incluyendo inversión inicial, costos recurrentes de mantenimiento, suscripción a servicios en la nube y ahorro esperado por reducción en llamadas tradicionales. Este flujo permitió determinar la viabilidad financiera del proyecto a lo largo de un período de cinco años.
- **Costo de llamadas:** Se calculó el costo mensual y anual asociado a las llamadas realizadas por la empresa, diferenciando entre llamadas internas, nacionales y de larga distancia. Se consideraron tarifas vigentes y posibles planes VoIP, evaluando su impacto en el gasto operativo total.
- **Preciario:** Se elaboró un Preciario detallado que incluye la inversión en hardware (en caso de ser necesaria alguna adquisición), licencias de software, costos de suscripción en la plataforma Azure, gastos en capacitación y soporte técnico. Además, se registraron costos comparativos de la PBX tradicional, permitiendo un análisis diferencial que sustentó la decisión de migración.
- **Indicadores financieros:** Se calcularon la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) descontando los flujos futuros a la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR), incorporando factores de inflación y riesgo país. También se realizaron análisis de sensibilidad para evaluar la robustez financiera ante variaciones en costos o ingresos.

5.1.6 Evaluación de Desempeño

Se implementó una evaluación técnica orientada a la calidad del servicio (QoS) y a los requerimientos de infraestructura:

- Se estimó el ancho de banda necesario para la transmisión simultánea de llamadas VoIP con codecs seleccionados (G.711, G.729), considerando overhead de señalización y protocolos.
- Se aplicó el modelo Erlang B para calcular el nivel de bloqueo y la capacidad requerida para manejar el tráfico proyectado, garantizando un porcentaje aceptable de llamadas bloqueadas (<1%).
- Se evaluaron métricas de latencia, jitter y pérdida de paquetes mediante simulaciones y análisis de red, identificando limitaciones y posibles mitigaciones para asegurar un desempeño óptimo.

5.2 Resultados

5.2.1 Análisis técnico-comparativo

El análisis se basa en una revisión técnica de las características, costos, escalabilidad y funcionalidades de la PBX Panasonic KX-TDA200 (la solución en uso) vs la IP-PBX en Azure (la solución propuesta). Se utilizaron fuentes primarias (entrevistas con el personal de CORE) y secundarias (documentación técnica, artículos académicos y casos de estudio).

5.2.2 Arquitectura y Tecnología

- PBX Panasonic KX-TDA200:
 - i. Sistema basado en hardware propietario con tecnología TDM.
 - ii. Limitado a conexiones analógicas y digitales, sin soporte nativo para VoIP.
 - iii. Requiere inversión en tarjetas de expansión para aumentar capacidades.
- IP-PBX Virtual en Azure:
 - i. Sistema basado en software, virtualizado y altamente flexible.
 - ii. Utiliza tecnología VoIP, lo que permite integración con servicios modernos.
 - iii. No depende de hardware físico, lo que reduce costos iniciales y facilita la escalabilidad.

La IP-PBX en Azure representa una evolución tecnológica frente a la PBX tradicional, ofreciendo mayor adaptabilidad a las necesidades actuales.

5.2.3 Escalabilidad

- PBX Panasonic KX-TDA200:
 - i. Escalabilidad limitada por el hardware. CORE debe adquirir tarjetas

adicionales para expandir el sistema.

- ii. Máximo de 192 extensiones, lo que puede ser insuficiente para empresas en crecimiento.
- IP-PBX Virtual en Azure:
 - i. Escalabilidad ilimitada gracias a la infraestructura en la nube.
 - ii. Capacidad para agregar extensiones y troncales de forma dinámica, sin necesidad de hardware adicional.

La IP-PBX en Azure es ideal para CORE que buscan crecer sin incurrir en costos elevados por expansión de infraestructura.

La IP-PBX en Azure ofrece un modelo de costos más flexible y adaptado a las necesidades financieras de CORE.

5.2.4 Integridad y Funcionalidades

- PBX Panasonic KX-TDA200:
 - i. Funcionalidades básicas de telefonía (transferencia de llamadas, buzones de voz).
 - ii. Limitada integración con herramientas modernas (CRM, ERP, etc).
- IP-PBX Virtual en Azure:
 - i. Funcionalidades avanzadas (videoconferencias, integración con CRM, chat).
 - ii. Soporte para dispositivos VoIP y aplicaciones móviles.
 - iii. Facilidad para integrarse con otros servicios en la nube.

La IP-PBX en Azure permite a CORE modernizar sus operaciones y mejorar la productividad.

5.2.5 Movilidad y Teletrabajo

- PBX Panasonic KX-TDA200:
 - i. Limitado soporte para teletrabajo. Los empleados deben estar físicamente en la oficina para usar las extensiones.

- ii. Dificultad para adaptarse a entornos de trabajo remoto.
- IP-PBX Virtual en Azure:
 - i. Soporte nativo para teletrabajo. Los empleados pueden conectarse desde cualquier lugar con acceso a Internet.
 - ii. Compatibilidad con softphones y aplicaciones móviles.

La IP-PBX en Azure es una solución ideal para CORE los cuales adoptan modelos de trabajo híbrido o remoto.

5.2.6 Seguridad y Confiabilidad

- PBX Panasonic KX-TDA200:
 - i. Menos expuesta a ciber amenazas, pero vulnerable si se conecta a una red IP sin protección.
 - ii. Dependencia de hardware físico para la redundancia.
- IP-PBX Virtual en Azure:
 - i. Protección avanzada mediante herramientas de seguridad de Azure (firewalls, cifrado, monitoreo).
 - ii. Alta disponibilidad y redundancia integrada en la nube.

La IP-PBX en Azure ofrece un nivel de seguridad y confiabilidad superior, siempre que se configure adecuadamente.

5.3 Análisis económico

5.3.1 Análisis de costos

"El análisis económico de VAN y TIR se basa en una inversión inicial proyectada para un escenario más robusto, lo que permite evaluar el comportamiento a largo plazo de la IP-PBX Virtual en términos de rentabilidad. Sin embargo, el precionario refleja los costos reales de implementación, los cuales son más bajos, lo que facilita la implementación inicial de la solución.

Tabla 5. Precionario para PBX Panasonic KX-TDA200

Precionario para PBX Panasonic KX-TDA200			
Ítem	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Central telefónica Panasonic KX-TDA200	1 (pago único)	74,140	C\$74,140.00
Tarjetas	2 (pago único)	7,414	C\$14,828.00
Licencias x extensiones	8 (pago único)	741	C\$5,931.20
Licencias x llamadas simultaneas	3 (pago único)	1,854	C\$5,560.50
Teléfonos analógicos	5 (pago único)	3,707	C\$18,535.00
Teléfonos digitales	3 (pago único)	7,414	C\$22,242.00

Cableado y accesorios	1 (pago único)	7,414	C\$7,414.00
Instalación y configuración	1 (pago único)	11,121	C\$11,121.00
Electricidad (0.15kWh) / (24kWh-mes)	12 (mensual)	185	C\$2,224.20
Actualizaciones de software	1 (anual)	3,707	C\$3,707.00
Mantenimiento	1 (anual)	5,561	C\$5,560.50
Total PBX Tradicional			C\$171,263.40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Preciario para IP-PBX (Virtual)

Preciario para IP-PBX (Virtual)			
Ítem	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Configuración Inicial y Migración	1 (pago único)	C\$11,121.00	C\$11,121.00
Azure	12 (Mensual)	C\$1,824.59	C\$21,895.02
Dominio personalizado	1 (anual)	C\$556.05	C\$556.05
Mantenimiento	1 (anual)	C\$3,707.00	C\$3,707.00
Total IP-PBX Virtual			C\$37,279.07

Fuente: Elaboración propia.

- PBX Tradicional (Panasonic KX-TDA200): C\$171,263.40 (alto costo por hardware, licencias, instalación y cableado).
- IP-PBX Virtual: C\$37,279.07 (costos bajos en infraestructura, migración y servicios en la nube como Azure).

5.3.1.1 Costo de llamadas

Se analizó la diferencia del costo de llamadas para una PBX tradicional y una IP PBX, según precios de la compañía Claro Nicaragua para obtener el ahorro de llamadas, en ambos se incluye el plan de internet y su mantenimiento.

Tabla 7. Costo de llamadas PBX tradicional

Rubro	Costo Mensual (C\$)	Costo Anual (C\$)
Plan Triple Play (Internet + TV + 100 min fijos)	C\$1,319.00	C\$15,828.00
Llamadas a móviles (200 min/mes x C\$ 3.50/min)	C\$700.00	C\$8,400.00
Líneas adicionales (3 extensiones x C\$ 150/mes)	C\$450.00	C\$5,400.00
Mantenimiento PBX (cableado, reparaciones)	C\$463.38	C\$5,560.50
Total PBX Tradicional	C\$2,932.38	C\$35,188.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Costo de llamadas IP-PBX

Rubro	Costo Mensual (C\$)	Costo Anual (C\$)
Plan Triple Play (Internet + TV + 100 min fijos)	C\$1,319.00	C\$15,828.00
Licencia VoIP	C\$0.00	C\$0.00
Llamadas VoIP (vía SIP o apps)	C\$0.00	C\$0.00
Mantenimiento (soporte remoto)	C\$308.91	C\$3,706.92
Total IP PBX	C\$1,627.91	C\$19,534.92

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene un ahorro en coste de llamadas de C\$15,653.58.

5.3.2 Flujos de efectivos

5.3.2.1 Flujo de efectivo PBX tradicional

El siguiente flujo de caja muestra inversión, mantenimiento, depreciación y el flujo neto que utiliza la PBX tradicional.

Tabla 9. FLUJO DE CAJA PBX TRADICIONAL 2025-2029

FLUJO DE CAJA PBX TRADICIONAL 2025-2029					
Concepto	2025	2026	2027	2028	2029
Inversión Inicial	- C\$171,263.40	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00
Mantenimiento (2% anual)	-C\$5,560.50	-C\$5,671.71	-C\$5,785.14	-C\$5,900.85	-C\$6,018.86
Depreciación	-C\$34,252.68	- C\$34,252.68	-C\$34,252.68	-C\$34,252.68	- C\$34,252.68
Flujo de Caja Libre	- C\$176,823.90	-C\$5,671.71	-C\$5,785.14	-C\$5,900.85	-C\$6,018.86

Fuente: Elaboración propia.

Datos

1. Tmar: 22%
2. Inversión inicial: C\$ 171,263.40
3. Mantenimiento C\$5,560.50 con un aumento del 2%

La PBX tradicional al tener una mayor inversión para considerar el retorno de dinero se deben calcular a muchos más años para considerar el retorno de dinero.

5.3.2.2 Flujo de efectivo de Migración a IP PBX.

El siguiente flujo de caja se construyó en base al ahorro del costo de llamadas y costo de mantenimiento de la ip pbx, incluyendo la depreciación y crecimiento.

Tabla 10. FLUJO DE CAJA IP-PBX 2025-2029

FLUJO DE CAJA IP PBX 2025-2029					
Concepto	2025	2026	2027	2028	2029
Inversión Inicial	- C\$37,279.07	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00

Ahorro en Llamadas	C\$15,653.58	C\$15,653.58	C\$15,653.58	C\$15,653.58	C\$15,653.58
Mantenimiento (2% anual)	-C\$3,707.00	-C\$3,781.14	-C\$3,856.76	-C\$3,933.90	-C\$4,012.58
Depreciación	-C\$7,455.81	-C\$7,455.81	-C\$7,455.81	-C\$7,455.81	-C\$7,455.81
Flujo de Caja Libre	C\$25,332.49	C\$11,872.44	C\$11,796.82	C\$11,719.68	C\$11,641.00

Fuente: Elaboración propia.

Datos

1. Tmar: 22%
2. Inversión inicial: C\$ 37,279.0748
3. Mantenimiento C\$1,853.5 con un aumento del 2%

El ahorro en llamadas está basado en los costos del servicio de llamadas de la pbx tradicional menos el costo del servicio de la ip pbx.

La PBX tradicional muestra flujos negativos consistentes, sin perspectiva de retorno de inversión a mediano plazo. La solución virtual, tras la inversión inicial en 2025, genera flujos positivos desde el primer año de operación gracias a los importantes ahorros operativos.

5.3.3 VAN O VPN

5.3.3.1 VAN PBX tradicional

Año 0:

$$\frac{-176,823.90}{(1 + 0.22)^0} = -176,823.90$$

Año 1:

$$\frac{-5,671.71}{(1 + 0.22)^1} = -4,648.94$$

Año 2:

$$\frac{-5,785.14}{(1 + 0.22)^2} = -3,888.47$$

Año 3:

$$\frac{-5,900.85}{(1 + 0.22)^3} = -3,253.02$$

Año 4:

$$\frac{-6,018.86}{(1 + 0.22)^4} = -2,722.84$$

$VAN = -176,823.90 - 4,648.94 - 3,888.47 - 3,253.02 - 2,722.84$
 $VAN = -C\$ 191,337.17$

La TIR no es viable ya que cada flujo es negativo

5.3.3.2 VAN IP PBX

Año 0:

$$\frac{-25,332.49}{(1 + 0.22)^0} = -25,332.49$$

Año 1:

$$\frac{11,872.44}{(1 + 0.22)^1} = 9,731.51$$

Año 2:

$$\frac{11,796.82}{(1 + 0.22)^2} = 7,926.55$$

Año 3:

$$\frac{11,719.68}{(1 + 0.22)^3} = 6,456.03$$

Año 4:

$$\frac{11,641.00}{(1 + 0.22)^4} = 5,262.44$$

$$VAN = -25332.49 + 9731.51 + 7926.55 + 6456.03 + 5262.44 = \text{C\$ } 4044.04$$

El proyecto no solo recupera su inversión, sino que además genera C\$ 4,044.04 de valor adicional en términos presentes, después de cubrir la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR). Como el VAN es positivo, el proyecto es financieramente viable.

5.3.4 TIR (Tasa Interna de Retorno)

5.3.4.1 TIR PBX tradicional

$$TIR = -124,305.44$$

Se obtiene una TIR negativa por lo que la pbx tradicional no era viable financieramente.

5.3.4.2 TIR IP-PBX

$$TIR = 42.5\%$$

La TIR es positiva y es mayor que la TMAR de 22%.

5.4 Desempeño de la red

5.4.1 Desempeño de la red de la PBX

El análisis del desempeño de la red se hizo en base de las llamadas por días y mensual, se utiliza Erlang B.

5.4.1.1 Tráfico de llamadas

Tabla 11. tráfico de llamadas.

	Día	Mes
Llamadas entrantes	15	300
Llamadas salientes	10	200

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.2 Tasa de bloqueo de llamadas

5.4.1.2.1 Cálculos con Erlang B

Parámetros:

- Llamadas entrantes al mes: 300
- Llamadas salientes al mes: 200
- Duración media de la llamada: 20 minutos
- Número de teléfonos/servidores: 8
- Días de trabajo por mes: 30 días \times 5 días a la semana = 20 días de trabajo por mes (suponiendo 4 semanas de trabajo)
- Horas de trabajo por día: 8 horas

$$\text{Llamadas entrantes por hora} = \frac{300 \text{ llamadas}}{20 \text{ días laborales} \times 8 \text{ horas}} = 1.875 \text{ llamadas por hora}$$

$$\text{Llamadas salientes por hora} = \frac{200 \text{ llamadas}}{20 \text{ días laborales} \times 8 \text{ horas}} = 1.25 \text{ llamadas por hora}$$

(Ver anexo promedio de llamadas)

5.4.1.3 Tráfico de Erlang

$$\text{Tráfico entrante} = 1.875 \text{ llamadas x hora} \times \frac{20}{60} \text{ horas} = 0.625 \text{ Erlangs}$$

$$\text{Tráfico saliente} = 1.25 \text{ llamadas x hora} \times \frac{20}{60} \text{ horas} = 0.4167 \text{ Erlangs}$$

Tráfico total

$$A = 0.625 + 0.4167 = 1.0417 \text{ Erlang}$$

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}}$$

El cálculo preciso de la probabilidad de bloqueo utilizando Erlang B para 8 servidores y 1.0417 Erlang es aproximadamente 0.0296 o 2.96%.

Esto significa que con 8 servidores y 1.0417 Erlang de tráfico, la probabilidad de que una llamada sea bloqueada sería de 2.96%. De cada 100 llamadas entrantes, aproximadamente 3 llamadas serían bloqueadas debido a la falta de capacidad en los servidores.

5.4.2 Desempeño de la red de la IP-PBX

Parámetros:

- Llamadas entrantes al mes: 300
- Llamadas salientes al mes: 200
- Duración media de la llamada: 20 minutos
- Número de teléfonos/servidores: 8
- Días de trabajo por mes: 30 días × 5 días a la semana = 20 días de trabajo por mes (suponiendo 4 semanas de trabajo)
- Horas de trabajo por día: 8 horas

$$\text{Llamadas entrantes por hora} = \frac{300 \text{ llamadas}}{20 \text{ días laborales} \times 8 \text{ horas}} = 1.875 \text{ llamadas por hora}$$

$$\text{Llamadas salientes por hora} = \frac{200 \text{ llamadas}}{20 \text{ días laborales} \times 8 \text{ horas}} = 1.25 \text{ llamadas por hora}$$

1.875 llamadas entrantes/hora + 1.25 llamadas salientes/hora = 3.125 llamadas/horas totales.

Con una duración de 20 minutos (0.33 horas), el tráfico total es:
 $3.125 \times 0.33 = 1.0417$ Erlangs

1 Erlang = 1 llamada continua todo el tiempo.

1.0417 Erlangs significa que hay poco tráfico (aprox. 1 llamada activa constante + picos ocasionales)

5.4.2.1 Tasa de bloqueo de llamadas

5.4.2.1.1 Cálculos con Erlang B

5.4.2.1.1.1 Erlang B

Si la IP-PBX no tiene colas, usamos Erlang B
Con 8 canales y 1.0417 Erlangs, B= 2.96% (3 llamadas bloqueadas cada 100).

5.4.2.1.1.2 Erlang C

Si la IP-PBX tiene colas, usamos Erlang C para calcular el tiempo de espera.

Parámetros:

λ (Tasa de llegada) = 3.125 llamadas/hora

μ (Tasa de servicio) = 60/20 = 3 llamadas/hora por canal

N (Canales) = 8

ρ (Utilización) = $\frac{\lambda}{(N*\mu)} = \frac{3.125}{(8*3)} = 0.13$ (13%)

Resultados:

Probabilidad de espera (P_w) \approx 0.0001% (casi todas las llamadas se atienden al instante).

Tiempo promedio en cola (ASA) \approx 0 segundos (muy bajo tráfico).

5.4.1.1 Ancho de Banda (VoIP)

La integración de herramientas avanzadas de monitoreo y gestión de llamadas también ayuda a cumplir con los objetivos de tiempo de respuesta, algo más difícil de gestionar con una PBX física.

Llamadas Concurrentes Máximas

$$\text{Concurrencia} = \frac{A}{\text{Duración en horas}} = \frac{1.0417}{20/60} = 3 \text{ llamadas}$$

Tabla 12. Cálculo por Codec

Codec	Bitrate (kbps)	Ancho de Banda por Llamada (con Overhead)	Total para 3 Llamadas
G.711	64	80 kbps	240 kbps
G.729	8	24 kbps	72 kbps
Opus	16-64	32-96 kbps	96-288 kbps

Usar G.729 u Opus para ahorrar ancho de banda sin perder mucha calidad. 240 kbps (G.711) o 72 kbps (G.729) son suficientes.

5.4.1.2 QoS (Calidad de Servicio) para VoIP

Para garantizar buena calidad de voz, se deben considerar:

- ✓ Latencia < 150 ms
- ✓ Jitter < 30 ms
- ✓ Pérdida de paquetes < 1%

Requisitos de Red:

Ancho de banda dedicado para VoIP (priorización con QoS).
Router con soporte para SIP-ALG y QoS.

Usando latency test de azure para ver la latencia del proyecto.

Latency Test

- Region to Region Latency
- PsPing Network Latency Test
- Download Speed Test
- Upload Speed Test
- Large File Upload Speed Test
- CDN Test
- Azure IP Lookup
- Azure Sovereign Clouds
- Azure Geographies
- Azure Regions
- Azure Availability Zones
- Azure Environments
- Azure IP Ranges
- About

Asia Pacific Check all

- Australia Central
- Australia Central 2
- Australia East
- Australia Southeast
- Central India East Asia
- Japan East Japan West
- Korea Central Korea South
- Southeast Asia South India
- West India

South America Check all

- Brazil South Brazil Southeast

Canada Check all

- Canada Central Canada East

US Check all

- Central US East US
- East US 2 North Central US
- South Central US
- West Central US West US
- West US 2 West US 3

Europe Check all

- France Central France South
- Germany North
- Germany West Central
- North Europe Norway East
- Norway West
- Switzerland North
- Switzerland West UK South
- UK West West Europe

Africa Check all

- South Africa North
- South Africa West

[Closest Datacenters](#)

Region	Average Latency (ms)
--------	----------------------

Figura No 6. PROMEDIO DE LATENCIA

Region	Average Latency (ms)
East US 2 (Virginia)	96 ms
South Central US (Texas)	120 ms
North Central US (Illinois)	122 ms

Figura No 7. PROMEDIO DE LATENCIA

5.4.1.3 Comparación PBX Tradicional vs. IP-PBX

Tabla 13. Comparación PBX Tradicional vs. IP-PBX

Aspecto	PBX Tradicional	IP-PBX
Bloqueo	Erlang B (2.96%)	Erlang C (≈ 0% espera)
Líneas/Canales	8 (físicos)	8 (virtuales, sobre IP)
Ancho de Banda	No aplica	72-240 kbps (según codec)
Flexibilidad	Baja (hardware fijo)	Alta (software, escalable)
Costos	Alto (mantenimiento)	Bajo (uso de red existente)

VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1 conclusiones

El análisis económico entre la PBX tradicional y la solución IP-PBX virtual demuestra claramente las ventajas financieras de migrar a la nueva tecnología. La inversión inicial requerida para la IP-PBX virtual (C\$37,279.07) representa apenas el 22% del costo de la PBX tradicional (C\$171,263.40), generando un ahorro inicial significativo. Más importante aún, los costos operativos anuales se reducen en C\$15,653.58 al implementar la solución virtual, gracias a la eliminación de gastos en llamadas y menores costos de mantenimiento.

Los indicadores financieros confirman la superioridad de la IP-PBX virtual: mientras el sistema tradicional presenta un VAN negativo de -C\$191,337.17 y una TIR de -124,305.44% (lo que evidencia su inviabilidad económica), la solución virtual ofrece un VAN positivo de C\$4,044.04 y una TIR del 42.5%, superando ampliamente la TMAR del 22%. Estos resultados se mantienen favorables incluso considerando un escenario inflacionario del 4% para 2025.

El análisis comparativo del desempeño de la red demuestra que, si bien ambas soluciones (PBX tradicional e IP-PBX) presentan similar capacidad de manejo de tráfico (2.96% de bloqueo con 1.0417 Erlangs), la IP-PBX ofrece ventajas estratégicas para CORE IMC. Su arquitectura flexible permite escalabilidad bajo demanda, integración con sistemas digitales y reducción de costos operativos (30-40%), superando las limitaciones físicas de la PBX tradicional. No obstante, requiere implementar mecanismos de QoS para garantizar calidad de servicio.

El estudio realizado para evaluar la viabilidad de implementar una IP-PBX virtual utilizando software libre y servicios en la nube para la EMPRESA CORE IMC ha mostrado resultados muy positivos. Al comparar la PBX tradicional con la IP-PBX, se ha encontrado que la solución virtual ofrece claras ventajas en términos de costos, flexibilidad y escalabilidad.

6.2 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en el estudio de factibilidad, se proponen las siguientes recomendaciones para la EMPRESA CORE IMC en el proceso de transición a una IP-PBX virtual:

1. **Implementar la IP-PBX Virtual a la Brevedad:** Considerando que la IP-PBX ofrece una reducción significativa en los costos operativos, se recomienda proceder con la implementación de la solución virtual lo antes posible para aprovechar los beneficios económicos a largo plazo.
2. **Considerar la Inflación en los Planes Financieros:** Dado que la tasa de inflación estimada en Nicaragua para 2025 es de aproximadamente el 4%, se recomienda ajustar las proyecciones económicas para tener en cuenta el impacto de la inflación en los costos operativos y la rentabilidad futura del proyecto.
3. **Capacitación del Personal:** Aunque la IP-PBX virtual ofrece varias ventajas técnicas, es esencial que el personal de la empresa reciba la capacitación necesaria para el uso y mantenimiento adecuado de la nueva plataforma. Esto garantizará una transición exitosa y un funcionamiento eficiente del sistema.
4. **Monitorear y Optimizar la Calidad de Servicio:** A pesar de que el estudio muestra una baja probabilidad de bloqueo de llamadas (2.96%), es recomendable que la empresa monitoree de forma continua la calidad de servicio para identificar posibles áreas de mejora y optimizar el rendimiento de la IP-PBX, especialmente en momentos de alta demanda.
5. **Evaluar el Crecimiento Futuro de la Empresa:** Aunque la solución IP-PBX actual satisface las necesidades de la empresa en su estado actual, se recomienda realizar un análisis del crecimiento futuro para asegurarse de que la infraestructura de la IP-PBX pueda adaptarse a un aumento en el número de usuarios o llamadas en caso de expansión de la empresa.

Bibliografía

- [1] F. Matango, «Ventajas y desventajas de VoIP,» 24 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.servervoip.com/blog/ventajas-y-desventajas-de-voip/>. [Último acceso: 10 Mayo 2024].
- [2] A. H. HUNTER MENA, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EXPERIENCIAS DOCENTES PARA EL SERVICIO DE VOZ SOBRE IP, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA PLATAFORMA ASTERISK IPBX, Chile, 2007.
- [3] Ó. Ávila Mejía , «Computación en la nube,» 2011, pp. 45-52.
- [4] B. Kezherashvili, Computación en la Nube, Almería, 2017.
- [5] J. A. Paz Villafaña, Arquitectura de Amazon Elastix compute cloud (Amazon EC2) y la utilización del hipervisor XEN, Ciudad Victoria, 2020.
- [6] A. Correa, «Codster,» [En línea]. Available: <https://codster.io/blog/que-es-microsoft-azure-y-las-empresas-lo-prefieren/>. [Último acceso: 10 Mayo 2024].
- [7] Isaac, «Desde Linux,» [En línea]. Available: <https://blog.desdelinux.net/asterisk-mejores-alternativas/>. [Último acceso: 10 Mayo 2024].
- [8] W. M. ARÉVALO ARÉVALO, DISEÑO E IMLEMENTACION DE UNA RED LAN CON VOIPMEDIANTE LA TECNOLOGÍA (3CX) PARA EL GAD PARROQUIAL VICTORIA DEL PORTETE, Cuenca, 2019.
- [9] W. A. Bulla B y R. A. Fino S, «Metodología de diseño e implementación de soluciones voIP,» pp. 93-102, 2010.
- [1] A. E. Suntaxi Ñato, «Escuela Politécnica Nacional,» 15 Mayo 2024. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25493/1/CD%2014122.pdf>.
- [1] M. Zukerfeld, «Todo lo que usted quiso saber sobre internet, pero nunca se atrevió a googlear,» *Revista Hipertextos*, vol. I, nº 2, 2014.
- [1] R. Solé, «profesional review,» 18 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2021/07/18/que-es-raspberry-pi/>. [Último acceso: 10 Mayo 2024].
- [1] R. Hertzog y R. Mas, «Debian,» Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://debian-handbook.info/browse/es-ES/stable/>. [Último acceso: 10 Mayo 2024].
- [1] C. J. Escorcía Obando, Diseño e implementación de un call center basado en elastix para su integración en el ambiente sip de una central de conmutación móvil, Managua, 2017.
- [1] S. M. Ramírez Chóez, ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CENTRALITAS VIRTUALES EN LA NUBE COMO ALTERNATIVA AL

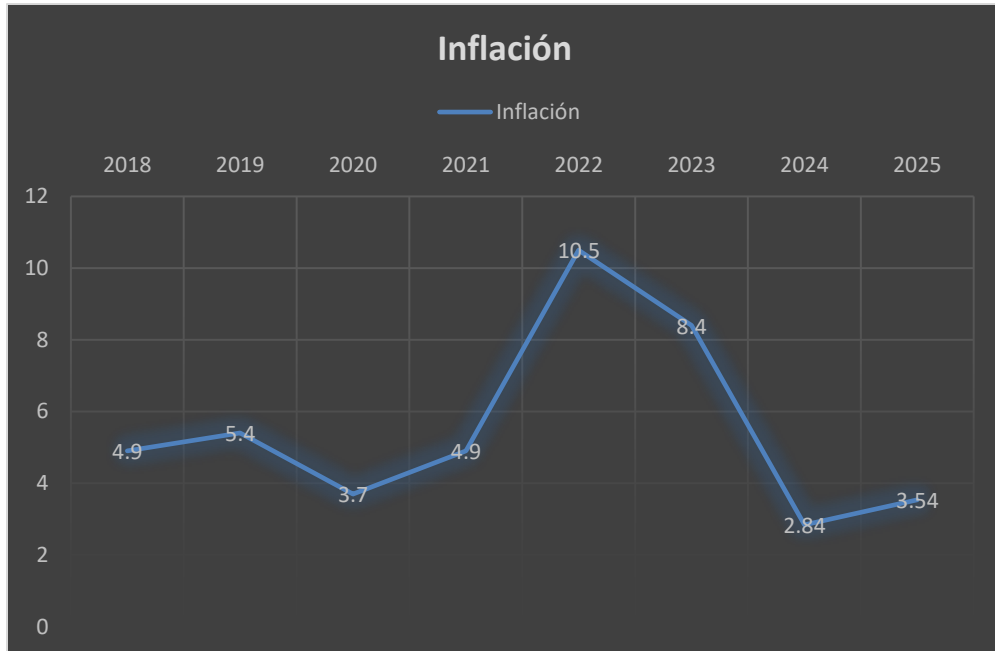
SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA, GUAYAQUIL, 2018.

- [1 D. Cárdenas García, G. Obando López y R. Ocampo Benavides, Diseño y
6] configuración de un nodo de internet con servidores tipo PC usando Zimbra
como herramienta de colaboración en grupo, servicio DNS, servicio web,
servicio DHCP, servidor proxy una central telefónica virtual utilizando Elastix,
Managua, 2014.
- [1 Y. A. Vélez Mindece y C. A. Meza Moreno, Propuesta de Estudio de
7] Factibilidad para la implementación de un Sistema de Telefonía IP en la
Empresa Towercom S.A, Managua, 2013.
- [1 J. López Rodríguez y X. Martínez Santana, Implementación de la tecnología
8] voz sobre IP VoIP para mejorar la red comunicación agregando un nuevo
servicio en la empresa RAMAR ADUANEROS S.A., Managua, 2013.
- [1 C. H. Dalla Torre Parrales, Diseño e Implementación de una red telefónica IP
9] para dar servicios en la micro financiera FUNDESER., Managua, 2011.
- [2 M. J. Pérez Sotomayor, Propuesta de Diseño de la Red de Telefonía IP en la
0] Alcaldía de Managua, Managua, 2011.
- [2 A. A. Calero Martínez y W. A. Aburto Leiva , Implementación de una PBX
1] Virtual en la Facultad de Electrotecnia y Computación, Managua, 2009.
- [2 C. Reyes Membreño y J. Ruiz Cerrato , Diseño e Implementación de un Plan
2] de Numeración y Servicios Agregados de Operadora Utilizando la Planta
Telefónica ASTERISK @ Home con VoIP para la Facultad de Electrotecnia y
Computación de la Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, 2007.
- [2 J. A. Meléndez Rivera y D. V. Camaño Osorio, Evolución de las
3] telecomunicaciones: "Telefonía IP", Managua, 2006.
- [2 M. J. Guevara Castillo, Propuesta de Diseño de una Red de Datos con VOIP
4] para la ONG Visión Mundial de Nicaragua, Managua, 2004.
- [2 S. D. Martínez Paz , G. L. Gutiérrez Obando y M. J. Vallecillo Goussen ,
5] Diseño de una red de comunicaciones con voz sobre IP, Managua, 2003.
- [2 H. Lizárraga Otero y D. Pavon Gutiérrez , Distribuidor automático de mensajes
6] D.A.M, Managua, 2003.
- [2 G. b. Urbina, Formulación y evaluación de proyectos, Mexico: McGraw Hill ,
7] 2006.
- [2 B. C. D. NICARAGUA, «BANCO CENTRAL DE NICARAGUA,» BANCO
8] CENTRAL DE NICARAGUA, [En línea]. Available:
<https://www.bcn.gob.ni/IRR/graficos/inflacion.php>.
- [2 L. Kleinrock, Queueing Systems, new york, 1975.
9]
- [3 J. R. d. traseira, Electrónica y comunicaciones para científicos e ingenieros,
0] Urmo S.A. de Ediciones, 2020.
- [3 A. A. C.A, «Conceptos y Elementos Básicos de Tráfico en
1] Telecomunicaciones,» [En línea]. Available: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/5221/1/208062.pdf>. [Último acceso: 15 JULIO 2025].

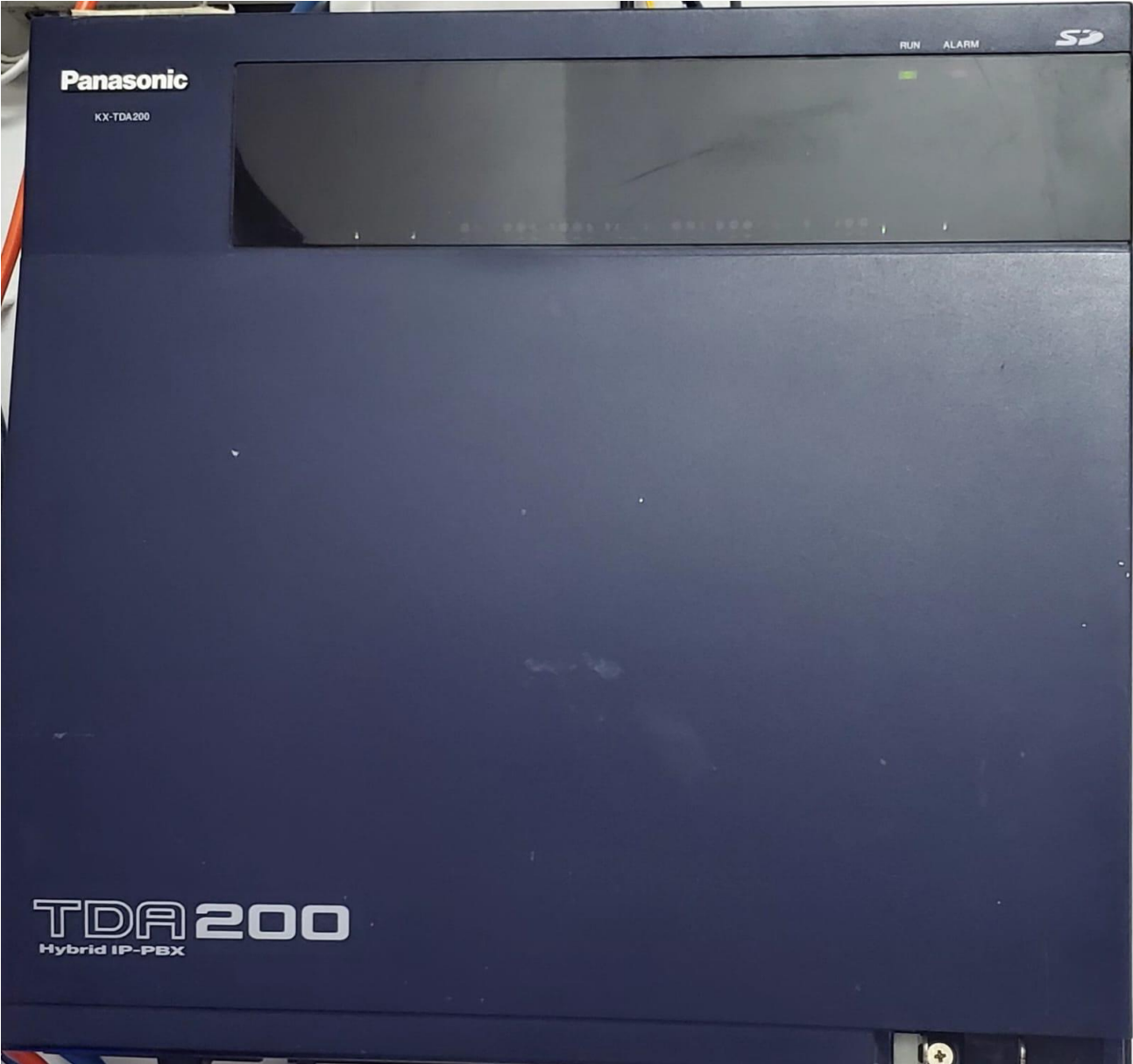
[3 M. Goodwin, «IBM,» IBM, 15 Agosto 2023. [En línea]. Available:
2] <https://www.ibm.com/es-es/topics/latency>. [Último acceso: 18 JULIO 2025].

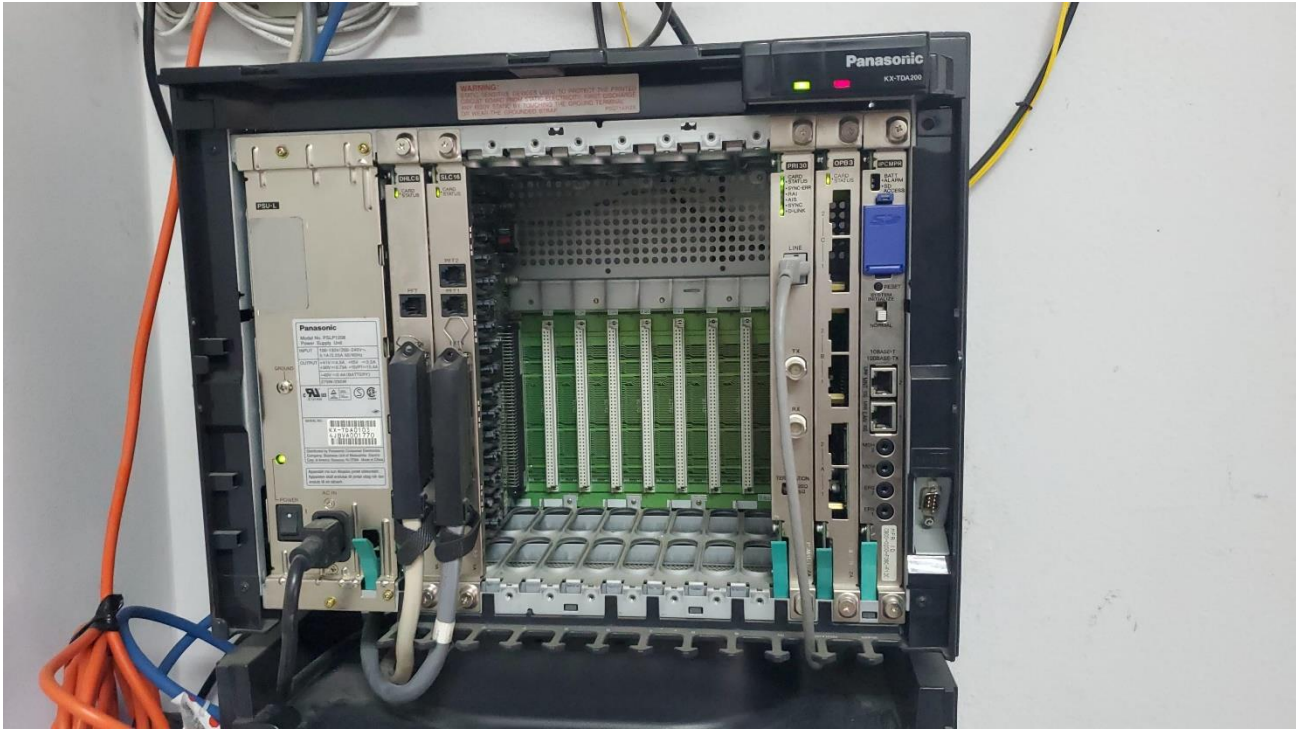
Anexos

Anexo 1. Tasa de inflación de Nicaragua periodo 2018-2025

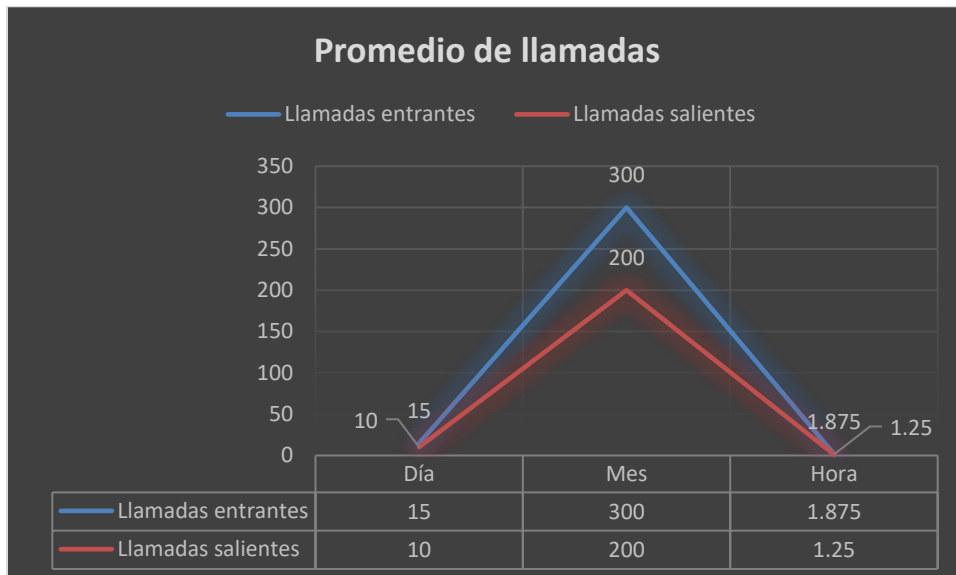


Anexo 2. PBX Panasonic KX-TDA200





Anexo 3. Promedio de llamadas



Anexo 4. Teléfono Panasonic KX-T7630



Anexo 5. requisitos de instalación de FreePBX

Antes de comenzar a instalar FreePBX es recomendable actualizar todos los paquetes a la última versión. Abrimos la interfaz de línea de comandos y ejecutamos el siguiente comando para actualizar todos los paquetes:

```
apt-get update -y  
apt-get upgrade -y
```

Una vez que se actualicen todos los paquetes se deben instalar algunas dependencias necesarias para FreePBX. Pueden instalarse todas usando el siguiente comando:

```
apt-get install unzip git gnupg2 curl libnewt-dev libssl-dev libncurses5-dev  
subversion libsqlite3-dev build-essential libjansson-dev libxml2-dev uuid-dev  
subversion -y
```

Una vez instalada todas las dependencias, procedemos a instalar Asterisk.

Anexo 6. Instalación de Asterisk Server

FreePBX requiere Asterisk para estar instalado en el servidor. Si no está instalado, haremos los pasos a continuación para descargar e instalar Asterisk en el servidor.

Primero, vamos a la página oficial de descarga de Asterisk y descargamos la última versión de Asterisk usando el siguiente comando:

```
wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/asterisk-18-current.tar.gz
```

Una vez completada la descarga, extraemos el archivo descargado utilizando el siguiente comando:

```
tar -xvzf asterisk-18-current.tar.gz
```

A continuación, cambie el directorio al directorio **asterisk** y ejecute el siguiente script para instalar todas las dependencias:

```
cd asterisk-18.*
contrib/scripts/get_mp3_source.sh
contrib/scripts/install_prereq install
```

Configure Asterisk mediante el siguiente comando:

```
./configure
```

Se obtendrá el siguiente resultado:

```
configure: Menuselect build configuration successfully completed
```

```
.$$$$$$$$$$$$$$$$$$=..
.$7$7..      .7$7:.
.$$.:        ,,$7.7
.$7.  7$$$$$  .$$77
..$$$.  $$$$$$  .$$$7
..7$ .?.  $$$$$$ .?.  7$$$$.
$.$.  .$$$7.  $$$$$7.7$$$$.  .$$$$.
.777.  .$$$$$$$77$$$$77$$$$$7.  $$$$,
$$$~  .7$$$$$$$$$$$$$$$$7.  .$$$$.
.$$7  .7$$$$$$$$7:  ?$$$$.
$$$  ?7$$$$$$$$$$$$$!  .$$$7
```

```

$$$ .7$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$ :$$$
$$$ $$$$$$7$$$$$$$$$$$$$$$$ .$$$
$$$ $$$ 7$$$7 .$$$ .$$$
$$$$ $$$7 .$$$
7$$$7 7$$$$ 7$$$
$$$$$ $$$
$$$$$7. $$ (TM)
$$$$$$$ .7$$$$$$$ $$
$$$$$$$$$$$$7$$$$$$$$$$$$$$$$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$.

```

```

configure: Package configured for:
configure: OS type : linux-gnu
configure: Host CPU : x86_64
configure: build-cpu:vendor:os: x86_64 : pc : linux-gnu :
configure: host-cpu:vendor:os: x86_64 : pc : linux-gnu :

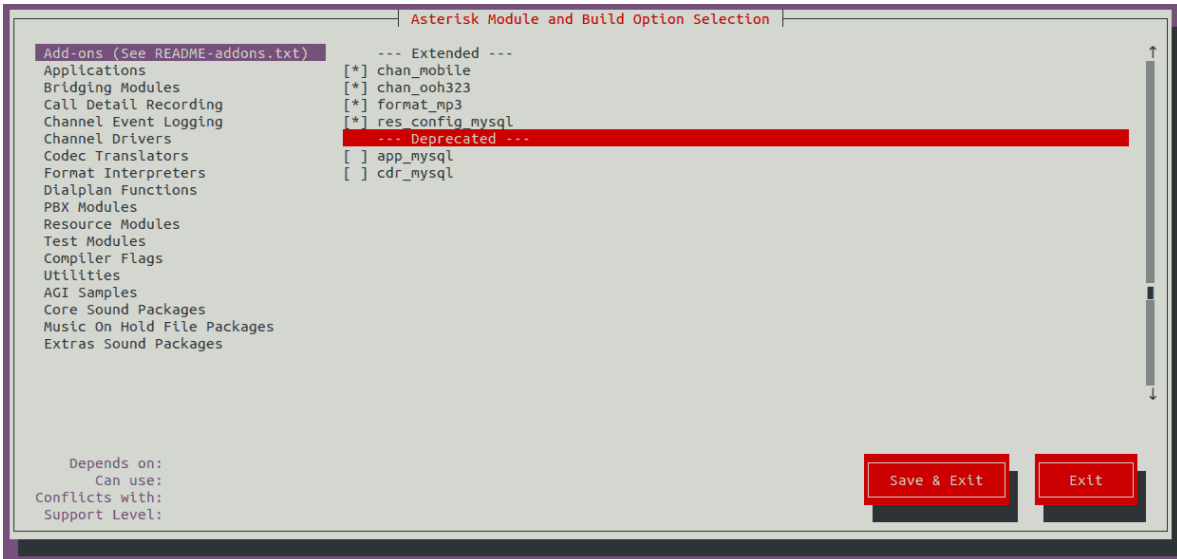
```

Ejecutamos el siguiente comando para seleccionar módulos y complementos de Asterisk:

```
make menuselect
```

Complementos de Asterisk

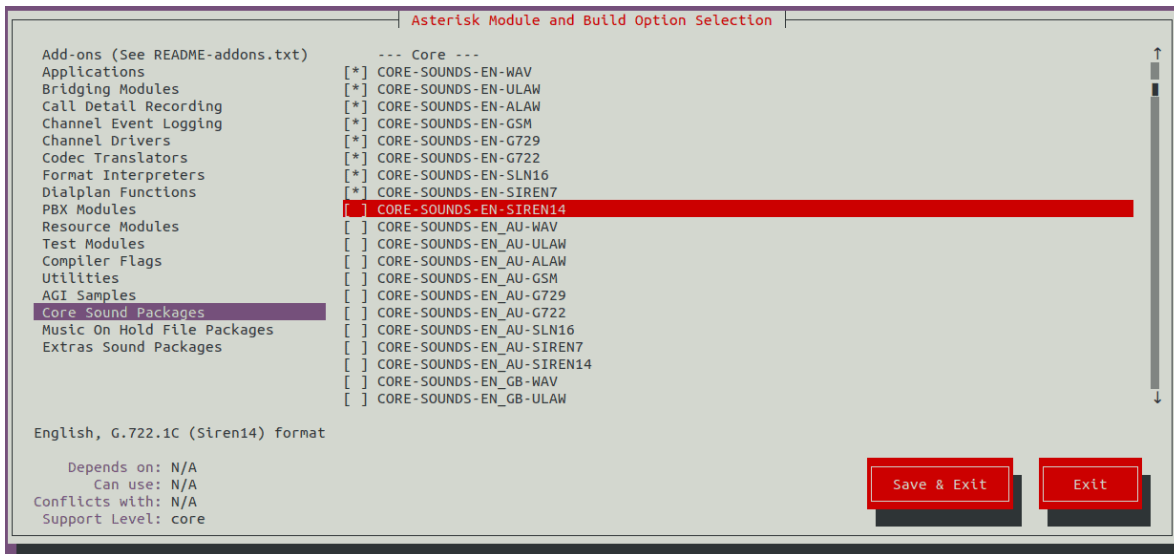
Puede usar la tecla de flecha para navegar y la tecla Enter para seleccionar. Primero, habilitamos los complementos como se muestra a continuación:



Los complementos que se habilitaron permiten la comunicación por medio de teléfonos móviles al servidor Asterisk a través de Bluetooth para utilizarlos como troncales GSM, además podemos hacer que Asterisk actúe como un servidor H.323 facilitando la interconexión con otras redes VoIP y por último podremos manejar archivos de audio de formato MP3 para la reproducción y grabación de esos archivos.

Habilitar Módulos de Sonido Principales

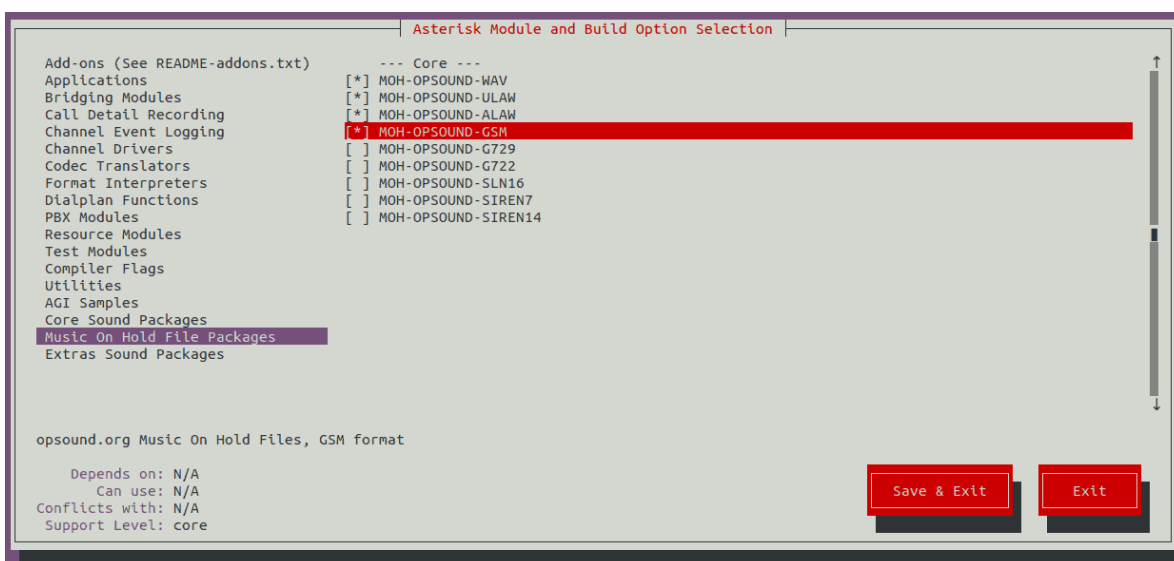
Aquí, se habilitó los módulos de sonido centrales como se muestra a continuación:



Los módulos habilitados se utilizan para el procesamiento de audio en tiempo real, por ejemplo, el codec de audio G.729, GSM etc... se necesitan para codificar y decodificar el audio en tiempo real durante una llamada telefónica. En algunos casos Asterisk necesita realizar transcodificación para convertir un formato de audio a otro.

Habilitar Paquetes de Música en Espera

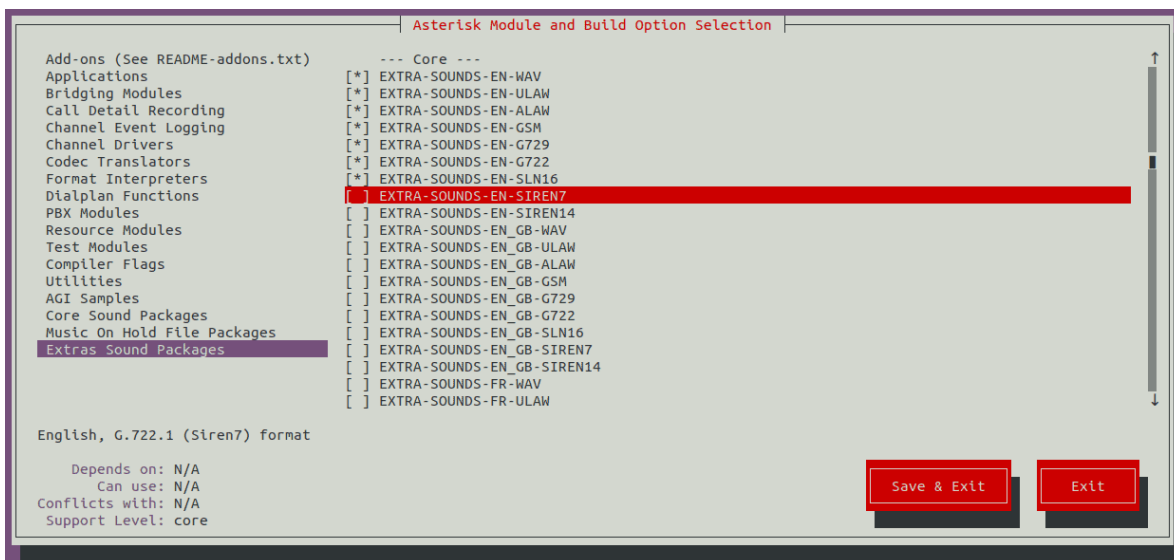
Aquí se habilitó los paquetes de música en espera como se muestra a continuación:



Estos paquetes de “MOH” o “Music on Hold” cumplen la función de mejorar la experiencia de usuario durante las llamadas telefónicas, como por ejemplo evita el silencio y así el usuario piense que la llamada se ha cortado.

Habilitar Paquetes de Sonido Adicionales

Habilitamos los paquetes de sonido adicionales como se muestra a continuación:



Estos paquetes de sonidos adicionales son importantes ya que incluyen mensajes de voz predefinidos como saludos de bienvenida, mensajes de despedidas o instrucciones para los usuarios. También proporcionan información sobre el estado de la llamada, como “Por favor, espere”, “Su llamada está siendo transferida” dichos mensajes ayudan a guiar al usuario durante la llamada.

Después de seleccionar todos los componentes necesarios, haga clic en el botón guardar y salir para cerrar la consola. A continuación, ejecute el siguiente comando para compilar Asterisk:

```
make -j2
```


A continuación, ejecute los siguientes comandos para instalar samples y configurar:

```
make samples
```

```
make config
```

```
ldconfig
```

Configurar Servidor de Asterisk

Después de instalar el servidor Asterisk, deberá crear un usuario y un grupo dedicados para ejecutar Asterisk. Puede crearlo con el siguiente comando:

```
groupadd asterisk
```

```
useradd -r -d /var/lib/asterisk -g asterisk asterisk
```

A continuación, agregue los usuarios de audio y marcación al grupo Asterisk:

```
usermod -aG audio,dialout asterisk
```

A continuación, establezca el permiso y la propiedad adecuados en Asterisk:

```
chown -R asterisk.asterisk /etc/asterisk
```

```
chown -R asterisk.asterisk /var/{lib,log,spool}/asterisk
```

```
chown -R asterisk.asterisk /usr/lib/asterisk
```

A continuación, edite el archivo de configuración predeterminado de Asterisk:

```
nano /etc/default/asterisk
```

Cambie las siguientes líneas:

```
AST_USER="asterisk"  
AST_GROUP="asterisk"
```

Guarde y cierre el archivo y, a continuación, edite el archivo de configuración de Asterisk:

```
nano /etc/asterisk/asterisk.conf
```

Cambie las siguientes líneas:

```
runuser = asterisk ; The user to run as.  
runcgroup = asterisk ; The group to run as.
```

Guarde y cierre el archivo y luego reinicie el servicio Asterisk:

```
systemctl restart asterisk
```

A continuación, verifique el estado de Asterisk mediante el siguiente comando:

```
systemctl status asterisk
```

Obtendrá el error radcli como se muestra a continuación:

```
● asterisk.service - LSB: Asterisk PBX  
Loaded: loaded (/etc/init.d/asterisk; generated)  
Active: active (running) since Fri 2022-03-11 03:07:37 UTC; 10s ago  
Docs: man:systemd-sysv-generator(8)  
Process: 44796 ExecStart=/etc/init.d/asterisk start (code=exited,  
status=0/SUCCESS)
```

Tasks: 81 (limit: 4686)

Memory: 46.1M

CGroup: /system.slice/asterisk.service

└─44826 /usr/sbin/asterisk -U asterisk -G asterisk

Mar 11 03:07:36 freepbx systemd[1]: Starting LSB: Asterisk PBX...

Mar 11 03:07:37 freepbx asterisk[44796]: * Starting Asterisk PBX: asterisk

Mar 11 03:07:37 freepbx asterisk[44796]: ...done.

Mar 11 03:07:37 freepbx systemd[1]: Started LSB: Asterisk PBX.

Mar 11 03:07:37 freepbx asterisk[44826]: radcli: rc_read_config: rc_read_config:
can't open /etc/radiusclient-ng/radiusclient.conf: No such f>

Mar 11 03:07:37 freepbx asterisk[44826]: radcli: rc_read_config: rc_read_config:
can't open /etc/radiusclient-ng/radiusclient.conf: No such f>
lines 1-16/16 (END)

Para corregir el error anterior, ejecute los siguientes comandos:

```
sed -i 's";\[\radius\]"\[\radius\]"g' /etc/asterisk/cdr.conf
sed -i 's";radiuscfg => /usr/local/etc/radiusclient-ng/radiusclient.conf"radiuscfg =>
/etc/radcli/radiusclient.conf"g' /etc/asterisk/cdr.conf
sed -i 's";radiuscfg => /usr/local/etc/radiusclient-ng/radiusclient.conf"radiuscfg =>
/etc/radcli/radiusclient.conf"g' /etc/asterisk/cel.conf
```

Finalmente, reinicie el servicio Asterisk para aplicar los cambios:

```
systemctl restart asterisk
```

Ahora, conéctese a la consola de Asterisk con el siguiente comando:

```
asterisk -rvv
```

Obtendrá la consola Asterisk como se muestra a continuación:

*Asterisk 18.10.1, Copyright (C) 1999 - 2021, Sangoma Technologies Corporation
and others.*

Created by Mark Spencer <markster@digium.com>

*Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for
details.*

*This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.*

Running as user 'asterisk'

Running under group 'asterisk'

Connected to Asterisk 18.10.1 currently running on freepbx (pid = 44958)

*freepbx*CLI>*

Ejecute el siguiente comando para salir de la consola.

*freepbx*CLI> exit*

Instalación de FreePBX

FreePBX requiere que el servidor Apache, el servidor MariaDB y los paquetes PHP estén instalados en su servidor. Si no está instalado, siga los pasos a continuación para instalarlos.

En primer lugar, instale todas las dependencias mediante el siguiente comando:

apt-get install software-properties-common -y

A continuación, agregue el repositorio PHP con el siguiente comando:

```
add-apt-repository ppa:ondrej/php -y
```

A continuación, instale Apache, MariaDB, PHP y otras extensiones PHP requeridas utilizando el siguiente comando:

```
apt-get install apache2 mariadb-server libapache2-mod-php7.2 php7.2 php-pear  
php7.2-cgi php7.2-common php7.2-curl php7.2-mbstring php7.2-gd php7.2-mysql  
php7.2-bcmath php7.2-zip php7.2-xml php7.2-imap php7.2-json php7.2-snmp -y
```

Después de instalar todos los paquetes, vaya a la página oficial de descarga de FreePBX y descargue la última versión de FreePBX usando el siguiente comando:

```
wget http://mirror.freepbx.org/modules/packages/freepbx/freepbx-15.0-latest.tgz
```

Una vez completada la descarga, extraiga el archivo descargado con el siguiente comando:

```
tar -xvzf freepbx-15.0-latest.tgz
```

A continuación, navegue hasta el directorio FreePBX e instale Node.js con el siguiente comando:

```
cd freepbx  
apt-get install nodejs npm -y
```

A continuación, establezca los permisos necesarios con el siguiente comando:

```
./install -n
```

Obtendrá el siguiente resultado:

```
Setting Permissions...
Setting base permissions...Done in 1 seconds
Setting specific permissions...
42913 [=====]
Finished setting permissions
Generating default configurations...
Finished generating default configurations
You have successfully installed FreePBX
```

A continuación, instale el módulo pm2 con el siguiente comando:

```
fwconsole ma install pm2
```

A continuación, defina el usuario Asterisk en el archivo de configuración de Apache y active la opción AllowOverride:

```
sed -i 's/^(User|Group).*\1 asterisk/' /etc/apache2/apache2.conf
sed -i 's/AllowOverride None/AllowOverride All/' /etc/apache2/apache2.conf
```

A continuación, aumente upload_max_filesize en php.ini:

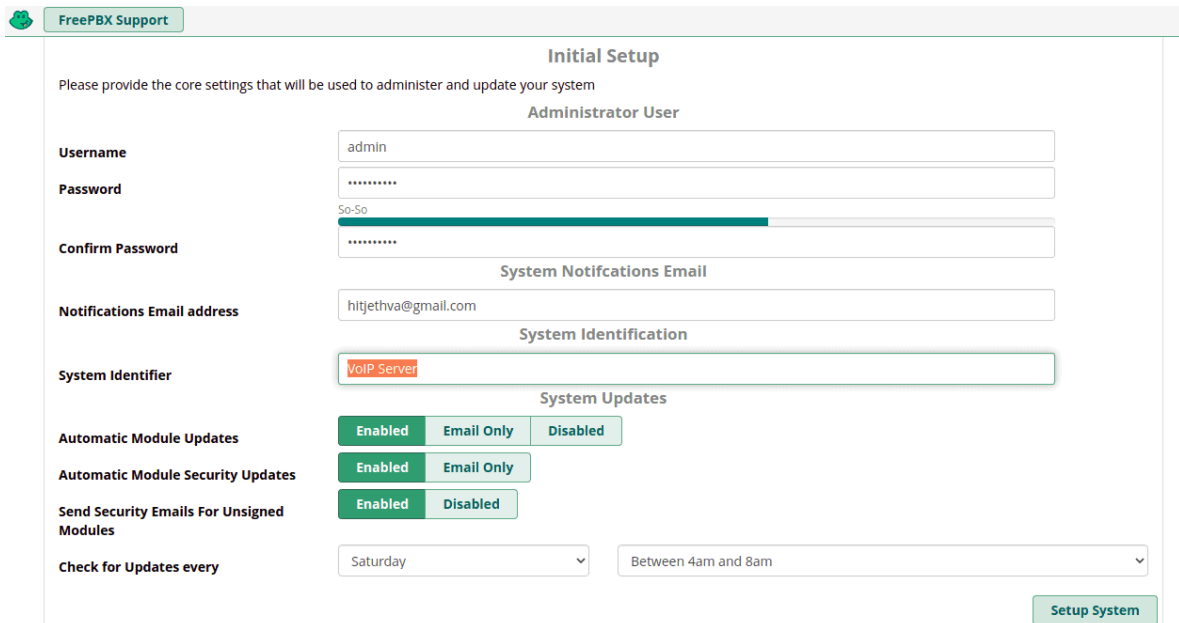
```
sed -i 's/^(upload_max_filesize = \).*\120M/' /etc/php/7.2/apache2/php.ini
sed -i 's/^(upload_max_filesize = \).*\120M/' /etc/php/7.2/cli/php.ini
```

Finalmente, habilite el módulo de reescritura de Apache y reinicie el servicio Apache con el siguiente comando:

```
a2enmod rewrite
systemctl restart apache2
```

Acceder a Interfaz de Usuario Web de FreePBX

En este punto, FreePBX está instalado en el servidor Ubuntu 20.04. Ahora, abra su navegador web y acceda al FreePBX usando la URL **http://your-server-ip/admin**. Debería ver lo siguiente:



The screenshot shows the 'Initial Setup' page of the FreePBX web interface. At the top left, there is a 'FreePBX Support' link. The main heading is 'Initial Setup' with a sub-heading 'Please provide the core settings that will be used to administer and update your system'. The form is organized into several sections:

- Administrator User:** Includes fields for 'Username' (admin), 'Password' (masked with dots), and 'Confirm Password' (So-So, masked with dots).
- System Notifications Email:** Includes a field for 'Notifications Email address' (hitjethva@gmail.com).
- System Identification:** Includes a field for 'System Identifier' (VoIP Server).
- System Updates:** Includes three rows of toggle buttons:
 - 'Automatic Module Updates' with options 'Enabled', 'Email Only', and 'Disabled'.
 - 'Automatic Module Security Updates' with options 'Enabled' and 'Email Only'.
 - 'Send Security Emails For Unsigned Modules' with options 'Enabled' and 'Disabled'.
- Check for Updates every:** Includes a dropdown menu set to 'Saturday' and a time range field set to 'Between 4am and 8am'.

A 'Setup System' button is located at the bottom right of the form.

Defina su usuario administrador, contraseña y haga clic en el botón Configurar sistema. Debería ver lo siguiente:



FreePBX Administration



User Control Panel



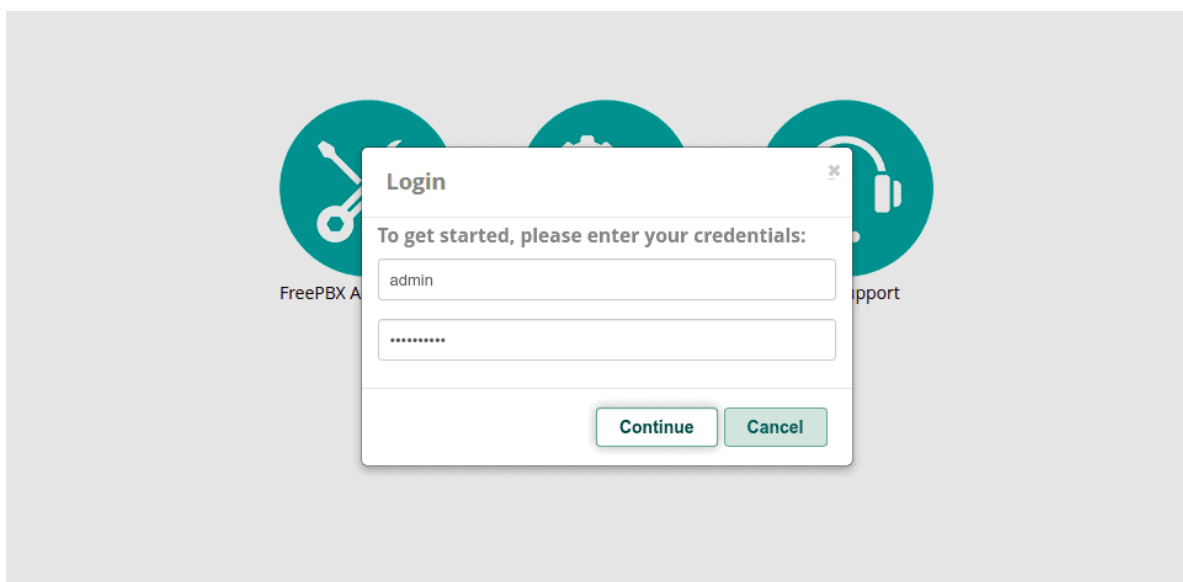
Get Support



FreePBX is a registered trademark of Sangoma Technologies Inc. FreePBX 15.0.23 is licensed under the GPL. Copyright © 2007-2022



Haga clic en la Administración de FreePBX. Debería ver la pantalla de inicio de sesión de FreePBX:



Proporcione su nombre de usuario de administrador, contraseña y haga clic en el botón Continuar. Debería ver el panel de FreePBX en la siguiente pantalla:

Admin Applications Connectivity Dashboard Reports Settings

System Overview

Welcome to FreePBX
FreePBX 15.0.23 'VoIP Server'
(You can change this name in Advanced Settings)

Summary Sysinfo updated 1 seconds ago

Asterisk	✓
MySQL	✓
Web Server	✓
Mail Queue	✓

Warnings Found
Please check for errors in the notification section

- Memory Limit Changed ↻
- Collecting Anonymous Browser Stats ↻
- Missing HTML5 format converters ↻
- Symlink Conflict Resolved ↻
- Default bind port for CHAN_PJSIP is: 5060, CHAN_SIP is: 5160 ↻
[Show New](#)

FreePBX – Let Freedom Ring Feed

- Sangoma Phone Beta for FreePBX
- Announcing PBXact 16 General Availability
- How to Set Up a Development Environment from the FreePBX 16 Distro
- Communicate Efficiently with Sangoma Connect & SMS
- FreePBX Meets Zapier
- FreePBX 16 is now released for General Availability!

Sangoma Feed

- Mobile Access Control is Disrupting the Market—for Good Reasons
- The Allure of Integrated Cloud Communications
- Quick Guide to Cybersecurity and Digital Privacy Policies
- SmartOffice™, an Innovative Approach to Bringing the Power of Advanced Access Control to the SMB
- Hybrid Communications and the Benefits of Choosing an All-Inclusive Provider
- Desktop as a Service "in the real world"

FreePBX Statistics

- Asterisk
- Uptime
- CPU
- Memory
- Disk
- Network

Live Network Usage

eth0

Interface eth0