

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**LABORATORIOS DE TELEFONÍA IP  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO APLICADAS A TELEFONÍA IP  
USANDO FREEPBX.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**PAÚL ANDRÉS PINZÓN SARANGO  
paul.pinzon1994@hotmail.com**

**DIRECTOR: Ph.D. FELIPE LEONEL GRIJALVA ARÉVALO  
felipe.grijalva@epn.edu.ec**

**DMQ, octubre 2022**

## CERTIFICACIONES

Yo, PAÚL ANDRÉS PINZÓN SARANGO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

**PAÚL ANDRÉS PINZÓN SARANGO**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por PAÚL ANDRÉS PINZÓN SARANGO, bajo mi supervisión.



---

**Ph.D. FELIPE LEONEL GRIJALVA ARÉVALO**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como los productos resultantes del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

PAÚL ANDRÉS PINZÓN SARANGO

Ph.D. FELIPE LEONEL GRIJALVA ARÉVALO

## DEDICATORIA

Todo el esfuerzo y el esmero que implanté en el presente trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, que me brindó la fortaleza, perseverancia y salud para poder culminar el sueño de mi vida.

Además, a mis padres Octaviano Pinzón y Ubelinda Sarango, de igual forma a mis hermanos William Pinzón, Alexis Pinzón, Jonathan Pinzón y mi hermana Karen Pinzón, los cuales, con su ayuda, sus hermosos consejos y sobre todo su incondicional amor permitieron que la motivación y la fuerza de voluntad para resolver cada obstáculo, esté presente en mi vida.

Quiero realizar una dedicatoria especial a mi sobrino Leonel Brito quien ha sido el motor principal durante mis últimos años de la carrera, el cual, con su sonrisa, sus abrazos y sus locuras me llenaron de energía e inspiración para enfrentar todas las dificultades y culminar mis estudios.

Finalmente, quiero dedicar este trabajo a los maravillosos seres humanos que me ayudaron y me levantaron en cada tropiezo que tuve durante mi formación académica, sobre todo a las personas que confiaron plenamente en mis capacidades.

***Paúl Pinzón***

## AGRADECIMIENTOS

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a mis padres, mi hermana y mis hermanos por sus grandes consejos y por su apoyo absoluto durante toda mi carrera universitaria. Gracias por guiarme en los puntos más complicados y por forjar en mí tantos valores que me han permitido alcanzar mis sueños, metas y objetivos. Un agradecimiento especial a mi tía Mercedes Sarango que es mi segunda mamá y siempre ha estado pendiente de mi progreso profesional.

Agradecer de todo corazón al Ph.D Felipe Grijalva quien ha sido todo un mentor durante la creación del presente trabajo. Me brindó excelentes ideas, consejos e información para complementar todas las partes del trabajo. Su amplia experiencia ha sido fundamental en la elaboración de proyecto de titulación.

A mis amigos Dianita, Katy, Azucena, Lucía, Verónica, Vinicio, Darwin, Edwin, Danilo y Fernando que con su ejemplo y apoyo forjaron en mí la disciplina, el respeto, la solidaridad y sobre todo la responsabilidad.

Un agradecimiento a las personas que constituyen el cuerpo docente y administrativo de la ilustre Escuela Politécnica Nacional, quienes han colaborado en mi formación personal y educativa. Forjaron en mí valores y aptitudes que me han convertido en un excelente profesional y sobre todo en un buen ser humano.

Para culminar, extiendo mi agradecimiento a todas las personas que fueron parte de este duro recorrido. Gracias por su tiempo, su apoyo, sus palabras de aliento, su cariño y sobre todo por su confianza. Nunca olvidare todo lo bueno que dejaron en mí y deseo de todo corazón que sigan a mi lado compartiendo lo bueno y lo malo de la vida.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
1.3. ALCANCE.....	3
1.4. MARCO TEÓRICO.....	5
1.4.1. VOIP.....	5
1.4.2. ESTRUCTURA DE VOIP.....	5
1.4.3. VENTAJAS DE VOIP.....	6
1.4.4. PROTOCOLOS USADOS EN VOIP.....	7
1.4.5. CÓDECS.....	8
1.4.6. CENTRAL TELEFÓNICA IP/PBX-IP.....	9
1.4.7. MÓDULOS DE UN SERVIDOR DE TELEFONÍA IP.....	9
1.4.8. ASTERISK.....	10
1.4.9. FREEPBX.....	10
1.4.10. NOTION.....	11
1.4.11. MÁQUINAS VIRTUALES.....	12

2. METODOLOGÍA .....	14
2.1. ESTRUCTURA .....	14
2.1.1. TÍTULO .....	16
2.1.2. INTRODUCCIÓN .....	16
2.1.3. TIEMPO ESTIMADO .....	16
2.1.4. OBJETIVOS .....	16
2.1.5. PRERREQUISITOS .....	17
2.1.6. TEMAS DE LABORATORIO .....	17
2.1.7. ACTIVIDAD .....	17
2.2. TEMAS DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....	18
2.2.1. PRÁCTICA 1: CONFIGURACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP MEDIANTE FREEPBX .....	19
2.2.2. PRÁCTICA 2: CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE GRUPOS DE LLAMADAS Y BUZÓN DE VOZ EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP MEDIANTE FREEPBX .....	21
2.2.3. PRÁCTICA 3: CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE OPERADORES VIRTUALES (IVR) Y FRANJAS HORARIAS EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP MEDIANTE FREEPBX .....	22
2.2.4. PRÁCTICA 4: INTERCONEXIÓN ENTRE DOS CENTRALES TELEFÓNICAS DE VOIP FREEPBX INTERNAS MEDIANTE UNA TRONCAL SIP .....	24
2.2.5. PRÁCTICA 5: PLANES DE MARCACIÓN (DIAL PLAN) .....	25
2.2.6. PRÁCTICA 6: CREACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP FREEPBX MEDIANTE AWS .....	27
3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	29
3.1. RESULTADOS .....	29
3.1.1. PRÁCTICA 1: ANÁLISIS DE UN PAQUETE DE VOIP Y SU ANCHO DE BANDA .....	29
3.1.2. PRÁCTICA 2: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DE BUZÓN DE VOZ Y GRUPO DE LLAMADAS .....	31
3.1.3. PRÁCTICA 3: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DE IVRS Y FRANJAS HORARIAS .....	37

3.1.4. PRÁCTICA 4: CONFIGURACIÓN ESTRUCTURADA DE DOS CENTRALES TELEFÓNICAS FREEPBX INTERCOMUNICADAS ENTRE SÍ. ....	41
3.1.5. PRÁCTICA 5: IMPLEMENTACIÓN DE DIAL PLAN PARA UN SECTOR ESPECIFICO DE COMUNICACIONES. ....	45
3.1.6. PRÁCTICA 6: IMPLEMENTACIÓN DE BUZÓN DE VOZ, RING GROUPS, FRANJAS HORARIAS EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA FREEPBX DENTRO DE AWS. ....	48
3.2. CONCLUSIONES .....	52
3.3. RECOMENDACIONES .....	52
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
5. ANEXOS .....	57



## RESUMEN

Las telecomunicaciones han evolucionado de una forma increíble en el sector empresarial, todo ello gracias al desarrollo tecnológico a nivel mundial. Las empresas han sido persuadidas para establecer fidelidad, eficacia y eficiencia a nivel de comunicaciones con sus clientes. Por lo tanto, se han implementado sistemas de comunicaciones que permiten cumplir con las demandas de los usuarios. Si hablamos de un sistema de comunicaciones a nivel de telefonía podemos referirnos a una *central telefónica de VoIP* mediante código abierto (*Freepbx*), cuya función es transportar conversaciones a través de IP y brindar asistencia al usuario mediante un conjunto de aplicaciones que ofrece la central telefónica. Las *centrales telefónicas de VoIP* tienen una gran demanda en empresas de todo nivel y en profesionales que ofrecen soluciones a nivel de telefonía. Con ello queremos recalcar la importancia de que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones estén capacitados en el manejo e implementación de una *central telefónica de VoIP*. El presente componente propone un conjunto de prácticas o guías de laboratorio elaboradas en el programa *Notion*, dichos laboratorios están enfocados al levantamiento de una *central telefónica de VoIP* mediante *Freepbx* desde cero. Cada sesión contiene los aspectos más básicos hasta parámetros de alta complejidad que son de vital importancia en la administración de una central telefónica. Mediante un conjunto de seis prácticas de laboratorio se pretende que los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, particularmente de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones se encuentre relacionado con un ambiente empresarial real sobre la implementación, configuración y funcionamiento de una *central telefónica de VoIP*. Dentro de los laboratorios existe una actividad propuesta que tiene como objetivo evaluar y complementar los conocimientos teóricos-prácticos adquiridos en la sesión. El presente componente posee seis laboratorios elaborados a detalle como producto final, así como el desarrollo de las actividades propuestas para los estudiantes. Se incluye las respectivas máquinas virtuales empleadas en la implementación de una *central telefónica de VoIP* basada en *Freepbx* seccionadas en las diferentes prácticas de laboratorio.

**PALABRAS CLAVE:** Prácticas de laboratorio, Central telefónica de VoIP, Ingeniería en Telecomunicaciones, fidelidad, eficacia, eficiencia, *Notion*, máquinas virtuales y *Freepbx*.

## ABSTRACT

Telecommunications have evolved in an incredible way in the business sector, all thanks to technological development worldwide. Companies have been persuaded to establish loyalty, effectiveness and efficiency at the level of communications with their customers. Therefore, communications systems have been implemented that allow to meet the demands of users. If we talk about a communications system at the telephony level, we can refer to an open-source *VoIP telephone exchange (Freepbx)*, whose function is to transport conversations over IP and provide assistance to the user through a set of applications offered by the telephone exchange. *VoIP telephone exchanges* are in great demand in companies of all levels and in professionals who offer solutions at the telephony level. With this we want to emphasize the importance of the students of the Telecommunications Engineering career are trained in the operation and implementation of a *VoIP telephone exchange*. This component proposes a set of practices or laboratory guides developed in the *Notion* program; these laboratories are focused on the creation of a *VoIP telephone exchange* through *Freepbx* from scratch. Each session contains the most basic aspects up to highly complex parameters that are of vital importance in the administration of a telephone exchange. Through a set of six laboratory practices it is intended that the students of the Escuela Politécnica Nacional, particularly of the Telecommunications Engineering career is familiar with a real business environment on the implementation, configuration and operation of a *VoIP telephone exchange*. Within the laboratories there is a proposed activity that aims to evaluate and complement the theoretical-practical knowledge acquired in the session. This component has six laboratories elaborated in detail as a final product, as well as the development of the activities proposed for the students. It includes the respective virtual machines used in the implementation of a *VoIP telephone exchange* based on *Freepbx* sectioned in the different laboratory practices.

**KEYWORDS:** Lab practices, VoIP Telephone Exchange, Telecommunications Engineering, fidelity, effectiveness, efficiency, Notion, virtual machines and Freepbx.

# 1. INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones a nivel nacional han tenido un desarrollo importante durante la última década. Al incrementar la cantidad de usuarios y demanda de servicios, las empresas se han visto obligadas a implementar nuevas tecnologías a nivel de hardware y software que sustenten y soporten dichas capacidades solicitadas. Con ello se busca que los clientes logren establecer comunicaciones confiables y eficaces dentro del entorno en el que se desarrollan. [1]

Durante varios años de investigación, se logró incorporar varias alternativas para las redes telefónicas, una de ellas es el transporte de tráfico de voz mediante redes de datos (VoIP). La transmisión de voz sobre redes IP es una de las aplicaciones más importantes en el mundo de las telecomunicaciones ya que, con esta tecnología se brinda innumerables servicios a los usuarios y a las empresas que implementan esta tecnología como por ejemplo se brinda mayor flexibilidad, reducción de costos en las llamadas telefónicas, eficiencia en el uso del ancho de banda, menores gastos operativos, etc. [2]

A partir de 1995, VoIP ha evolucionado de forma exponencial, los protocolos característicos de esta tecnología fueron evolucionando y acoplándose a las exigencias de los usuarios. Actualmente las redes de VoIP son las más utilizadas a nivel empresarial debido a su eficiencia y a su compatibilidad con diferentes tecnologías. [3]

En la actualidad, las centrales telefónicas de VoIP han tenido un desarrollo importante en la industria de telecomunicaciones, brindando muchos beneficios a los usuarios, es importante mencionar que una de las tecnologías a nivel de software que se están posicionando en el mercado es asterisk en combinación con Freepbx, dicha plataforma de telefonía brinda a los clientes diversas aplicaciones (correo de voz, conferencias, IVRs, videollamadas, etc.) las cuales son posible debido a que la plataforma es gratuita y está basada en programación de código abierto. [4]

Asterisk en combinación con Freepbx puede parecer complejo para un nuevo usuario que desee incursionar en el ámbito de telecomunicaciones, razón por la cual es fundamental que los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Escuela Politécnica Nacional posean conocimientos básicos y estén en la capacidad de construir *centrales telefónicas de VoIP* basadas en asterisk-freepbx a nivel empresarial. Por consiguiente, es vital para complementar la formación profesional de los estudiantes, crear una guía compuesta por un conjunto de prácticas de laboratorio sobre los conceptos básicos de una *central telefónica de VoIP* y sobre todo experimentar con las diversas herramientas que brinda *asterisk-freepbx*

a nivel empresarial. El presente componente propone una serie de prácticas de laboratorio con ejemplos y actividades desarrollados de manera explícita y dinámica, con el cual aún no cuenta la Escuela Politécnica Nacional, Dicho componente brindará al estudiante de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones los conocimientos básicos y adecuados para su correcto desarrollo profesional.

## 1.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar prácticas de laboratorio aplicadas a telefonía IP usando Freepbx.

## 1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Investigar acerca del funcionamiento y la estructura de una central telefónica de VoIP.
- Segmentar el levantamiento de una central telefónica de VoIP en varias partes, tomando en cuenta la cantidad de tiempo disponible y la dificultad que posee cada una de las prácticas.
- Implementar las diferentes prácticas de laboratorio propuestas.
- Resolver las prácticas de laboratorio paso a paso, incluyendo las actividades propuestas a los estudiantes.

## 1.3. ALCANCE

Se realizará una serie de sesiones de laboratorio enfocadas a la implementación de una *central telefónica de VoIP*, con la finalidad de proporcionar un manual de estudios a los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, específicamente de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Para desplegar el manual de estudios, se empleará el software de código abierto *asterisk* en combinación con *freepbx* [5] que se instala mediante una máquina virtual. Se escogió este software, debido a que posee todas las herramientas necesarias para desplegar una *central telefónica de VoIP*. Así, los estudiantes pueden adaptarse a un entorno muy cercano a la realidad, en donde puedan interactuar con cada una de las herramientas disponibles en el sistema, y generar pruebas de funcionamiento manipulando los parámetros iniciales de cada elemento de una *central telefónica de VoIP*.

Es importante mencionar que se realizará una conexión entre *centrales telefónicas de VoIP* para analizar el comportamiento de los usuarios finales, además se implementará una *central telefónica de VoIP* en AWS. Con ello logramos crear un sistema con mayor cobertura para los usuarios y brindamos la posibilidad de que los estudiantes manejen uno de los sistemas más utilizados en la actualidad a nivel de servicios en la nube. Para la ejecución, el componente consta de 3 fases, que son:

## 1. Fase de investigación e instalación.

En la primera etapa se comienza con la investigación de cada una de las herramientas de comunicación que serán utilizadas para la creación, implementación y configuración de una central telefónica básica de VoIP mediante Freepbx. De manera paralela se indaga las demandas esenciales para la correcta operación del software libre asterisk-freepbx. La presente etapa finaliza con la instalación de todos los componentes adecuados e imprescindibles para la ejecución del componente, en el cual se integra la instalación de las máquinas virtuales (asterisk-freepbx) con su composición primordial además, la creación de la máquina virtual dentro de AWS.

## 2. Fase de elaboración de prácticas de laboratorio.

En la presente etapa se crea una secuencia de laboratorios con los diferentes tópicos que abordan la creación de una central telefónica de VoIP, tales como: grupos de llamadas, buzón de voz, operadoras virtuales, franjas horarias, troncales SIP, etc. Las hojas guías se crearán en la herramienta virtual Notion, La cual posee varias herramientas, bloques y opciones que permiten crear una hoja guía interactiva para los estudiantes, incluyendo: bloques sincronizados, videos, tablas, imágenes animadas, etc. Las hojas guías contienen el procedimiento de cada práctica hecho paso a paso, además consta con la parte teórica de cada configuración realizada. En cada paso estructurado se realizan pruebas de funcionamiento para comprobar si el sistema está operando correctamente. En las prácticas de laboratorio se entregarán máquinas virtuales con el respectivo snapshot [6] que posee una configuración inicial y precisa para el desarrollo del laboratorio. En el transcurso de la fase de elaboración se realizarán un total de seis prácticas de laboratorio cuyos tópicos son:

- Práctica 1: Configuración de una *central telefónica básica de VoIP* mediante freepbx.
- Práctica 2: Creación y configuración de grupos de llamadas y buzón de voz en una *central telefónica básica de VoIP* mediante freepbx.
- Práctica 3: Creación y configuración de operadores virtuales (IVR) y Franjas horarias en una *central telefónica básica de VoIP* mediante freepbx.
- Práctica 4: Interconexión entre dos *centrales telefónicas de VoIP* Freepbx internas mediante una troncal SIP.
- Práctica 5: Planes de marcación (dial plan)

- Práctica 6: Creación de una *central telefónica básica de VoIP* freepbx mediante AWS.

### 3. Fase de elaboración de actividades propuestas para el estudiante.

Esta etapa se puede visualizar al terminar de cada una de las hojas guías de las sesiones respectivas, en el cual se plantea una tarea adicional complementaria a realizarse por el estudiante. Dicha actividad tiene como principal propósito evaluar y aplicar los conocimientos que el estudiante obtuvo durante el desarrollo del laboratorio. El trabajo adicional propuesto se fundamenta en la alteración y composición de los parámetros básicos que se tratan en la hoja guía o en el estudio de nuevas aplicaciones, en donde intervenga el software asterisk-freepbx.

## 1.4. MARCO TEÓRICO

### 1.4.1. VOIP

Voice-over IP se define como una tecnología que posibilita el enrutamiento de comunicaciones de voz y video a través de Internet o cualquier otra red basada en el protocolo de Internet (IP) [7]. La transmisión de voz se la realiza por medio de un red de conmutación de paquetes en lugar de líneas dedicadas tradicionales para telefonía. Para enviar voz, la información debe dividirse en paquetes al igual que los datos, dichos paquetes son separados en tamaños adecuados para mejorar la eficiencia en la trasmisión. Además, los datos de voz deben comprimirse para ocupar menos espacio y aprovechar al máximo el ancho de banda [3].

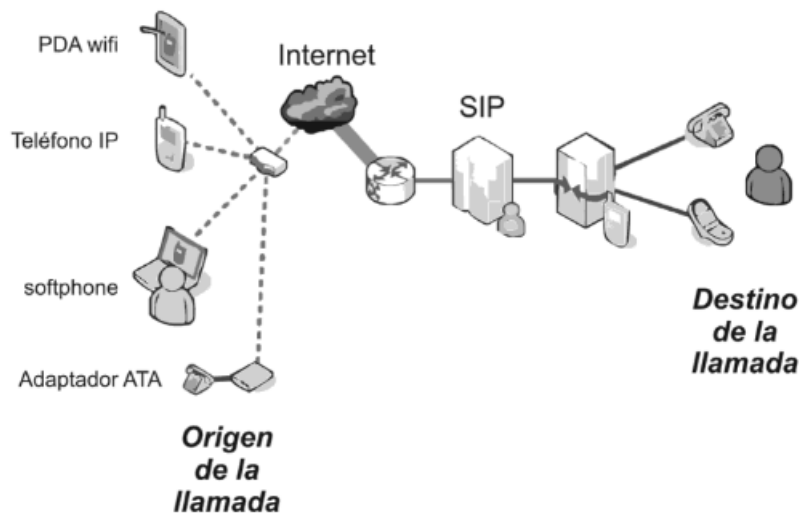
### 1.4.2. ESTRUCTURA DE VOIP

Los elementos que son parte de VoIP son:

- **Cliente:** Usuario que genera o recibe tráfico de voz. La información debe ser codificada y empaquetada para ser enviada a través de la red. En el destino se debe realizar el proceso inverso (decodificación) de los paquetes captados [8].

Los usuarios finales utilizan diferentes dispositivos para crear o receptor llamadas como son:

- Teléfono IP.- es un teléfono similar al teléfono tradicional pero esta adaptado al entorno IP.



**Figura 1.1:** Arquitectura de VoIP. [8]

- Softphone.- Es un teléfono Ip pero en software.
- Adaptador ATA.- Es un adaptador que permite conectar un teléfono normal a una red IP.
- **Servidores:** Los servidores son dispositivos que se encargan de realizar operaciones de contabilidad, enrutamiento, registro de usuarios y administración de servicios. En la actualidad tenemos IP-PBX basados en software como: Elastix, Freepbx, Issabel,etc [9].
- **Gateways y adaptadores Analógicos:** Los gateways en concreto permiten realizar una conversión de una señal analógica a una señal digital o viceversa [10].

### 1.4.3. VENTAJAS DE VOIP

Inicialmente VoIP se presentó como una tecnología que permitía a un proveedor de servicios de telecomunicaciones transportar tráfico de voz de forma "gratuita", a través de Internet. El éxito de VoIP se puede atribuir a los siguientes motivos:

- *Facilidad de implementación:* Las funciones que demandan múltiples puntos distribuidos pueden ser centralizados en el dominio de VoIP debido a los controladores de llamadas de VoIP, lo que permite reducir los costos administrativos y acelerar la implementación [3].
- *Simplificación de las redes de transporte:* Las redes IP se pueden utilizar para transportar paquetes de VoIP, lo que permite eliminar la necesidad de utilizar líneas arrendadas dedicadas al transporte de voz [3].



- *Reducción de costos:* Existe una reducción considerable de los costos operativos y de mantenimiento, beneficioso para las empresas que generan un alto tráfico de voz y llamadas internacionales [3].
- *Servicios de valor agregado:* VoIP puede hospedar y ejecutar varios servicios para consumidores como Multimedia Messaging Service (MMS), Push to talk (PPT).
- *Comunicación en cualquier momento y en cualquier lugar:* La mensajería instantánea de VoIP brinda una comunicación en cualquier momento y en cualquier lugar a los usuarios que tienen acceso a Internet y una cuneta registrada, así se elimina las dificultades de los modos de comunicación basados en infraestructura.
- *Fácil Actualización:* Los servicios que brinda VoIP se actualizan de forma fácil debido a la sencillez de las operaciones de VoIP.

#### **1.4.4. PROTOCOLOS USADOS EN VOIP**

Existe varios protocolos que son utilizados por VoIP, entre los cuales tenemos:

- *H.323:* Es una especificación ITU-T para transmitir audio, video y datos a través de una red IP. El estándar brinda información sobre la señalización y el control de llamadas, el transporte y control multimedia y el control de ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto. En consecuencia, los proveedores de servicios de VoIP utilizan cada vez más el protocolo H.323 para establecer y administrar sesiones de VoIP [11].
- *Session Initiation Protocol:* SIP es un protocolo de control de la capa de aplicación que puede establecer, modificar y finalizar sesiones multimedia (conferencias), como llamas telefónicas por Internet y mensajes simples [12].
  - Tipo de mensajes SIP: Un mensaje SIP es una solicitud de un cliente a un servidor o una respuesta de un servidor a un cliente.
    1. Requests: Las solicitudes SIP se distinguen por tener una línea de solicitud para una línea de inicio.
    2. Responses: Las respuestas SIP se distinguen de las solicitudes porque tienen una línea de estado como línea de inicio.
      - Provisional (1xx class)
      - Final (2xx, 3xx, 4xx,5xx,6xxclasses)

**Tabla 1.1:** Mensajes de solicitud

SIP requests	
Method	Description
INVITE	Initiates a call, changes call parameters (re-INVITE)
ACK	Confirms final response for INVITE
BYE	Terminates a call
CANCEL	Cancels searches and “ringing”
OPTIONS	Queries the capabilities of the other side
REGISTER	Registers with the location service

- *Real Time Transport Protocol:* Se define como un protocolo responsable de transportar la voz en un sitio a otro. Dentro de RTP se implementa un mecanismo estándar para enviar audio y video en Internet. Del mismo modo que en una conversación, existen dos flujos de voz, en una red IP tenemos dos flujos de paquetes RTP. El protocolo RTP trabaja de forma simultánea con SIP en el inicio y finalización de la sesión de comunicación [13].
- *Real Time Transport Control Protocol:* RTCP es el protocolo encargado del control de RTP, está definido en el RF 3550. Se basa en la transmisión de información de control a los beneficiarios finales de una sesión establecida, con el propósito de regular la calidad de servicio. El inconveniente de RTCP es que no realiza un proceso de cifrado o alguna técnica de autenticación [14].
- *Inter Asterisk eXchange:* El protocolo IAX fue elaborado como parte del desarrollo de PBX Asterisk, es otra opción al protocolo de señalización SIP. IAX utiliza un par de flujos donde los datos y la voz coexisten en comparación de SIP que utiliza dos flujos para transmitir voz y otros dos para la parte de señalización. IAX permite ensamblar llamadas simultáneas en un sólo paquete IP (trunking), dicha implementación permite ahorrar el consumo de ancho de banda [13].

#### 1.4.5. CÓDECS

Un algoritmo compresor/de-compresor (códec) es un grupo de transformaciones utilizadas para digitalizar la voz. Los códecs permiten realizar la conversión de voz a datos y viceversa. El códec toma una señal analógica y la convierte en una señal digital en un formato binario (0s y 1s). Existen diferentes formas de digitalizar audio y cada una de ellas resulta en un tipo de códec. A mayor compresión se obtiene mayor distorsión. Un códec tiene un mejor desempeño que otro cuando está capacitado para brindar mejor calidad de voz utilizando la

misma cantidad de ancho de banda [8].

**Tabla 1.2:** Comparativa de los códecs

CODECS					
Nombre	Bit rate (Kbps)	Audio útil (Bytes)	AB estimado (Kbps)	Latencia (ms)	Calidad
G.711	64	240	74.6	30	4.1
G.723.1	6.4	24	17.6	30	3.8-3.9
G.726	32	80	48	20	3.85
G.728	16	60	26.6	30	3.61
G.729	8	20	24	20	3.92
GSM 06.10	13.2	33	29.2	20	3.8
LPC10	2.4	7	16.7	22.5	
Speex	11.2	28	27.2	20	
ILBC	15.2	57	25.8	30	4.14

#### 1.4.6. CENTRAL TELEFÓNICA IP/PBX-IP

La central telefónica o PBX es la parte esencial de un sistema telefónico IP. La PBX-IP consta de varios elementos para su correcto funcionamiento entre ellos tenemos: servidor PBX-IP, los teléfonos IP o Softphones y de forma opcional Gateway VoIP [15].

La PBX-IP comparte un conjunto de líneas con un grupo de usuarios y también proporciona la posibilidad de producir servicios de valor añadido como transferencia de llamadas, llamadas en conferencia, servicios con respuestas interactivas (IVR),etc [13].

#### 1.4.7. MÓDULOS DE UN SERVIDOR DE TELEFONÍA IP

- *Extensiones:* La extensión es un número que se crea en la PBX-IP que corresponde al usuario final de telefonía. Está formado de una serie de números que autorizan el registro del usuario en el dispositivo físico, mediante la extensión creada se puede realizar o recibir llamadas internas y externas. Al utilizar la extensión se elimina la necesidad de poseer una línea telefónica con numeración fija [16].
- *Grabación de Llamadas:* El módulo realiza grabaciones de las comunicaciones entrantes, salientes, internas o externas a la central telefónica según la configuración planificada. El módulo de grabación puede ser habilitado tanto en extensiones, troncales y en rutas [5].
- *An Interactive Voice Response:* Un sistema de respuesta de voz interactiva (IVR) comúnmente se lo llama recepcionista digital. Un IVR reproduce un audio pregrabado para que el usuario mediante el teclado digital de su teléfono pueda interactuar y comunicar a que extensión o departamento desea llamar [5].

- *Troncales*: Una troncal en términos simples es un camino hacia o desde un sistema telefónico. La troncal permite conectar una PBX con los recursos externos, como líneas telefónicas PSTN o sistemas PBX adicionales. Las troncales pueden ser físicas, como una línea PRI o PSTN, o pueden ser virtuales mediante el enrutamiento de llamadas por medio del protocolo IP [5]. En las centrales telefónicas existen varios tipos de troncales como, por ejemplo:
  - SIP Trunk (Session Initiation Protocol): Troncales para líneas digitales que utilizan el protocolo SIP.
  - DAHDI Trunk (Líneas Analógicas): Troncales utilizadas para líneas analógicas.
  - IAX2 Trunk (Inter Asterisk): Troncales especializadas en la interconexión de centrales Asterisk.
  - ENUM Trunk (Telephone Number Mapping): Troncales que utilizan el protocolo ENUM para la interconexión de llamadas telefónicas.
  - DUNDi Trunk (Distributed Universal Number Discovery): Troncales que tienen un funcionamiento muy similar a las troncales ENUM.
  - Custom Trunk.
- *Rutas entrantes y salientes*: Las rutas entrantes y salientes de una central telefónica son las vías que toman las comunicaciones a través de las respectivas troncales. Las rutas ya sean entrantes o salientes filtran las llamadas que salen o ingresan al sistema, mediante el número asociado a la ruta (DID o Caller ID).

#### **1.4.8. ASTERISK**

Asterisk es una completa solución de centrales IP por software. Se instala sobre cualquier plataforma de servidor con sistema operativo Linux (GNU Linux) y con los interfaces apropiados de telefonía (para líneas analógicas o RDSI), convierte a dicho sistema en una potente central telefónica [17].

Actualmente las soluciones Open Source representan el 18 % de las centralitas telefónicas instaladas en todo el mundo (según el Eastern Management Group) y Asterisk es el líder en el mercado de código abierto de centrales de VoIP (VoIP PBX).

#### **1.4.9. FREEPBX**

FreePBX es un paquete de software dinámico que utiliza el poder de Linux, Apache, MySQL y PHP. FreePBX ofrece un interfaz GUI Html (interfaz gráfica de usuario) para administración

de una central IP basada en Asterisk, muy fácil de usar, pero con gran capacidad [18]. Freepbx ofrece funcionalidades como:

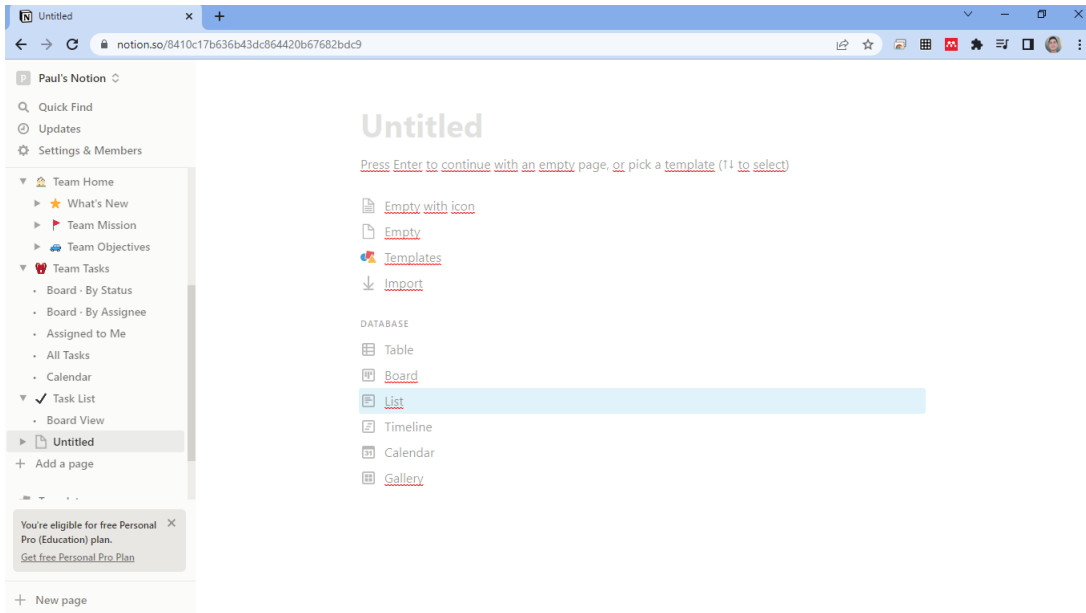
- Dialplan de llamadas entrantes y salientes.
- IVR (Recepcionista digital interactiva) – Operadora automática.
- Time conditions – Gestión de llamadas entrantes según horario y fecha.
- Grupo de llamadas (Ring Groups): Round-Robin, todas a la vez, etc.
- Follow-me.
- ACD – Sistema de colas y agentes.
- Monitorización de llamadas.
- Sistema de mensajería vocal.
- Música en espera.
- Sala de Conferencias.
- Grabación de las llamadas (sólo recomendado para pequeños volúmenes).

#### **1.4.10. NOTION**

*Notion* básicamente es un coordinador de tareas multiplataforma que permite llevar la organización personal y laboral al siguiente nivel. La plataforma permite escribir textos, listas, checkbox o bullets, y ordenar esta información en tablas, bases de datos, wikis o entradas. [19]

El entorno de Notion brinda una adecuada flexibilidad en la creación de documentos, debido a que permite personalizar las actividades propuestas. Existen diferentes tipos de bloques que permiten agregar: videos, enlaces, pestañas deslizantes, subpáginas, bloques sincronizados, códigos de programación, filtros de navegación, etc. Como resultado se obtiene documentos didácticos precisos para informes, listas de tareas, planes de trabajo y cronogramas.

A través de Notion se puede realizar la importación o exportación de información y documentos de diversas plataformas asociadas, así tenemos a One drive, Youtube, PDF, etc. Con ello podemos utilizar en cualquier instante varias bases de datos, imágenes, videos y documentos. De forma similar, se realiza la exportación de los documentos creados en la plataforma a otros formatos como PDF, HTML o CSV.

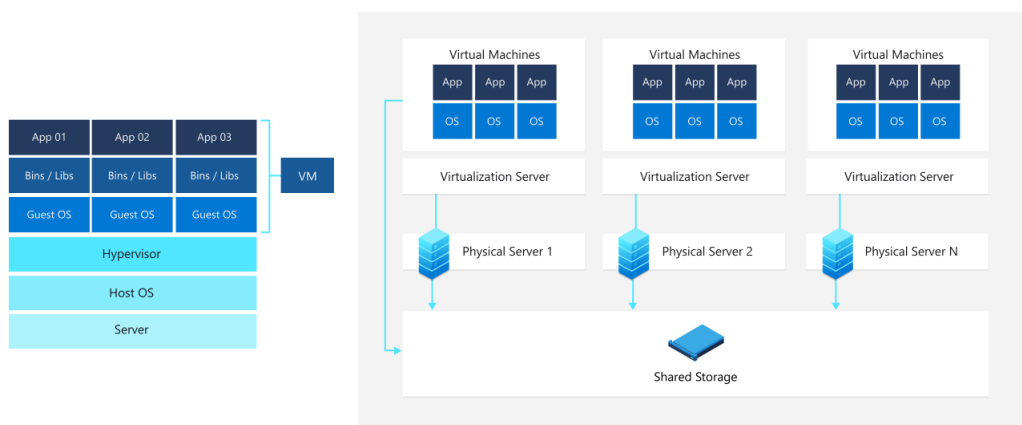


**Figura 1.2:** Plataforma Notion.

Es importante mencionar que el entorno Notion permite el uso de Graphical Interchange Format (GIF) que básicamente son una serie de imágenes o videos sin sonido que se repiten continuamente. Esta herramienta es fundamental debido a que se puede transmitir ciertas explicaciones sin necesidad de agregar algún texto [20].

### 1.4.11. MÁQUINAS VIRTUALES

Una máquina virtual (VM), es similar a cualquier otra computadora física como una laptop, un teléfono inteligente o un servidor. Posee un CPU, memoria, discos para almacenar archivos y puede conectarse a Internet de ser necesario. Si analizamos, las partes de una computadora son físicas y tangibles pero las máquinas virtuales no cumplen dicha característica, la VM está definida por software (códigos) dentro de servidores físicos.



**Figura 1.3:** Estructura de una máquina virtual [21]

La virtualización es el proceso de crear una versión "virtual", o basada en software de una computadora, con cantidades dedicadas de CPU, memoria y almacenamiento que se "toman prestadas" de una computadora física [21]. La máquina virtual puede ejecutarse en una ventana como un entorno informático separado, con frecuencia se utiliza para ejecutar un sistema operativo diferente, lo que significa que el software no puede interferir con el sistema operativo principal de la computadora.

Las máquinas virtuales se pueden utilizar para varias aplicaciones, por ejemplo:

- Creación e implementación de aplicaciones en la nube.
- Probar un nuevo sistema operativo (SO)
- Copia de seguridad de su sistema operativo existente.
- Ejecutar software o aplicaciones en sistemas operativos para los que no estaban destinados originalmente.

Las máquinas virtuales poseen una gran cantidad de beneficios que los detallaremos a continuación:

- Ahorro de costos: Se puede ejecutar varias máquinas virtuales en una sola computadora o un servidor por lo cual se reduce drásticamente el espacio físico y los costos de mantenimiento.
- Agilidad y velocidad: Generar una VM es relativamente fácil y rápido, y es más simple que brindar un entorno completamente nuevo para sus desarrolladores.
- Menor tiempo de inactividad: las máquinas virtuales son portátiles y fáciles de importar en una máquina diferente, en resumen, las VM son una excelente solución para la copia de seguridad, en caso de que el servidor se caiga inesperadamente.
- Beneficios de seguridad: debido a que las máquinas virtuales se ejecutan en varios sistemas operativos, el uso de un sistema operativo invitado en una VM le permite ejecutar aplicaciones de seguridad cuestionable y protege su sistema operativo.

## 2. METODOLOGÍA

Si analizamos La Fig 2.1 podemos visualizar un diagrama de la constitución general de la *central telefónica de VoIP*. Se evidencia dos sectores bien definidos, estas secciones están formadas por dos *centrales telefónicas de VoIP* (FreePBX) que simulan un ambiente real entre clientes de dos sistemas diferentes. Para ello se debe establecer una comunicación entre ambas centrales telefónicas montadas en máquinas virtuales. Además, se presenta en el esquema, las interconexión de las *centrales telefónicas de VoIP* por troncales SIP, y cada una de ellas posee sus respectivos softphones que simulan a los usuarios finales. La comunicación entre centrales telefónicas es bidireccional y cada una de ellas posee diferentes características para la comunicación interna.

Cada laboratorio será desarrollado en el workspace de Notion, el cual posee elementos y opciones adecuadas para lograr ambientes de trabajo interactivos y multifuncionales para los estudiantes.

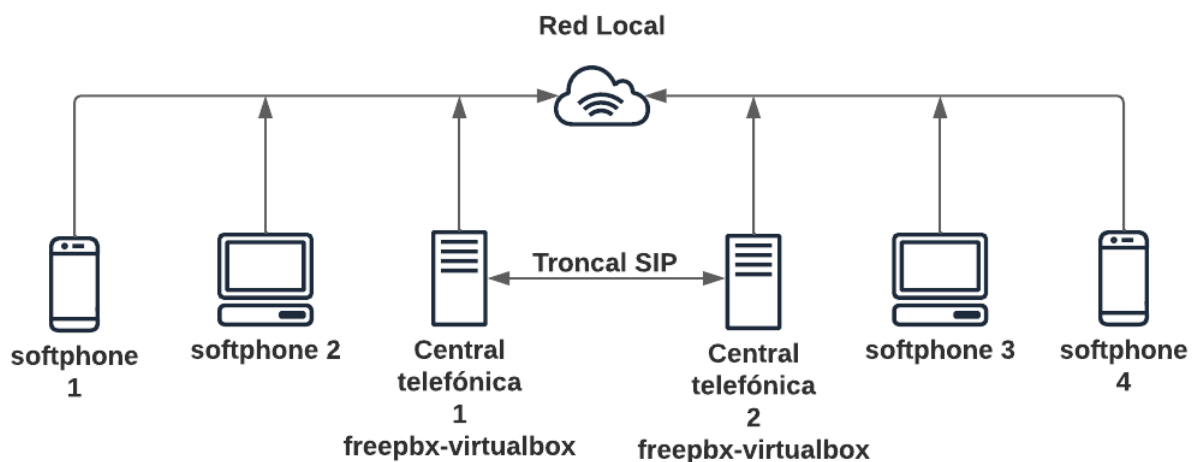


Figura 2.1: Esquema general propuesto.

### 2.1. ESTRUCTURA

La implementación de una *Central telefónica de VoIP* se dividió considerando tres aspectos: el vínculo que tienen las configuraciones de los elementos de una *Central telefónica de VoIP*, la complejidad de montaje y el desarrollo de pruebas de funcionamiento y por último, la duración que toma implementar y analizar el adecuado funcionamiento de las modificaciones



implantadas. Partiendo de las consideraciones analizadas, se fragmentó la creación de una *Central telefónica de VoIP* en seis laboratorios que son:

- Práctica 1: Configuración de una *central telefónica básica de VoIP* mediante freepbx.
- Práctica 2: Creación y configuración de grupos de llamadas y buzón de voz en una *central telefónica básica de VoIP* mediante freepbx.
- Práctica 3: Creación y configuración de operadores virtuales (IVR) y Franjas horarias en una *central telefónica básica de VoIP* mediante freepbx.
- Práctica 4: Interconexión entre dos *centrales telefónicas de VoIP* Freepbx internas mediante una troncal SIP.
- Práctica 5: Planes de marcación (dial plan)
- Práctica 6: Creación de una *central telefónica básica de VoIP* freepbx mediante AWS.

De acuerdo a lo establecido, los laboratorios son elaboradas en el workspace de Notion. Basicamente notion es una plataforma en donde el usuario puede crear, escribir y administrar proyectos con herramientas interactivas [22]. Entre las aplicaciones que posee se puede incluir material audiovisual, gifs, tablas, bloques sincronizados, etc. Esto permite realizar las hojas guías de las prácticas de laboratorio de forma homogénea y con un formato exclusivo, además el estudiante podrá interactuar con la plataforma de manera cómoda y sencilla.

Es importante enfatizar el uso de máquinas virtuales dentro de VirtualBox, las que permitirán crear las centrales telefónicas de VoIP necesarias para simular las interconexiones entre ellas. Las máquinas virtuales tienen grandes beneficios, como la utilización de *snapshots*; el snapshot en VirtualBox es utilizado para congelar una máquina virtual y su configuración de tal forma que si se realiza una modificación o configuración adicional en el futuro, esta no se vea manifestada en el snapshot [6]. Se aplicó esta herramienta debido a que los estudiantes necesitan una configuración inicial en las máquinas virtuales para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, además se puede ir guardando los avances realizados en los laboratorios. Todas las prácticas de laboratorio dispondrán de un snapshot a excepción de la Práctica 1, la cual es el inicio de toda la guía. Cada una de las prácticas de laboratorio tiene la siguiente estructura: Título, Introducción, Tiempo estimado, Objetivos, Prerrequisitos, Temas propios del laboratorio, Actividad y Bibliografía.

### **2.1.1. TÍTULO**

La sección a tratar esta compuesta por el nombre que distingue a la práctica de laboratorio en su totalidad. Proporciona un concepto general de la sesión y los trabajos adicionales en ella.

### **2.1.2. INTRODUCCIÓN**

La introducción de las sesiones contiene un pequeño preámbulo del tema a tratar. Es decir que abarca una pequeña exposición sobre la relevancia que tiene el desarrollo de la práctica de laboratorio. Pongamos el caso de la Práctica 1, aquí se menciona la importancia de los softphones al ser la pieza esencial en el funcionamiento de una *Central telefónica de VoIP* básica.

De la misma forma, la introducción agrega un pequeño gráfico o esquema, como lo observamos en la Fig 2.1 donde se visualiza gráficamente el propósito final de la práctica de laboratorio. En la figura se presenta cada uno de los componentes que se utilizarán con su respectiva configuración y se detalla brevemente el desempeño que tendrán una vez se haya concluido el desarrollo de la sesión de laboratorio.

### **2.1.3. TIEMPO ESTIMADO**

En la sección de tiempo estimado se indica la duración aproximada que toma el desarrollo de la práctica de laboratorio, incluyendo las actividades adicionales propuestas a los estudiantes. El calculo se realizó tomando en cuenta la duración aproximada que tomó el desarrollo de la práctica en su totalidad, además se añadió un margen de error debido a los obstáculos que pueden tener los estudiantes en la práctica.

EL tiempo de duración de las sesiones de laboratorio es un parámetro que se analizó para la división de los temas a tratar en las prácticas. Por lo cual, se llegó a la conclusión de que el tiempo máximo de implementación de una práctica con las actividades propuestas, es alrededor de 2 horas.

### **2.1.4. OBJETIVOS**

En esta parte de las hojas guías se expone un total de dos o tres objetivos específicos relacionados con el desarrollo de la práctica de laboratorio. Dichos objetivos muestran las metas a cumplir a lo largo del desarrollo de las diferentes secciones que posee el laboratorio. Los objetivos están vinculados con la teoría y conocimientos adoptados a lo largo de la carrera.

Se aspira que en el desarrollo de la guía orientada al levantamiento de una central telefónica

de VoIP, los objetivos estén enfocados a aplicar la parte teórica y desarrollar habilidades relacionadas con el montaje de una *Central telefónica de VoIP*.

### **2.1.5. PRERREQUISITOS**

Los prerrequisitos son básicamente los implementos que se exige tener instaladas o implementadas antes de iniciar la resolución de las prácticas de laboratorio; se pueden destacar elementos como los softphones (Zoiper, Linephone), snapshots de las máquinas virtuales, servidores de telefonía IP, etc. Los implementos mencionados son indispensables a lo largo o en alguna parte de la práctica. Sin estas herramientas no se cumplirán los objetivos de la sesión a implementar.

En los prerrequisitos de cada hoja guía de laboratorio se incluyen las indicaciones para instalar las herramientas requeridas, bloques sincronizados de prácticas anteriores, el vínculo para descargar ciertas aplicaciones o una guía de como utilizar las herramientas necesarias. Todo esto con el fin de instruir al estudiante en caso de no disponer las herramientas solicitadas y ahorrar tiempo para el desarrollo de la práctica.

### **2.1.6. TEMAS DE LABORATORIO**

En esta sección se integran todos los temas y subtemas que se van a tratar en la resolución de la práctica de laboratorio. Cada tema o subtema contiene una breve explicación, definiciones de parámetros o elementos a utilizar según corresponda. Por ejemplo, si en una práctica existe un subtema llamado Rutas salientes, se definirá de forma concisa las rutas salientes y la respectiva configuración con todos los parámetros y opciones necesarias. Esto se realiza con el fin de brindar un laboratorio dinámico y lograr que el estudiante tenga la noción de cómo aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes circunstancias.

Tomar en cuenta que una de las finalidades del actual componente es relacionar al alumno con un ambiente lo más próximo a la realidad, por lo tanto, cuando se encuentren con un escenario diferente de centrales telefónicas pueda brindar soluciones óptimas y coherentes.

### **2.1.7. ACTIVIDAD**

En la sección actual se plantea un trabajo adicional, el cual puede ser teórico o práctico para el alumno. La actividad tiene como propósito examinar el conocimiento adquirido del estudiante en la sesión desarrollada o también para ampliar los temas tratados en el laboratorio.

Generalmente la actividad está enfocada en la configuración y modificación de parámetros presentados durante la hoja guía, una vez concluida la actividad se realiza la respectiva comprobación de funcionamiento.

Dentro de las hojas guías se propone un actividad de corta duración y grado de ejecución medio-alto. Con ello se desea que el alumno enfoque sus conocimientos en la configuración de parámetros más avanzados y con mayor penetración a nivel empresarial. De esta forma se estudia todos los implementos que forman parte de una *Central telefónica de VoIP* y se complementa la formación académica de los alumnos.

Los trabajos adicionales serán resueltos de forma explícita en un nuevo documento de Notion. Se trata de seis actividades en total y será expuestas en la sección de resultados del presente documento.

Las actividades propuestas para cada laboratorio se presentan en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1:** Nombres de las actividades propuestas

<b>Práctica de Laboratorio</b>	<b>Nombre de la Actividad</b>
Práctica 1	Análisis de un paquete de VoIP y su ancho de banda.
Práctica 2	Configuración de parámetros básicos de buzón de voz y grupo de llamadas.
Práctica 3	Configuración de parámetros básicos de IVRs y franjas horarias.
Práctica 4	Configuración estructurada de dos centrales telefónicas freepbx intercomunicadas entre si.
Práctica 5	Implementación de dial plan para un sector específico de comunicaciones.
Práctica 6	Implementación de buzón de voz, Ring groups, franjas horarias en una central telefónica freepbx dentro de AWS.

## **2.2. TEMAS DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

Para el montaje de una *Central telefónica de VoIP* se utiliza el software libre Asterisk-freepbx. En esta aplicación se realizarán las configuraciones de los elementos y componentes de una *Central telefónica de VoIP*. Se escogió Asterisk como la herramienta para el levantamiento de una central telefónica ya que contiene un gestor web freepbx que contiene varias aplicaciones que permiten a la central telefónica de VoIP brindar varios servicios como operadores virtuales, buzón de voz, videollamadas, condiciones de tiempo, reportes de llamadas entrantes y salientes, troncales SIP, troncales IAX, etc. De tal forma Asterisk en combinación con freepbx permitirá crear una guía de prácticas de laboratorio completa para la educación de

los estudiantes de ingeniería en telecomunicaciones.

A partir de las aplicaciones que posee el software libre asterisk-freepbx se dividió lógicamente las seis prácticas de laboratorio con sus respectivos tópicos, considerando las pautas expuestas en puntos anteriores con respecto al tiempo de elaboración y la dificultad. Los temas y su tiempo de ejecución se pueden visualizar en la tabla 2.2

**Tabla 2.2:** Nombres de las prácticas propuestas

<b>Práctica N°</b>	<b>Nombre de la Práctica</b>	<b>Tiempo de ejecución</b>
Práctica 1	Configuración de una <i>central telefónica básica de VoIP</i> mediante freepbx.	1h45min
Práctica 2	Creación y configuración de grupos de llamadas y buzón de voz en una <i>central telefónica básica de VoIP</i> mediante freepbx.	1h30min
Práctica 3	Creación y configuración de operadores virtuales (IVR) y Franjas horarias en una <i>central telefónica básica de VoIP</i> mediante freepbx.	1h45min
Práctica 4	Interconexión entre dos <i>centrales telefónicas de Freepbx internas mediante una troncal SIP</i> .	1h45min
Práctica 5	Planes de marcación (dial plan)	1h50min
Práctica 6	Creación de una <i>central telefónica básica de VoIP</i> freepbx mediante AWS.	1h45min

### **2.2.1. PRÁCTICA 1: CONFIGURACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP MEDIANTE FREEPBX.**

El objetivo de la primera práctica de laboratorio es crear una red básica de VoIP mediante un servidor freepbx y softphones, además de realizar un análisis de calidad y funcionamiento mediante los protocolos de comunicación.

Una *central telefónica de VoIP* contiene varios componentes que funcionan de forma simultánea para la correcta operación de funciones como: troncales, rutas salientes, rutas entrantes, operadoras virtuales, etc. Sin embargo, uno de los elementos primordiales en las centrales telefónicas es el softphone que funciona mediante extensiones pjsip. Dichas extensiones son utilizadas por los usuarios finales y permiten establecer llamadas internas (en la misma central telefónica) o llamadas externas (hacia otras centrales telefónicas) además incorporan funcionalidades múltiples y complejas como buzón de voz, tiempo de timbrado, grabación de llamadas, entre otras.

Las extensiones en una central telefónica se crean mediante una secuencia de números configurada durante la creación de la misma [5]. El número de extensión será utilizada y asignada al softphone que desee registrarse para hacer uso de los servicios de la central telefónica.

Por tal razón es trascendental iniciar el conjunto de laboratorios estudiando y analizando el componente más básico y fundamental dentro de una central telefónica. De igual forma es primordial conocer los diferentes tipos de extensiones y algunas de las opciones más importantes para modificar dentro de una extensión dentro del servidor freepbx. Es de vital importancia recalcar que las extensiones utilizadas en los softphones permiten comprobar el correcto desempeño de las funcionalidades que se estudien a lo largo de las diferentes sesiones.

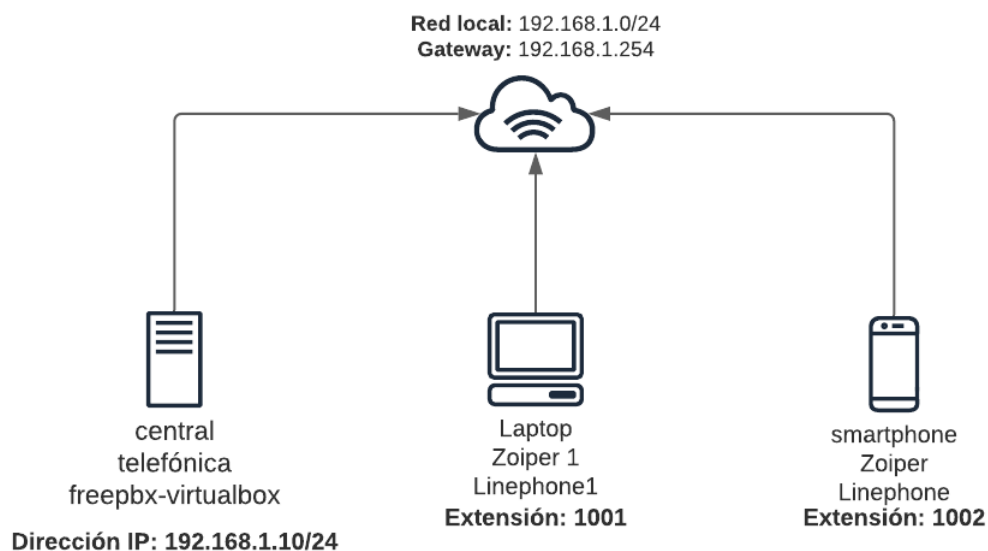
Los softphones que se van a utilizar en la práctica son dos (Zoiper y Linephone), cada uno posee ciertas características para diferentes aplicaciones. En la práctica se va a comprobar el funcionamiento de los dos softphones para distintos ambientes, además se va a realizar un escaneo de protocolos de comunicación mediante un software especializado como lo es Wireshark, con ello se pretende ejercer un estudio del ancho de banda de las llamadas para varios códecs de voz y así plantear un uso eficiente del ancho de banda dentro del sistema.

Mediante wireshark también podemos visualizar la estructura de los diferentes paquetes que se intercambian en la comunicación por ejemplo, se podrá visualizar los mensajes del protocolo SIP, RTP, para videollamadas el protocolo H.323, IP, UDP, Ethernet, etc. Es importante analizar toda la estructura de los paquetes para corregir posibles errores y comprender el proceso de encapsulamiento y des encapsulamiento de paquetes en las respectivas capas del modelo TCP/IP.

El laboratorio 1 tiene como diagrama la Fig. 2.2.

En el gráfico propuesto se observa que se tiene un total de dos extensiones, las cuales serán registradas en diferentes softphones (Zoiper o Linephone) asignadas para el computador y para un Smartphone disponible.

Al terminar de configurar cada una de las opciones que tiene una extensión en el servidor Freepbx, se realiza las pruebas de funcionamiento mediante el establecimiento de llamadas entre extensiones, donde se podrá comprobar la calidad de voz, el funcionamiento de ciertos parámetros configurados y el intercambiado de paquetes durante la comunicación mediante el programa wireshark.



**Figura 2.2:** Esquema general propuesto para la Práctica 1.

### 2.2.2. PRÁCTICA 2: CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE GRUPOS DE LLAMADAS Y BUZÓN DE VOZ EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP MEDIANTE FREEPBX.

La finalidad de la segunda práctica de laboratorio es realizar la configuración básica de un grupo de llamadas y habilitar las diferentes opciones de buzón de voz en una *Central telefónica de VoIP*.

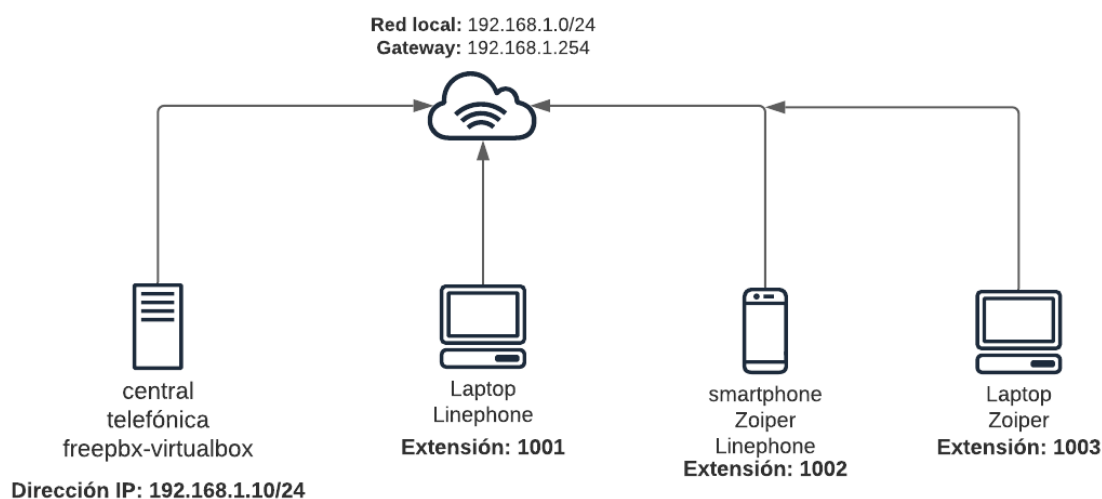
Dentro de una *Central telefónica de VoIP* es importante conocer las diferentes funcionalidades que se pueden ofrecer a los usuarios finales [8]. En las empresas una de las soluciones más utilizadas a nivel de telefonía son las centrales telefónicas de VoIP basadas en software como asterisk, debido a la variedad de aplicaciones que ofrecen y la reducción de costos de operación.

Una *Central telefónica de VoIP* contiene una serie de elementos configurables que posibilitan tener un desempeño óptimo al momento de establecer o generar llamadas. Entre estos elementos se tiene: grupos de llamadas, Buzón de voz, IVRs, Troncales SIP, etc.

El servidor asterisk se diferencia de otros servidores por la integración de un gestor web *Freepbx*, que brinda al usuario comodidad a la hora de realizar las configuraciones de las diferentes funcionalidades. Todas las opciones que brinda el servidor asterisk-freepbx se complementan entre sí, brindando al cliente una solución confiable, óptima y eficaz.

El presente laboratorio tiene como meta familiarizarse con dos funcionalidades básicas que

brinda el servidor asterisk-freepbx. La primera funcionalidad a tratar es el *Grupo de llamadas* que permite al usuario crear estrategias de timbrado para las diferentes extensiones, con ello se logra que las llamadas entrantes se puedan dirigir a otros destinos en caso de ausencia. La segunda funcionalidad para tratar es el *buzón de voz* que tiene múltiples opciones a la hora de crear o recibir mensajes de voz en caso de ausencia, las configuraciones se pueden realizar desde la misma extensión o desde una extensión diferente, además podemos enviar los mensajes de voz mediante una notificación al correo del usuario solicitado. El gráfico que presenta una visión general de la Práctica 2 se puede observar en la Fig. 2.3.



**Figura 2.3:** Esquema general propuesto para la Práctica 2.

En el esquema propuesto se visualiza un total de tres extensiones, Para los 3 softphones (Zoiper y Linephone) en 2 computadores y un smartphone.

Desde cada softphone se podrá acceder a las configuraciones de buzón de voz, además se logrará verificar el funcionamiento de cada modificación realizada en el sistema.

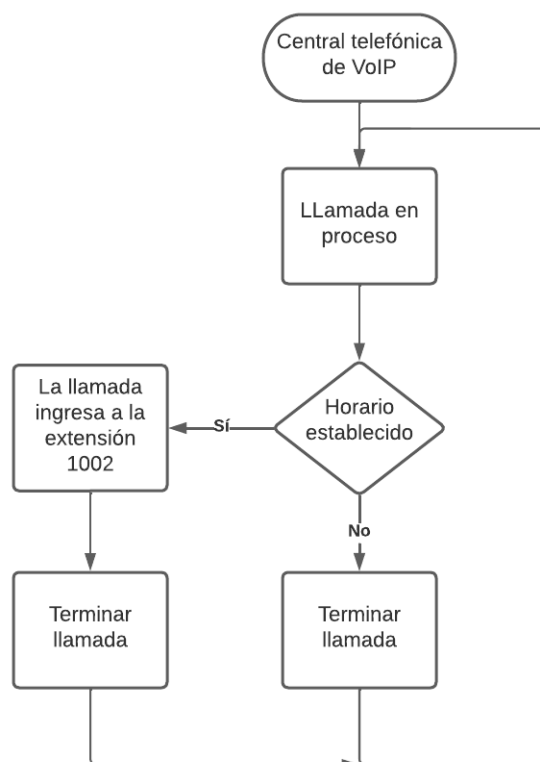
### **2.2.3. PRÁCTICA 3: CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE OPERADORES VIRTUALES (IVR) Y FRANJAS HORARIAS EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP MEDIANTE FREEPBX.**

La tercera práctica de laboratorio tiene como objetivo crear un operador virtual IVR y configurarlo mediante las franjas horarias en una *Central telefónica de VoIP* básica.

Una de las funcionalidades que más se utiliza dentro de una central telefónica de VoIP son las operadoras virtuales, con ello la empresa puede brindar a sus clientes llamadas



interactivas en donde los usuarios pueden escoger ciertas opciones mediante el teclado telefónico [23]. Freepbx brinda un módulo para configurar los IVRs, en él se encuentra una serie de herramientas que permiten grabar, cargar audios, seleccionar el idioma, generar las opciones a publicar y las acciones a tomar en cada caso. En el presente laboratorio se tiene como fin, enseñar la configuración básica del módulo IVR y todos sus componentes. Para que los IVRs tengan un desempeño óptimo dentro de la *Central telefónica de VoIP*, es necesario utilizar franjas horarias que van a permitir programar al sistema con estructuras de tiempo [24]. Freepbx posee dos módulos para configurar las franjas horarias y son: Time Group y Time conditions. En el módulo *Time Group* se configura las jornadas en donde va a funcionar las operadoras virtuales, teniendo en cuenta las horas, los días y los meses. En el módulo *Time conditions* se hace una comparación del horario de las llamadas entrantes y los horarios de los time group para tomar una decisión dentro del sistema, además se indica cuales serán los destinos en caso de cumplimiento o incumplimiento del horario programado. En la figura 2.4 se muestra un diagrama de flujo que simula el funcionamiento de las franjas horarias.

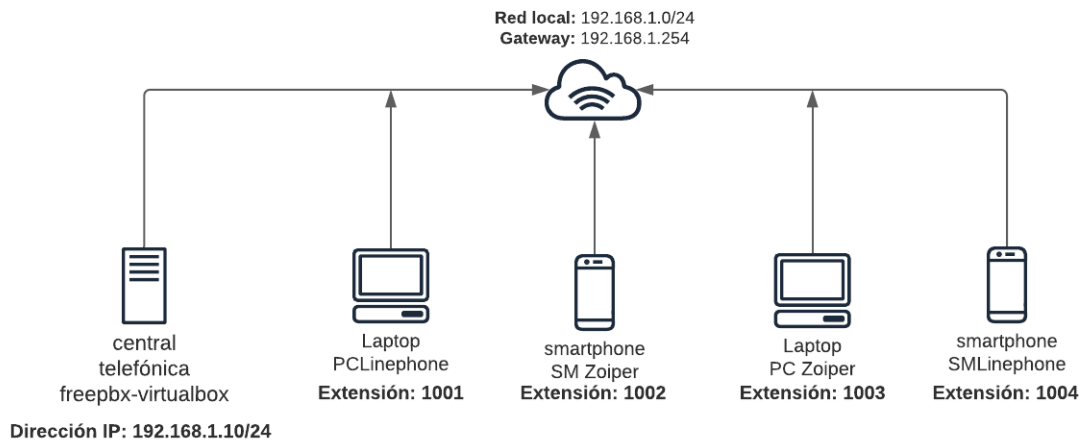


**Figura 2.4:** Diagrama de flujo para las franjas horarias.

Es importante mencionar que para verificar el funcionamiento de los IVRs se utiliza una

troncal de prueba llamada Misc Application, la cual simula una extensión que se encuentra fuera del sistema.

El gráfico que muestra el panorama del laboratorio 3 se expone en la Fig. 2.5.



**Figura 2.5:** Esquema general propuesto para la Práctica 3.

Se crea en total 4 extensiones para los softphones, una de ellas se asignará para la troncal de prueba. Se utiliza los softphones Zoiper y Linephone en las computadoras y smartphones.

#### **2.2.4. PRÁCTICA 4: INTERCONEXIÓN ENTRE DOS CENTRALES TELEFÓNICAS DE VOIP FREEPBX INTERNAS MEDIANTE UNA TRONCAL SIP.**

La práctica del laboratorio número cuatro tiene como objetivo interconectar dos centrales freepbx dentro de una misma red mediante una troncal SIP y configurar rutas entrantes y salientes de una *Central telefónica de VoIP*.

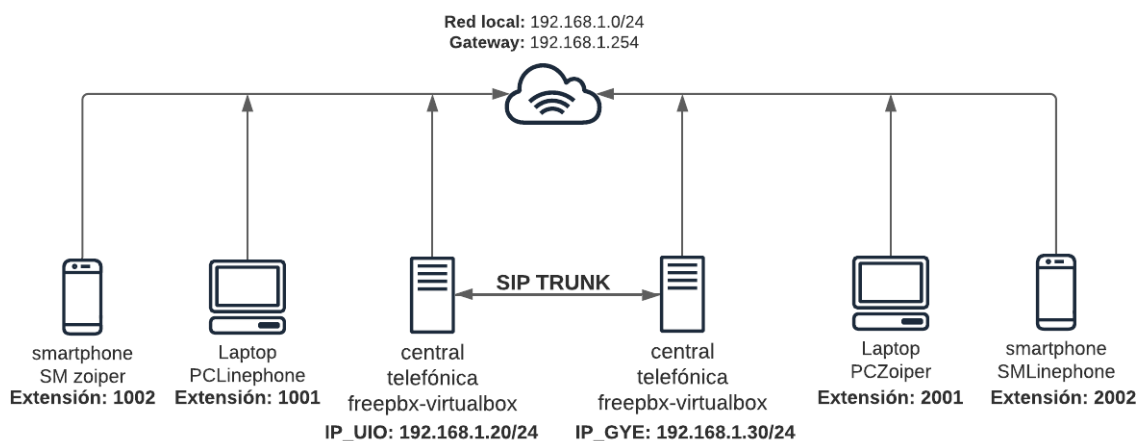
Las centrales telefónicas son utilizadas a nivel interno y externo por lo tanto, es indispensable que los sistemas telefónicos se intercomunicen con otros sistemas complementarios para que la red trabaje adecuadamente. Existen varias formas de interconectar centrales telefónicas por ejemplo vpns, troncales SIP, troncales IAX, etc. Freepbx tiene varias opciones para intercomunicar varios sistemas, las más utilizadas y de fácil configuración son las troncales SIP. Dentro de la configuración de las troncales SIP, se encuentran las rutas entrantes y salientes, que permiten establecer una comunicación eficaz, segura, confiable y bidireccional.

En la presente práctica se pretende establecer una comunicación entre dos centrales freepbx mediante una troncal SIP. Las dos centrales se encuentra dentro la misma red, para ello en cada central freepbx se va a crear una troncal SIP y se configura tanto las rutas

entrantes como las rutas salientes. En la troncal SIP se establece la comunicación entre centrales freepbx mediante las direcciones IP. En las *rutas salientes* se configura a que números se puede llamar y por cual troncal se envía las llamadas. En las *rutas entrantes* se indica cual es el procedimiento para realizar cuando ingresan las llamadas a la central telefónica.

En las rutas salientes existe un filtro que permite enrutar las llamadas mediante una troncal seleccionada, esto va a depender de los números utilizados en las centrales telefónicas. De igual forma en las rutas entrantes solo se permitirá ingresar a las llamadas telefónicas que sean provenientes de ciertos números telefónicos. Es importante recalcar que las configuraciones se deben realizar en las dos centrales telefónicas para crear una comunicación bidireccional.

El gráfico que presenta una visión absoluta del laboratorio 4 se ve en la Fig. 2.6.



**Figura 2.6:** Esquema general propuesto para la Práctica 4.

En el diagrama se muestra los elementos de cada central freepbx. En la central freepbx UIO le corresponde dos extensiones de cuatro dígitos (100X) y en la central freepbx GYE de igual forma le corresponde dos extensiones de cuatro dígitos (200X).

### 2.2.5. PRÁCTICA 5: PLANES DE MARCACIÓN (DIAL PLAN)

La práctica cinco tiene como objetivo implementar los planes de marcación en un sistema de dos centrales telefónicas freepbx y configurar las respectivas troncales, rutas entrantes y salientes de los servidores.

Como se puede analizar la práctica cinco tiene como base lo que se ha realizado en la práctica cuatro. Es de vital importancia simular sistemas reales que se utilizan a diario. En

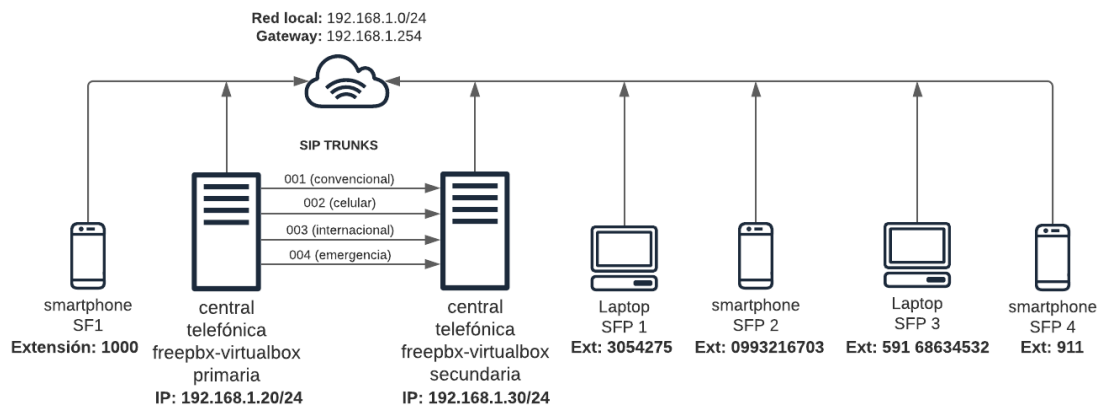
una central telefónica se genera diferentes tipos de llamadas como por ejemplo llamadas celulares, convencionales, de emergencia, etc. Por lo tanto, es importante segmentar las llamadas en las respectivas troncales y eso depende de los números marcados desde la central, con ello se logra reducir las tarifas de las llamadas.

En la presente práctica se tiene como finalidad simular un sistema compuesto por dos centrales freepbx, la primera central genera varios tipos de llamada, la segunda central freepbx capta las llamadas generadas y las enruta adecuadamente a su destino.

En la central primaria se crea varias troncales SIP, cada una estará asociada al tipo de llamada. Dentro de las llamadas salientes se podrá filtrar por medio de los planes de marcación y eso depende de la estructura de números celulares, convencionales, especiales e internacionales, por lo tanto, es importante tener conocimientos sólidos con respecto al plan de marcación en el país.

En la central secundaria no se realiza configuraciones complicadas debido a que solo se capta las llamadas y éstas son encaminadas a los diferentes softphones. Cada softphone está asociado a un sistema en específico.

El gráfico del laboratorio 5 se expone en la Fig. 2.7.



**Figura 2.7:** Esquema general propuesto para la Práctica 5.

El diagrama muestra los elementos de cada central freepbx. La central primaria consta de una extensión que genera diferente tipo de tráfico. La central secundaria consta de 4 extensiones correspondientes a cada sistema a evaluar. Además, se muestra la numeración de las troncales SIP para utilizar en el sistema.

## **2.2.6. PRÁCTICA 6: CREACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA BÁSICA DE VOIP FREEPBX MEDIANTE AWS.**

El último laboratorio propuesto tiene como objetivo aprender a configurar opciones básicas de red e implementar una central telefónica de VoIP sobre freepbx dentro de la nube de Amazon (AWS).

En la actualidad varios servidores de diferentes aplicaciones están levantadas en la nube, los proveedores brindan un ambiente amigable para realizar toda la configuración necesaria, con ello se permite que nuestro servidor sea accesible de todas las partes del mundo. El Internet ha permitido que los ambientes virtuales sean más confiables y seguros.

Amazon web services (AWS) es una plataforma que ofrece más de 200 servicios de centros de datos a nivel mundial, los usuarios que utilizan esta plataforma pueden reducir los costos, aumentar su agilidad e innovar de forma más rápida. [25]

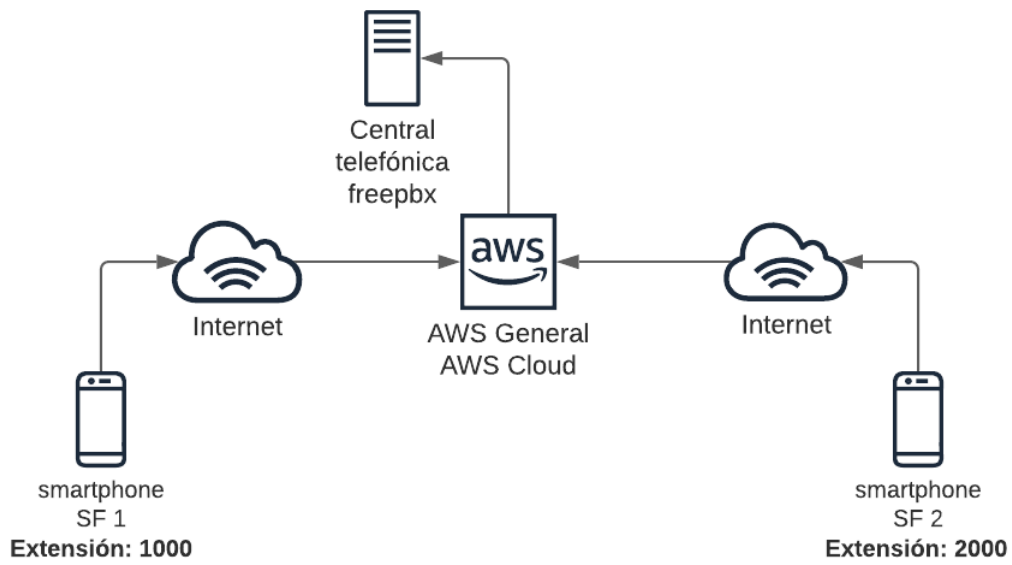
AWS brinda una capa gratuita en donde los usuarios pueden utilizar la plataforma sin costo durante un año, gracias a esto se puede manipular y configurar todos los servicios que posee AWS y analizar sus beneficios. La capa gratuita tiene cierta capacidad por lo tanto es importante conocer los límites que tiene el usuario dentro de la plataforma.

La práctica actual tiene como propósito configurar desde cero un servidor freepbx en una instancia de AWS, para ello necesitamos crear una cuenta en la nube de amazon. Una vez que se tiene acceso a los servicios se creará una instancia EC2, en donde se creará un servidor Ubuntu y se asignará el espacio en GBytes y las respectivas direcciones IP privadas y públicas para la máquina virtual. Se debe habilitar los puertos respectivos para la central telefónica de VoIP.

Dentro del servidor Ubuntu se levantará la central telefónica freepbx desde cero mediante comandos. Una vez instalado las aplicaciones de asterisk y el gestor web freepbx ya se puede trabajar en la configuración de una red básica de telefonía mediante softphones. Idealmente un dispositivo que se encuentre en cualquier parte del mundo se puede conectar al servidor freepbx y realizar llamadas de buena calidad.

En esta práctica final se aplicará los conocimientos adquiridos en las sesiones de laboratorio pasadas. Se creará extensiones, grupos de llamadas, franjas horarias, etc. La configuración de los softphone (Zoiper y Linephone) tendrá una variación debido a que se utilizará la dirección IP privada del servidor freepbx.

El esquema general propuesto para el desarrollo del presente laboratorio se puede visualizar en la Fig. 2.8.



**Figura 2.8:** Esquema general propuesto para la Práctica 6.

EL resultado de las seis prácticas de laboratorio tratadas anteriormente se encuentra en el apartado de Anexos del presente documento.

## 3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.1. RESULTADOS

En la sección de resultados se presentará la resolución de las actividades propuestas para los alumnos al terminar cada sesión de laboratorio. Los trabajos adicionales tienen como propósito fundamental examinar los conocimientos obtenidos durante el desarrollo de la práctica e interiorizar temas específicos que no se analizaron en la práctica correspondiente. La tabla 2.1 tiene el nombre de cada actividad propuesta en cada práctica de laboratorio.

#### 3.1.1. PRÁCTICA 1: ANÁLISIS DE UN PAQUETE DE VOIP Y SU ANCHO DE BANDA.

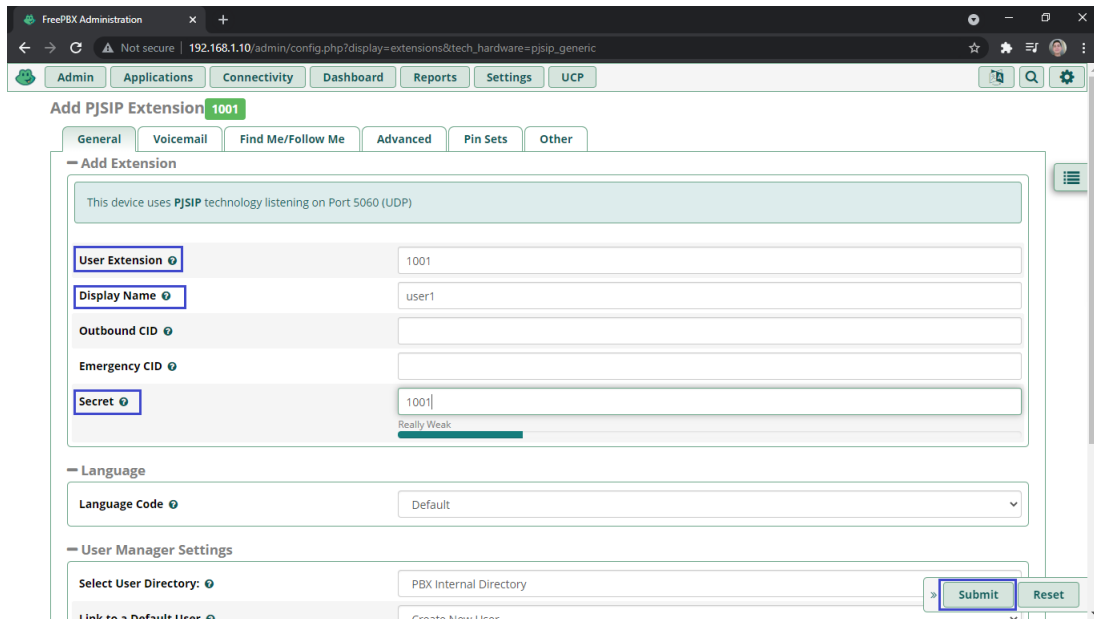
El planteamiento de la actividad de la práctica de laboratorio 1 es: Realizar una llamada mediante el softphone Linephone entre la PC (1001) y el smartphone (1002) usando un códec G.729 en ambos terminales. Mediante Wireshark capturar los paquetes intercambiados en la llamada e identificar los tamaños en bytes de las cabeceras que existen en un paquete de VoIP con G.729. Calcular el ancho de banda de llamada con los datos identificados en el Wireshark. Para el desarrollo de esta práctica de laboratorio se utilizan dos extensiones y se solicita modificar los parámetros de códecs de voz en las llamadas.

Durante la resolución de esta actividad es importante guiarse en el punto: “Configuración de terminales-Manejo de Wireshark”, en el cual se inició la configuración de dos extensiones (1001 y 1002). Para la resolución, las extensiones que se utilizarán como ejemplo para la configuración y realización de pruebas de funcionamiento serán las extensiones 1001 correspondiente al softphone Zoiper-PC y 1002 correspondiente al softphone Linephone-Smartphone.

Se accede al servidor freepbx de la misma forma que se lo hizo en la hoja guía con el usuario Administrador *root*. La opción donde se realiza la configuración de la presente actividad es: *Applications>Extensions*. En esta sección aparecerá el listado de las 2 extensiones creadas en el presente laboratorio. Se escoge la extensión 1001 (Extension1) y se modifican los parámetros solicitados que serían el **General** y **Other** (ver Fig. 3.1).

En la opción **Other** vamos a configurar los códecs de audio y video que va a soportar el sistema. Al realizar las modificaciones podremos empezar a realizar las llamadas de prueba. Zoiper se va a utilizar para realizar llamadas y mediante Linephone generaremos video llamadas. Todas las configuraciones que se han realizado deben ser guardadas presionando

el botón **Apply config**.



**Figura 3.1:** Configuración de parámetros generales.

El mismo proceso visto anteriormente se lo realiza con la extensión 1002 (Extension2). Una vez establecida la modificación de configuración de las extensiones seleccionadas se procede a efectuar las pruebas de funcionamiento del sistema. Para lo cual se debe poner en funcionamiento el softphone Zoiper-PC y Linphone-Android verificando que se encuentren en línea.

La prueba de funcionamiento se realizará mediante una llamada telefónica desde la extensión 1001 a la extensión 1002. Cuando se realice la llamada se procede a capturar los paquetes que se intercambian en el servidor como se puede visualizar en la figura 3.2

De esta manera vamos a realizar un análisis del encapsulamiento (fig 3.3) entre capas del modelo TCP/IP y podremos encontrar el ancho de banda que se utiliza en la llamada con un códec específico.

Además, se va a utilizar las siguientes fórmulas para encontrar el ancho de banda:

- - Tamaño total del paquete = (encabezado L2: MP o FRF.12 o Ethernet) + (encabezado IP/UDP/RTP) + (tamaño de carga útil de voz)
- PPS = (velocidad de bits en códec) / (tamaño de la carga útil de voz)
- Ancho de banda = tamaño de paquete total \* PPS

Así determinamos que utilizando un códec G.729 el ancho de banda es 32.2 Kbps



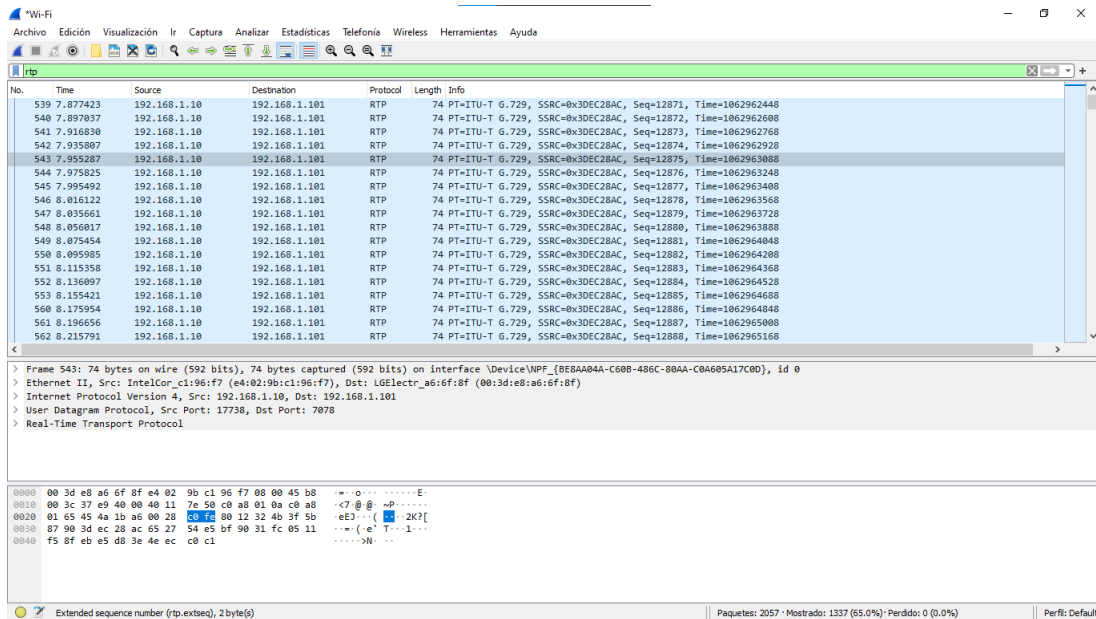


Figura 3.2: Captura de paquetes mediante wireshark.

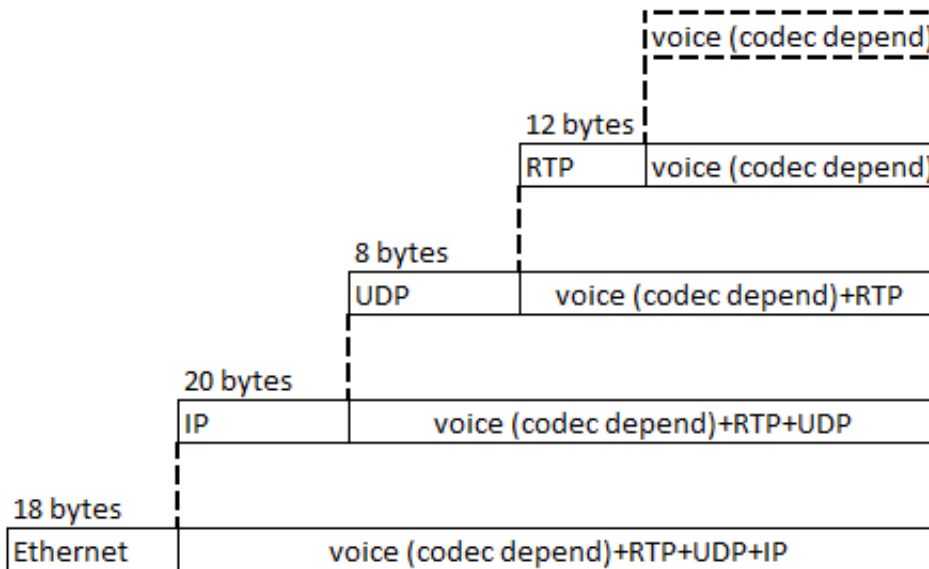


Figura 3.3: Proceso de encapsulamiento para VoIP.

### 3.1.2. PRÁCTICA 2: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DE BUZÓN DE VOZ Y GRUPO DE LLAMADAS.

El planteamiento de la actividad de la práctica de laboratorio 2 es: Crear una red de VoIP, con 4 extensiones (1XXX) y debe cumplir siguiente:

1. El buzón de voz debe estar habilitado y se puede ingresar desde la misma extensión o de otra extensión.

2. Crear dos grupos de llamadas ( 3.2) con diferente estrategia de timbrado y cada grupo tendrá 2 extensiones. En caso de que no exista respuesta del grupo de llamada, se debe enviar la llamada entrante a otra extensión que no pertenezcan al grupo de llamada solicitado.

**Tabla 3.1:** Grupo de llamadas

<b>Grupo de llamadas</b>	
Ventas (2000)	1001,1002
Administración (3000)	1003,1004

En la resolución de la actividad el primer paso que se debe realizar es ingresar al servidor freepbx como usuario root, debido a que el usuario root tiene acceso a todos los permisos del sistema. Una vez dentro del servidor se accede al gestor web freepbx mediante la dirección IP, luego se crea 4 extensiones pjsip con nomenclatura 100X.

**Tabla 3.2:** Extensiones a crear.

<b>Extensión</b>	<b>Nombre</b>
1001	PC linephone
1002	SM zoiper
1003	PC zoiper
1004	SM linephone

Una vez creado las extensiones, se procede a la configuración de buzón de voz, para ello no dirigimos a la opción **voicemail** y habilitamos el servicio de mensajería de voz con otros parámetros como lo muestra la figura 3.4. Se puede agregar el correo del usuario para notificar que ha llegado un correo de voz a la extensión.

Al terminar es importante guardar las configuraciones realizadas mediante el botón **Apply config**. Se procede a registrar la extensión creada en el softphone respectivo, a continuación se marca \*97 desde el softphone.

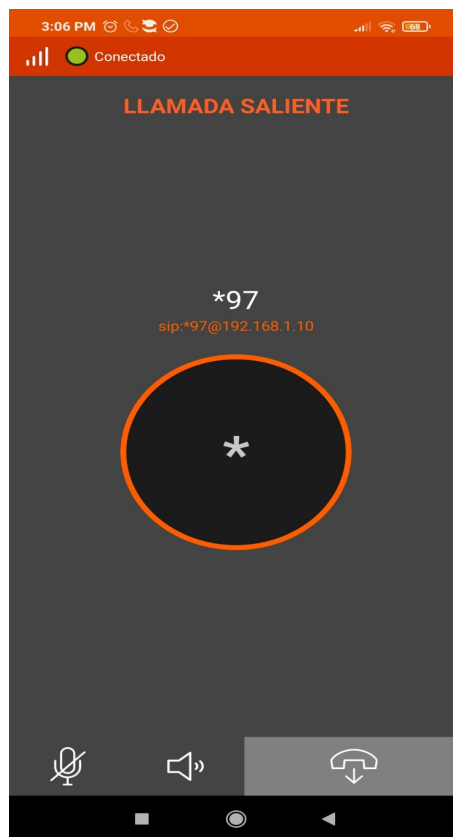
Cuando se accede al servidor de buzón de voz se debe configurar los siguientes aspectos:

- nombre
- tono en caso de no disponibilidad
- tono en caso de estar ocupado
- cambio de contraseña (modificar la contraseña obligatoriamente 1004 tendrá una nueva contraseña que será 14).

— Voicemail

Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Voicemail Password	<input type="password"/>
Set this password to same as extension number to force the user to setup their mailbox on first access.	
Require From Same Extension	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No
Disable (*) in Voicemail Menu	<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Email Address	<input type="text" value="paul.pinzon1994@hotmail.com"/>
Pager Email Address	<input type="text" value="paul.pinzon1994@hotmail.com"/>
Email Attachment	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No
Play CID	<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Play Envelope	<input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Delete Voicemail	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No
VM Options	<input type="text"/>
VM Context	<input type="text" value="default"/>

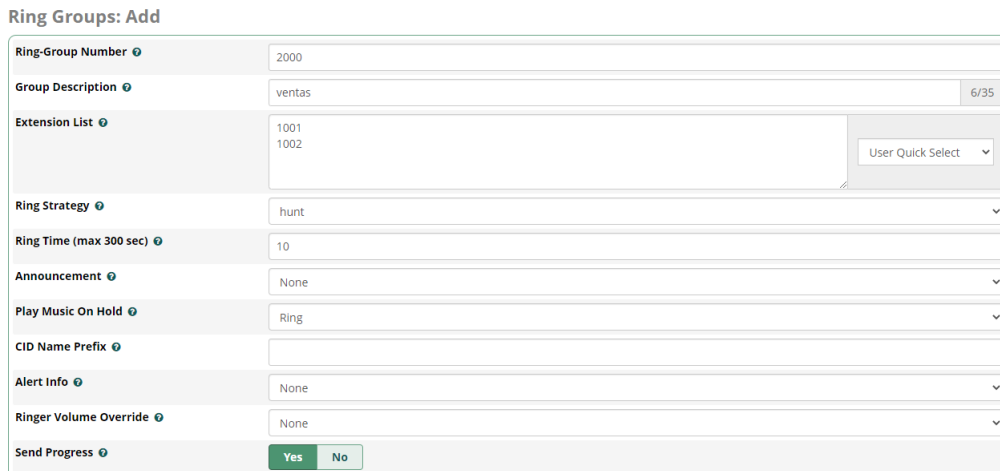
**Figura 3.4:** Configuración de voicemail.



**Figura 3.5:** Llamada saliente hacia \*97.

Se creará 2 ring groups, para ello se debe asignar una cantidad específica de extensiones. El primer ring group (2000) de ventas, tiene 2 extensiones la 1001 y 1002. La estrategia de timbrado a utilizar es Hunt, el cual se turna para llamar a cada extensión disponible. Existen otras configuraciones que se deben realizar como se muestra en la figura 3.6, como por

ejemplo el tiempo de duración de timbrado.



Ring-Group Number	2000
Group Description	ventas
Extension List	1001 1002
Ring Strategy	hunt
Ring Time (max 300 sec)	10
Announcement	None
Play Music On Hold	Ring
CID Name Prefix	
Alert Info	None
Ringer Volume Override	None
Send Progress	<input type="button" value="Yes"/> <input type="button" value="No"/>

**Figura 3.6:** Configuración del ring group (2000) ventas.

Se realiza un desvío de llamadas en caso de que ninguna extensión del primer ring group atienda la solicitud. Si observamos la figura 3.7 podremos verificar que las llamadas se redirirán a la extensión 1003.



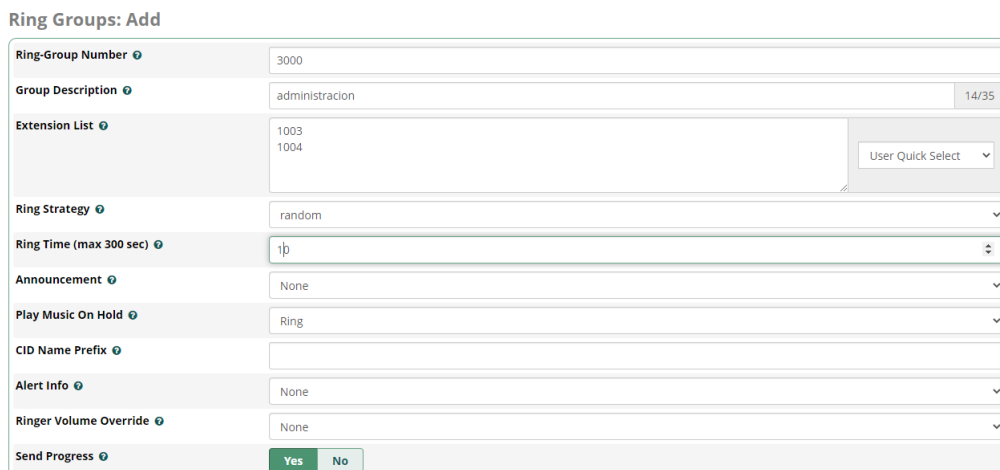
Destination if no answer

Extensions

1003 PC zoiper

**Figura 3.7:** Desvío de llamadas a la extensión 1003.

El segundo ring group (3000) de administración, está constituido por 2 extensiones la 1003 y 1004. La estrategia de timbrado que se va a utilizar es random, la cual permite llamar a las extensiones sin una prioridad predefinida en un orden aleatorio. La configuración se puede visualizar en la figura 3.8.



Ring-Group Number	3000
Group Description	administracion
Extension List	1003 1004
Ring Strategy	random
Ring Time (max 300 sec)	1p
Announcement	None
Play Music On Hold	Ring
CID Name Prefix	
Alert Info	None
Ringer Volume Override	None
Send Progress	<input type="button" value="Yes"/> <input type="button" value="No"/>

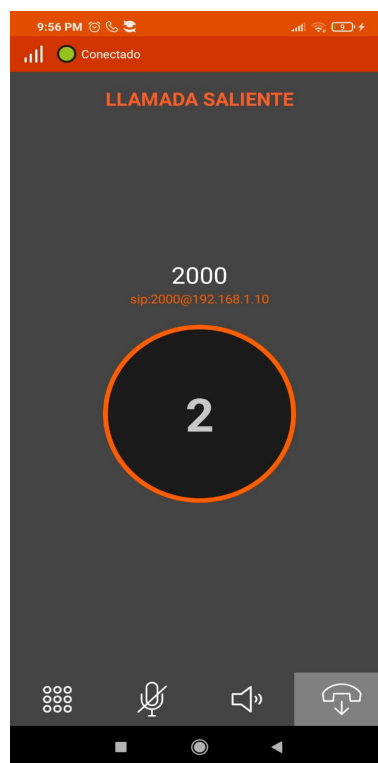
**Figura 3.8:** Configuración del ring group (3000) administración.

En este caso el desvío de llamadas se realizará a la extensión 1002 como se muestra en la figura 3.9.

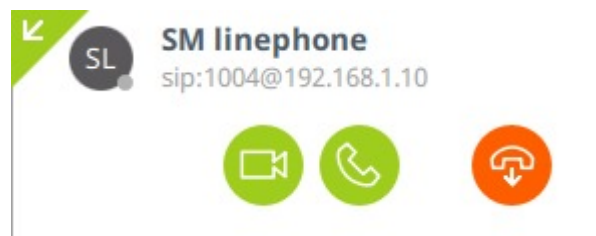


**Figura 3.9:** Desvío de llamadas a la extensión 1002.

Las pruebas de funcionamiento para el ring group ventas (2000) se realizan mediante la extensión 1004. Al marcar 2000 la llamada toma la estrategia hunt y marca a las extensiones 1001 y 1002.



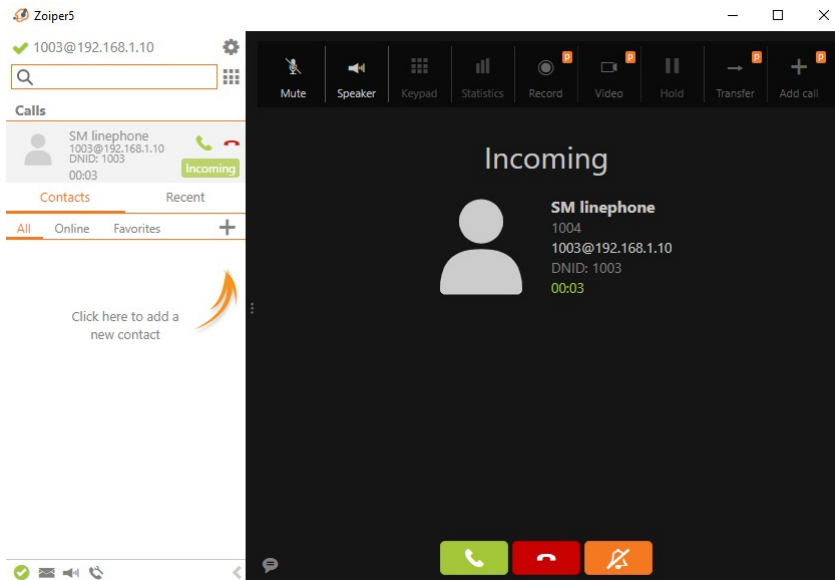
**Figura 3.10:** Llamada creada desde la extensión 1004 hacia el ring group de ventas.



**Figura 3.11:** Llamada entrante a la extensión 1001, perteneciente al ring group de ventas.

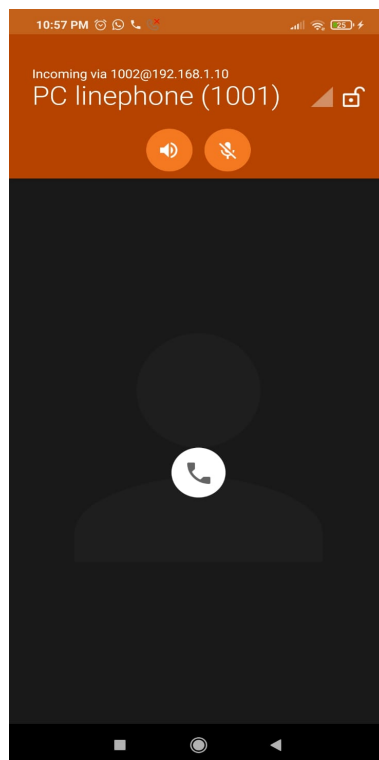
Si no existe respuesta se redirige a la extensión 1003.

Las pruebas de funcionamiento para el ring group administración (3000) se realizan median-



**Figura 3.12:** Llamada entrante a la extensión 1003, debido a que en el ring group de ventas no existe respuesta en ninguna de las extensiones.

te la extensión 1001. Al marcar 3000 la llamada toma la estrategia random y marca a las extensiones 1003 y 1004. Si no existe respuesta se redirige a la extensión 1002.



**Figura 3.13:** Llamada entrante a la extensión 1002, debido a que en el ring group de administración no existe respuesta en ninguna de las extensiones.

### **3.1.3. PRÁCTICA 3: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS BÁSICOS DE IVRS Y FRANJAS HORARIAS.**

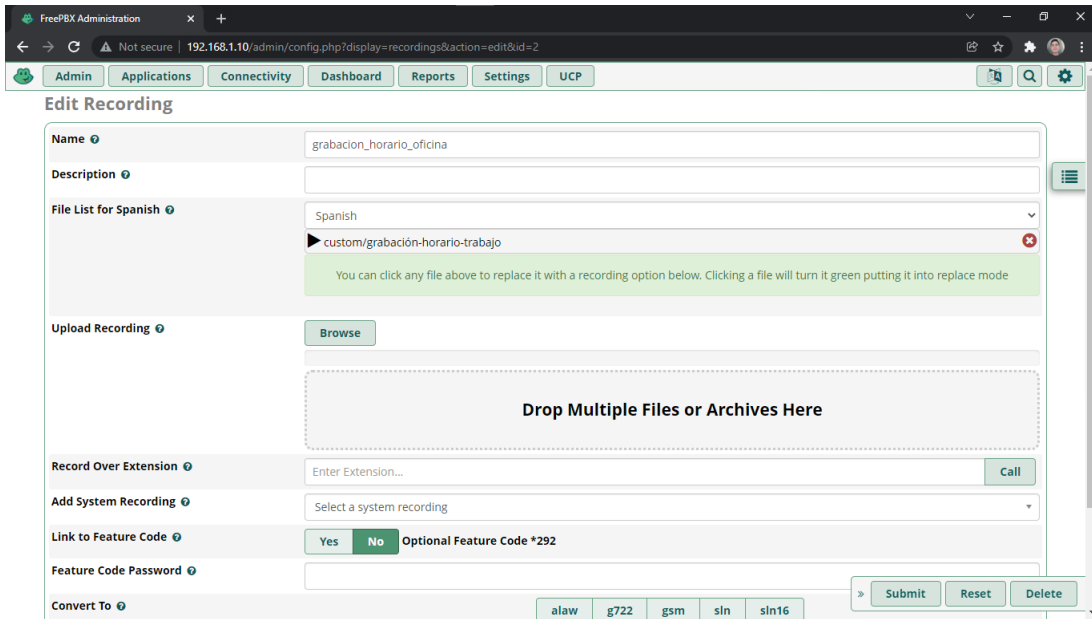
El enunciado de la actividad de la práctica 3 es:

1. Crear dos IVRs, una para el horario de oficina y el otro para el horario de descanso.
2. Crear franjas horarias en dónde, el horario de trabajo sea de lunes a viernes además empiece de 8 am a 1 pm y de 2 pm a 5 pm.
3. El sistema va a funcionar de la siguiente forma:
  - a) Se podrá acceder a la red mediante una troncal de prueba que tendrá la extensión 700.
  - b) Al ingresar al IVR en horario de trabajo (lunes a viernes de 8am a 1pm y 2pm a 6pm) se va a dirigir a un grupo de llamada que se desee (ventas, administración) o dará la opción de terminar la llamada. Este IVR se repetirá 4 veces (consultar la opción timeout retries del IVR) y permitirá 2 accesos incorrectos caso contrario terminará la llamada.
  - c) Si no está en el horario de trabajo se va a dirigir a un IVR que informe los horarios de atención. En este caso el IVR se va a repetir 2 veces (consultar la opción timeout retries del IVR) antes de terminar la llamada.

Esta actividad tiene como finalidad crear un ambiente mucho más real con una operadora virtual combinada con franjas horarias a través de diferentes softphones que simulan a los usuarios finales. Se utiliza una troncal de prueba que permite el acceso al sistema comprobando el correcto funcionamiento de la operadora.

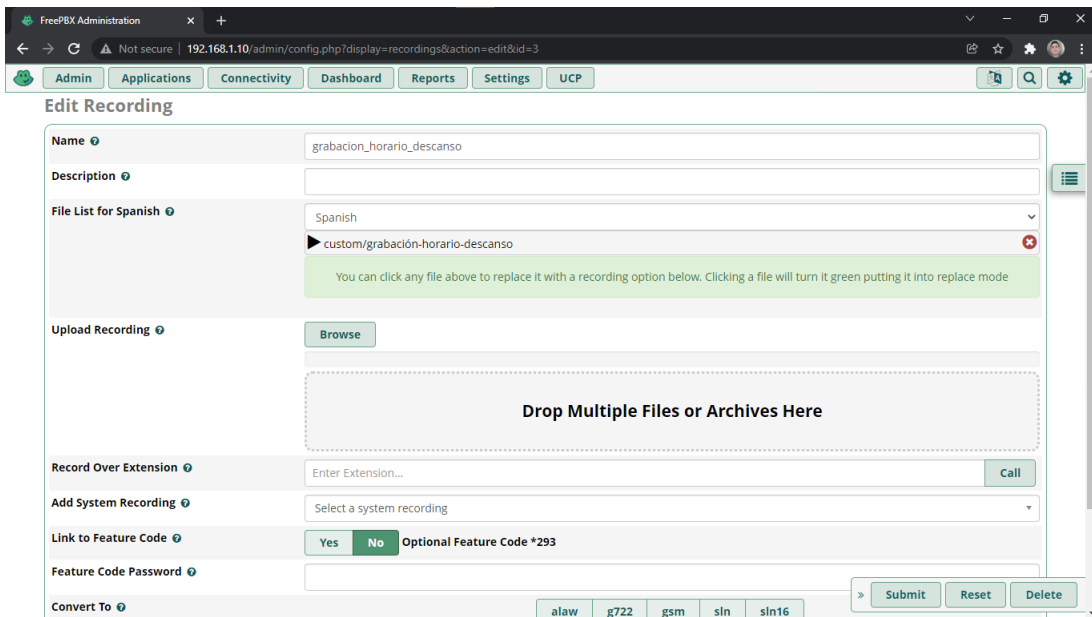
Para configurar el IVR, primero realizamos las grabaciones que van a ser utilizadas para el horario de trabajo y el horario de descanso. Dichos audios se crean con la ayuda del módulo de grabación de freepbx, pero existe la opción de cargar audios realizados en otro sistema, pero obligatoriamente deben estar en un formato wav. En la grabación del horario de trabajo se tiene tres opciones:

- Llamar al ring group de ventas.
- Llamar al ring group de administración.
- Terminar la llamada.



**Figura 3.14:** Grabación para utilizar en la operadora virtual durante el horario de trabajo.

En la grabación del horario de descanso se informa al usuario que está fuera del horario de trabajo e informar los horarios de atención al cliente.



**Figura 3.15:** Grabación para utilizar en la operadora virtual durante el horario de descanso.

Una vez que las grabaciones de los horarios de trabajo y descanso están cargados en la central telefónica, procedemos a crear los IVRs necesarios para los diferentes horarios. El IVR para el horario de trabajo se va a repetir 4 veces y permite 2 accesos incorrectos, luego se termina la llamada.

Las opciones del IVR son las siguientes:



- Llamar al ring group de ventas.
- Llamar al ring group de administración.
- terminar la llamada.

Digits	Destination	Return	Delete
1	Ring Groups 2000 ventas		
2	Ring Groups 3000 administracion		
3	Terminate Call Hangup		
digits pressed	== choose one ==	Yes No	

+Add Another Entry

Submit Duplicate Reset Delete

**Figura 3.16:** Configuración de las opciones para el IVR del horario de trabajo.

El IVR para el horario de descanso se va a repetir 2 veces y luego se termina la llamada. Al terminar la configuración de los IVRs se procede a crear los respectivos time groups, para el horario de trabajo el itinerario es el siguiente: lunes a viernes de 8am a 13pm y de 14pm a 18pm. El horario de descanso consiste en los días y las horas que no están consideradas en el horario de trabajo.

FreePBX Administration

192.168.1.10/admin/config.php?display=timegroups&view=form&extdisplay=3

Admin Applications Connectivity Dashboard Reports Settings UCP

Description: horario de atención

Time(s)

Time to Start: 08:00

Time to finish: 13:00

Week Day Start: Monday

Week Day finish: Friday

Month Day start: -

Month Day finish: -

Month start: -

Month finish: -

Time to Start: 14:00

Time to finish: 18:00

Week Day Start: Monday

Week Day finish: Friday

Month Day start: -

Month Day finish: -

Month start: -

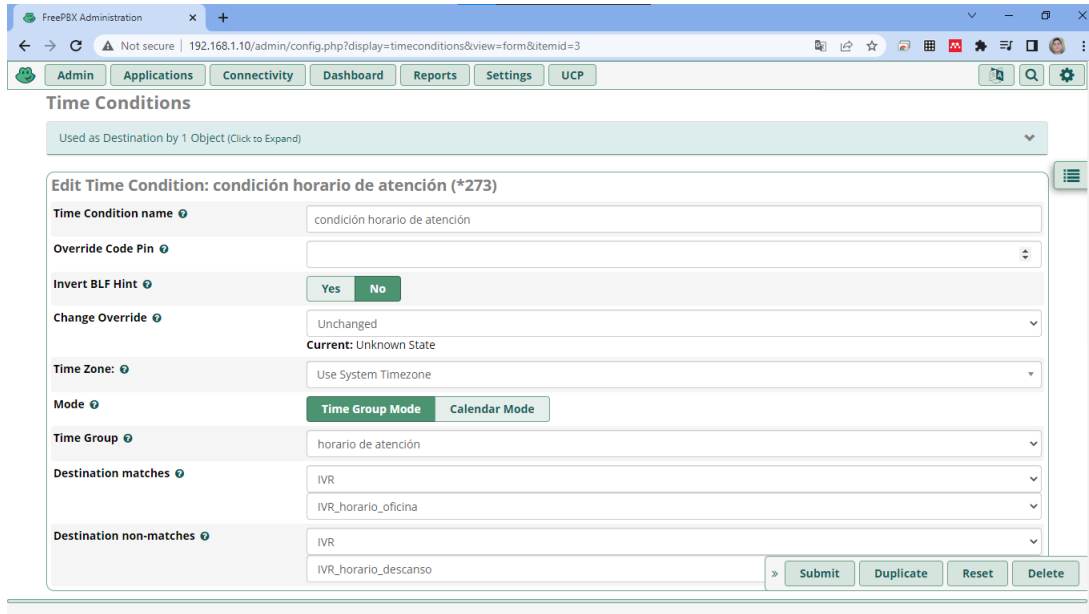
Month finish: -

Submit Duplicate Reset Delete

**Figura 3.17:** Configuración del time group para el horario de atención.

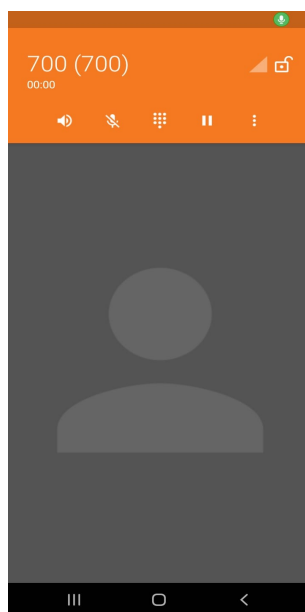
Crear un time conditions que permite analizar si la llamada que ingresa a la central está dentro o no del horario de trabajo. En el time conditions se agrega el time group de horario

de atención, además seleccionamos el destino de la llamada, si coincide con el horario de trabajo (Se dirige al IVR-horario de trabajo) o coincide con el horario de descanso (Se dirige al IVR-horario de descanso).



**Figura 3.18:** Configuración del time conditions para la central telefónica.

Como último paso, debemos crear una troncal de prueba (700) para realizar las pruebas respectivas en el sistema. Desde cualquier softphone de la central telefónica se va a marcar el número 700 y accede a la operadora virtual dependiendo del horario de la llamada como se ve en la figura 3.19.



**Figura 3.19:** Llamada desde la extensión 1002 hacia la troncal de prueba 700.

### **3.1.4. PRÁCTICA 4: CONFIGURACIÓN ESTRUCTURADA DE DOS CENTRALES TELEFÓNICAS FREEPBX INTERCOMUNICADAS ENTRE SÍ.**

El enunciado de la actividad de la práctica de laboratorio 4 es: crear una troncal SIP (001) que conecte las dos centrales telefónicas (UIO y GYE)

#### **Características del servidor UIO**

1. Crear las respectivas rutas de entrada y salida.
2. Se podrá llamar directo a las extensiones o marcar un número específico (1005) para ingresar al IVR.
3. Tendrá un IVR para el horario de trabajo y un IVR para el horario de descanso.
4. IVR horario de trabajo
  - a) El IVR de horario de trabajo contiene las siguientes opciones:
    - Llamar al grupo de ventas (extensión 1001).
    - Llamar al grupo de bodega (extensión 1002).
    - Terminar la llamada.
  - b) La franja horaria del IVR es de lunes a viernes de 8 am a 1pm y de 2pm a 5pm.
  - c) El IVR se repetirá 4 veces y aceptará 2 errores de acceso.
5. IVR horario de descanso
  - a) El IVR de horario de descanso informará los horarios de atención.
  - b) La franja horaria del IVR está definida por las horas y los días que no se trabaja.
  - c) El IVR se repetirá 3 veces.

#### **Características del servidor GYE**

1. Crear las respectivas rutas de entrada y salida.
2. Se podrá llamar directo a las extensiones o marcar un número específico (2005) para ingresar al IVR.
3. Tendrá un IVR para el horario de trabajo y un IVR para el horario de descanso.
4. IVR horario de trabajo
  - a) El IVR de horario de trabajo contiene las siguientes opciones:

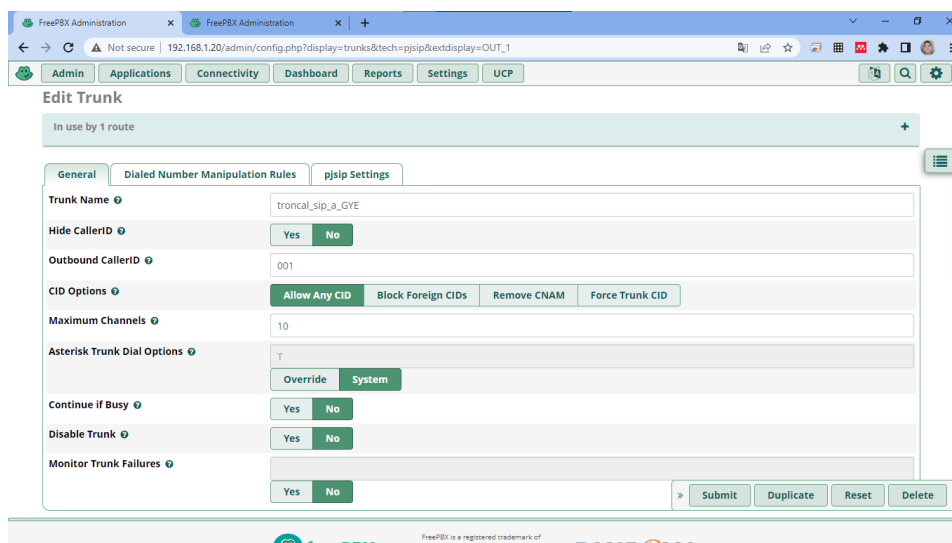
- Llamar al ring group (asesoría).
  - Dejar un mensaje en el grupo de ventas (extensión 2002).
  - Terminar la llamada
- b) Crear un ring group 2000 (asesoría) que contenga las extensiones 2001 y 2002.
- c) La franja horaria del IVR es de lunes a viernes de 8 am a 1pm y de 2pm a 5pm.
- d) El IVR se repetirá 5 veces y aceptará 4 errores de acceso.

## 5. IVR horario de descanso

- a) El IVR de horario de descanso informará los horarios de atención.
- b) La franja horaria del IVR está definida por las horas y los días que no se trabaja.
- c) El IVR se repetirá 3 veces antes de terminar la llamada.

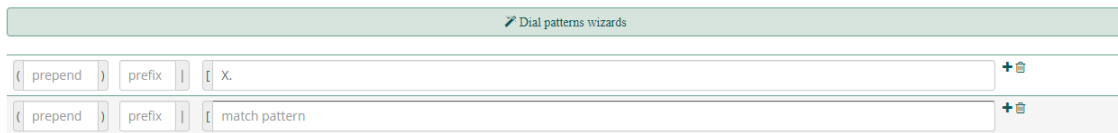
En la actividad planteada se complementa los conocimientos adquiridos en las prácticas anteriores (ring group, Franjas horarias e IVRs) con la utilización de troncales SIP para establecer la conexión entre dos centrales telefónicas de VoIP basadas en asterisk-freepbx. Los ring groups, Franjas horarias e IVRs serán creados acorde a las indicaciones brindadas en el inicio de la actividad. Lo más importante es realizar la configuración de las troncales SIP, rutas entrantes y rutas salientes del sistema.

Para crear la troncal SIP debemos ir a la pestaña **Connectivity/Trunks/Add trunks**, en esta pestaña seleccionaremos una troncal **SIP chan-pjsip**. La troncal 001 permite una conexión entre el servidor UIO y GYE.



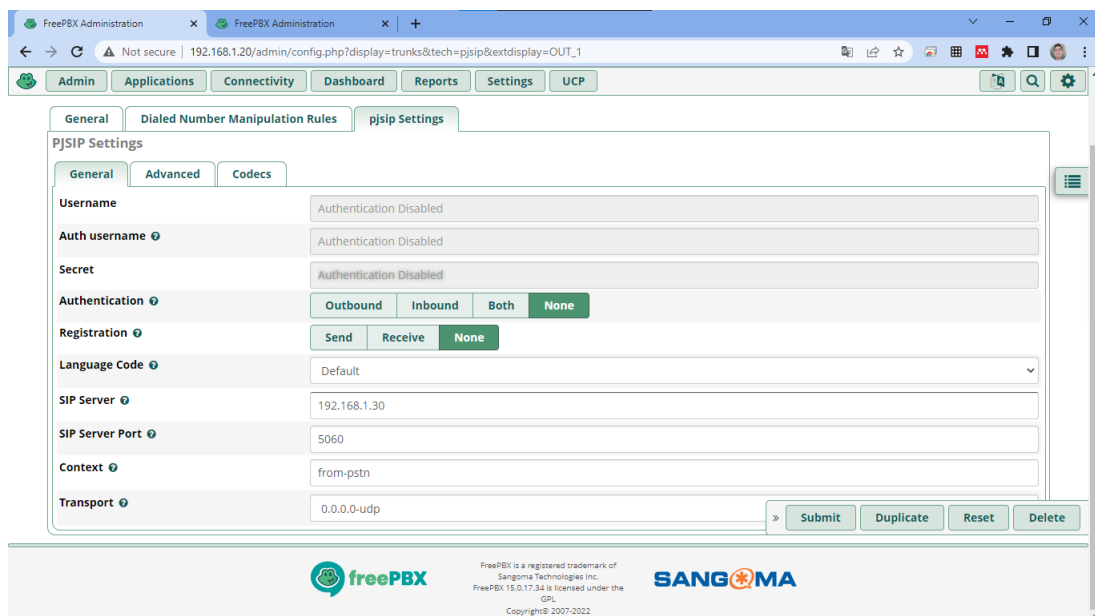
**Figura 3.20:** Configuración general de la troncal SIP 001

En la pestaña **Dial Number Manipulation Rules** se filtra las llamadas que se pueden realizar por dicha troncal. Se utiliza el código X. como se muestra en la figura 3.21, para permitir que las llamadas que contengan varios dígitos y tengan cifras de 0-9 puedan tomar la troncal 001 para establecer la comunicación con el servidor GYE .



**Figura 3.21:** Configuración de Dial number para la troncal SIP 001

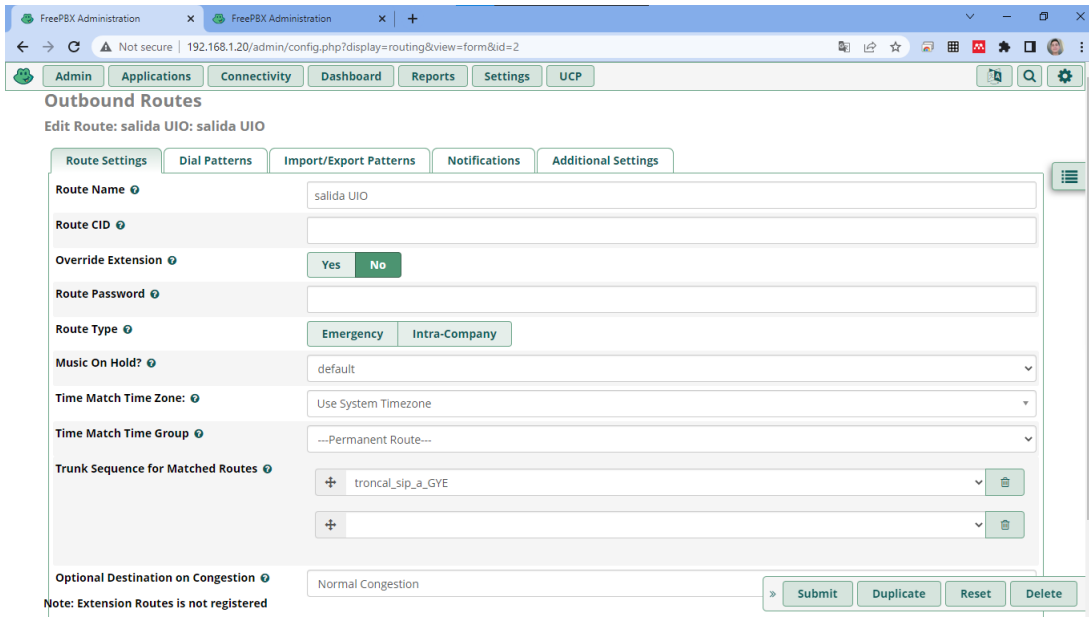
Por último, seleccionar la pestaña **PJSIP settings**, en ella se ubica la dirección IP del servidor GYE: 192.168.1.30 y el puerto por el cual se va a realizar la comunicación (UDP-5060). La configuración la podemos visualizar en la figura 3.22



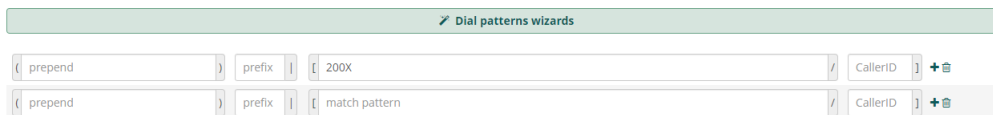
**Figura 3.22:** Configuración general de la troncal SIP 001

Para la creación de las rutas salientes seleccionamos la pestaña **Connectivity/Outbound routes**, una vez ubicados en el sitio, creamos una ruta de salida que permita enviar las llamadas destinadas al servidor GYE por la troncal 001. Es importante la configuración del Dial Patterns como se visualiza en la figura 3.24, debido a que permite filtrar únicamente las llamadas a las extensiones 200X del servidor GYE.

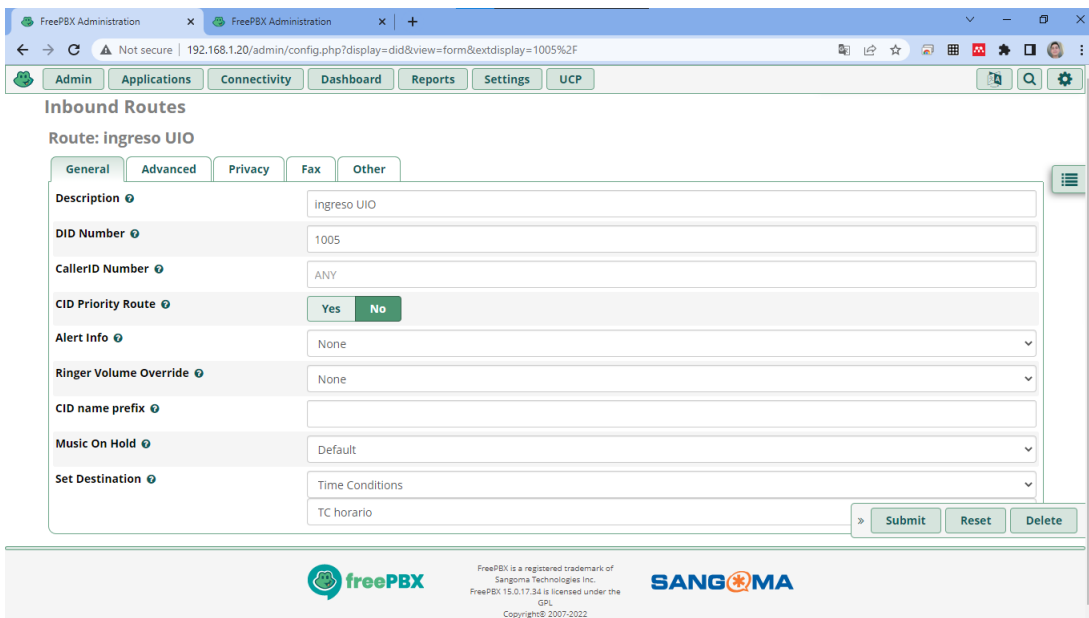
La ruta entrante permite acoplar las llamadas ingresadas al sistema de IVRs y franjas horarias. Nos dirigimos a la pestaña **connectivity/Inbound routes** ahí se crear la ruta entrante en la cual vamos a configurar el destino que tendrá las llamadas que ingresan al sistema, en este caso se enruta al time conditions como se muestra en la figura 3.25.



**Figura 3.23:** Configuración general de la ruta saliente al servidor GYE



**Figura 3.24:** Configuración del Dial Pattern - ruta saliente

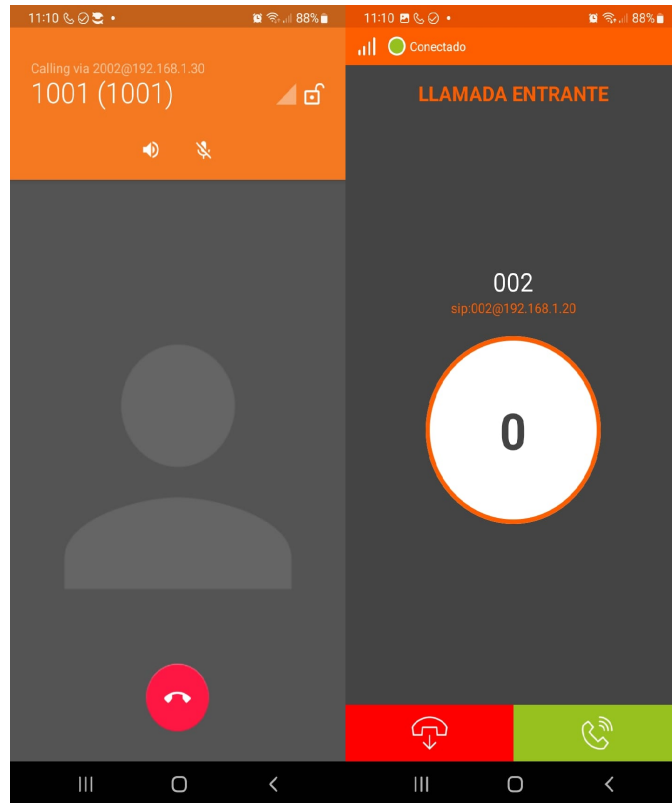


**Figura 3.25:** Configuración de la ruta entrante a UIO

Las mismas configuraciones se debe realizar para el servidor GYE. La troncal 002 permite la conexión GYE - UIO, la dirección IP del servidor UIO es 192.168.1.20, la ruta de salida permite establecer llamadas únicamente para las extensiones 100X y la ruta de entrada

enruta las llamadas al time conditions respectivo.

Se realiza una llamada de prueba de la extensión 2002(GYE) a la extensión 1001(UIO) mediante la troncal 002.



**Figura 3.26:** Llamada de la extensión 2002 a la extensión 1001

### **3.1.5. PRÁCTICA 5: IMPLEMENTACIÓN DE DIAL PLAN PARA UN SECTOR ESPECIFICO DE COMUNICACIONES.**

El enunciado de la actividad de la práctica de laboratorio 5 es:

1. Crear una troncal para comunicaciones convencionales locales, debe digitar el prefijo respectivo para poder llamar a la provincia.
2. Crear una troncal para comunicaciones locales celulares.
3. Crear una troncal de comunicación internacional para el país de China, el estudiante debe investigar cual es el prefijo respectivo para dicho país.
4. Crear una troncal para llamadas de emergencia.
5. Crear varias troncales para realizar llamadas a números especiales.
  - sí marca 1700 será para un sistema de pago compartido.

- sí marca 1800 será un sistema gratuito.
- sí marca 1900 será un sistema de cobro.

En la práctica se va a recordar cómo crear troncales SIP debido a que mediante ellas se establecerá una determinada comunicación, dependiendo de la llamada realizada en el sistema. Se necesita crear 7 troncales con diferente numeración.

Un abonado local tiene un Indicativo nacional de destino (NDC) y un Número de abonado (SN). El NDC posee 2 dígitos que depende de la ciudad que se va a marcar y el SN posee 7 cifras. [26]

**Tabla 3.3:** Estructura de un número local

<b>Número local</b>	
Indicativo nacional de destino (NDC)	Número de abonado (SN)
XX	ABCDEFGG

El abonado celular tiene un Indicativo de red (DN) y un Número de abonado (SN). EL DN posee 2 dígitos (9X) y el SN posee 7 cifras

**Tabla 3.4:** Estructura de un número móvil

<b>Número local</b>	
Indicativo de red (DN)	Número de abonado (SN)
9Y	ABCDEFGG

El número internacional tiene un Indicativo de país (CC), Código de Red (DN) y Número de abonado (SN)

**Tabla 3.5:** Estructura de un número internacional

<b>Número internacional</b>		
Indicativo de país (CC)	Código de Red (DN)	Número de abonado (SN)
593	9X	XXXXXXXX

El número de emergencia tiene un número de tres dígitos.

El número que se utiliza para la red inteligente está compuesto por el Código de Acceso del Servicio (CAS) y el Número de Abonado del Servicio (NAS). El CAS tiene tres dígitos y el NAS tiene seis dígitos. [27]



**Tabla 3.6:** Estructura de un número de emergencia

Números de emergencia	
102	Cuerpo de Bomberos
911	Sistema ECU
131	Cruz roja
115	Policía Nacional

**Tabla 3.7:** Estructura de un número especial

Número de red especial		
Código de Acceso del Servicio (CAS)	Número de Abonado del Servicio (NAS)	servicio
700	XXXXXX	pago compartido
800	XXXXXX	gratuito
900	XXXXXX	por cobrar

Las troncales van a tener una numeración dependiendo del sistema al que pertenecen, como podemos observar en la figura 3.27 existen 7 troncales SIP.

Name	Tech	CallerID	Status	Actions
troncal_convencional	pjsip	3054278	Enabled	
troncal_celular	pjsip	0987757882	Enabled	
troncal_internacional	pjsip	086967325418	Enabled	
troncal_emergencia	pjsip	27899345	Enabled	
troncal_especial_pcompartido	pjsip	2546800	Enabled	
troncal_especial_gratuito	pjsip	3043212	Enabled	
troncal_especial_por_cobrar	pjsip	2890032	Enabled	

**Figura 3.27:** Troncales SIP del servidor primario.

Las rutas de salida de igual forma se basan en la estructura numérica de los diferentes sistemas por ejemplo, para una llamada convencional debemos configurar el Dial patterns para los seis dígitos del número de abonado y 2 dígitos para el indicador nacional del destino.

Dial patterns wizards

( prepend ) 0[2-7] | [ XXXXXXXX / CallerID ] +

( prepend ) prefix | [ match pattern / CallerID ] +

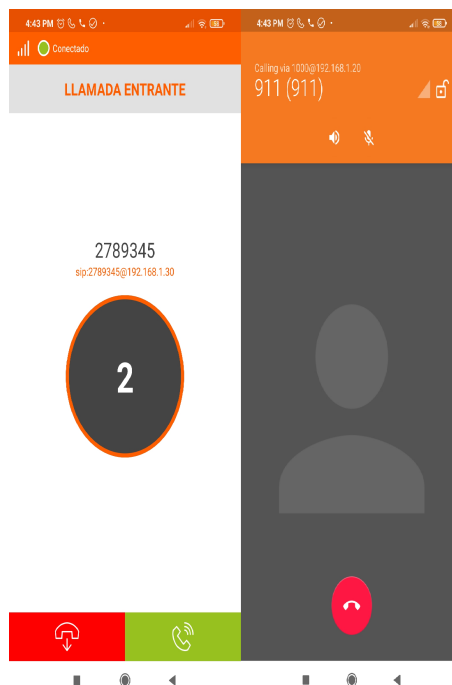
**Figura 3.28:** Configuración del Dial pattern de un sistema convencional.

En total existen 7 rutas salientes para los diferentes sistemas como se observa en la figura 3.29.

Name	Outbound CID	Attributes	Actions
+ salida_convencional		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️
+ salida_celular		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️
+ salida_internacional		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️
+ salida_emergencia		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️
+ salida_especial_pcompartido		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️
+ salida_especial_gratuito		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️
+ salida_especial_por_cobrar		📞 📄 🔍 🔄	✎ 🗑️

**Figura 3.29:** Rutas salientes del servidor primario.

Se realiza una prueba desde la extensión 1000 a un número de emergencia 911 como se ve en la figura 3.30.



**Figura 3.30:** Llamada de la extensión 1000 a la extensión 911.

### 3.1.6. PRÁCTICA 6: IMPLEMENTACIÓN DE BUZÓN DE VOZ, RING GROUPS, FRANJAS HORARIAS EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA FREEPBX DENTRO DE AWS.

El enunciado de la actividad de la práctica de laboratorio 6 es:

1. Crear 3 extensiones recepción (1000), ventas (2000) y bodega (3000).
2. El horario de trabajo son los días de lunes a viernes de 7 am a 12 pm y de 14 pm a 18 pm.
3. Se marcará a una extensión de prueba (7000), si está en el horario de trabajo se

llamará a un ring group empresa (4000) el cual permitirá llamar a cada extensión en secuencia.

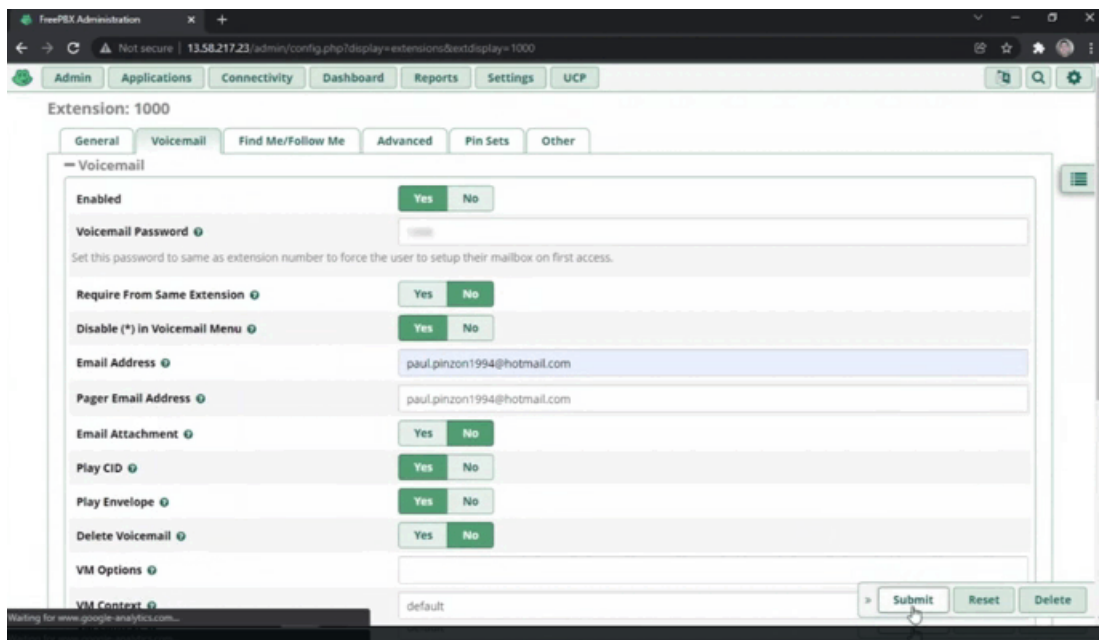
4. Si no está en el horario de trabajo se dejará un mensaje en la recepción.

En la actividad se plantea una implementación básica de un sistema con ring groups, franjas horarias y buzón de voz, pero en un servidor creado desde cero y que está montado en AWS. Se crea las extensiones respectivas para el sistema.

**Tabla 3.8:** Extensiones creadas en la central telefónica asterisk-freepbx en AWS

Extensiones	
Extensión	Nombre
1000	recepción
2000	ventas
3000	bodega

Activar el buzón de voz en cada una de las extensiones creadas. Ubicar el correo electrónico para notificar si existe algún mensaje de voz. La configuración para todas las extensiones es similar como se puede ver en la figura 3.31



**Figura 3.31:** Configuración de voicemail en la extensión 1000

El ring group de la central telefónica de VoIP se llama **empresa** y posee la extensión (4000), está compuesta por las extensiones 1000, 2000 y 3000. La estrategia de timbrado es **Hunt** y si la llamada no es contestada se termina la llamada. La configuración realizada se puede visualizar en la figura 3.32.

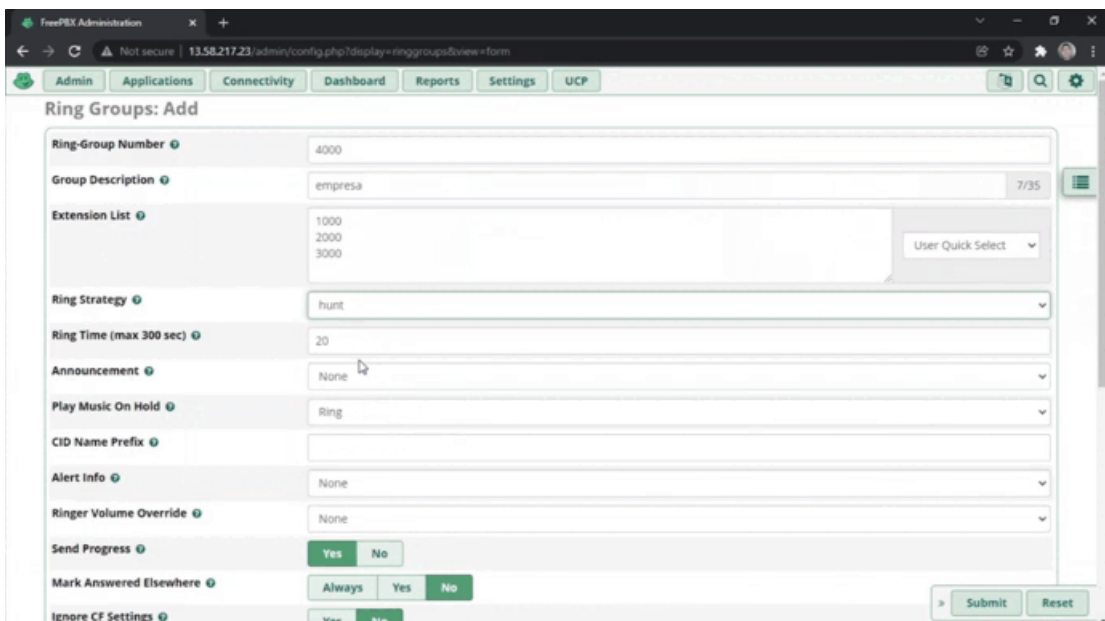


Figura 3.32: Configuración del ring group **empresa** (4000)

El time group que se va a utilizar en el sistema, está basado en el horario de trabajo es decir, de lunes a viernes de 7 am a 12 pm y de 14 pm a 18 pm.

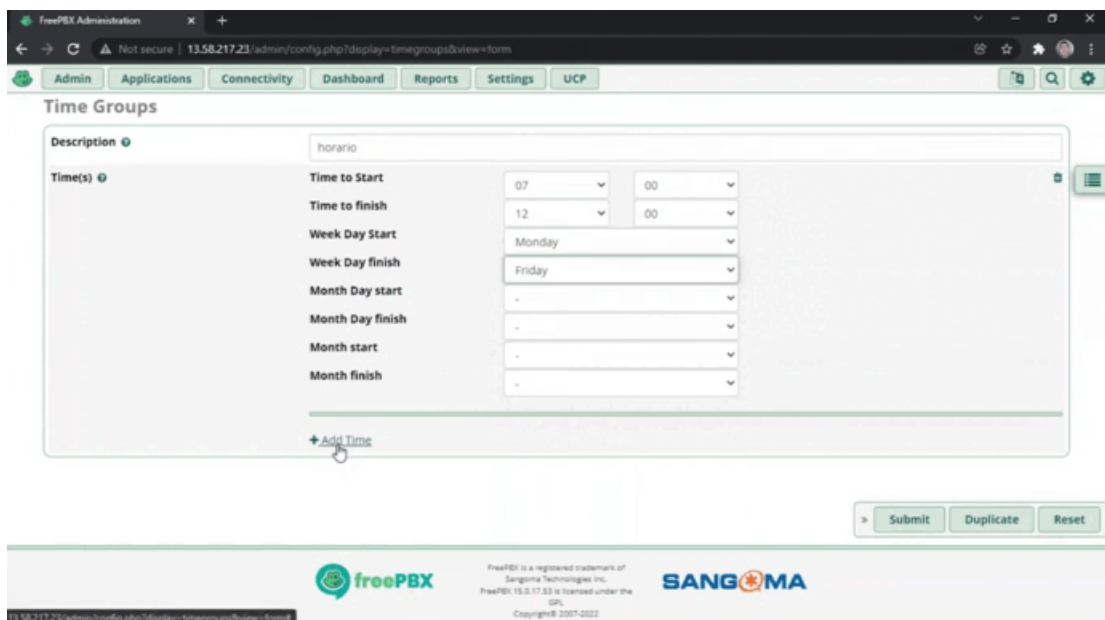
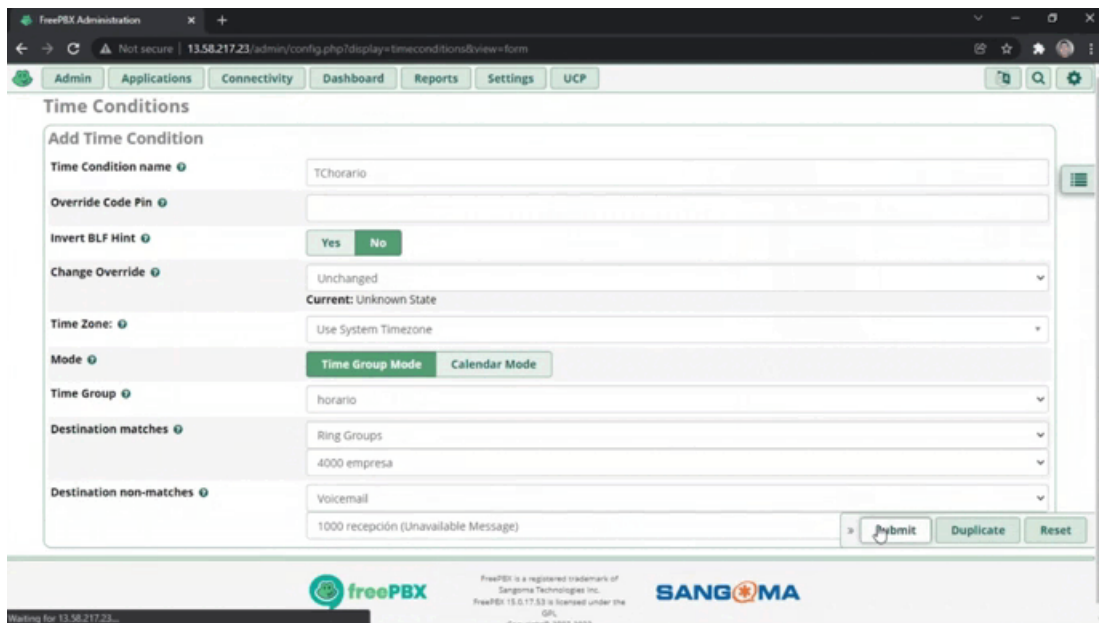


Figura 3.33: Configuración del time group en la central telefónica.

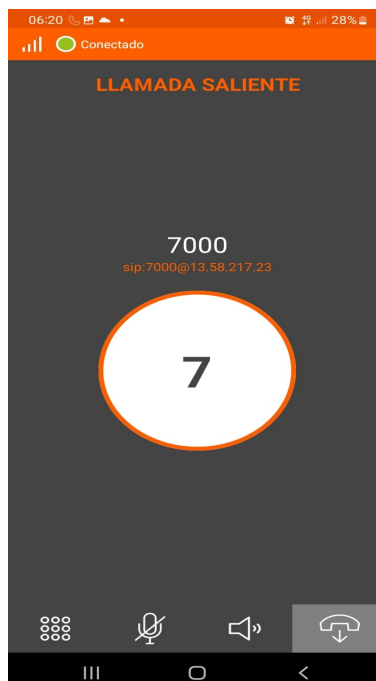
El time conditions del sistema va a funcionar de la siguiente forma: Está basado en el time group es decir el horario de trabajo definido. El time condition realiza la comparación, si la llamada entrante coincide con el horario de trabajo se va a dirigir al ring group **empresa**

(4000), en caso de que no coincida se podrá dejar un mensaje de voz en la extensión de la recepción (1000). La configuración se muestra en la figura 3.34.



**Figura 3.34:** Configuración del time condition en la central telefónica.

Como última configuración vamos a crear una troncal de prueba con la extensión 7000. Las llamadas ingresan por dicha troncal y se la enruta al time conditions para su respectiva comparación. La prueba se realiza desde la extensión 2000 como se observa en la figura 3.35



**Figura 3.35:** Llamada de prueba de la extensión 2000 a la extensión 7000.

## 3.2. CONCLUSIONES

- Conocer la implementación, el funcionamiento y la estructura básica de una central telefónica de VoIP brindan al estudiante de ingeniería en telecomunicaciones un perfil apto para el correcto desenvolvimiento dentro del campo laboral.
- Una guía práctica de laboratorio debe utilizar herramientas digitales (imágenes, gifs, videos, etc.) que faciliten la comprensión de la información y permita desarrollar las actividades de una manera eficiente.
- Asterisk y freepbx son líderes a nivel de centrales IP basadas en software, por lo cual en el mercado laboral existe una demanda alta de profesionales que manejen la programación en dichas plataformas.
- Las máquinas virtuales brindan al usuario la opción de crear snapshots, los cuales permiten crear backups de las configuraciones realizadas en la central telefónica, sin tener la necesidad de apagar el sistema. En caso de cometer algún error podemos restablecer la configuración inicial y empezar de nuevo.
- En la actualidad las empresas están migrando progresivamente los servidores a la Nube debido a las ventajas establecidas a nivel económico, administrativo, seguridad, etc. Amazon Web Services (AWS) brinda un entorno amigable para el desarrollo intelectual de los estudiantes permitiendo que el futuro profesional conozca los servicios y los posibles beneficios que genera la comunicación en la nube.

## 3.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda disponer de los recursos de memoria y almacenamiento adecuados en el computador principal, que permitan la ejecución de todas las máquinas virtuales creadas durante el desarrollo del presente componente.
- Se recomienda investigar e implementar diferentes centrales telefónicas de VoIP basadas en software y realizar las comparaciones de funcionamiento, seguridad, recursos, calidad de voz, etc.
- Para trabajos futuros se recomienda realizar una interconexión entre centrales telefónicas de VoIP mediante VPNs, esto permitirá obtener más conocimientos con respecto a telefonía y acercarse a un ambiente real.

- Se recomienda investigar a profundidad el paquete gratuito que brinda AWS, debido a que, si se usa aplicaciones que están fuera de dicho plan, el sistema empieza a cobrar ciertos valores por la utilización de dichas herramientas.
- Se recomienda generar claves y contraseñas que brinden la debida seguridad a las centrales telefónicas, ya que están propensas a ser interferidas y posiblemente utilizadas para otros fines perjudiciales.

## 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. andina de fomento, "Ecuador-análisis del sector telecomunicaciones," pp. 2–3, 4 2005. [Online]. Available: <https://bvirtual.epn.edu.ec:2143/es/ereader/epn/15891?page=3>
- [2] S. Kashihara, "Voip technologies." vol. 1, pp. 1–2, 2 2011.
- [3] T. Chakraborty, S. Misra, and R. Prasad, "Voip technology: Applications and challenges," vol. 1, pp. 1–2,14–15, 11 2019. [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/14020>
- [4] J. V. Meggelen, L. Madsen, and J. Smith, "Asterisk : the future of telephony," pp. 15–16, 8 2007.
- [5] A. Robar and J. Zimmer, "Freepbx 2.5 powerful telephony solutions," pp. 7–10, 8 2009.
- [6] VirtualBox, "Chapter1.first steps," 2021. [Online]. Available: <https://www.virtualbox.org/manual/ch01.html#snapshots>
- [7] R. Freeman, "Telecommunication system engineering," pp. 484–485, 2004.
- [8] J. G. López and F. G. Montoya, "Voip y asterisk : redescubriendo la telefonía," pp. 22–23,61–62, 9 2014.
- [9] F. Matango, "Elementos del voip," *Server VoIP*, 2016. [Online]. Available: <http://www.servervoip.com/blog/elementos-del-voip/>
- [10] D. Aguilar, "Implementación de una central telefónica pbx basada en asterisk," *Universidad del Azuay*, 2011.
- [11] R. Puzmanova, V. Kumar, and M. Korpi, "Ip telephony with h.323: Architectures for unified networks and integrated services," *Computer Communications*, vol. 26, p. 1431, 7 2003.
- [12] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, "Internet telephony: architecture and protocols – an ietf perspective," *Computer Networks*, vol. 31, pp. 237–255, 2 1999.
- [13] A. Escudero and L. Berthilson, "Voip para el desarrollo," pp. 9–10, 12 2006.



- [14] Y. Liang, Y. C. Lee, and A. Teng, "Real-time communication: Internet protocol voice and video telephony and teleconferencing," *Multimedia over IP and Wireless Networks*, pp. 503–525, 1 2007.
- [15] "¿cómo funciona un pbx ip/un sistema telefónico voip?" 3CX, 2021. [Online]. Available: <https://www.3cx.es/voip-sip/ip-pbx-overview/>
- [16] megaCall, "¿qué es una extensión telefónica? funcionalidades centralita virtual," 2021. [Online]. Available: <https://megacall.es/que-es-una-extension-telefonica/>
- [17] "¿que es asterisk?: Centralita telefónica ip," 2019. [Online]. Available: <https://quarea.com/es/que-es-asterisk-centralita-telefonica-ip/>
- [18] "Freepbx, gestor web para asterisk," 2019. [Online]. Available: <https://quarea.com/es/freepbx-gestor-web-asterisk/>
- [19] L. Paez, "¿qué es notion y cómo funciona? guía completa," 12 2021. [Online]. Available: <https://www.crehana.com/blog/negocios/que-es-notion/>
- [20] Wix, "What is a gif and how to effectively use it on social media," 11 2017. [Online]. Available: <https://www.wix.com/blog/2017/11/gifs-in-social-media/>
- [21] Azure, "What is a virtual machine and how does it work | microsoft azure." [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-a-virtual-machine/#overview>
- [22] Notion, "What is notion?" 2022. [Online]. Available: <https://www.notion.so/guides/what-is-notion>
- [23] M. Anderson, "ivr module - pbx gui - documentation," 9 2015. [Online]. Available: <https://wiki.freepbx.org/display/FPG/IVR+Module>
- [24] M. Anderson and K. Bernard, "Time conditions module - pbx gui - documentation," 9 2015. [Online]. Available: <https://wiki.freepbx.org/display/FPG/Time+Conditions+Module>
- [25] "¿qué es aws?" [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/>
- [26] CONATEL, "Plan tecnico fundamental de numeracion ptfn," pp. 17–20, 4 2013. [Online]. Available: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

[27] UIT-T, “Recomendación uit-t e.164 - plan internacional de numeración de telecomunicaciones públicas,” pp. 17–18, 2010.

## 5. ANEXOS

Debido a que los resultados del presente componente están conformados por la resolución de las actividades de las diferentes prácticas de laboratorio, el desarrollo de las prácticas como tal se encuentran en este apartado de Anexos.

Es importante recalcar que todo el desarrollo y actividades se han elaborado en la plataforma Notion con el uso de imágenes animadas que no se evidencian en el presente escrito. Para su correcta visualización se puede acceder al enlace: <https://pointy-whistle-142.notion.site/Laboratorios-VoIP-Freepbx-d8ad3a7226a84d1eb9bb3356f548d11e>, en donde se tiene la lista de las seis prácticas de laboratorio y la resolución de todas las actividades propuestas.