



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño de un sistema de perifoneo inalámbrico vía voz sobre IP
para Institución Educativa Privada Santa Luisa de Marillac

PRESENTADO POR

Ramos Conde, Heberson Issac

ASESOR

Vílchez Sandoval, Jesús Alberto

Los Olivos, 2020

Dedicatoria

Mi tesis la dedico a mi familia en especial a mi madre que está en el cielo motivándome para culminar mis logros.

Agradecimiento

*Mi agradecimiento especial a la
Universidad Ciencias y
Humanidades, la cual me brindo
sus puertas para formarme
profesionalmente.*

*A mis profesores por sus
diferentes métodos de enseñar.*

Gracias.

Resumen

Actualmente, los sistemas de perifoneo se utilizan para la localización de personas en general en diferentes establecimientos públicos y privados. Este tipo de sistemas suele tener un centro de mando desde donde se emite el mensaje a través de un micrófono interconectado a un conjunto de dispositivos parlantes. Este tipo de sistema requiere que un individuo se dirija físicamente hacia el centro de mando para poder hacer uso del micrófono, con el correspondiente tiempo que esta acción demanda. La institución educativa privada Santa Luisa de Marillac requiere un sistema de perifoneo que les permita a los docentes y administrativos poder hacer uso del sistema de perifoneo de manera móvil dentro y fuera de sus aulas o cualquier otro punto dentro del colegio. Por ello se requiere la implementación de un sistema de perifoneo inalámbrico de bajo costo que sea accesible para el centro educativo y que permita mejorar la comunicación entre el personal del colegio y sus estudiantes. En esta investigación se realizará el diseño y simulación de un sistema de perifoneo móvil utilizando las comunicaciones inalámbricas de la familia IEEE 802.11 y los protocolos de comunicación de Voz sobre IP utilizando software libre como Asterisk y hardware abierto como Raspberry Pi. Este sistema permitirá que los docentes puedan realizar el llamado en caso de emergencia al personal de tóxico, de limpieza, directivos, o a sus propios estudiantes que se encuentren fuera del aula.

Palabras claves: Raspberry pi, Asterisk, telefonía IP, voz sobre IP, IEEE 802.11, WIFI.

Abstract

Currently, peripheral systems are used to locate people in general in different public and private establishments. This type of system usually has a command center from where the message is broadcast through a microphone interconnected to a set of speaking devices. This type of system requires an individual to physically go to the command center to be able to use the microphone, with the corresponding time that this action demands. The private educational institution Santa Luisa de Marillac requires a paging system that allows teachers and administrators to be able to use the paging system on a mobile basis inside and outside their classrooms or any other point within the school. Therefore, the implementation of a low-cost wireless peripheral system is required that is accessible to the educational center and that allows improving communication between the school staff and its students. In this research, the design and simulation of a mobile peripheral system will be carried out using the wireless communications of the IEEE 802.11 family and the Voice over IP communication protocols using free software such as asterisk and open hardware such as raspberry Pi. This system will allow teachers to make the call in case of emergency to the topic staff, cleaning, directors, or their own students who are outside the classroom.

Keywords: Raspberry pi, Asterisk, IP telephony, Voice over IP, IEEE 802.11, WIFI.

CONTENIDO

1.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1.1	Planteamiento y descripción del problema	4
1.1.2	Formulación del problema general	5
1.1.3	Formulación de los problemas específicos	5
1.2	DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2.1	Objetivo general	6
1.2.2	Objetivos específicos	6
1.3	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3.1	Justificación técnica	6
1.3.2	Justificación económica	7
1.3.3	Justificación social	7
1.4	ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4.1	Alcance	7
1.4.2	Limitaciones	8
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.1.1.	Internacionales	10
2.1.2.	Nacionales	11
2.2.	MARCO TEÓRICO	12
2.2.1.	Perifoneo	12
2.2.2.	Voz sobre IP	13
2.2.3.	Telefonía IP	14
2.2.4.	Protocolos de señalización VoIP	16
2.2.5.	Códecs VoIP	16
2.2.6.	Asterisk	17
2.2.7.	Raspberry PI	17
2.3.	MARCO METODOLÓGICO	18
2.3.1.	Tipo de investigación	18
2.3.2.	Metodología de investigación	18
2.4.	MARCO LEGAL	18
2.5.	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	19
2.5.1.	Topología física	19
2.5.2.	Diagrama de bloques	19
2.5.3.	Pila de protocolos	20
2.1.	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1	22
2.1.1.	Localización del proyecto	22
2.1.2.	Descripción del sistema de perifoneo actual	25
2.1.3.	Descripción del equipamiento previo	27
2.1.4.	Cableado	28

3.2	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2	29
3.2.1.	Entrevistas.....	29
3.2.2.	Descripción de necesidades sobre el sistema de perifoneo.....	30
3.3	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3	31
3.3.1.	Tecnología de comunicación que se requiere	31
3.3.2.	Elección entre el sistema de perifoneo digital y el sistema de perifoneo IP	32
3.3.3.	Elección entre el sistema de comunicación propietario IP y el sistema de perifoneo IP basado en software libre.	33
3.3.4.	Elección del Protocolo VoIP de señalización.....	34
3.3.5.	Elección Códec de voz más adecuado para la implementación	35
3.3.6.	Software de la central IP PBX.....	36
3.3.7.	Elección del Hardware para la implementación de Asterisk.....	36
3.4	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4	40
3.4.1.	Especificación de la Raspberry Pi 3 Model B+	40
3.4.2.	Determinación de especificaciones técnicas para la implementación de la central IP-PBX	41
3.4.3.	Especificaciones técnicas del Gateway de audio IP - SIP.....	45
3.4.3.	Determinación de especificaciones técnicas para habilitar el cliente en los teléfonos inteligentes de los usuarios.	47
3.4.4.	Determinación de especificaciones técnicas para los dispositivos intermediarios	48
3.4.5.	Conectividad final solo del sistema de perifoneo.....	49
3.5	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5	50
3.5.1.	Instalación del sistema operativo en la Raspberry Pi 3 Model B+.....	50
3.5.2.	Instalación del Asterisk en la raspberry PI.....	57
3.5.3.	Configuración de canales.....	60
3.5.4.	Configuración del plan de marcación.....	63
3.5.5.	Configuración de los terminales.....	64
3.5.6.	Pruebas de simulación.....	69
	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO	72
4.1	ANÁLISIS DE COSTOS	73
4.1.1.	Recursos Humanos.....	73
4.1.2	Recursos de Software.....	73
4.1.3	Recursos de Hardware	74
4.1.5	Costo total del proyecto	75
4.2	ANÁLISIS DE BENEFICIOS	76
4.2.1	Beneficios tangibles.	76
4.2.2	Beneficios intangibles.	77
4.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	77
4.3.1	Desarrollo del flujo de caja.....	77
4.3.2	Valor actual neto	78
4.3.3	Tasa de retorno	78
4.3.4	Retorno de la inversión	80
	CONCLUSIONES	81

RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84

Tabla de figuras

Figura 1: Sistemas de Telefonía.....	14
Figura 2: Sistema de Telefonía IP	15
Figura 3: Topología física	19
Figura 4: Diagrama de bloques	19
Figura 5: Pila de protocolos.....	20
Figura 6: localización.....	22
Figura 7: Colegio Santa Luisa de Marillac	23
Figura 8: Distribución del primero y segundo piso	23
Figura 9: Distribución del segundo y tercer piso	24
Figura 10: Topología Lógica del Sistema de Perifoneo	26
Figura 11: Ubicación física del sistema de perifoneo.....	27
Figura 12: Ubicación física del parlante.....	27
Figura 13: Amplificador marca Estrella de 1100 w.....	28
Figura 14: Cableado y conectividad del parlante y amplificador	28
Figura 15: Sistemas de comunicación IP.....	33
Figura 16: Raspberry Pi	37
Figura 17: Periféricos de la Raspberry	37
Figura 18: Velocidad de descarga.....	38
Figura 19: Temperaturas máximas en una Raspberry Pi.....	39
Figura 20: Raspberry Pi 3 Model B+	41
Figura 21: Etapas de modulación.....	42
Figura 22: Grafica promedio CPU vs. número de llamadas simultaneas	45
Figura 23: Gateway X10.....	46
Figura 24: Zoiper.....	47
Figura 25: Topología completa de la red del colegio	49
Figura 26: conectividad del sistema de perifoneo.....	50

Figura 27: Pasos del sistema de instalación del sistema operativo	51
Figura 28: Pasos del sistema de instalación.....	52
Figura 29: Habilitación de SSH	52
Figura 30: Conectividad para el acceso a la Raspberry Pi	53
Figura 31: Pasos para la instalación del Advance IP Scanner.....	54
Figura 32: Obtención de IP de la Raspberry Pi.....	54
Figura 33: Instalación del Putty	56
Figura 34: Acceso a la Raspberry Pi	57
Figura 35: Dependencias instaladas del Asterisk	58
Figura 36: Mensaje indicador para iniciar la instalación.....	58
Figura 37: Mensaje indicador para cargar archivos de ejemplo.....	59
Figura 38: Interfaz de línea de comandos de asterisk	60
Figura 39: configuración de sección general	61
Figura 40: Configuración de los profesores	61
Figura 41: configuración de los parlante1	62
Figura 42: Configuración de plan de marcado.....	64
Figura 43: Descarga del Zoiper	65
Figura 44: Configuración del zoiper.....	66
Figura 45: Descarga del softphone Eyebeam.....	67
Figura 46: softphone Eyebeam instalado	67
Figura 47: Configuración de cuenta del Eyebeam	68
Figura 48: Activación de la opción Auto answer	69
Figura 49: Conectividad para las pruebas	69
Figura 50: Verificación de los dispositivos conectados para las pruebas.....	70
Figura 51: verificación de las extensiones para las pruebas.....	70
Figura 52: Prueba de llamada	71
Figura 53: Proceso de llamada de la prueba	71
Figura 54: Calculadora online del VAN y del TIR.....	79

Figura 55: Gráfica del VAN con la tasa de interés	80
---	----

Lista de tablas:

Tabla 1: Personajes que laboran en el colegio	25
Tabla 2: Resultado a la entrevista a la promotora	29
Tabla 3: Características de los protocolos SIP y H323	35
Tabla 4: Configuración del parlante 1	61
Tabla 5: Configuración del parlante 2.....	62
Tabla 6: Configuración del parlante 3.....	62
Tabla 7: Configuración del parlante 4.....	63
Tabla 8: Configuración del plan de marcado	63
Tabla 9: Recursos humanos.....	73
Tabla 10: Recursos de software.....	73
Tabla 11: Recursos de hardware	74
Tabla 12: Otros gastos	75
Tabla 13: Costo total del Proyecto.....	75
Tabla 14: Beneficio total del Proyecto	76
Tabla 15: Flujo de caja proyectada del sistema.....	77

Introducción

El sistema de perifoneo fue uno de los medios de comunicación más antiguos en el mundo tomando ahora un papel muy importante en las pequeñas y grandes empresas gracias al avance a pasos agigantados de la tecnología IP creando así una excelente solución mediante un sistema de comunicación tales como centrales telefónicas.

En nuestro país donde tanto la tecnología, la delincuencia y accidentes en todo el país están incrementando más cada año por eso que las empresas como los centros educativos buscan los servicios de seguridad de otras empresas que proponen un sistema de seguridad usando la tecnología IP para así pueda mejorar, garantizar el bienestar de los clientes como establece ciertos protocolos de seguridad de toda empresa.

En el ámbito local vemos el caso de la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac que no presenta un sistema de comunicación inmediata o específica entre las diferentes integrantes del colegio como el personal de dirección, docentes, auxiliares, personal de limpieza, personal de tópicos y alumnos. Cuando Los profesores cuando quiere realizar un llamado o específico de la atención del servicio de limpieza, el llamado al auxiliar o el requerimiento de emergencia de tópicos en caso de un accidente tiene que dejar solo a los niños perdiendo así mucho tiempo de clases. De igual manera cuando se requiere dar un comunicado por parte de dirección hacia un profesor, tópicos en caso de emergencia o al auxiliar se le tiene que ir personalmente en su búsqueda perdiendo así mucho tiempo ya que el colegio es de 4 pisos la pregunta central del trabajo es ¿Cómo dar una solución al problema de comunicación inmediata o específica entre las diferentes integrantes del colegio? El objetivo central es Diseñar un sistema de perifoneo móvil vía voz sobre IP de bajo costo, para mejorar la comunicación interna centro educativo particular santa luisa.

Para llevar a cabo el estudio, el proyecto se ha estructurado en 4 capítulos. En el capítulo I “Planteamiento y Formulación del Problema” en

este capítulo describiremos del problema para luego mencionar la formulación del problema general y sus problemas específicos y así definir el objetivo general y específicos de la investigación. En el capítulo II “Fundamento Teórico” en este capítulo desarrollaremos los antecedentes y el marco teórico que fundamente a la investigación. En el capítulo III “Desarrollo de los Objetivos específicos” en este capítulo se va a desarrollar los objetivos específicos que se estableció. En el capítulo IV “Análisis de Costo y Beneficio” en este capítulo se justificará si la investigación es viable económicamente o no

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento y descripción del problema

Los sistemas de comunicación en los centros educativos suelen ser de gran utilidad para la interacción entre los diferentes servicios educativos con el fin de brindar atención oportuna a las necesidades de docentes y estudiantes.

A nivel mundial, en México se estima que la tasa por fallecimiento debido a los accidentes en los centros educativos se ha incrementado cuatro veces más que por las enfermedades infantiles, la mayoría por una falta oportuna atención, ya que se estima que 9 de cada 10 accidentes que ocurrieron se pudieron ser evitados. Consejo Nacional de Población (Conapo, 2013).

En el año 2016, en Chile se produjeron 302 denuncias de accidentes escolares según la superintendencia, aumentando un 15,7% respecto del año anterior todo esto es debido a la falta de medidas de prevención, la falta de asistencia oportuna y el traslado rápido un centro de salud. (La Tercera 2016).

En el Perú de contar con un sistema rápido de comunicación, se hubiese podido evitar el fallecimiento del catedrático Néstor Cáceres Velásquez de la Universidad andina de Arequipa. Quien a causa de un fuerte dolor en el pecho termino desvaneciéndose en el suelo siendo trasladado al hospital ya pasando mucho tiempo. Noticiero américa televisión 2019.

En el ámbito local vemos el caso del colegio de primaria "Santa Luisa de Marillac" ubicado en el distrito de Ate Vitarte, el cual cuenta con un sistema de comunicación de perifoneo centralizado de acceso restringido ubicado en la dirección. Cuando los profesores requieren realizar un llamado específico al servicio de limpieza, al auxiliar o al servicio de tóxico en caso de un accidente, deben dejar solos a los niños incrementando el nivel de riesgo durante su ausencia. Adicionalmente, el tiempo que puede tomarse una persona en dirigirse a la dirección o al tóxico puede ser demasiado

extenso, principalmente cuando se trata de una emergencia ya que el colegio tiene un pabellón de 4 pisos.

Por ello se requiere un sistema de comunicación flexible económico que permita reducir estas limitaciones.

Un sistema de aviso de emergencia mediante perifoneo móvil en los centros educativos tiene varios beneficios, por ejemplo, permite comunicarse con personas específicas en forma inmediata independientemente de su ubicación dentro del colegio, permite ahorrar tiempo en la comunicación, evita que los docentes tengan que dejar el aula para realizar el perifoneo, agiliza la realización de anuncios de cualquier tipo de información, también sirve como alarma en caso de emergencia o accidente, para poder avisar a al personal del centro educativo rápidamente para tomar decisiones lo más pronto posible, en consecuencia mejora la seguridad de los integrantes del plantel del colegio.

1.1.2 Formulación del problema general

¿Cómo dar una solución a la necesidad de un sistema de perifoneo que permita establecer una comunicación inmediata y móvil entre los diferentes integrantes de la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac?

1.1.3 Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cuál es la situación actual de sistema de perifoneo utilizado para la comunicación en la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac?

P.E.2: ¿Cuáles son las necesidades de los usuarios que utilizarán el sistema de perifoneo que necesita el colegio?

P.E.3: ¿Qué tecnologías permitirán implementar un sistema de perifoneo móvil y económico que satisfaga las necesidades de los usuarios?

P.E.4: ¿Qué equipamiento sería necesario para la implementación del sistema de comunicación?

P.E.5: ¿Cómo se podría validar si el diseño propuesto satisface las necesidades de los usuarios?

1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de perifoneo inalámbrico vía voz sobre IP, para mejorar la comunicación interna de la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac.

1.2.2 Objetivos específicos

O.E.1: Describir la situación actual del sistema de perifoneo en la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac.

O.E.2: Determinar las necesidades de comunicación de los usuarios respecto al sistema de perifoneo.

O.E.3: Determinar las tecnologías adecuadas para la implementación de un sistema de perifoneo móvil y económico que satisfaga las necesidades de los usuarios.

O.E.4: Determinar las características técnicas del equipamiento necesario para la implementación del sistema de comunicación.

O.E.5: Implementar un prototipo del sistema de perifoneo inalámbrico utilizando Voz sobre IP.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

Actualmente los sistemas de perifoneo móvil cumplen un rol muy importante en las instituciones permitiendo la comunicación oportuna entre los colaboradores y los usuarios de los diversos servicios. En los centros educativos, este tipo de sistema involucra un gran avance tecnológico actual y permite una comunicación eficiente entre sus integrantes, pudiendo encontrarse cualquier punto del centro educativo

utilizando el sistema de comunicaciones inalámbricas de la familia IEEE 802.11 y los protocolos de comunicación de Voz sobre IP. Todo esto implementado a muy bajo costo gracias al uso de los sistemas basados en software libre como Asterisk PBX y hardware abierto como Raspberry Pi.

1.3.2 Justificación económica

Actualmente existen empresas que prestan servicios de sistemas de comunicación unificada que integran todos los servicios de comunicaciones (telefonía, perifoneo, video vigilancia, entre otros). Sin embargo, los costos de implementación para este tipo de soluciones suelen ser muy elevados y poco accesibles para las instituciones de baja o mediana capacidad económica. Es por ello, que resulta importante brindar soluciones alternativas que permitan poner al alcance este tipo de tecnologías en forma total o parcial según las necesidades de cada tipo de institución sin tener que realizar grandes gastos de inversión.

1.3.3 Justificación social

En la mayoría de los centros educativos pequeños y medianos se cuenta solamente con un megáfono para caso de emergencia, en otros casos también cuentan con las bocinas de emergencia que permiten alertar a todo el plantel estudiantil, pero sin posibilidad de brindar información específica acerca del acontecimiento que activo la alarma. Este tipo de proyecto pondrá a disposición un sistema de perifoneo moderno, económico y accesible dirigido a las instituciones educativas pequeñas y medianas.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Alcance

Esta investigación abarca desde la determinación de las necesidades de los usuarios hasta el diseño del sistema de perifoneo móvil basado en Voz sobre IP.

No forma parte del alcance de esta investigación la determinación de los puntos de ubicación y potencia de sonido de los parlantes por cuanto se reutilizarán los datos identificados del sistema de perifoneo existente.

1.4.2 Limitaciones

Para la realización de esta investigación no se cuenta con financiamiento del centro educativo que forma parte de este proyecto. En tal sentido el investigador asumirá los costos necesarios para la realización del diseño.

No se tiene acceso a los planos con las medidas exactas de la institución educativa, por ello en esta tesis se elaborará un bosquejo aproximado de la topología y distribución física.

La mayor parte de la documentación disponible para esta investigación se encuentra en idioma extranjero.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

(Lobo, 2019), en su investigación titulada “Diseño de efectos de audio sobre Raspberry-Pi para ejecución en tiempo real” en la Universidad Politécnica de Madrid, donde se planteó el objetivo general: “Diseñar una serie de algoritmos que procesen audio en tiempo real utilizando un Raspberry como sistema de ejecución de los algoritmos”, se llegó al siguiente conclusión: “El sistema ha mostrado resultados eficientes y el correcto funcionamiento de los códigos implementados con el uso de apenas 505 de los recursos hardware de la plataforma de bajo costo.”

(Mazariego, 2016), en su investigación titulada “Instalación básica de un sistema Asterisk enfocado a PYMES” en la Universidad autónoma de México, donde se planteó el objetivo general: “Describir cómo puede la instalación de un sistema VoIP basándose en Asterisk ayudar a las pequeñas y medianas empresas cuando se necesita, la instalación de un sistema de comunicación (telefónica)”; donde se llegó a la siguiente conclusión: “Con esta tesis se llegó a dar una visión de las nuevas tecnologías en comunicaciones VoIP, con ayuda del software Asterisk, a través de lo investigado y de la información adquirida”

Según (Jornet, 2018) en su investigación titulada “Interfaz USB de red para acceso seguro basada en Raspberry Pi” de la universidad politécnica de Valencia en donde se planteó el objetivo general: “Suplir la necesidad de que el usuario final requiera de un conocimiento específico en VoIP,, esto es, que DevOps de una empresa puede realizar la configuración de una centralita virtual de manera sencilla y amena, sin tener que recurrir extensos manuales ni pedir ayuda al proveedor de telefonía, donde se llegó a la siguiente conclusión: “El resultado final de este proyecto ha sido muy positivo y ha resultado en un dispositivo perfectamente funcional y fácilmente reproducible. Se han alcanzado todos los objetivos y se han explorado áreas de conocimientos más allá de las impartidas en el grado.”

2.1.2. Nacionales

(Castro, 2018) En su investigación titulada “Implementación y mejora continua del servicio de telefonía IP con Asterisk” realizada en la Universidad San Ignacio de Loyola, donde se planteó el objetivo general: “Integrar la plataforma de telefonía IP con la telefonía convencional con el fin de utilizar la tecnología actual e ir agregando la nueva tecnología que soporte la demanda del servicio presente y futura (mediano plazo y largo plazo). Reducir costo en un 50% por obra civil y el cableado estructurado generadas por la habilitación de líneas análogas. Eliminar costos de hardware y licencias por aumento de cantidad de anexos que se generan usando solo la central telefónica análoga; para alcanzar se utilizó una metodología en base a la propuesta aprobada de la consultora usándose la guía de Asterisk para el despliegue de la plataforma tenido dos etapas el proyecto la primera se basó en la organización, diseño, construcción, documentación y capacitación la segunda fue la inicialización, planificación, ejecución, monitoreo y cierre, en donde se llegó a la siguiente conclusión; “Se llegó implementar una solución tecnológica en base a las necesidades principales; logrando mejorar o potenciar tanto las comunicaciones internas como las externas de cara a nuestros alumnos y potenciales alumnos, proveedores y otras entidades.

Según (Flores, 2019) en la investigación titulada “Diseño e implementación de un modelo de gestión de servicios VoIP para consultas académicas haciendo uso de Asterisk Gateway Interface (AGI)” en la Universidad Nacional de Piura, donde se planteó el objetivo general: “Diseñar e implementar un modelo de Gestión de Servicios VoIP para consultas académicas haciendo uso de Asterisk Gateway Interface en la Universidad Nacional de Piura”, que mejorará la atención al usuario. Para alcanzarlo se utilizó el tipo de investigación Aplicada y Tecnológica de diseño no experimental de corte transversal donde la población fueron los estudiantes de electrónica y telecomunicaciones cuya cantidad son de 1117 con una muestra de 287 estudiantes, en donde se llegó a la siguiente conclusión: “de contar con grandes centrales telefónicas adicionando

mensajería instantánea y respuesta interactiva de voz se podrían reducir gastos de inversión y operación”.

(Seminario, 2012) En su investigación titulada “Diseño de un sistema de perifoneo en caso de emergencia para un edificio de mediana altura” realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, donde se planteó el objetivo general: “Diseñar un sistema de aviso mediante perifoneo para un edificio de mediana altura”, que sea capaz de informar a las personas que se encuentran dentro de la construcción, sobre detalles de una emergencia que se produzca, considerando la adecuada selección y distribución de parlantes, con la finalidad de facilitar la evacuación del lugar; para alcanzarlo se utilizó una metodología. Para este caso se elegirá un edificio de mediana altura (entre 4 y 15 pisos) conformado por aulas para estudio. Edificios de este tipo se encuentran en universidades, colegios e institutos. Ejemplos: Edificios del Centro de Idiomas del ICPNA (Instituto Cultural Peruano-norteamericano), pabellones de la Universidad Católica, etc. Se está tomando en cuenta la importancia de la seguridad en lugares destinados a la educación, por lo tanto se tiene que buscar un edificio que cumpla con estas características básicas para posteriormente ser estudiado y aplicar en él sistema de perifoneo que se diseñará, en donde se llegó a la siguiente conclusión: “El estudio realizado demuestra que los sistemas de notificación mediante perifoneo presentan ventajas significativas en comparación con los tradicionales sistemas de aviso a través de sirenas. La principal es su capacidad de brindar más información de los detalles de un evento, con lo cual se puede controlar el comportamiento y moderar las diversas reacciones de los ocupantes del edificio estudiado en caso de una emergencia.”

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Perifoneo

El perifoneo es una de las formas más antiguas de comunicación audible cuya función es difundir un mensaje a distintos lugares a través de bocinas

ubicadas en puntos estratégicos, el perifoneo es más efectivo y económico que otros medios de comunicación debido a su eficacia y facilidad acceso (Bejarano & Garcia, 2016).

El sistema de perifoneo mediante un megáfono para los centros educativos se utiliza frecuentemente por ser una gran herramienta la comunicación, también sirve como sistema de alarma y realizar avisos desde cualquier punto del colegio de forma rápida (Centromipc, s.f.).

2.2.2. Voz sobre IP

Voz sobre protocolo de internet o Voz sobre IP son las tecnologías que se basan en enviar mensajes de voz encapsulados dentro de paquetes de datos IP version4 o versión 6 dejando, presentándose como una nueva alternativa a los sistemas tradicionales de telefónicas analógica y digital.

De manera similar a la telefonía digital en Voz sobre IP, es necesario un proceso de digitalización de la voz humana para luego proceder con el encapsulamiento dentro de un protocolo de la Suite TCP/IP como por ejemplo Real Time Protocol (RTP).

Es importante hacer referencia que el teorema de Nyquist también se aplica en la tecnología VoIP permitiendo identificar la frecuencia de muestreo adecuada para poder reproducir la señal de voz luego de su transmisión. Generalmente, la tecnología de Voz sobre IP requiere además de un protocolo que transporte la voz a través de paquetes IP, un protocolo que se encargue de establecer, mantener y finalizar las sesiones entre los dispositivos que se van a comunicar. Uno de los protocolos más utilizados para la señalización es el Protocolo de Inicialización de Sesiones SIP.

(Pérez, 2014) Afirma que para la transmisión de Voz sobre el protocolo de internet (VoIP) en una comunicación de tipo dúplex medio o completo el retardo de la comunicación no debe superar los 150 milisegundos para evitar la degradación de la calidad de la comunicación.

2.2.3. Telefonía IP

Los servicios de voz vienen siendo mejorados notoriamente en las últimas décadas gracias a las nuevas tecnologías y a la incursión de la tecnología de comunicación IP dentro de la telefonía. Los sistemas de telefonía tradicionales denominados líneas analógicas permitían la transformación de la voz en señales eléctricas que viajaban en hilos de cobre donde el número de líneas que se quisiera tener tendría que ser igual al número de canales de comunicación de voz simultáneo. Luego apareció la telefonía digital también conocida como Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) que consistía en la transformación de la señal analógica de nuestra voz en una señal digital mediante la Modulación por Codificación de Pulso PCM. En la telefonía Digital es posible mantener varios canales de comunicación a través de una misma línea, a través de los estándares de abonado E1 (30 canales de voz), T1 (24 canales de voz) o J1 (24 canales de voz), en Perú desde hace décadas hemos adoptado el estándar E1. Por último, en la Telefonía IP la intercomunicación se da por internet donde una de las principales ventajas es que el mantenimiento de su infraestructura es económico.

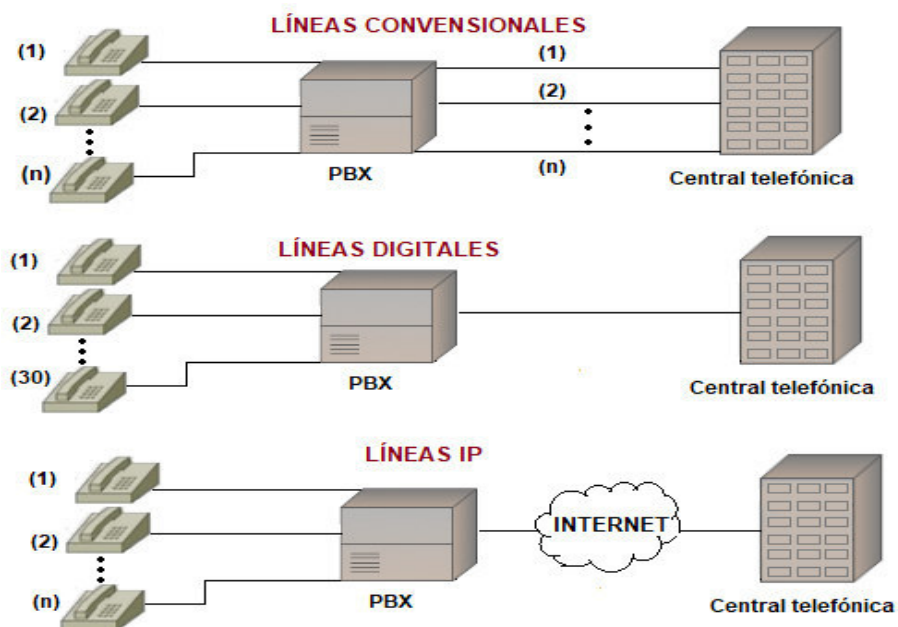


Figura 1: Sistemas de Telefonía

En la figura 1 se puede observar las diferentes líneas que se podrían dar en una empresa conformada por usuarios (líneas) conectadas a una central interna en la empresa PBX y de ahí conectada por canales (troncales) o mediante la red de internad hacia las centrales telefónicas. En las líneas convencionales se puede observar que para “n” líneas se requieren “n” canales para una comunicación simultánea. En las líneas digitales se observan como máximo 30 líneas que pueden comunicarse simultáneamente por solo canal. En las líneas IP no depende de líneas físicas por eso no hay limitaciones en la cantidad de conversaciones simultaneas por la red de internet

Telefonía IP es un servicio de telefonía transmitidas por internet usando los estándares de Voz IP. Donde presenta varias y nuevas funcionalidades de la telefonía

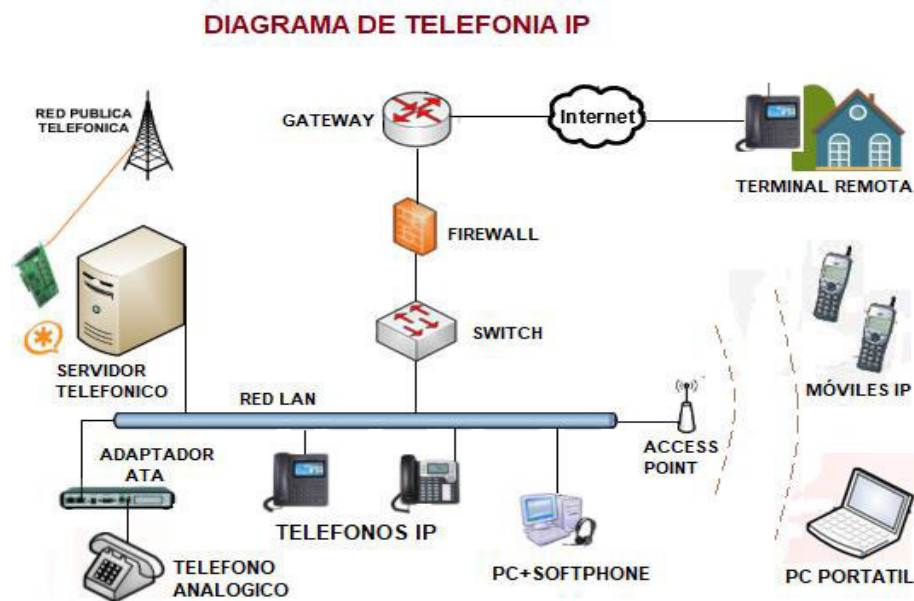


Figura 2: Sistema de Telefonía IP

En la figura se puede observar el sistema de telefonía IP completa presentando varias funcionalidades y también adaptado a un teléfono analógico

2.2.4. Protocolos de señalización VoIP

Un protocolo de señalización es un conjunto de normas y acuerdos a seguir para la gestión de los mensajes y pasos utilizados para establecer una comunicación. Existen diferentes protocolos de señalización como: H323, MGCP, SCCP, SIP IAX2 (Sierra, 2008).

Los protocolos VoIP son similares a los de telefonía tradicional se define de la forma adecuada en que los códecs se puedan conectarse entre sí hacia otras redes usando VoIP, siendo necesarios para la paquetización de los datos estableciendo y configurando las peticiones de solicitudes de sentar la conexión, ubicación del destino, localizar llamada y finalización de llamadas y desactivar para ser enviado por la red donde su mecanismo consiste en la señalización mediante unas transacciones entre puntos finales. Los protocolos usados en VoIP y soportados por Asterisk son: SIP, IAX, H.323, MGCP y SCCP (Pérez, 2014).

Ahora veamos los cada uno de los protocolos de señalización mencionados de VoIP:

- IAX: Convertidores A/D: 10 canales, con 10 bits de resolución.
- SIP: Telefonía IP: Convertidores A/D: 10 canales, con 10 bits de resolución.
- H. 323:
- MGCP:
- Skinny/SCCP
- UNISTIM:

2.2.5. Códecs VoIP

Los Códecs de voz Protocolos de VoIP La telefonía IP es una aplicación de alto rendimiento consta de 28 pines es auto programable de 48 MHz, algunas características del 18F2550

Los protocolos y códec de telefonía IP:

- G726
- G711
- G729A

Convertidores A/D:

- 10 canales, con 10 bits de resolución.

2.2.6. Asterisk

Asterisk es un Software de código abierto que admite crear un sistema telefónico caracterizado y está diseñado adecuadamente flexible como para complacer cualquier requerimiento en el ámbito de la telefonía donde Su arquitectura brinda flexibilidad en nuestro sistema telefónico además Asterisk es una sucursal privada (PBX). Donde una PBX es considerado como una centralita telefónica privada, que se conecta teléfonos en un mismo lugar o también con teléfonos en otros lugares. Esto suele ser más rentable que alquilar una línea para cada teléfono que se necesite en una empresa (Gomillion & Dempster, 2005).

Asterisk es un software flexible e convergente denominado también una plataforma de telefonía de código libre, diseñada esencialmente para ser ejecutado principalmente en Linux y en otros sistemas operativos (Meggelen, Madsen, & Smith, 2005).

2.2.7. Raspberry PI

El Raspberry PI es una computadora de placa única notablemente funcional en un paquete pequeño y de bajo costo, donde se pueden realizar para navegar internet, jugar, elaboración de programas, crear circuitos y dispositivos físicos (Halfacree, 2018).

El Raspberry PI es un ordenador de tamaño reducido de bajo costo elaborado en el Reino Unido en 2011 con el fin educativo, soportando varios componentes esenciales de un ordenador común de alto

rendimiento consta de 28 pines es auto programable de 48 MHz, algunas características del 18F2550. (Contreras, 2013).

2.3. MARCO METODOLÓGICO

2.3.1. Tipo de investigación

La investigación realizada es de aplicación tecnológica, y está dirigido a generar conocimientos técnicos al sector de educación en aspectos de telecomunicaciones.

2.3.2. Metodología de investigación

La presente investigación tiene como propósito, realizar una propuesta de un diseño de un sistema de perifoneo inalámbrico vía voz sobre IP para la institución educativa, Por ello, la investigación es tratada como una propuesta de diseño no experimental por que estudia los hechos tal y como se presentan en su contexto natural, sin alterar o influenciar ninguna de las variables.

2.4. MARCO LEGAL

Todos los equipos necesarios para la implementación del sistema se encuentran disponibles en proveedores locales, lo que garantiza que estén debidamente homologados por el ministerio de transportes y comunicaciones para su funcionamiento sin incumplir las normas legales.

Respecto a la comunicación inalámbrica, se utilizará un canal de la frecuencia libre 2.4 GHz liberada por el ministerio de transportes y comunicaciones el año 2018 mediante la Resolución Ministerial N° 095-2018-MTC/03.

2.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

2.5.1. Topología física

La topología física que se muestra en la siguiente figura describe como se conectan los dispositivos: teléfonos inteligentes, puntos de acceso, conmutadores ethernet, Raspberry Pi y los altavoces.

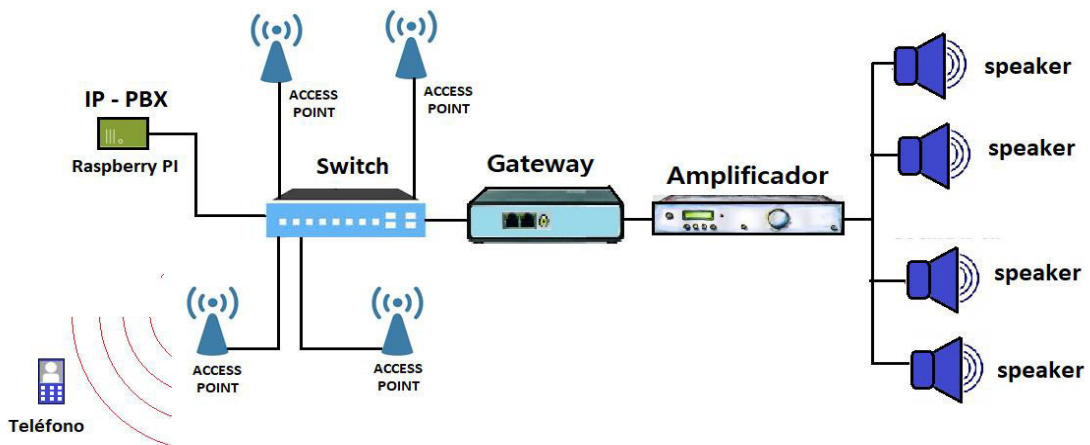


Figura 3: Topología física

En la figura se observa el teléfono inteligente se comunica con la central telefónica IP (Raspberry Pi) mediante de la infraestructura de red existente en el colegio, y a través de la central telefónica se establecerá un canal de comunicación con los altavoces que se ubican en diferentes pisos.

2.5.2. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques del proyecto consta de cinco etapas que permiten la comunicación entre el emisor y los receptores.



Figura 4: Diagrama de bloques

En la figura podemos observar que el diagrama empieza con el emisor quien envía el mensaje desde su teléfono inteligente, el canal de comunicación se compone por el espectro electromagnético y el cableado de la red de datos la etapa de procesamiento está compuesta principalmente por la central telefónica implementada en Raspberry Pi, mientras que la etapa de recepción estará conformada por la comunidad estudiantil.

2.5.3. Pila de protocolos

La organización de protocolos a nivel de capas que se utilizara para la comunicación del sistema para el proyecto sería la siguiente estructura como muestra en la figura.

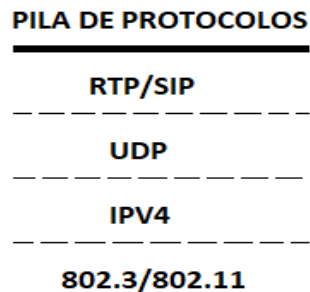


Figura 5: Pila de protocolos

En la figura se puede observar las pilas de protocolos a nivel de capa que se utilizaran en el sistema de perifoneo

CAPÍTULO III: DESARROLLO

2.1. DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Describir la situación actual del sistema de perifoneo en el centro educativo Santa Luisa de Marillac

2.1.1. Localización del proyecto

El diseño de un sistema de perifoneo inalámbrico vía voz IP se aplicará en la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac, que se ubica en Jr. San Antonio Umaru de San Gregorio en el distrito de ATE Vitarte provincia Lima como se observa en la figura 6.

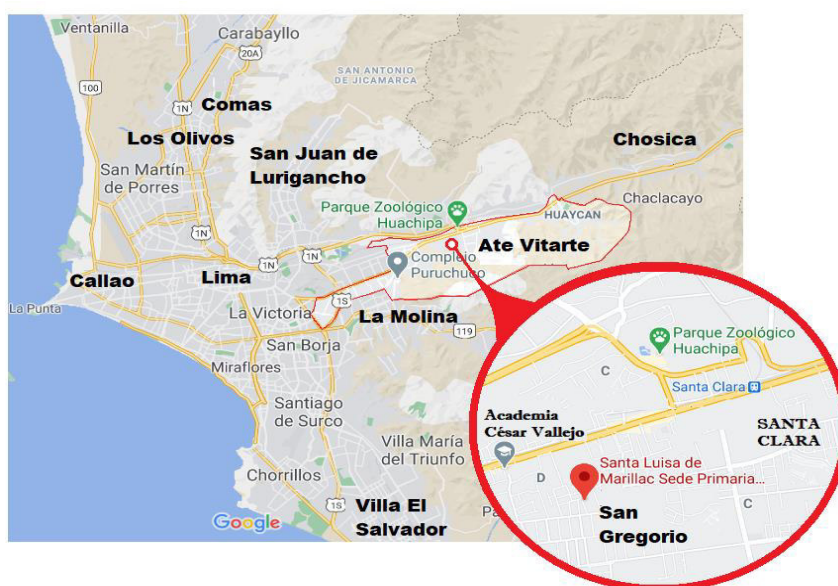


Figura 6: Localización del proyecto

En la figura se observa la localización geográfica del colegio obtenida del Google maps

La institución educativa privada Santa Luisa de Marillac, en promedio al año presenta alrededor de 360 estudiantes matriculados con alrededor de 30 alumnos por aula y con un plantel docente conformado por 28 profesores entre tiempo completo y tiempo parcial, La infraestructura de la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac del nivel primaria es de cinco pisos como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Colegio Santa Luisa de Marillac

En la figura se puede observar la infraestructura del colegio tiene 4 pisos más una azotea distribuidos tal como se aprecia en la imagen.

El colegio presenta diferentes áreas como las aulas de clase, laboratorio de cómputo, tópicos, área de psicología y laboratorio de inglés.

En el primer piso encontramos cuatro aulas y la dirección donde dentro de la dirección está dividida por secretaria, tópicos y la oficina de dirección y en el segundo piso cuatro aulas y un laboratorio de cómputo como se muestra en la imagen.

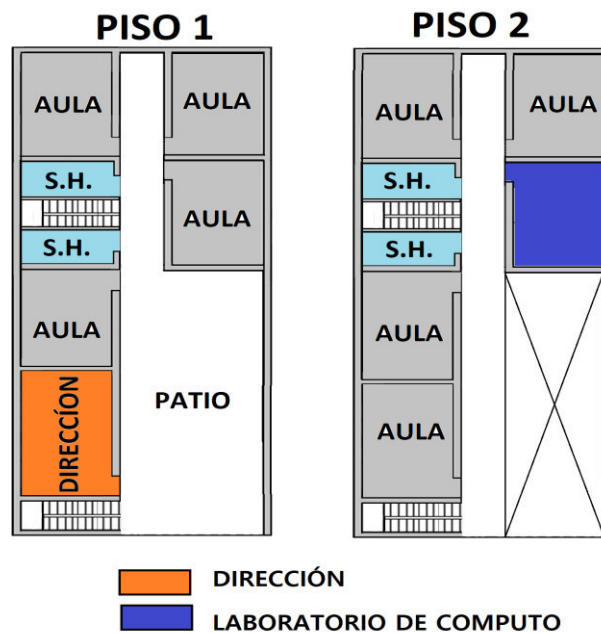


Figura 8: Distribución del primero y segundo piso

En la figura anterior se puede observar la distribución de las áreas del primer piso y del segundo piso, entre estas áreas encontramos la ubicación de la dirección, las aulas, los servicios higiénicos y el patio.

En el tercer piso se encuentra cuatro aulas y una sala de psicología. En el cuarto piso también encontramos cuatro aulas y un laboratorio de inglés como se muestra en la imagen.

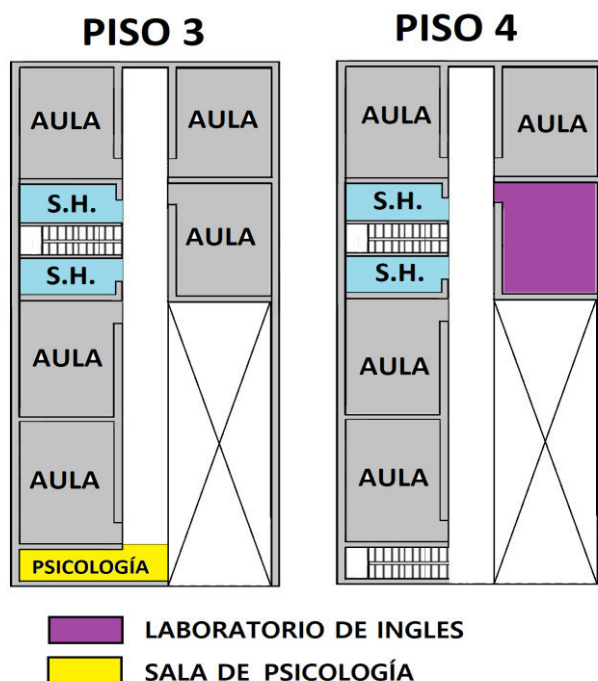


Figura 9: Distribución del segundo y tercer piso

En la figura se pueden apreciar las ubicaciones de los ambientes del aula, los servicios higiénicos, el área de psicología y laboratorio de inglés

En la siguiente tabla se detallará la cantidad de personal ya sea en planilla o a tiempo parcial como en el caso de algunos docentes que solo trabajan por horas la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac.

Tabla 1: Personajes que laboran en el colegio

Nº	Cargo	Cantidad
1	Directora	1
2	Secretaria	1
3	Auxiliar de enfermería	1
4	Personal de Limpieza	1
5	Docentes	28
7	Psicóloga	1
8	Auxiliar	1

En la tabla se puede observar diferentes tipos de labor en el colegio que empieza desde la promotora hasta el auxiliar

2.1.2. Descripción del sistema de perifoneo actual

La institución educativa privada Santa Luisa de Marillac ya contaba con un sistema de perifoneo tradicional conformado por 4 parlantes, uno parlante en cada piso y un amplificador conectado a un micrófono para el llamado de cualquier integrante o aviso desde un punto fijo, mayormente por el auxiliar, secretaria y promotora que mayormente su puesto de trabajo es en el primer piso por ello el amplificador esta ubicado en la dirección.

En la siguiente figura se aprecia la topología lógica del sistema de perifoneo actual ya mencionado

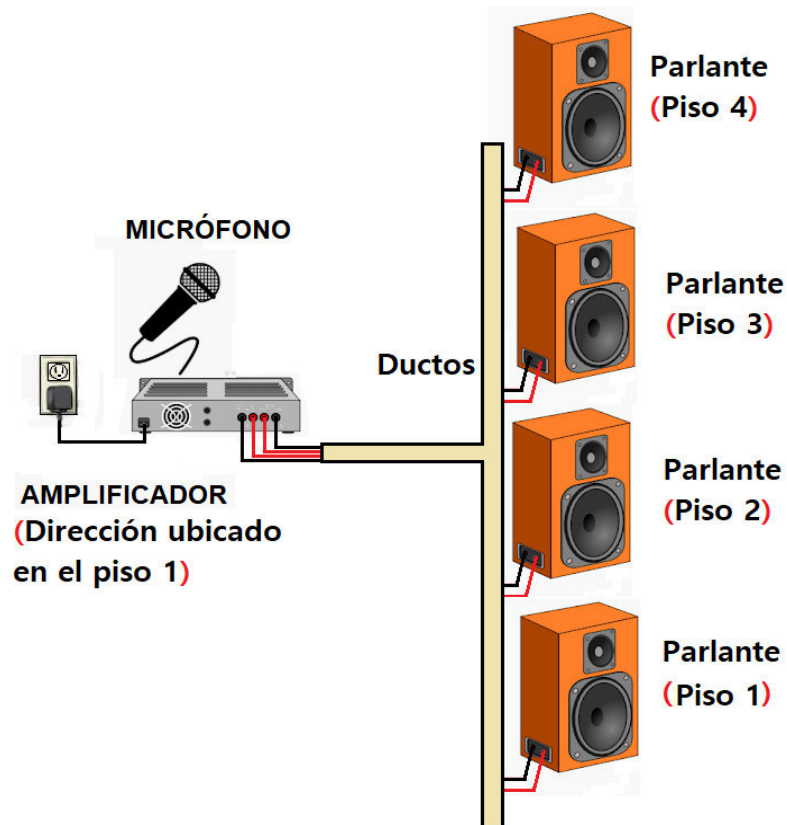


Figura 10: Topología Lógica del Sistema de Perifoneo

En la imagen anterior se aprecia que, este sistema de comunicación tiene una topología de tipo BUS, es decir en caso de que la línea que comunica el amplificador con los parlantes se corte en algún punto el resto de parlantes quedarían incomunicados.

Ubicación física del sistema de perifoneo actual en el colegio

Las ubicaciones físicas de los parlantes están ubicadas en cada piso en el punto medio del pasillo y en la dirección se encuentra el amplificador conectado a un micrófono como se muestra en la imagen.

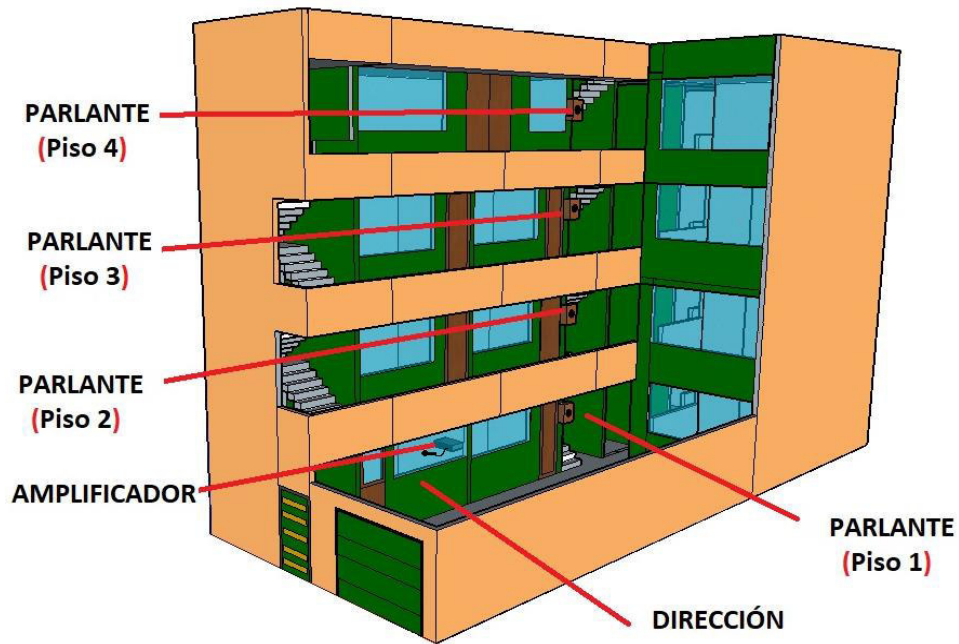


Figura 11: Ubicación física del sistema de perifoneo

En la figura se puede observar que en la dirección se encuentra ubicado el equipo de audio es decir el amplificador con el micrófono y en cada piso están ubicados los parlantes

2.1.3. Descripción del equipamiento previo

El sistema de comunicación que el colegio ya venía utilizando desde hace varios años parlantes de minicomponentes con impedancias normalizadas de 6 ohmios ubicados en cada piso,



Figura 12: Ubicación física del parlante

En la figura se observa la ubicación física de los parlantes en los pasillos de cada piso.

También se encontró un amplificador estéreo de la marca ESTRELLA de 1100W de potencia total con una impedancia de parlante de 2 a 8 Ohm y dos canales para micrófono.



Figura 13: Amplificador marca Estrella de 1100 w

En la figura se puede observar el amplificador que utiliza el colegio para el perifoneo

2.1.4. Cableado

Durante el levantamiento de información se identificó que el cableado que interconectaba los dispositivos del sistema de perifoneo estaba compuesto de un cableado implementado mediante el uso de canaletas de PVC color blanco de 30x20 mm adosadas a las paredes las cuales van desde la dirección (primer piso) a los parlantes ubicados entre el primer y cuarto piso. Los parlantes instalados actualmente no requieren cableado eléctrico para alimentación 220VAC.



Figura 14: Cableado y conectividad del parlante y amplificador

En la figura en el lado izquierdo se muestra la salida de los cables del amplificador para los parlantes ubicados en cada piso y en el lado derecho de la imagen la llegada de los cables al parlante, donde también hay una caja de alimentación en cada piso.

3.2 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Determinar las necesidades de comunicación de los usuarios respecto al sistema de perifoneo.

3.2.1. Entrevistas

Para obtener la información referente a la problemática de la comunicación del sistema de perifoneo en el colegio se realizó una entrevista exclusivamente a una sola persona que viene hacer la Promotora del colegio debido que también cumple un rol de directora y que se reúne frecuentemente con docentes y administrativos por lo que se consideró que era la persona más apropiada para transmitir los requerimientos y necesidades del colegio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la entrevista:

Tabla 2: Resultado a la entrevista a la promotora

Nº	Pregunta	Respuesta
1	¿Cómo calificaría al sistema de perifoneo que actualmente maneja su colegio?	Regular, aunque se podría mejorar
2	¿Cree que la comunicación del sistema de perifoneo es accesible para todos que están dentro del colegio?	No. Solo es uso de la dirección debido que su acceso actualmente es restringido.
3	¿Ha pensado en la posibilidad de implementar otra tecnología de sistema de perifoneo para su colegio?	Si. Me gustaría contar con un sistema más accesible que me permita extender su uso a la plana docente.
4	¿Por qué le gustaría que la plana docente tuviese acceso al sistema de perifoneo?	En ocasiones los docentes requieren comunicarse con el responsable de tópico, pero no cuentan con un anexo dentro del aula para realizar la llamada teniendo que salir un momento de sus aulas para acercarse personalmente.
5	¿Respecto al alcance actual de su sistema de perifoneo, considera que es suficiente o existen áreas del colegio donde no llega a escucharse los llamados que realiza?	No. Respecto al alcance no tengo ninguna observación, cuando uso el sistema de perifoneo se escucha en todo el colegio.
6	¿Cuáles serían la razón de no implementar otra tecnología del sistema de perifoneo?	Me preocupa que un sistema más moderno pueda resultar muy costoso.

En la siguiente tabla se observa las preguntas que se realizaron a la promotora para obtener la problemática de su sistema de perifoneo

3.2.2. Descripción de necesidades sobre el sistema de perifoneo

Luego de la entrevista realizada se llegó a las siguientes conclusiones:

- La ubicación actual de los parlantes no presenta observaciones.
- La potencia actual de los parlantes no presenta observaciones.
- El sistema de perifoneo actual no es accesible para la plana docente.

Por lo tanto, el nuevo sistema de perifoneo que satisfaga las necesidades identificadas debe contar con las siguientes características:

- Numero altavoces: 4
- Distribución Física:
 - 01 altavoces en primer piso
 - 01 altavoz en segundo piso
 - 01 altavoz en tercer piso
 - 01 altavoz en cuarto piso
- Ubicación de los altavoces: se mantiene la ubicación actual.
- Potencia de los altavoces: similar o superior a la actual
- Accesibilidad al sistema de perifoneo: mínimo desde la dirección y aulas de clase, preferible desde cualquier punto dentro del colegio (por ejemplo, los pasadizos).
- La solución presentada debe ser de bajo costo en relación con las alternativas que se encuentran actualmente disponibles.

3.3 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Determinar las tecnologías adecuadas para la implementación de un sistema de perifoneo móvil y económico que satisfaga las necesidades de los usuarios.

3.3.1. Tecnología de comunicación que se requiere

Entre las formas de comunicación tenemos la comunicación alámbrica y comunicación inalámbrica. Las comunicaciones alámbricas se basan en el uso de un medio físico que puede ser cable de cobre o de fibra óptica por donde se enviarán los mensajes o información que uno quiera desde un punto a otro. En cambio, en las comunicaciones inalámbricas la información se envía mediante ondas electromagnéticas sin la presencia de un soporte físico.

Durante las entrevistas los usuarios manifestaron la necesidad de poder comunicarse a través del sistema de perifoneo desde cualquier ubicación dentro del colegio. En concordancia con ese requisito el diseño propuesto en esta investigación plantea el uso de dispositivos inalámbricos que satisfagan las necesidades de los usuarios y permita reutilizar parte del equipamiento existente tanto a nivel de usuarios (teléfonos inteligentes) como a nivel del colegio (red de datos, parlantes y amplificador).

La comunicación inalámbrica nos permitiría establecer la conexión desde teléfono inteligente en cualquier punto del colegio a través de los parlantes ubicados en cada piso.

Teniendo en cuenta que el Colegio ya contaba con una red inalámbrica de datos con puntos de acceso utilizando el estándar 802.11n, y que esta tecnología es compatible con los teléfonos inteligentes que utilizan los docentes, se determinó que la tecnología a utilizar para el diseño del sistema de perifoneo también debe ser compatible con este estándar.

3.3.2. Elección entre el sistema de perifoneo digital y el sistema de perifoneo IP

Actualmente los sistemas de perifoneo analógico son considerados obsoletos y los sistemas de perifoneo modernos se dividen en 3 grupos:

- Sistemas de Perifoneo Digital – propietarios.
- Sistemas de Perifoneo IP Nativos
- Sistemas de Perifoneo IP Híbridos o Adaptados

Los sistemas de perifoneo digital actuales realizan el envío de la voz digitalizada, a través de cables de cobre. Por otra parte, en el sistema de perifoneo IP los mensajes pueden ser enviados a través de las redes de datos ya sea por medios alámbricos o inalámbricos, esta característica incrementa la flexibilidad y movilidad en la comunicación. Además, al utilizar un protocolo estándar como lo es el protocolo IP podemos enviar la señal de voz desde un dispositivo móvil inalámbrico (como un teléfono inteligente) independientemente del fabricante.

También se ha considerado que los sistemas digitales son diseños propietarios cuyo fabricante no comparte información sobre los protocolos y componentes necesarios para su implementación. Esta última limitación fue determinante para optar por el uso de una tecnología de comunicación basada en estándares abiertos como lo es el protocolo de internet IP. Y otros protocolos necesarios para transmitir la señal de voz dentro de los paquetes IP, entre los cuales se puede resaltar al protocolo de inicialización de sesión SIP y al protocolo de Comunicación en Tiempo Real RTP.

Por todo lo expuesto, se consideró que lo más apropiado para satisfacer las necesidades del colegio es un sistema de perifoneo IP híbrido que permita reutilizar los componentes análogos adaptados mediante el uso de Gateways VOIP.

3.3.3. Elección entre el sistema de comunicación propietario IP y el sistema de perifoneo IP basado en software libre.

La gran desventaja de los sistemas de perifoneo IP es el costo de implementación, lo que hace que estos sistemas estén fuera del alcance de muchas instituciones medianas y pequeñas. Por ello en este proyecto se plantea el diseño de una solución a medida para el colegio Santa Luisa de Marillac.

Para reducir los costos de implementación del sistema de perifoneo se planteó el uso de plataformas basadas en hardware abierto como Raspberry Pi, y el uso de software libre como Asterisk Open Source. Con este sistema de perifoneo es posible utilizar protocolos y estándares abiertos para el envío de la voz sin tener que realizar pagos de costosas licencias a proveedores o fabricantes de equipos.

Adicionalmente es importante considerar que los sistemas de comunicación IP propietarios vienen recargados de muchas funcionalidades adicionales como las que se aprecian en la siguiente imagen y que el colegio por el momento no requiere ni tiene proyectado implementar.

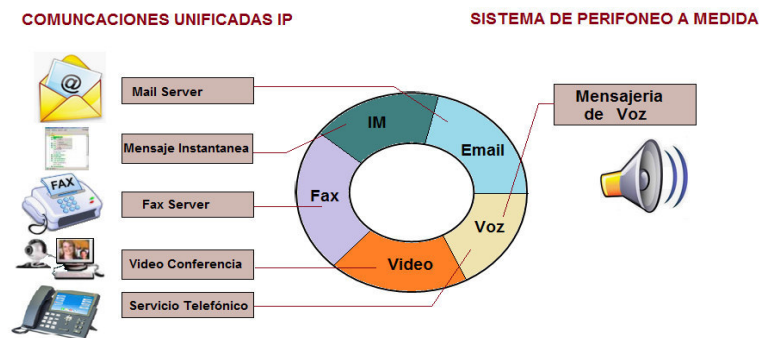


Figura 15: Sistemas de comunicación IP

En la figura podemos observar un sistema de comunicaciones unificadas IP el cual proporciona una gran cantidad de herramientas adicionales al sistema de perifoneo a medida.

Los sistemas de comunicaciones unificadas IP suelen ser mucho más costosos y esto representaría una dificultad debido a que el colegio no

tendría los recursos para cubrir la inversión necesaria, por lo tanto, lo más recomendable es atender la necesidad principal y específica de comunicación, la cual puede ser atendida con un sistema de perifoneo IP a medida basado en software libre.

Cabe mencionar también que existen sistemas de perifoneo IP a gran escala diseñados para grandes instalaciones, como hospitales o aeropuertos, y también suelen ser muy costosas, por ello en esta investigación diseñaremos un sistema de perifoneo a medida que resulte económicamente viable para el colegio Santa Luisa de Marillac.

3.3.4. Elección del Protocolo VoIP de señalización.

Protocolo es un conjunto de reglas para la comunicación, para VoIP existen varios protocolos de señalización, tales como, H323, MGCP, SCCP, SIP y IAX2. Sin embargo, podemos descartar los protocolos MGCP, SCCP e IAX2 ya que son menos extendidos que SIP y H323, además el protocolo MGCP de tipo cliente servidor es obsoleto y el protocolo SCCP también basado en un modelo cliente servidor es propietario de Cisco y en el caso del protocolo IAX2 no se encuentran disponible con frecuencia en el equipamiento de diversos fabricantes. Sin embargo, los otros protocolos SIP y H323 son mucho más utilizados en la implementación de diversas soluciones de comunicación.

Para poder escoger el protocolo más conveniente veamos la proyección que presentan estudiados en cuanto a su adaptabilidad al futuro tomado de Gutiérrez, R. (2014). En la tabla.

Tabla 3: Características de los protocolos SIP y H323

CARACTERISTICAS	H.323	SIP
Protocolo sometido a reformas	Si	Si
Soporta IPv6	No	Si
Protocolo empleado en NGN	No	Si
Aceptación por los fabricantes	Si	Si
Aceptación por desarrolladores de aplicaciones de código abierto	No	Si
Permite nuevas incorporaciones para soportar servicios y aplicaciones adicionales	No	Si
Compatibilidad con otros protocolos	No	Si
Soporta servicios móviles	No	Si

En la siguiente tabla se puede observar que el protocolo SIP es el que presenta mayor escalabilidad y proyección a futuro, por lo tanto, en esta investigación se seleccionó SIP como el protocolo VoIP de señalización.

3.3.5. Elección Códec de voz más adecuado para la implementación

La calidad de la voz, el ancho de banda necesario y la carga de procesamiento dependerá el tipo de códec seleccionado. Entre los códecs evaluados se encuentran: G.711, G.729a, G.726 y GSM, sin embargo, podemos descartar el G.729a debido que es un códec de pago y recomendado principalmente para redes WAN. Por otra parte, el códec GSM tiene una calidad de audio es inferior al G.729a y también se recomienda para uso en redes WAN con ancho de banda limitado. Respecto al códec G.726 en la actualidad presenta problemas de patente. Es así como finalmente se decidió utilizar el códec G.711u ya que ofrece una buena calidad de sonido a pesar de que el consumo de ancho de banda es mayor que el de los otros códecs (aproximadamente 82 Kbps por canal de voz incluidos los encabezados de red), no requiere adquirir licencias ni realizar pagos para su utilización, es ideal en redes de área local (LAN) y es el más económico en cuanto a recursos de procesamiento se refiere.

3.3.6. Software de la central IP PBX

En las últimas 2 décadas han aparecido varias plataformas open source para la implementación de una central IP PBX, sin embargo, la mayoría ha ido perdiendo el soporte de la comunidad que lo desarrolla. Con el objetivo de diseñar un sistema estable y sostenible en el tiempo se consideró que el grado de madurez de la plataforma seleccionada sería un factor decisivo.

El software que se podría adaptar de mejor forma para los fines de este proyecto es Asterisk Open Source lanzado en su primera versión en el año 2002, esta plataforma se ha mantenido desde entonces liderando su sector por lo que se considera la alternativa más conveniente pues permite la implementación en diferentes protocolos de señalización, incluido el protocolo SIP. Asimismo, los comandos de software y su entorno de trabajo son intuitivos. Asterisk no está restringido a una licencia como otros sistemas IP PBX, por lo cual no incurre en costos adicionales relacionados a su uso.

3.3.7. Elección del Hardware para la implementación de Asterisk

Para el servidor donde se instalará Asterisk Open Source se requiere de un computador compatible con Linux, existen diferentes tipos de marcas y precios, los equipos más económicos bordean los 1500 Soles en promedio ya sea una computadora personal o laptop.

En este proyecto se requiere que la central telefónica cumpla con una función específica para una cantidad de 30 usuarios que no utilizan el sistema de perifoneo de forma simultánea. De hecho, el sistema de perifoneo al ser un sistema de comunicación de tipo broadcast solo permitirá su utilización por uno de los usuarios a la vez, lo que quiere decir que solo debe soportar una llamada concurrente.

La compra de un computador de escritorio o servidor dedicado resultaría poco conveniente por varios motivos, entre los que se puede resaltar el costo, el espacio, el consumo de energía, además de desaprovechar gran cantidad de recursos que ofrece dichos equipos.

En conclusión, para la implementación del sistema de perifoneo se requiere un hardware que ofrezca las características principales de un ordenador, de tamaño reducido, bajo costo y velocidad de procesamiento suficiente para el desarrollo de este proyecto. Por los motivos expuestos se ha considerado utilizar una tarjeta Raspberry Pi que por su bajo costo, dimensiones y características resulta adecuada para este requerimiento.



Figura 16: Raspberry Pi

En la figura se puede observar la Raspberry Pi con sus distintos puertos de salida

Otro motivo que se escogió la Raspberry Pi es por la conectividad de los puertos de salidas a algunos periféricos como una pantalla como por ejemplo podemos conectar a un modem o switch, ratón, teclado y una salida para su fuente de alimentación, prácticamente una pequeña computadora

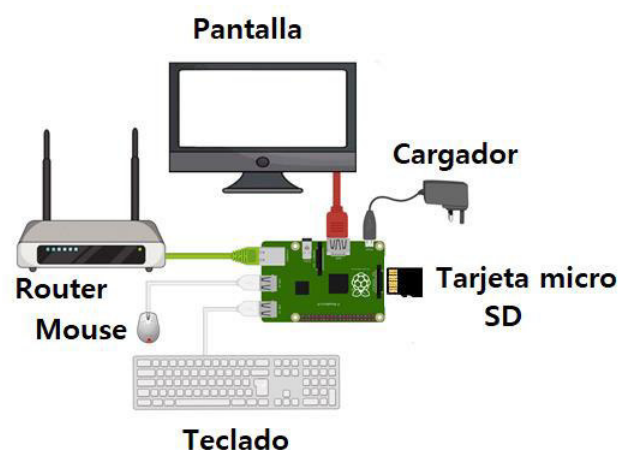


Figura 17: Periféricos de la Raspberry

En la figura se puede observar los periféricos de la Raspberry Pi que hace parecer a una PC completa

En la Determinación del tipo de modelo de Raspberry Pi presenta varias versiones donde las primeras no contaban con conectividad inalámbrica hasta la llegada del Raspberry Pi 3 en 2016 lo cual fue mejorada en el 2018 por la Raspberry Pi 3 Model B+ teniendo una gran diferencia de potencia y velocidad de carga y descarga de la versión anterior como se muestra en la figura

Descarga/Subida (Mbps)

	LAN	Wi-Fi 2.4 Ghz	Wi-Fi 5 Ghz
Raspberry Pi 3	92/94	30/32	-
Raspberry Pi 3 Modelo B+	300/300	44/40	100/103

Figura 18: Velocidad de descarga

Fuente: <https://computerhoy.com/listas/tecnologia/debes-saber-raspberry-pi-4-antes-lanzarte-comprar-446889>

En la imagen se observa la diferencia de velocidades en los dos Raspberry Pi conectados en una LAN y por Wifi-Fi, el modelo Pi 3 a la banda de 2,4 GHz y el PI 3 Modelo B+ a la banda de 2,4 GHz y a la red 5GHz

En el año 2019 salió al mercado la última versión Raspberry Pi 4, que incluye mejoras en el procesador, la conectividad y la cantidad de salidas, pero tiene algunos problemas como el exceso de temperatura de CPU y problemas de diseño en el puerto de carga USB-C, en la siguiente imagen vemos la comparación de la generación calor entre los dos modelos

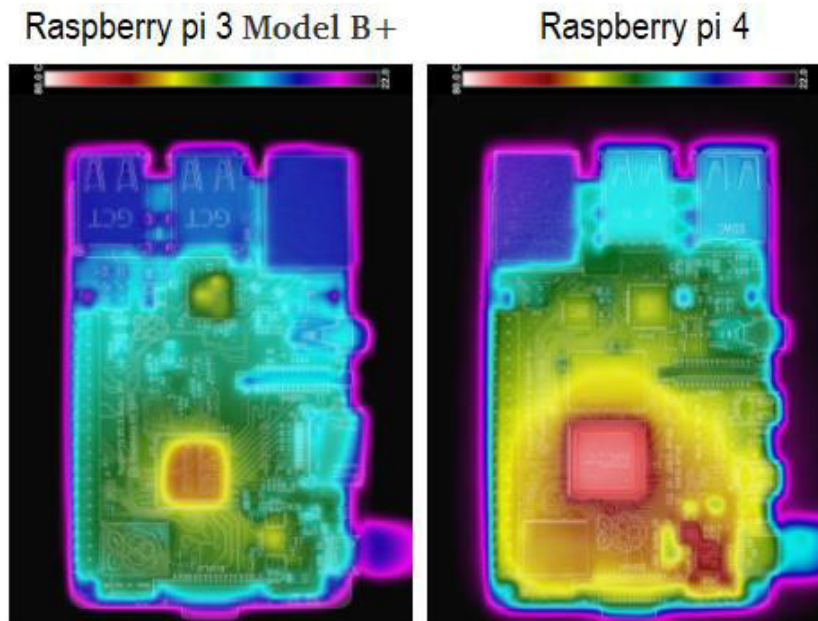


Figura 19: Temperaturas máximas en una Raspberry Pi

Fuente: <https://computerhoy.com/listas/tecnologia/debes-saber-raspberry-pi-4-antes-lanzarte-comprar-446889>

En la figura el pico de temperatura de los dos modelos tras 10 minutos de funcionamiento la Raspberry pi Modelo b+ llega un aproximado de 62° y de la Raspberry PI 4 llegando a los 74°

Considerando el costo adicional para solucionar las dificultades que presenta la Raspberry Pi 4, para este proyecto se escogió la Raspberry Pi 3 Model B+ a pesar de ser una versión menos ya que para los requerimientos necesarios del proyecto tanto en el procesador, la memoria y la cantidad de funcionalidad son mínimas requeridas además teniendo como referente proyectos ya existentes como por ejemplo en la investigación realizada en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por el bachiller Llontop Diaz Gianmarco Cesar en 2015 cuyo título es “Propuesta de diseño para implementación de un servidor VOIP con Asterisk y Raspberry pi en una oficina de Villa el Salvador ” por ello se asume la viabilidad del sistema de perifoneo con la Raspberry pi y Asterisk en el proyecto.

3.4 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4

Determinar las características técnicas del equipamiento necesario para la implementación del sistema de comunicación.

3.4.1. Especificación de la Raspberry Pi 3 Model B+

Ahora, veamos las especificaciones técnicas del Raspberry Pi 3 Model B+ son:

- CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1,4GHz
- RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
- Wi-Fi + Bluetooth: 2,4GHz y 5GHz IEEE 802.11. b/g/n/ac. Bluetooth 4.2, BLE
- Ethernet: Gigabit Ethernet
- GPIO de 40 pines
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto CSI para conectar una cámara.
- Puerto DSI para conectar una pantalla táctil
- Salida de audio estero y video compuesto
- Micro - SD
- Power – over- Ethernet

En la siguiente imagen veamos algunas componentes básicas de la Raspberry Pi 3 Model B+ y sus puertos de salida para conectar diferentes tipos de periféricos como teclado, cámara, ratón, pantalla y otros.

Raspberry Pi 3 Model B+

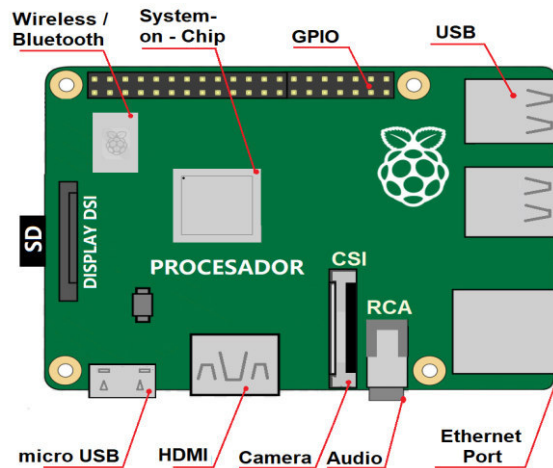


Figura 20: Raspberry Pi 3 Model B+

En la figura se observa la Raspberry Pi 3 Model B+ con sus puertos y estructura

3.4.2. Determinación de especificaciones técnicas para la implementación de la central IP-PBX

Determinación de las especificaciones técnicas de la interfaz de comunicaciones de la central IP-PBX

La Central IP PBX deberá conectarse a la infraestructura de red preexistente.

El colegio Santa Luisa de Marillac cuenta con una red de datos de tipo 100BaseTX, lo que quiere decir que es compatible con interfaces de comunicaciones ethernet que puedan transmitir datos a una velocidad de 100 Mbps.

Respecto al ancho de banda necesario para la implementación del canal de voz, se realizaron los siguientes cálculos:

- La señal que se va a transmitir a través de la red es una señal de voz. Una señal voz es una señal analógica que normalmente oscila entre los 300 Hz y los 3300 Hz. Para poder enviar esta señal a través de un

medio digital es necesario convertir la señal analógica en una señal discreta.

- En la sección anterior se planteó el uso del códec G711.a el cual permite convertir la señal de voz en una señal discreta aplicando la técnica de modulación PCM, la cual consta de 3 etapas principales tal como se aprecia a continuación:

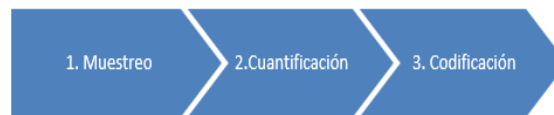


Figura 21: Etapas de modulación

En la figura se observa las tres etapas de modulación que empieza con el muestreo seguido de la cuantificación y terminando en la codificación

- Para la etapa de muestreo se redondea el ancho de banda de la voz a 4 000 Hz, y aplicando el teorema de Nyquist que indica que la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual al doble de la frecuencia máxima de la señal. Entonces se puede deducir que para muestrear la señal de voz será necesario tomar 8000 muestras por segundo.
- Para la conversión de la señal de voz basta el uso de 8 bits por muestra lo que nos da un total de 256 niveles posibles de cuantificación.
- Por lo tanto, es posible deducir que el canal de voz digitalizada requiere de 8000 (muestras / segundo) multiplicado por 8 (bits/muestra):

$$8000 \frac{\text{muestras}}{\text{segundo}} * 8 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} = 64000 \frac{\text{bits}}{\text{segundo}} = 64\text{Kbps}$$

Ahora, para transmitir la señal de voz por una red IP hay que tener en cuenta los encabezados de la pila de protocolos TCP/IP de las cuales son: RTP/UDP/IP/ETH, cuya cantidad de bytes de los encabezados son:

- Real Time Protocol: 12 bytes.
- User Datagram Protocol: 8 bytes.
- Internet Protocol: 20 bytes.
- Ethernet: 18 bytes

El tamaño total del paquete en bytes sería igual a la suma de todos los encabezados más los bytes que representan la voz que se desea enviar.

La suma de bytes de los encabezados da 58 bytes.

Para calcular la cantidad de bytes (de voz) que contiene un mensaje hay que establecer cuál será el periodo de paquetización.

Los teléfonos IP y/o softphone actuales permiten configurar el periodo de paquetización entre 20 y 40 milisegundos, pero para esta investigación se asumirá el valor predeterminado que suele ser de 20 milisegundos de paquetización.

Entonces, si asumimos un periodo de paquetización de voz igual a 20 milisegundos, y si consideramos el cálculo anterior de requerimiento de ancho de banda para un canal de voz con el códec G711a igual a 64Kbps. Será posible determinar el tamaño del mensaje de voz en bytes aplicando una regla de 3 simple:

1000 ms ----- 64Kbits

20 ms ----- X bits

$$X = \frac{64\,000 * 20}{1000} = 1280 \text{ bits}$$

Si convertimos los bits en bytes tenemos (1280/8): 160 Bytes

Finalmente, para determinar el consumo de ancho de banda de un canal de voz enviado a través de una red IP, debemos considerar lo siguiente:

$$BW = \left(\frac{\text{Tamaño Total del paquete} * 8}{1000} \right) * N^{\circ} \text{ de paquetes por segundo}$$

El número de paquetes por segundo se puede determinar también a partir del periodo de paquetización, si estamos considerando que cada paquete contiene 20 milisegundos de voz, entonces se debe transmitir 50 paquetes por segundo (pps)

Reemplazando todos estos valores en la formula podremos determinar el ancho de banda requerido por el canal de voz.

$$BW = \left(\frac{218 \text{ Bytes} * 8}{1000} \right) * 50 = 87.2 \text{ Kbps}$$

Por lo tanto, al momento de seleccionar una interfaz de red para la central IP-PBX bastará cualquier interfaz compatible con la tecnología Ethernet ya que todas las interfaces Ethernet tienen un ancho de banda bastante superior a lo requerido para la transmisión de la voz.

Determinación de las especificaciones técnicas del CPU y memoria de la central IP-PBX

Según la empresa (StarTrinity-Software-Company , 2016) donde se realizó una evaluación de estrés y performance de varios servidores SIP. Se indica que en un servidor cuyo procesador tiene una frecuencia de trabajo de 1.6 GHz no se aprecia incremento en el consumo de CPU hasta la 2 llamada concurrente tal como se aprecia en la siguiente imagen:

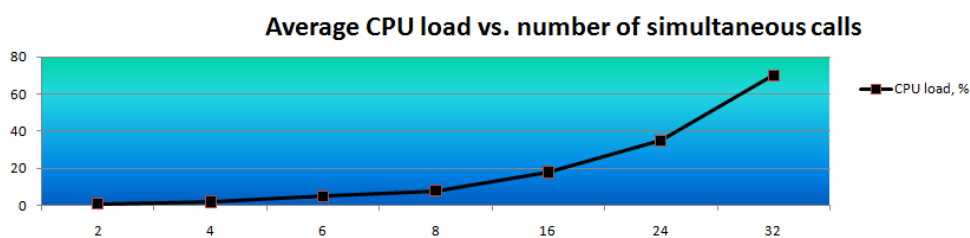


Figura 22: Grafica promedio CPU vs. número de llamadas simultaneas

Fuente: <http://startrinity.com/VoIP/TestingSipPbxSoftswitchServer.aspx>

Como se aprecia en la imagen, este consumo se va incrementando de forma exponencial a medida que se incrementa el número de llamadas concurrentes.

Debido a que el sistema de perifoneo a implementarse no requiere más de una llamada concurrente, se puede determinar que el requerimiento de procesador por parte de la llamada telefónica se puede considerar despreciable.

Por otra parte, para evitar problemas con el performance del hardware se utiliza el procesador Quad Core Cortex A-53, que viene incorporado en el modelo de tarjeta Raspberry seleccionada.

3.4.3. Especificaciones técnicas del Gateway de audio IP - SIP.

El Gateway de audio IP multifuncional denominada también puerta de enlace es un dispositivo que actúa como interfaz de conexión entre dos dispositivos y así convertir transmisiones de voz de un sistema megafonía SIP o sistema IP-PBX a sonidos analógicos.

En el caso de nuestro proyecto se escogió el Gateway para voiceo modelo X10 de la marca ZYCOO cuyo dispositivo adopta el protocolo estándar IP/RTP/RTSP y es perfectamente compatible con las plataformas SIP IP –PBX /IMS actuales, como Asterisk, Broadsoft, 3CX, Elastix, la elección de esta marca fue porque en la mayoría todos los Gateway tienen incorporado un amplificador de potencia Max de 30W pero el PA2F nos permite la opción de aumentar la potencia colocando un amplificador externo como lo presenta el colegio.



Figura 23: Gateway X10

Fuente: Google

En la figura se puede observar el Gateway de audio del modelo X10 que se requiere en el proyecto

Características del Gateway para voz

También puede conectarse con sensores, alarma de luz, sonido, accesos y otros periféricos para el control automatizado y aplicaciones de seguridad. Son utilizados para aplicaciones de ciudad inteligentes y seguras, para aumentar la eficiencia de la comunicación y el intercambio de información. Salida de audio: 2 * 10W, 8Ω SPK (4 pines) + conector de audio de 3.5 mm. Entrada de audio: conector de audio de 3.5 mm. Botón de llamada: admite 2 botones de interruptor con indicadores LED
Protocolos: SIP (RFC3261), HTTP, TCP / IP y otros. Códecs de audio: G.711 (a, u), G.722, G.729. Fuente de alimentación: PoE (IEEE802.3at) o DC 12V-3A. Interruptor de relé: voltaje máximo AC 125V-1A / DC 60V-1A.
Red: ETH0 + ETH1 10 / 100Mbps. Temperatura de trabajo: -20 ° C ~ + 50 ° C

3.4.3. Determinación de especificaciones técnicas para habilitar el cliente en los teléfonos inteligentes de los usuarios.

Para los teléfonos inteligentes se encuentran disponibles una amplia gama de softphone gratuitos, entre los que podemos listar Zoiper, CSIPsimple, Xlite, que simulan el funcionamiento de un teléfono IP.

Para este proyecto el softphone debe ser fácil de gestionar, configurar y ser compatible con los protocolos SIP, RTP, con el códec G711, y el sistema operativo Android que es el que se encuentra disponible en los teléfonos inteligentes actuales del personal docente y administrativos del colegio. En ese sentido se optó por Zoiper, el cual además de cumplir con las especificaciones mencionadas cuenta con una versión libre.

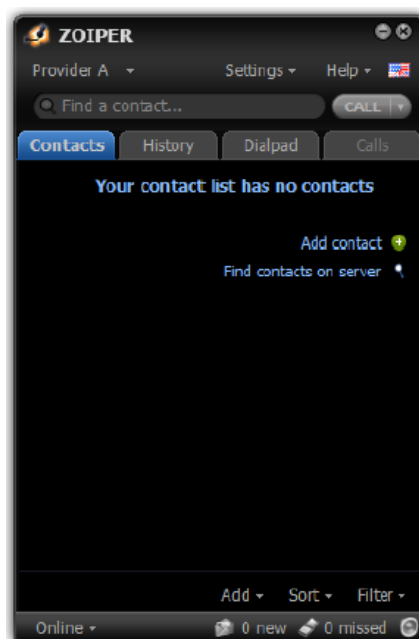


Figura 24: Zoiper

Fuente: Google

En la figura se observa el softphone gratuito Zoiper con algunas opciones que se muestra como los contactos, historial, plan de llamada y llamadas

3.4.4. Determinación de especificaciones técnicas para los dispositivos intermediarios

En la sala de cómputo solo el profesor tiene acceso al internet debido a que el colegio es del nivel primario y en la curricular no está contemplado el uso de internet además por seguridad de los estudiantes que podrías hacer mal uso de la conexión a internet. En otras oficinas como la dirección, laboratorio de inglés y área de psicología también se cuenta con dispositivos conectados a la red que envían y reciben datos a través de internet. Debido al poco uso que se le a la infraestructura de red existente se decidió reutilizar los mismos dispositivos de red (switches y Access point) para la comunicación entre el smartphone, la central (raspberry pi) y los parlantes.

El colegio cuenta con una conexión a internet provista por MOVISTAR con un BW de 50 Mbps que provee internet cableada a 4 equipos (Dirección, sala de cómputo, área de psicología y sala de ingles) repartiendo del modem que se encuentra en el primer piso conectado junto con el switch que desde ahí se distribuye a los demás switch con sus respectivos access point en cada piso por ello se puede afirmar que la red no se encuentra saturada.

Con el ancho de banda disponible en la red LAN que tiene el colegio es suficiente, por lo tanto, no será necesario la compra de equipos adicionales si no incorpóralo al sistema perifoneo IP quedando así una sola red completa del colegio como se muestra en la imagen

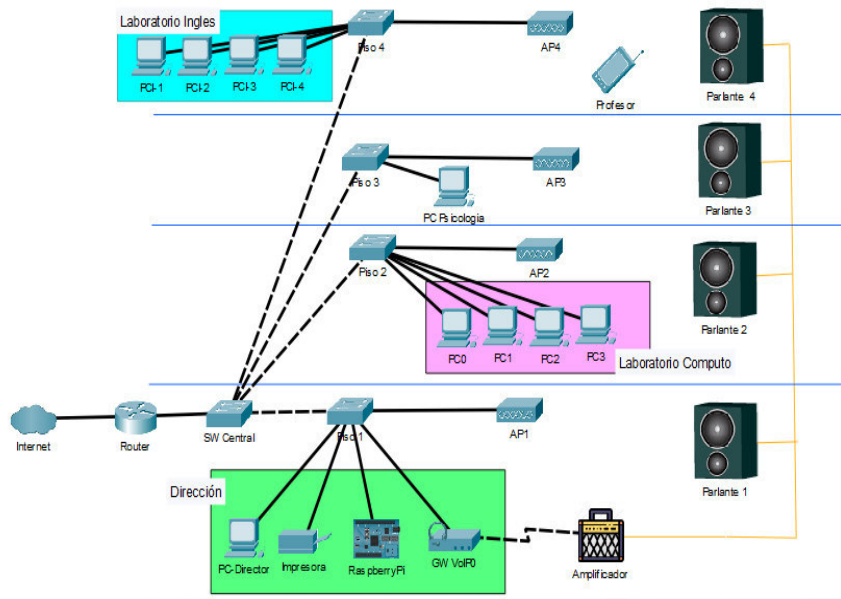


Figura 25: Topología completa de la red del colegio

En la figura se muestra la topología completa de la red del colegio agregado el sistema de perifoneo, señalando la ubicación de los dispositivos de red y del sistema de perifoneo

3.4.5. Conectividad final solo del sistema de perifoneo

Tomando en cuenta solamente el sistema de perifoneo utilizando algunos equipos de la red total del colegio sin afectar su funcionamiento serian los switch POE, los acces point POE y equipos reutilizables como el amplificador y los parlantes como muestra en la imagen.

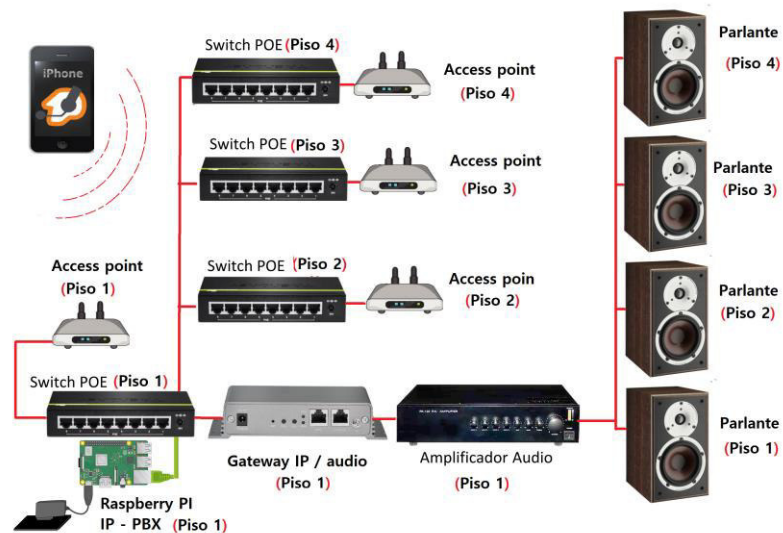


Figura 26: conectividad del sistema de perifoneo

En la figura se observa la conectividad completa solo del sistema de perifoneo, así como las ubicaciones de los dispositivos en los pisos correspondientes del colegio.

3.5 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5

Implementar un prototipo del sistema de perifoneo móvil.

3.5.1. Instalación del sistema operativo en la Raspberry Pi 3 Model B+

El sistema operativo para el proyecto es Raspberry Pi OS anteriormente llamado Raspbian que es el sistema operativo oficial e recomendado para raspberry Pi. Este sistema operativo está optimizado para el hardware y está basado en una distribución de GNU/Linux llamada Debian.

Para instalar Raspberry Pi OS desde una PC o Laptop entramos a la página oficial que es <http://www.raspberrypi.org> de la fundación de la Raspberry Pi. Una vez que nos encontramos en la página, debemos ir a la sección de descarga Download y seleccionar la opción Raspberry Pi "imager for Windows". Posteriormente se descargará el instalador como muestra la imagen

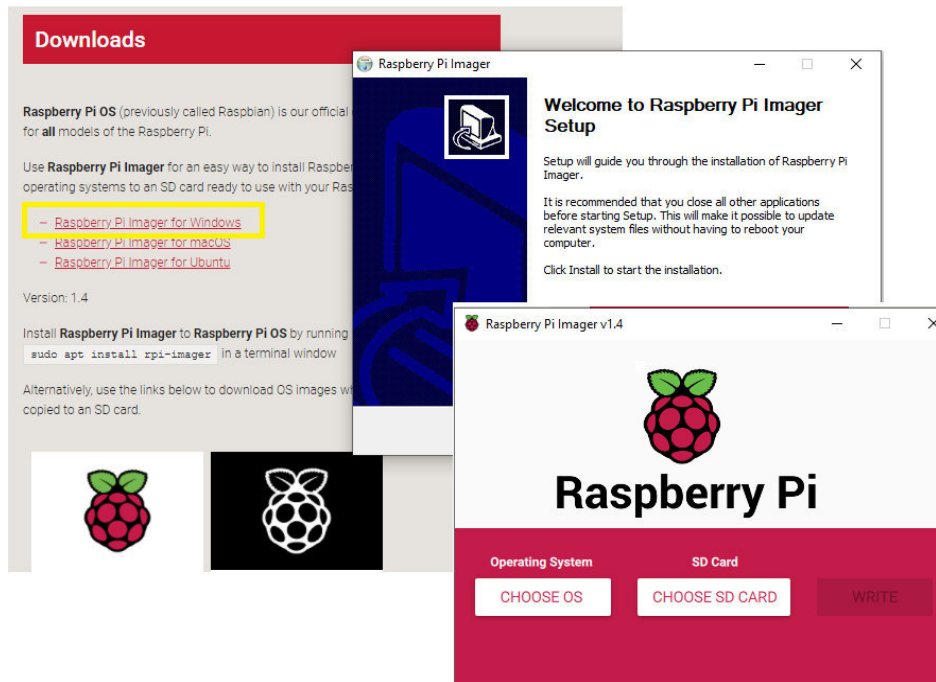


Figura 27: Pasos del sistema de instalación del sistema operativo

En la figura se observan los pasos a seguir para la instalación del sistema operativo en la micro memoria SD

Colocando la micro memoria SD en la laptop y ya instalado la Raspberry Pi Imager realizaremos el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar el tipo de Sistema Operativo
2. Seleccionar la tarjeta micro SD
3. Seleccionar la opción Choose OS
4. Seleccionar “Raspberry Pi OS Lite” entre las opciones, como se muestra en la siguiente figura

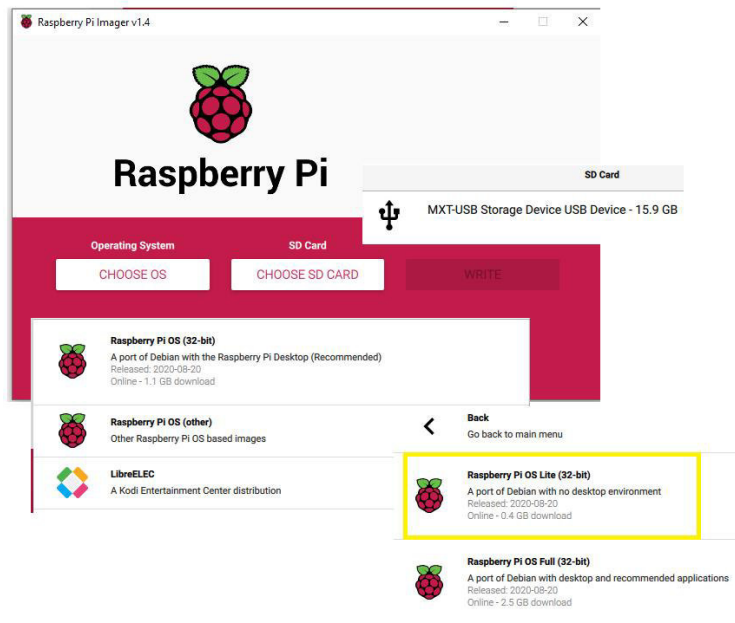


Figura 28: Pasos del sistema de instalación

En la figura se observan los pasos a seguir para la instalación del sistema operativo en la micro memoria SD

5. Para habilitar el protocolo SSH para que nos permita el acceso remoto de la Raspberry Pi, desde la laptop se abrió SD y creo un nuevo archivo con el nombre SSH sin extensión como muestra en la imagen.

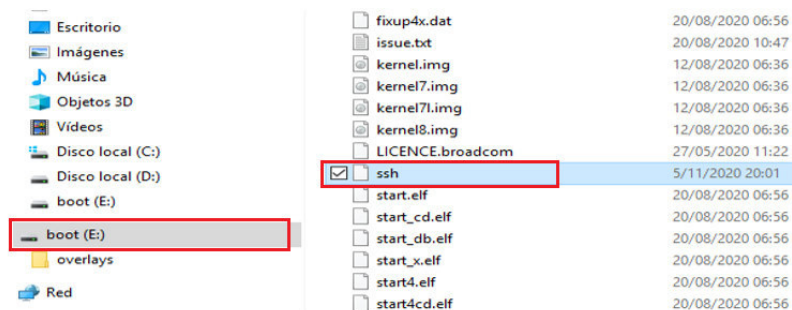


Figura 29: Habilitación de SSH

En la figura se observan una captura de pantalla de la habilitación de SSH en la micro memoria SD para el acceso a la Raspberry Pi de manera remota

6. Finalmente se retira la tarjeta micro SD de la PC y se vuelve a insertar en la tarjeta Raspberry Pi

Acceso y control de la Raspberry Pi desde una laptop

Luego de insertar la micro SD en la Raspberry Pi, conectamos nuestra tarjeta Raspberry Pi a la red mediante un cable de red ethernet y a continuación se conecta la fuente de energía eléctrica de raspberry para encenderlo tal como se aprecia en la siguiente imagen.

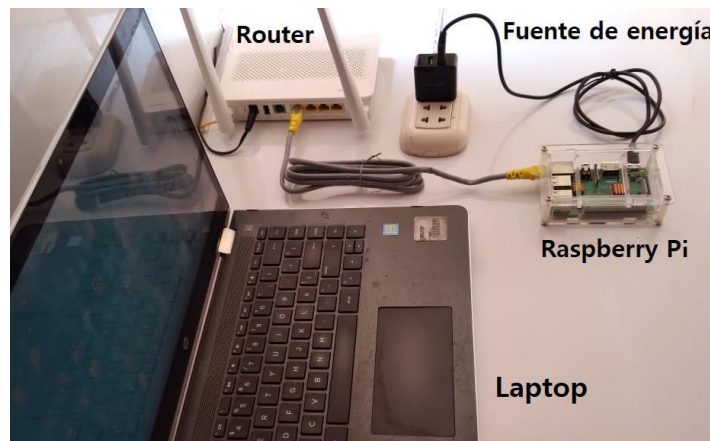


Figura 30: Conectividad para el acceso a la Raspberry Pi

En la figura se puede observar la conectividad de la Raspberry Pi a la fuente de alimentación, router y la conectividad inalámbrica de la laptop para el acceso remoto de la Raspberry Pi

Una vez ya prendido la Raspberry PI el router asignara una dirección IP a la tarjeta Raspberry vía el protocolo DHCP. Para identificar cual fue la dirección asignada por el router se instaló Advanced IP Scanner en la Laptop, este software que nos mostrara todos los dispositivos conectados a la red y así obtendremos la dirección para acceder a la tarjeta Raspberry Pi vía SSH.

Para obtener el software Advanced IP Scanner es necesario ingresar a la página principal que nos permita la descarga de manera gratuita como se muestra los pasos en la siguiente imagen

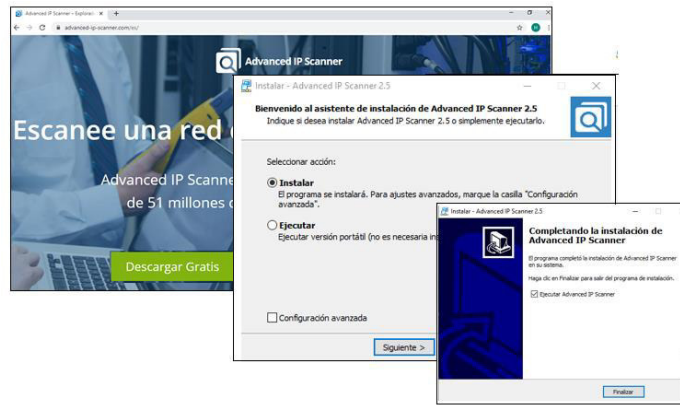


Figura 31: Pasos para la instalación del Advance IP Scanner

En la figura observamos los tres pasos principales para la instalación del Advance IP Scanner en la laptop

Una vez ya instalado en la laptop abrimos y realizamos clic en explorar para poder encontrar el IP de la Raspberry Pi ya que está conectado a la red. Luego el programa hará el rastreo de los dispositivos y ahí encontraremos el dispositivo de la raspberry Pi con su dirección IP como muestra en la imagen.

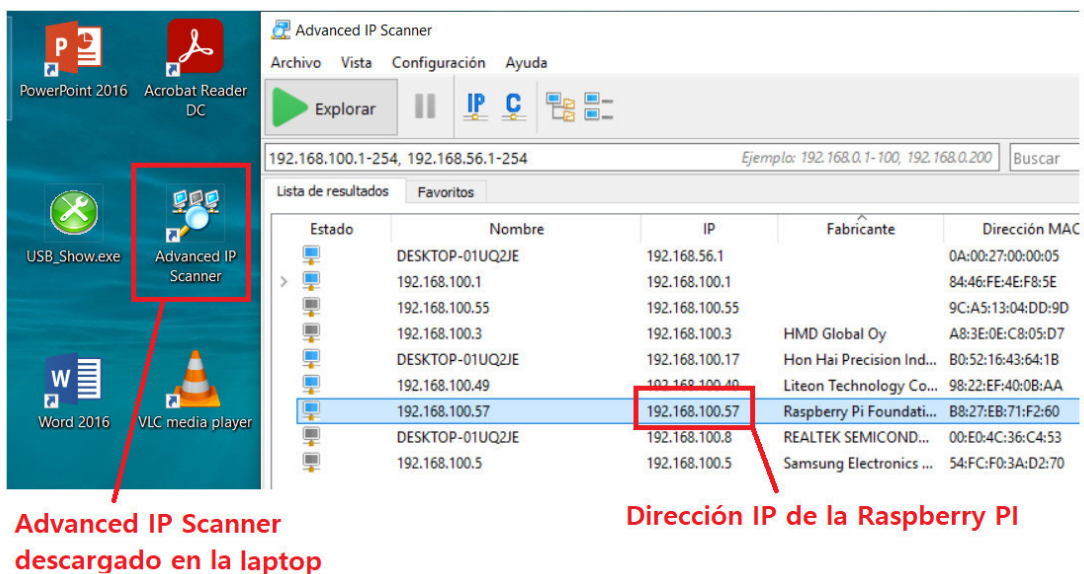


Figura 32: Obtención de IP de la Raspberry Pi

En la imagen se puede observar la descarga del Advanced IP Scanner en la laptop y los dispositivos conectados a la red local encontrados en el Advanced IP Scanner cuando colocamos la opción explorar, mostrándose el estado, el nombre IP, Fabricante y la

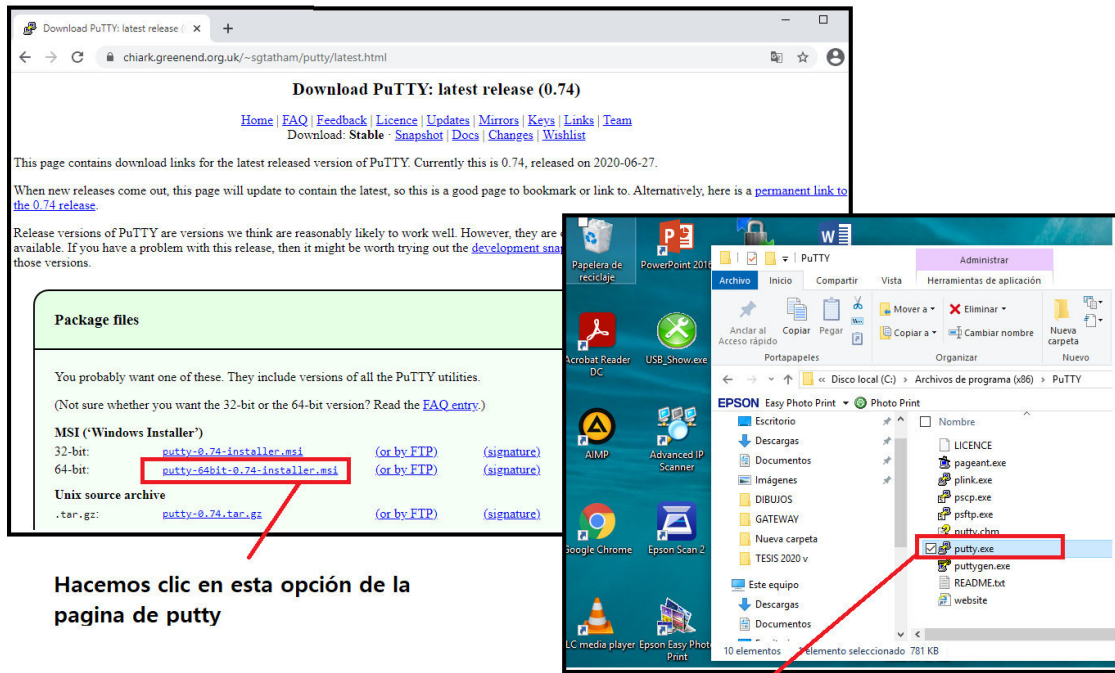
dirección MAC. De los dispositivos encontrados se resalta la dirección IP de la raspberry Pi cuyo estado está activado

Una vez obtenido la dirección IP de la Raspberry Pi abrimos el terminal de comandos "CMD" de la laptop para realizar una prueba de conectividad mediante el uso del protocolo ICMP a través del comando PING.

Posteriormente se prosigue con la conexión remota vía SSH utilizando el usuario por defecto que es "pi" y la contraseña por defecto raspberry.

Para establecer la conexión con el protocolo SSH fue necesario descargar un terminal compatible con dicho protocolo.

La aplicación seleccionada como terminal para la conexión SSH fue Putty. Putty es un software compatible con Windows que emula un terminal remoto mediante diferentes protocolos incluido SSH que es el que necesitamos en este caso. Para descargar Putty hay que ingresar a la página del desarrollador ubicada en: <https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html>. Una vez en la página del desarrollador buscamos la opción para Windows de 64 bits, descargamos el programa y lo abrimos como se muestra en la siguiente imagen.



Hacemos clic en esta opción de la pagina de putty

Abrimos esta carpeta ya instalada en la laptop

Figura 33: Instalación del Putty

En la figura se puede observar los pasos remarcados de cuadro rojo para la instalación del Putty

Una vez instalado el Putty en la laptop abrimos y nos aparecerá un cuadro de configuraciones donde colocaremos IP de la Raspberry Pi en el número de puerto que lo dejamos a 22, el tipo de conexión SSH y en la sesión guardada escribimos Raspberry hacemos clic en guardar y por último hacemos clic en el botón open. Luego se abrirá una consola donde se colocará el usuario de lo cual es pi y la contraseña: raspberry, para finalmente ya estar en la Raspberry Pi como muestra en la imagen

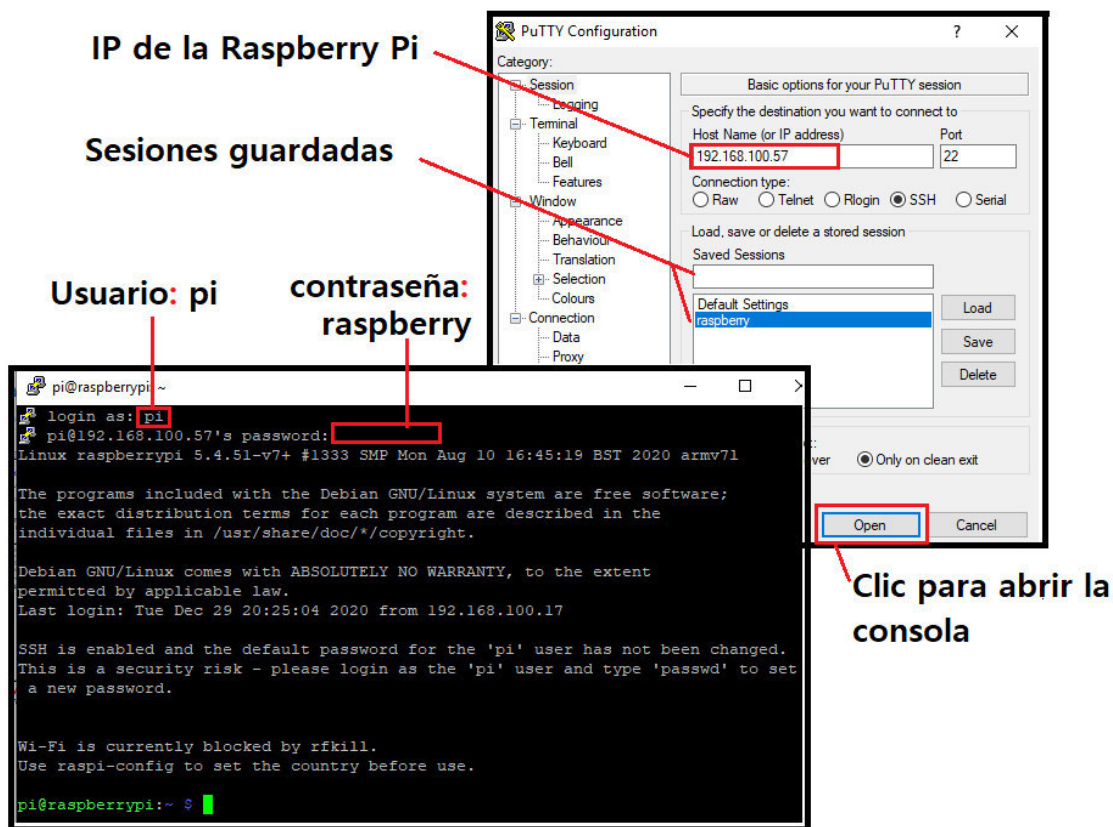


Figura 34: Acceso a la Raspberry Pi

En la figura se puede observar el acceso al Putty con las indicaciones señaladas de rojo y también el acceso a la consola de la Raspberry Pi señalando la colocación del usuario y la contraseña

3.5.2. Instalación del Asterisk en la raspberry PI

En la instalación de Asterisk vamos a disponer de algunos accesos con privilegio denominado sudo, para descargar el paquete de Asterisk vamos a usar los siguientes comandos:

- sudo wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/asterisk-16-current.tar.gz
- sudo tar xvfz asterisk-16-current.tar.gz
- cd asterisk-16.14.1/
- sudo apt-get install libedit-dev uuid uuid-dev libxml2-dev sqlite3 sqlite-dev libsqlite3-dev
- sudo ./configure --with-jansson-bundled

Al finalizar con éxito podemos notar que todas las dependencias se encuentran bien instaladas mediante un símbolo del Asterisk como se muestra en la figura.

```
configure: Menuselect build configuration successfully completed

      .$$$$$$$$$$$$$$$$$.
    .7$7..                .7$7:
  .$$:.                    ,7.7
    .7.      7$$$$       .$$$7
  ..$$      $$$$        .$$$7
 .7$ .2.   $$$$ .2.   7$$$
 $.$.   .$$$7. $$$7 .7$$$ .$$$
 .777.  .$$$$$77$$$77$$$7.  $$$
 $$$~   .7$$$$$$$$$$$$7.   $$$
 .$$$7   .7$$$$$$$7:     ?$$$
 $$$     ?7$$$$$$$$$I     .$$$7
 $$$     .7$$$$$$$$$$$$$   :$$$
 $$$     $$$$$$7$$$$$$$$$ .$$$
 $$$     $$$ 7$$$7 .$$$ .$$$
 $$$     $$$7       .$$$
 7$$$7     7$$$     7$$$
 $$$     $$$
 $$$7.     $$ (TM)
  $$$$$.   .7$$$$ $
 $$$$$$7$$$7$$$$$$$$$.
 $$$$$$.

configure: Package configured for:
configure: OS type : linux-gnueabihf
configure: Host CPU : armv7l
configure: build-cpu:vendor:os: armv7l : unknown : linux-gnueabihf :
configure: host-cpu:vendor:os: armv7l : unknown : linux-gnueabihf :
pi@raspberrypi:/usr/src/asterisk-16.14.1 $
```

Figura 35: Dependencias instaladas del Asterisk

En la figura se observa un recorte del símbolo de Asterisk que indica ya están instaladas las dependencias de Asterisk en la Raspberry Pi

Para empezar el proceso de compilación lo realizamos con el comando make con los siguientes comandos:

- sudo make clean
- sudo make

Aparecerá un mensaje de los cual nos afirma que el Asterisk ha sido satisfactoriamente construida y ya configurada como muestra en la figura

```
[LD] res_clialias.o -> res_clialias.so
[CC] res_musiconhold.c -> res_musiconhold.o
[LD] res_musiconhold.o -> res_musiconhold.so
Building Documentation For: third-party channels pbx
+----- Asterisk Build Complete -----+
+ Asterisk has successfully been built, and +
+ can be installed by running:           +
+                                         +
+               make install              +
+-----+
pi@raspberrypi:/usr/src/asterisk-16.14.1 $
```

Figura 36: Mensaje indicador para iniciar la instalación

En esta imagen se observa que, luego de compilar las fuentes de instalación el sistema mostrara un mensaje que indica que podemos proseguir con la instalación de Asterisk mediante el comando make install.

Luego colocamos el comando que nos sugiere en el mensaje anterior que es:

- sudo make install

Luego nos saldrá dos sugerencias que es make samples y maque progdocs como muestra en la figura

```
make -C sounds install
make[1]: Entering directory '/usr/src/asterisk-16.14.1/sounds'
make[1]: Leaving directory '/usr/src/asterisk-16.14.1/sounds'
find rest-api -name "*.json" | while read x; do \
  /usr/bin/install -c -m 644 $x "/var/lib/asterisk/rest-api" ; \
done
+---- Asterisk Installation Complete -----+
+
+   YOU MUST READ THE SECURITY DOCUMENT   +
+
+ Asterisk has successfully been installed. +
+ If you would like to install the sample +
+ configuration files (overwriting any +
+ existing config files), run:            +
+
+ For generic reference documentation:    +
+   make samples                          +
+
+ For a sample basic PBX:                 +
+   make basic-pbx                        +
+
+----- or -----+
+
+ You can go ahead and install the asterisk +
+ program documentation now or later run:   +
+
+   make progdocs                          +
+
+ **Note** This requires that you have    +
+ doxygen installed on your local system  +
+-----+
pi@raspberrypi:/usr/src/asterisk-16.14.1 $
```

Figura 37: Mensaje indicador para cargar archivos de ejemplo

En esta imagen se observa que, luego de instalar asterisk el sistema mostrara un mensaje que indica que podemos proseguir con la la carga de los archivos de configuración de ejemplo mediante la ejecución del comando make samples.

Escogiendo la opción de make samples colocamos entonces el comando:

- sudo make samples (saldrán todos los archivos de ejemplo de configuración correspondientes al aplicativo Asterisk)


```
[general]
language=es
bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
```

Figura 39: configuración de sección general

En la figura se muestran el contenido de la sección general del archivo sip.conf, donde el parámetro language indica que los audios del sistema se reproducirán en el idioma español, el parámetro bindport, indica que el puerto para recibir conexiones es el 5060, y el parámetro bindaddr indica que el servicio estará disponible en todas las interfaces de red del servidor.

Después de la sección general, se realizará la configuración de los canales SIP en secciones específicas para detallar los otros parámetros para cada canal como se muestra en las siguientes figuras y tablas.

```
[profesor1]
type=friend
secret=1234
host=dynamic
context=perifoneo

[profesor2]
type=friend
secret=1234
host=dynamic
context=perifoneo
```

Figura 40: Configuración de los profesores

En la figura se observa un recorte de la configuración de los parámetros y descripciones de los profesores 1 y profesor 2

Tabla 4: Configuración del parlante 1

Parámetros	Descripciones
[parlante1]	Nombre del canal de comunicación
Type=friend	Permite establecer un canal bidireccional de comunicación
host=dynamic	Dirección IP del terminal puede ser dinámica
secret=123456	Contraseña de seguridad
context=local	Indica las limitaciones del canal

En la tabla se observa la configuración de los parámetros y descripciones del parlante 1

```
[parlante1]
type=friend
secret=1234
host=dynamic
context=perifoneo
```

Figura 41: configuración de los parlante1

En la figura se observa un recorte de la configuración de los parámetros del parlante 1

Tabla 5: Configuración del parlante 2

Parámetros	Descripciones
[parlante2]	Nombre del canal de comunicación
type=friend	Permite establecer un canal bidireccional de comunicación
host=dynamic	Dirección IP del terminal puede ser dinámica
secret=123456	Contraseña de seguridad
context=local	Indica las limitaciones del canal

En la tabla se observa la configuración de los parámetros y descripciones del parlante 2

Tabla 6: Configuración del parlante 3

[parlante3]	Nombre del canal de comunicación
type=friend	Permite establecer un canal bidireccional de comunicación
host=dynamic	Dirección IP del terminal puede ser dinámica
secret=123456	Contraseña de seguridad
context=local	Indica las limitaciones del canal

En la tabla se observa la configuración de los parámetros y descripciones del parlante 3

Tabla 7: Configuración del parlante 4

[parlante4]	Nombre del canal de comunicación
type=friend	Permite establecer un canal bidireccional de comunicación
host=dynamic	Dirección IP del terminal puede ser dinámica
secret=123456	Contraseña de seguridad
context=local	Indica las limitaciones del canal

En la tabla se observa la configuración de los parámetros y descripciones del parlante 4

3.5.4. Configuración del plan de marcación

El plan del marcado de Asterisk (Dial Plan) es el corazón del sistema, aquí se define como se manejará las llamadas, consiste en un conjunto de instrucciones que Asterisk ejecutará siguiendo un orden determinado.

El plan de marcación se configura principalmente en el archivo `extensions.conf` y está dividido en cuatro partes que son el contexto, extensiones, prioridades y las aplicaciones como se mostrara en la siguiente tabla.

Tabla 8: Configuración del plan de marcado

```
[general]
[perifoneo]
exten => 1000,1,SIPAddHeader (Call-Info: answer-after=0)
exten => 1000,2,Page(SIP/parlante1&SIP/parlante2/&SIP/parlante3&SIP/parlante4,i)
exten => 1000,3, Hangup()
```

La extensión 1000 permitirá que la central ejecute 2 comandos:

El primer comando es `SIPAddHeader`, el cual permite incorporar el valor `answer-after=0` dentro del campo `Call-info` del encabezado SIP. Este parámetro permitirá que el Gateway VoIP conteste automáticamente la llamada.

El segundo comando Page, se utiliza para implementar la función de intercomunicador a través de los canales SIP que se encuentran especificados dentro de los paréntesis. Estos canales serán incorporados dentro de una sala de conferencia automáticamente y permitirán que el canal de origen pueda comunicarse en sentido unidireccional. El parámetro "i" que se ha colocado al final sirve para indicar a la central telefónica que ignore los desvíos de llamada que podrían estar configurados en los terminales.

El tercer comando HangUp ordena a la central telefónica que corte la comunicación en última instancia, para evitar que los canales de comunicación vayan a quedarse pegados.

```
[perifoneo]
;--
exten=> 1111,1,Answer()
exten=> 1111,2,Playback(tt-monkeys)
exten=> 1111,3,HangUp()
--;

exten => 1001,1,Dial(SIP/parlantel)
exten => 1002,1,Dial(SIP/profesor1)

;Configuración para paginacion "perifoneo"
exten => 1000,1,Set(PARLANTES=SIP/parlantel&SIP/parlante2&SIP/parlante3&SIP/parlante4)
exten => 1000,2,Page(${PARLANTES},i)
```

Figura 42: Configuración de plan de marcado

En la imagen se observa un recorte de la configuración del plan de marcado que se realizó

3.5.5. Configuración de los terminales

A. Configuración del teléfono móvil (Profesor)

Para la instalación del Zoiper en el celular se abrió la aplicación Play Store y realizamos la búsqueda del app Zoiper IAX SIP VOIP cuya versión es free es decir gratuita con características limitadas pero son suficientes para el fin del proyecto una vez instalado se muestra el su icono dentro de la lista de aplicaciones instaladas como se muestra en la figura

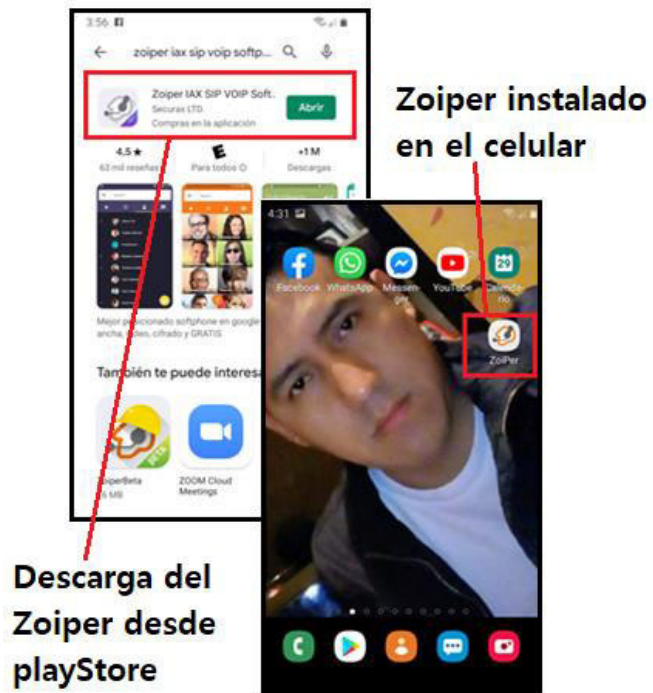


Figura 43: Descarga del Zoiper

En la figura se observa la descarga del Zoiper desde playStore en el celular y también se visualiza el Zoiper ya instalado

Luego vamos a colocar la extensión al Zoiper instalado ingresando el número de la extensión, la contraseña y la IP de la centralita

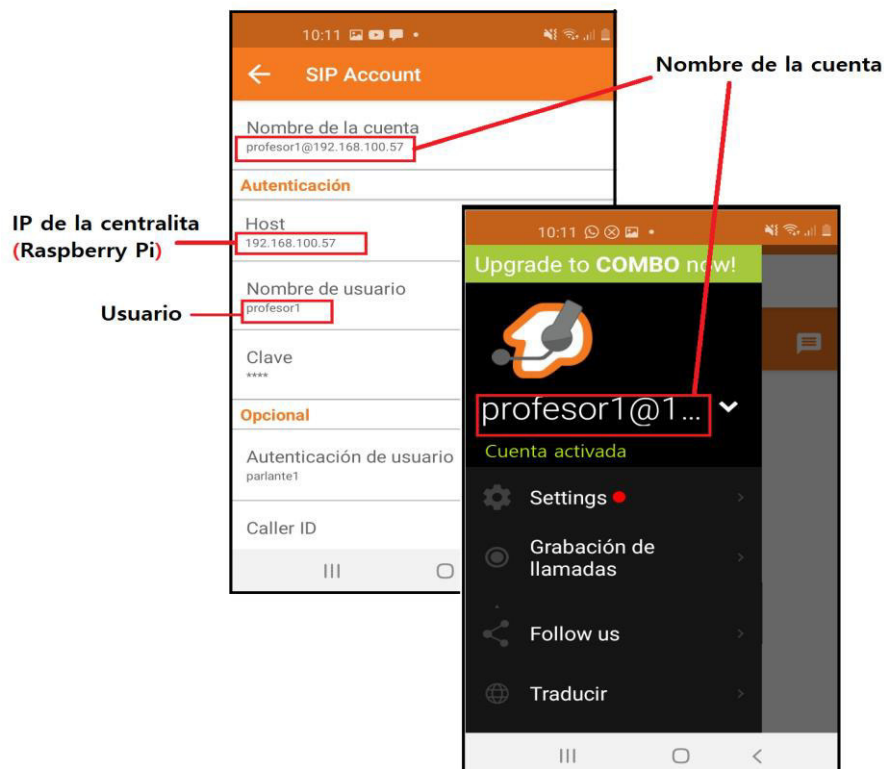


Figura 44: Configuración del zoiper

En la figura se observa la configuración del Zoiper en el teléfono con nombre del usuario profesor 1 y la dirección IP de la centralita

B. Configuración de softphone en laptop para simular parlante

Configuración del softphone Eyebeam en reemplazo del Gateway de audio IP – SIP para la simulación y el parlante

Configuración de Eyebeam

Para la instalación Ingresamos al navegador y escribimos este link: <https://www.global3voip.club/blogger/index.html> nos aparecerá una página con un listado de funciones de la cual hacemos clic en herramienta software y de ahí nos abrirá otra página también con una lista de software de los cual buscamos el softphone windows y hacemos clic en descargar como se muestra la imagen

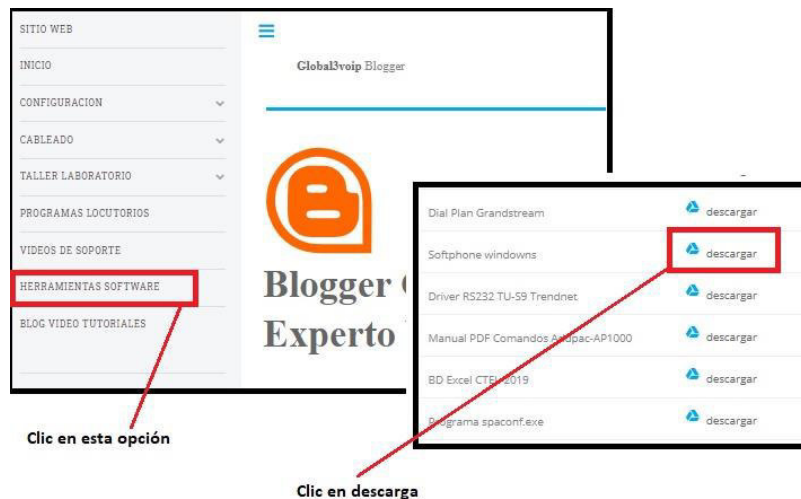


Figura 45: Descarga del softphone Eyebeam

En la figura podemos observar los pasos de descarga del softphone Eyebeam en la laptop

Una vez descargado el archivo de instalación, se procede a instalar la versión de prueba (trial) que permite el uso temporal del aplicativo y que será suficiente para la realización de las pruebas en el computador.

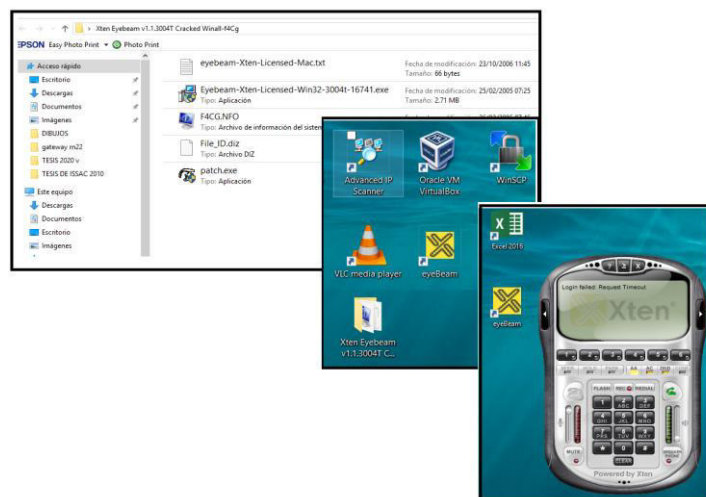


Figura 46: softphone Eyebeam instalado

En la figura podemos observar el softphone Eyebeam instalado en el escritorio de la laptop ya que se simulará de ahí

Una vez instalado y descargado el softphone vamos a la configuración de cuenta y hacemos clic en el botón izquierdo para ingresar a la opción

Setting donde aparecerá un cuadro que permitirá activar la cuenta SIP. Se debe hacer clic en “Enable this SIP account” y luego se completa los detalles de usuario en los siguientes campos:

- Display Name: Parlante 1 (el nombre que se va a exponer en el identificador de llamadas)
- User name: Parlante 1 (el nombre que se eligió para el servicio)
- Password: 1234 (contraseña del servicio)
- Domain: 192.168.100.57 (IP de la central Asterisk)

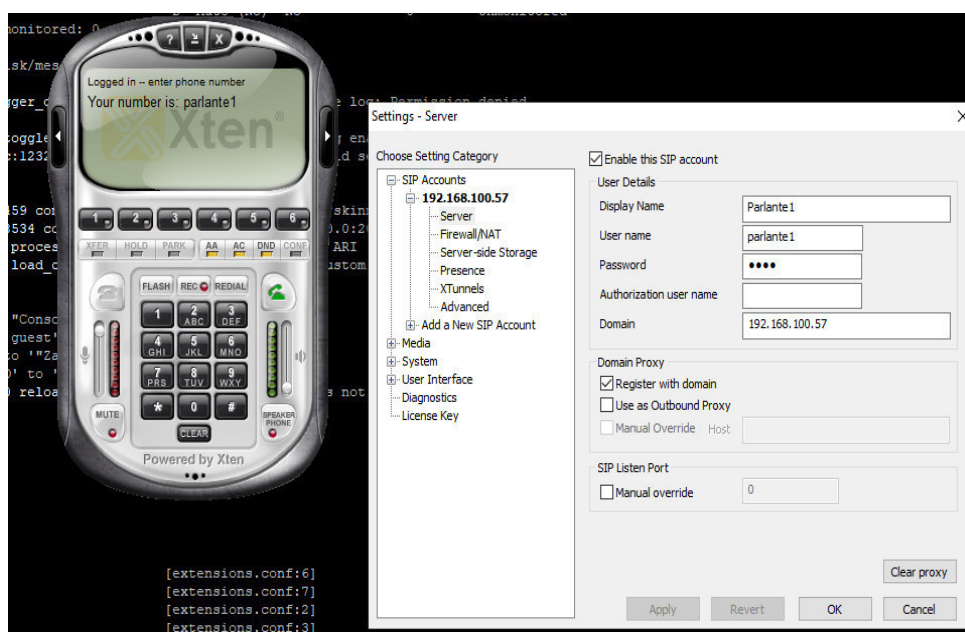


Figura 47: Configuración de cuenta del Eyebeam

En la figura observamos un recorte de las configuraciones de cuenta que se realiza al softphone Eyebeam una vez ya instalado en la en la laptop

Una de las funciones más importantes para que el softphone simule el funcionamiento del parlante y que la llamada entrante sea inmediatamente contestada requiere que activemos el botón auto answer como señala la siguiente figura:



Figura 48: Activación de la opción Auto answer

En la figura también podemos observar la activación de la opción Auto answer que permite el auto contestado

3.5.6. Pruebas de simulación

Para las pruebas utilizamos el softphone Eye Beam instalado en la laptop como parlante, el softphone zoiper instalado en el teléfono móvil y la IP-PBX implementada en una tarjeta raspberry Pi como indica en la figura.

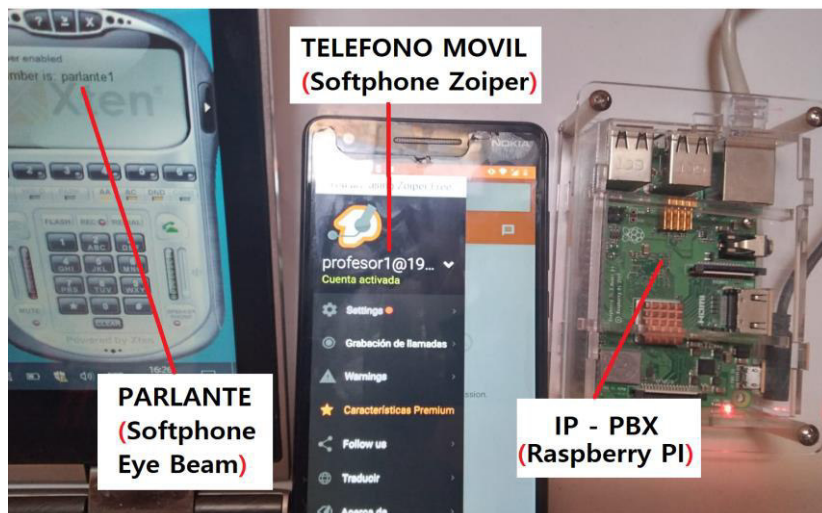


Figura 49: Conectividad para las pruebas

En la figura se puede observar la foto de la conectividad para las pruebas señalando al teléfono móvil (profesor 1) la laptop (parlante 1) y IP –PBX (Raspberry Pi)

Llevando a cabo las pruebas de perifoneo mediante llamadas entrando primero a la carpeta de los usuarios donde se había configurado los siguientes usuario: profesor1, parlante1, parlante 2, parlante 3 y parlante 4. Donde para las pruebas solo necesitamos que activados dos usuarios verificando su conexión del usuario profesor 1 que realizara la llamada y la del parlante 1 mediante el comando SIP show peer como se muestra en la figura.

```
cli show peers
Name/username      Host                Dyn Forcerport Comedia  ACL Port  Status
parlantel/parlantel 192.168.100.17     D Auto (No) No      6216     Unmonitored
parlante2           (Unspecified)     D Auto (No) No      0        Unmonitored
parlante3           (Unspecified)     D Auto (No) No      0        Unmonitored
parlante4           (Unspecified)     D Auto (No) No      0        Unmonitored
profesor1/profesor1 192.168.100.3     D Auto (No) No      36157    Unmonitored
5 sip peers [Monitored: 0 online, 0 offline Unmonitored: 2 online, 3 offline]
*CLI>
```

Figura 50: Verificación de los dispositivos conectados para las pruebas

En la figura se puede observar el recorte de los dispositivos conectados en este caso solo dos dispositivos están conectados para la prueba que son parlante 1 y profesor 1, necesarios para la prueba.

Verificaremos las extensiones que se realizaran mediante el comando dialplan show perifoneo muestra en la figura

```
cli dialplan show perifoneo
Context 'perifoneo' created by 'pbx_config' ]
'1000' => 1. Set (PARLANTE=SIP/parlantel&SIP/parlante2&SIP/parlante3&SIP/parlante4) [extensions.conf:12]
          2. Page (${PARLANTE},i) [extensions.conf:13]
'1001' => 1. Dial (SIP/parlantel) [extensions.conf:8]
'1002' => 1. Dial (SIP/profesor1) [extensions.conf:9]
= 3 extensions (4 priorities) in 1 context. ==
*CLI>
```

Figura 51: verificación de las extensiones para las pruebas

En la figura se puede observar el recorte de las extensiones realizadas en la centralita.

Una vez verificado la conexión del usuario y las extensiones vamos a realizar la llamada desde el teléfono móvil (profesor1) marcando 1000 y automáticamente se auto contestara el softphone instalado en la laptop que simulara la del parlante 1 como se muestra en la figura.

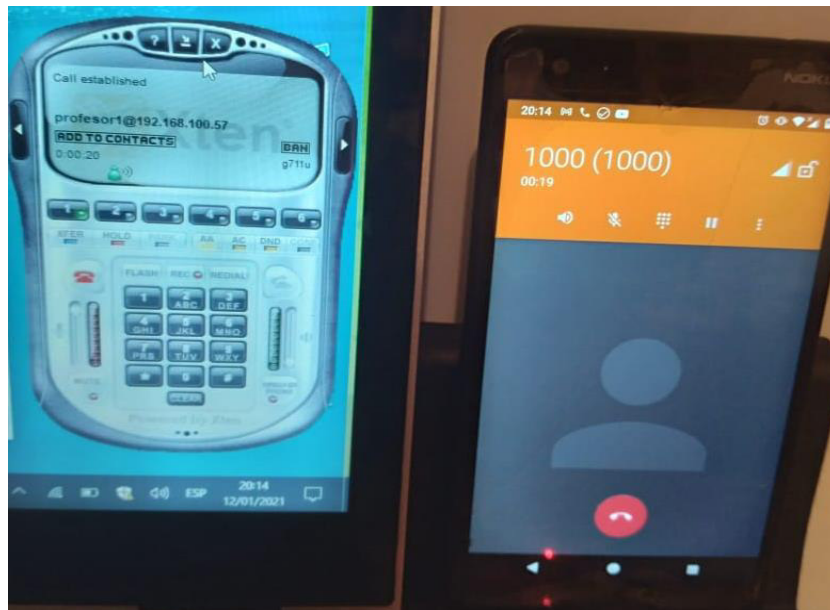


Figura 52: Prueba de llamada

En la figura se puede observar una foto tomada en el instante que se está llamando del teléfono móvil (profesor 1) y la recepción del softphone instalado en la laptop (parlante 1)

Al realizar la prueba de llamada desde el teléfono móvil (profesor1) al softphone instalado en la laptop (parlante 1) se ejecuta el proceso de las llamadas donde se detallará como la ejecución del número de marcado (1000) más el contexto entrante (perifoneo 1) "Executing [1000@perifoneo:1]" como se muestra en la figura.

```

CLI>
*CLI> == Using SIP RTP CoS mark 5
> 0x74009be8 -- Strict RTP learning after remote address set to: 192.168.100.3:61820
-- Executing [1000@perifoneo:1] Set("SIP/profesor1-00000000", "PARLANTES=SIP/parlante1&SIP/parlante2&SIP/parlante3&SIP/parlante4") in new stack
-- Executing [1000@perifoneo:2] Page("SIP/profesor1-00000000", "SIP/parlante1&SIP/parlante2&SIP/parlante3&SIP/parlante4,i") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called parlante1
-- <SIP/profesor1-00000000> Playing 'beep.gsm' (language 'es')
> 0x74506bb8 -- Strict RTP learning after remote address set to: 192.168.100.17:6218
-- SIP/parlante1-00000001 answered
-- Channel CBAnn/406998457-00000000;2 joined 'softmix' base-bridge <a589b21d-1267-4bb2-85b2-4cfec02c6e21>
-- Channel SIP/parlante1-00000001 joined 'softmix' base-bridge <a589b21d-1267-4bb2-85b2-4cfec02c6e21>
> 0x74506bb8 -- Strict RTP switching to RTP target address 192.168.100.17:6218 as source
> 0x74009be8 -- Strict RTP switching to RTP target address 192.168.100.3:61820 as source
-- Channel SIP/profesor1-00000000 joined 'softmix' base-bridge <a589b21d-1267-4bb2-85b2-4cfec02c6e21>
> 0x74506bb8 -- Strict RTP learning complete - Locking on source address 192.168.100.17:6218
> 0x74009be8 -- Strict RTP learning complete - Locking on source address 192.168.100.3:61820

```

Figura 53: Proceso de llamada de la prueba

En la figura vemos un recorte del detalle de la llamada del teléfono móvil al softphone instalado en la laptop, donde se registrará con detalle.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Para desarrollo de esta investigación sobre un Sistema de perifoneo móvil vía voz sobre IP para la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac en Ate Vitarte. El costo de inversión comprende los recursos humanos, recursos de software, recursos de hardware, y otros recursos.

4.1.1. Recursos Humanos

Para el desarrollo de esta investigación se han destinado alrededor de 128 horas distribuidas en 4 meses.

Tabla 9: Recursos humanos

N°	Actividades	Materiales	Costo	Cant	Total
1	Investigación y desarrollo	Recurso humano	S/.600.00	1	S/. 600.00
			Total		S/.600.00

En la tabla se observa el gasto de recursos humanos para la investigación con un valor de S/. 600.00

4.1.2 Recursos de Software

La siguiente tabla detalla los recursos de software que fueron necesarios para la implementación del prototipo.

Tabla 10: Recursos de software

N°	Software	Descripción	Costo*	Cant	Total
1	Asterisk	Centralita	S/.0	1	S/. 0
2	Zoiper	Softphone	S/.0	4	S/. 0
3	Eyebeam	Softphone	S/.0	4	S/. 0
4	Raspberrian	Sistema Operativo	S/.0	1	S/.0
			Total		S/.0

En la tabla se observa el gasto de recursos de software para la investigación tuvo un valor de S/. 0.00 debido que todos son de software libre

4.1.3 Recursos de Hardware

La siguiente tabla detalla los recursos físicos que fueron necesarios para la implementación del prototipo.

Tabla 11: Recursos de hardware

N°	Hardware	Descripción	Costo*	Cant	Total
1	Raspberry PI	Tarjeta electrónica de desarrollo	S/.200.00	1	S/. 220.00
	Gateway SIP X10	Gateway de audio SIP	S/.800.00	1	S/. 800.00
			Total		S/. 1020.00

En la tabla se observa el gasto de recursos de hardware para el proyecto con un valor de S/. 1020.00

*Los costos incluyen el impuesto a la renta (IGV)

Solo se están considerando los costos del equipamiento adicional necesario para la implementación del proyecto. Otros elementos de la red (Access points, switches, cableado, parlante, amplificador) no se van a adquirir porque se reutilizara el equipamiento e infraestructura existente. El dispositivo móvil utilizado para la prueba es de propiedad del investigador y no se requerirá la compra de uno adicional. En cuanto a los dispositivos móviles de los usuarios, el proyecto contempla que los usuarios puedan reutilizar sus propios dispositivos móviles, instalando una aplicación de software libre.

Tabla 12: Otros gastos

N°	Actividades	Materiales	Costo*	Cant	Total
1	Recolección de información	Fuentes bibliográficas	S/.50.00	1	S/.50.00
2	Impresiones		S/.50.00	1	S/.50.00
3	Pasajes		S/.100.00	1	S/.100.00
4	Instalación y configuración		S/.300.00	1	S/.300.00
			Total		500.00

En la tabla se observa otros gastos de menor cantidad para el proyecto con un valor de S/. 500.00

4.1.5 Costo total del proyecto

Tabla 13: Costo total del Proyecto

Item	Descripción	SubTotal
1	Recursos Humanos	S/. 600.00
2	Recursos de Software	S/ 0.00
3	Recursos de Hardware	S/. 1020.00
4	Otros Gastos	S/. 500.00
Total		S/. 2120.00

En la tabla se observa el gasto total para el proyecto con un valor de inversión de S/. 2120.00 a comparación de otras soluciones de diferentes proveedores que ofrecen servicio de PBX existentes como MYLCOM cuya cotización mínima solo en equipos para un sistema de perifoneo es S/. 8443,98 y ABGROUP cuya cotización básica para un sistema de perifoneo es de \$.7125,00. Comparando con el costo total del proyecto resultaría aproximadamente 25% de otras soluciones de IPX ya existentes.

4.2 ANÁLISIS DE BENEFICIOS

4.2.1 Beneficios tangibles.

El colegio cuenta con un solo auxiliar cuyas funciones es revisar las agendas de los estudiantes , emitir comunicados en las agendas, atender la puerta ante una visita de los padres de familia, estar vigilando los pasillos de los cuatro pisos ante una llamada del profesor al auxiliar por motivos diversos (accidente, falta de plumones, entrega de separatas, cuando se ensucia algo) tendría que buscar en cada piso o ir a la dirección para buscarlo mediante los parlantes se perdería mucho tiempo o cuando el auxiliar quiera comunicarse con el profesor por alguna observación encontrada en la agenda tiene que estar buscando o dirigiéndose a la dirección para llamarlo considerando una frecuencia mínima 10 minutos al día de pérdida total a la semana (6 días) sería 60 minutos, al mes sería 240 minutos, al año escolar (9 meses) sería 2160 minutos que equivale a 36 horas cronológicas de tiempo que se está perdiendo anualmente.

Un docente que trabaja un tiempo laboral de 30 horas al mes gana un sueldo promedio mensual de S/. 1600.00 en 36 horas sería S/. 1920.00

En conclusión, podemos decir que el tiempo que se está perdiendo en el año escolar (36 horas) es equivalente al tiempo de labor de un docente que con esas horas ganaría S/. 1920, por lo tanto, esa cantidad con el proyecto se convertiría en un beneficio monetarios anual.

Tabla 14: Beneficio total del Proyecto

Item	Descripción	Anual
1	Tiempo laboral (ahorro)	S/. 1920.00
	Total	S/. 1920.00

En la tabla se observa el beneficio laboral que se tendría con el proyecto con un valor de S/. 1920.00

4.2.2 Beneficios intangibles.

Con este proyecto mencionaremos los beneficios intangibles que se obtendría con el perifoneo:

- Se minimizará el tiempo de respuesta ante algún llamado.
- Mayor seguridad y confianza a los padres de familia
- El colegio crece tecnológicamente y eso percute es su publicidad

4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1 Desarrollo del flujo de caja

El flujo de caja mostrara los flujos de ingresos y egresos que ha obtenido en el proyecto durante un tiempo determinado con la diferencia de los egresos e ingresos en el siguiente cuadro veremos el flujo de caja para un corto de plazo de 3 años ya que el proyecto es de menor inversión

Tabla 15: Flujo de caja proyectada del sistema

Descripción	Trimestre 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos				
Ahorro laboral	S/. 0.0 0	S/. 1920.00	S/. 1920.00	S/. 1920.00
Total de Ingresos	S/. 0.00	S/. 1920.00	S/. 1920.00	S/. 1920.00
Egresos				
Inversión Inicial	S/. 2120.00			
Mantenimiento	S/. 0.00	S/. 300.00	S/. 300.00	S/. 300.00
Total de Egresos	S/. 2120.00	S/. 300.00	S/. 300.00	S/. 300.00
Flujo de caja	S/. -2120.00	S/. -500.00	S/. 1120.00	S/. 2740.00

En la siguiente tabla se observa el flujo de caja donde se detalla la inversión inicial el ingreso anual y también el egreso anual durante los tres años

4.3.2 Valor actual neto

El valor actual neto nos permite calcular el valor presente en un determinado tiempo o flujo de caja futuro y es originado por una inversión

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n1}} + \frac{f3}{(1+i)^{n1}} - IO$$

Dónde:

- f: flujo de caja
- n: tiempo en meses
- i: 10% tasa de interés (0.1)
- IO: inversión inicial (S/. 2120.00)

De la ecuación:

$$VAN = \frac{-500}{(1+0.10)^1} + \frac{1120}{(1+0.10)^2} + \frac{2740}{(1+0.10)^3} - 2120$$

$$VAN = 409.68$$

Un proyecto es rentable cuando el valor del VAN es mayor que cero. En el proyecto el valor del VAN es de 409.68 mayor que cero que significa que el monto que se va recuperar actualizado en el presente es de S/. 409.68 adicionales a lo que el proyecto en sí, por lo tanto, concluimos que el proyecto es rentable

4.3.3 Tasa de retorno

La tasa porcentual que mide la rentabilidad promedio por periodo del proyecto de telemedicina es la tasa interna de retorno TIR.

El TIR parte de igual mente del flujo efectivo neto y le convierte al VAN en cero y así podemos identificar la tasa de interés que le convierte en cero y determinar si el TIR mayor que la tasa el proyecto es rentable y si es igual es indiferente y si es menor que la tasa no es rentable el proyecto.

$$0 = \frac{-500}{(1+i)^1} + \frac{1120}{(1+i)^2} + \frac{2740}{(1+i)^3} - 2120$$

$$i = 16.65\% = 0.1655$$

Para el cálculo del TIR se podría calcular con Excel, pero se tendría que elaborarse, una manera más fácil y rápido es mediante con una calculadora virtual en la siguiente página <https://www.calcvio.com/van-tir> cuyo valor es 16.662% (0,1662) como se muestra la figura.

The screenshot shows a web-based calculator with the following fields and values:

- Inversión inicial: 2120 €
- Tipo de interés: 10 %
- Flujos de caja:
 - Año 1: -500 €
 - Año 2: 1120 €
 - Año 3: 2740 €
- Valor actual neto (VAN): 409.68 €
- Tasa interna de retorno (TIR): 16.662 %

Buttons for 'Añadir año' and 'Calcular' are also visible.

Figura 54: Calculadora online del VAN y del TIR

En la figura se observa la calculadora que permite calcular el Valor Actual Neto (VAN) al introducir una tasa de descuento y aparte te permite calcular también automáticamente la tasa interna de retorno (TIR)

Como resultado el valor del TIR es de 16.662% (0.16662) un valor positivo y mayor que la tasa de interés de 10% (0.1) se concluye que el proyecto es rentable.

Veamos una gráfica del VAN para diferentes tasas de interés con el TIR en aquella que hace al VAN igual a cero.

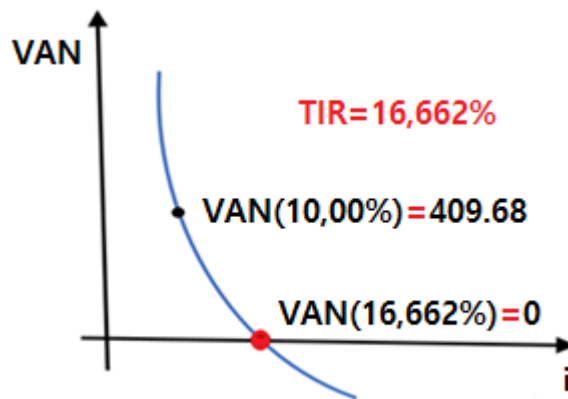


Figura 55: Gráfica del VAN con la tasa de interés

En la siguiente figura se observa la gráfica del VAN con la tasa de interés

4.3.4 Retorno de la inversión

El índice de retorno ROI no indica la rentabilidad de la inversión del proyecto de enlace de telemedicina si su valor es positivo significa que el proyecto es rentable es decir más eficiente cuanto mayor sea su valor, pero si es menor o igual a cero significa que no es rentable.

$$ROI = \frac{INGRESOS - EGRESOS}{INVERSION} \times 100\%$$

$$ROI = \frac{5760 - 3020}{3020} \times 100\% = 90,73\%$$

El valor de ROI nos da un 90,73% con lo que podemos afirmar que el Proyecto tuvo una rentabilidad de 90,73% sobre el capital invertido.

Conclusiones

Luego de evaluar la situación actual en la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac se concluye que, con el sistema de comunicación por perifoneo actual se pierde 36 horas laborables al año, lo cual es equivalente al tiempo de labor de un docente que con esas horas ganaría S/. 1920, con la presente investigación se podría ahorrar ese monto al reducir el tiempo que los trabajadores se toman en desplazarse hacia el sistema de perifoneo fijo ubicado en la dirección.

Luego de analizar las necesidades de comunicación mediante entrevista a la promotora de la institución educativa privada Santa Luisa de Marillac se concluye que con esta investigación se agilizará la comunicación del sistema de perifoneo actual satisfaciendo así las necesidades identificadas y debe ser de bajo costo ya que el colegio no presenta gran presupuesto.

Respecto a las tecnologías que se usaran se concluyó que lo más apropiado para satisfacer las necesidades del colegio es un sistema de perifoneo IP a medida, basado en un software libre (Asterisk) protocolos estándares, y hardware abierto (Raspberry Pi) para la implementación del sistema de comunicación, de esta manera será posible reutilizar los componentes analógicos (4 parlantes y un amplificador). Por otra parte, también se propone la utilización de un Gateway de audio, lo cual permite reducir los costos en comparación con el uso de parlantes IP ya que cada parlante IP bordea los S/. 1367.25 aproximadamente como mínimo en cuatro parlantes sería S/. 5469

Respecto a las características técnicas del equipamiento una de las principales conclusiones luego de evaluar el ancho de banda requerido para la comunicación fue que las interfaces disponibles en el equipamiento existente tienen un ancho de banda (100 Mbps) bastante superior a lo requerido para la transmisión del canal voz de 87.2 Kbps.

Respecto a las pruebas de funcionamiento se concluye que no se identificaron problemas de saturación durante las pruebas realizadas, y la probabilidad de que ocurra en producción es muy remota ya que el consumo actual de la red está por debajo del 50% de su capacidad total y el requerimiento de ancho de banda del servidor de perifoneo es menor al 1%.

Al término de la investigación se concluyó que la implementación del sistema de perifoneo inalámbrico vía voz sobre IP es factible por un monto de inversión de S/. 220.00 se determinó que el valor actual neto VAN es de 409.68 mayor que cero significando que en el proyecto se obtendría S/. 409.68 adicionales lo que el proyecto en sí significa, con una tasa de interés del 10% mucho menor a la tasa de interés mínima que se requiere para que el proyecto se viable ($TIR=16.662\%$) y con una rentabilidad del 76,46% sobre lo invertido

Recomendaciones

El colegio debería implementar un plan de capacitación a sus trabajadores en el uso de sistema de perifoneo a través de sus dispositivos móviles.

El colegio debería implementar un protocolo de uso del sistema de perifoneo para casos de emergencia (accidentes, siniestros, movimientos sísmicos, desastres naturales, simulacros, etc.)

El colegio debería implementar un plan de mantenimiento con una frecuencia no mayor de 12 meses para el sistema de perifoneo IP.

En futuras investigación sobre este sistema se sugiere evaluar la posibilidad de integrar el sistema de perifoneo con el sistema de alarma de seguridad del colegio.

Referencias

- Bejarano, J. A., y Garcia, M. (2016). Perifoneo como medio de comunicacion local en retrepo, meta. memoria, cultura y tradicion .
- Black, B. (junio de 2015). *REDEWEB*. Recuperado de <https://www.redeweb.com/ficheros/articulos/arrow.pdf>
- Castro, V. M. (2018). *Implemetacion y mejora continua del servicio de telefonia IP con Asterisk*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación*. Madrid.
- Centromipc. (s.f.). Recuperado de <http://centromipc.com/sistemas-de-megafonia/>
- Contreras, L. (18 de diciembre de 2013). *Blog Historia de la Informatica*. Recuperado de <https://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>
- Cosas de Ingeniería. (2015). Recuperado de <https://cosasdeingenieria.com/esp/item/25/microcontrolador-pic18f2550>
- Estado Peruano. (2000). *Ley N° 26842 – Ley general de la salud*. Lima: Ministerio de Salud.
- Fernando, R. P. (2007). *Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con Plc*. España: 3Q Editorial.
- Flores, D. A. (2019). *Implementación de un sistema de control de fuerzas para un prototipo de terminal de agarre*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Gaspar, B. W. (2006). *Oxímetro de pulso con comunicación a PC*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Geier, J. (2010). *Designing and Deploying 802.11n Wireless Networks*. Indianapolis: Cisco Press.
- Gomillion, D., & Dempster, B. (2005). *Building Telephony Systems with Asterisk*. Birmingham: PACKT.

- Halfacree, G. (2018). *The official raspberry pi beginners guide*. Cambridge: PRESS.
- Huayama, J. C. (2015). *La responsabilidad civil médica en el Perú*. La Rioja. España: Universidad de la Rioja.
- Israel, J. C. (2005). *Oxímetro de pulso basado en una Palm*. Polibits.
- Jornet, C. R. (2018). *Interfaz USB de red para acceso seguro basado en Raspberry PI*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Jose, E. M. (2010). *Laboratorio de microcontroladores*. Lima: UTP.
- Lobo, S. A. (2019). *Diseño de efectos de audio sobre raspberry PI para ejecución en tiempo real*. Universidad de los Andes. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- López, O. O. (2013). *Diseño de un pulsioxímetro de dedo con almacenamiento de datos*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- María Carmén, E. B. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. Madrid: Diaz de Santos.
- Martinez, A. M. (2010). *Amplificador de audio de alta fidelidad para sistemas activos de altavoces con bajo consumo de energía*. Rioja.
- Mazariego, L. A. (2016). *Instalacion básica de un sistema Asterisk enfocado a PYMES*. Cuautitlan: Universidad Autonoma de México.
- Meggelen, J. V., Madsen, L., & Smith, J. (2005). *Building Telephony Systems with Asterisk*. United States of America: OREILLY.
- Mejía, H. (2012). Oximetría de pulso. *Educacion medica continua*, 52(2).
- Microchip Technology Inc. (2006). *Data Sheet - PIC18F2455/2550/4455/4550*. USA: Microchip Technology Inc.
- Pérez, B. (2014). *Asterisk PBX*. Republica dominicana : SAC IT.

- ProInversión. (2019). *http://www.proyectosapp.pe*. Recuperado de <http://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaProyecto.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=5682>
- Sánchez-Pérez, L.-N. H.-R.-T. (2017). *Validación de cinco pulsioxímetros*. México: Med Int Méx. doi:<https://doi.org/10.24245/mim.v33i6.1334>
- Seminario, F. E. (2012). *Diseño de un sistema de perifoneo en caso de emergencia para un edificio de mediana altura*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Shenzhen Anxinke Technology CO.LTD. (2015). *ESP-01 WiFi Module*. USA: AI-Thinker team.
- Sierra, A. R. (2008). *Instalación de un sistema VoIP corporativo basado en Asterisk*. Cartagena.
- Spinelli, E. M. (2010). *Amplificadores de instrumentación en aplicaciones biomédicas*. La Plata.
- StarTrinity-Software-Company . (2016). Recuperado de <http://starttrinity.com/VoIP/TestingSipPbxSoftswitchServer.aspx>
- Tyco Healthcare Group LP. (2006). *Pulsioxímetro manual de instrucciones*. Pleasanton - USA: Nellcor Puritan Bennett Division.
- Valle, L. D. (2018). *PROGRAMA FACIL*. Recuperado de <https://programarfacil.com/>
- Wilmar Tuay, L. M. (2017). *Telemedicine system based on ECG signals and in the TCP/IP protocol using a sparse space*. Universidad ICESI. Cali: Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal. doi:10.18046/syt.v15i41.2441