



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño e Implementación de un Sistema de Simulación de Sonidos Cardiacos, Pulmonares e Intestinales en un Maniquí Controlado con una Aplicación Interactiva Educativa para los Estudiantes de Salud.

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Magíster en Ingeniería Biomédica

Presentado por:

Segundo Manolo Hidalgo LLano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios por darme el regalo más preciado del cielo acá en la tierra, mi amada hija Sofita, ella mi inspiración, mi empuje, mi ayuda y mi fortaleza, mi motivo por quien cristalizó tan anhelado propósito

A mis amados padres que están en el cielo (+) sé que desde ahí están dándome sus bendiciones, y por dejar plasmado en mi vida valores valiosos con el de ser un profesional impecable y la predisposición de servir a la sociedad.

A mi todas mis hermanas y hermano en especial a Margoth, Martha, Roció y Concepción las cuales me brindaron todo el apoyo moral, afectivo, emprendedor y por siempre estar ahí ayudándome en las buenas y malas el cual es reflejado en el amor incondicional de familia, les deseo éxitos totales.

Manolo Hidalgo

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Politécnica del Litoral que por medio del MSc. Miguel Yapur, tuvo la tan acertada creación de la Maestría en Ingeniería Biomédica, el cual es un artífice fundamental al igual que todos mis profesores, por guiarme en tan idónea especialidad.

A mi Tutor MSc. Josué Quiroga y Evaluadora Dra. Larisa Montesdeoca por su ayuda desinteresada que mediante sus conocimientos y recomendaciones se materializo y fue dando forma el mencionado proyecto.

Al Doctor William Berrones por ser mi mentor el cual es ejemplo de un digno profesional en la medicina, al guiarme con sus consejos, conocimientos y ayuda desinteresada, lo cual conllevo a instruirme en el amplio mundo de la medicina

Manolo Hidalgo

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Segundo Manolo Hidalgo Llano doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Manolo Hidalgo

COMITÉ EVALUADOR

.....
MSc. Josué Quiroga

PROFESOR TUTOR

.....
Dra. Larisa Montesdeoca

PROFESOR EVALUADORA

RESUMEN

En el ámbito académico actual, los simuladores médicos son una herramienta invaluable tanto para estudiantes como para instructores. Estos dispositivos permiten practicar procedimientos de manera realista, los cuales serían casi imposibles de realizar en cadáveres o pacientes, debido al riesgo que representaría tanto para el paciente como para el personal de salud. En este proyecto de titulación, se desarrolló un sistema de simulación electrónica de sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales en un maniquí controlado a través de una aplicación interactiva. Esta aplicación es amigable y de uso sencillo, lo que permite programar, controlar y reproducir los sonidos mencionados anteriormente. Esto tiene como objetivo facilitar el proceso de aprendizaje de la auscultación para los estudiantes, al tiempo que les permite comprender la correlación entre estos sonidos y la anatomía del cuerpo humano. Este sistema es especialmente útil en la formación de futuros médicos, ya que les proporciona una percepción integral de sus acciones, especialmente en situaciones complejas y de atención sanitaria interprofesional.

Con la auscultación convencional, los estudiantes pueden identificar diversos órganos, como el corazón (que funciona como una bomba que envía y recibe sangre a través de las arterias y venas, generando sonidos en diferentes áreas de auscultación cardíaca). Además, permite diagnosticar enfermedades respiratorias y auscultar el estómago, donde los intestinos, al ser cavidades huecas, producen ruidos conocidos como borborismos. Estos sonidos son normales, pero otros sonidos pueden indicar problemas como hiperactividad, obstrucciones o bloqueos.

Palabras Clave: Simulador de sonido, Sistema electrónico, Maniquí de Auscultación

ABSTRACT

In today's academic environment, medical simulators are an invaluable tool for both students and instructors. These devices allow practicing procedures in a realistic way, which would be almost impossible to perform on cadavers or patients, due to the risk it would represent for both the patient and the health personnel. In this degree project, an electronic simulation system of cardiac, pulmonary and intestinal sounds is being developed in a mannequin controlled through an interactive application. This application is user-friendly and easy to use, which allows programming, controlling and reproducing the aforementioned sounds. This aims to facilitate the auscultation learning process for students, while allowing them to understand the correlation between these sounds and the anatomy of the human body. This system is especially useful in the training of future physicians, as it provides them with a comprehensive perception of their actions, especially in complex and interprofessional healthcare situations.

With conventional auscultation, students can identify various organs, such as the heart (which functions as a pump that sends and receives blood through arteries and veins, generating sounds in different areas of cardiac auscultation). In addition, it allows the diagnosis of respiratory diseases and auscultation of the stomach, where the intestines, being hollow cavities, produce noises known as borborygmi. These sounds are normal, but other sounds may indicate problems such as hyperactivity, obstructions or blockages.

Keywords: *Sound Simulator, Electronic System, Auscultation Manikin, Auscultation Manikin*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. PLATEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción del problema	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Metodología.....	4
1.6 Alcance.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1 Simulación conceptos básicos	7
2.1.1 Recuento histórico del desarrollo de simulación	7
2.1.2 Tipos de Simuladores	8
2.1.2.1 Baja fidelidad.....	9
2.1.2.2 Media fidelidad o Mediana fidelidad	9
2.1.2.3 Alta fidelidad.....	10
2.1.3 Maniqués de entrenamiento y simuladores	11

2.1.3.1	Simuladores de parto Noelle S575.100.....	12
2.1.3.2	Simulador de paciente para cuidado neonatal Newborn Hal.....	13
2.1.3.3	Simulador integrado Simman 3g	14
2.1.3.4	Simulador de laparoscopia sistema de entrenamiento LAP Mentor III	15
2.1.3.5	Maniquí de auscultación de alta fidelidad Sam II	16
2.1.4	Descripción de emulación de sonidos corporales	17
2.1.5	La simulación como estrategia de enseñanza.	18
2.1.6	Estudio de verificación y validación de simulación.....	18
2.1.6.1	Verificación	19
2.1.6.2	Validación.....	19
2.1.7	Ventajas de aprendizaje con la simulación	20
2.2	Auscultación sus orígenes.....	21
2.2.1	Tipos de auscultación	22
2.2.1.1	Auscultación inmediata	22
2.2.1.2	Auscultación mediata	22
2.2.1.3	Auscultación cardíaca	22
2.2.2	Patologías comunes del sistema cardiovascular	24
2.2.3	Trastornos del ritmo cardíaco.	26
2.2.4	Arritmias cardíacas	27
2.2.5	Focos de auscultación cardíaca.....	27
2.2.6	Auscultación pulmonar aparato respiratorio.....	28
2.2.6.1	Patologías más comunes	30
2.2.7	Auscultación abdominal	31
2.2.7.1	Inspección, Palpación, Percusión y Auscultación Abdominal son.....	31
2.2.8	Sonidos auscultables	33
2.2.8.1	Sonidos cardíacos.....	33
2.2.8.2	Sonidos respiratorios.....	34

2.2.8.3	Consideraciones.....	35
2.2.8.4	Sonidos Intestinales	37
2.3	Software	37
2.3.1	Lenguaje de programación Python y Aplicación App inventor	37
2.3.1.1	Python	37
2.3.1.2	Introducción a Python en Raspberry Pi	39
2.3.1.3	¿Qué es Python?	39
2.3.1.4	¿Qué es un tipo de dato?	39
2.3.1.5	¿Qué es una variable?	40
2.3.1.6	¿Qué es una Lista?	40
2.3.1.7	Creación de scripts en python.....	40
2.3.1.8	Qué es un script en Python	40
2.3.1.9	Procesamiento de señales de control en Python	41
2.3.1.10	Recepción de mensajes de texto en Python.....	42
2.3.1.11	En Python, existen seis modos que son:	42
2.3.1.12	Servidor y cliente en python	43
2.3.1.13	Librerías de python	43
2.3.2	App inventor.....	43
2.3.2.1	Que es App INVENTOR	44
2.3.3	Diagrama de flujo.....	44
2.3.4	Ventanas de Aplicación	44
2.3.5	Audios.....	45
2.4	Sistema Electrónico para el maniquí	46
2.4.1	Proteus	46
2.4.2	Tarjeta electrónica raspberry	46
2.4.3	Base de datos	48
2.4.4	Enlace de comunicaciones	48

CAPÍTULO 3.....	49
3. Diseño e implementación	49
a. Especificaciones del sistema electrónico.	49
b. Diseño e implementación del hardware del sistema.....	50
3.1 Diseño del hardware del sistema	50
3.1.1 Circuito de alimentación del sistema.....	51
3.1.2 Circuito de audio del simulador.....	51
3.1.3 Circuito de conmutación de amplificadores.	53
3.2 Instalación del Sistema Operativo.	57
3.2.1 Virtual Network Computing (VNC)	60
3.2.2 Instalación de Paquetes Necesarios.....	61
3.2.3 Pruebas de sonido:	63
3.2.4 Protocolo Mqtt.....	64
3.2.4.1 Principios De MQTT	65
3.2.4.2 Calidad de servicio en MQTT.....	65
3.2.4.3 Instalación de mosquitto MQTT en Raspberry Pi 4	66
3.2.4.4 Configuración del MQTT Explorer	70
3.2.4.5 Pruebas de comunicación con el celular	72
3.3 Análisis de Costos.....	75
CAPÍTULO 4.....	77
4. RESULTADOS	77
4.1 Pruebas de funcionamiento del sistema de simulación	77
4.1.1 Precisión de los Sonidos.....	77
4.1.2 Calidad del Sonido.....	77
4.1.3 Interactividad y Ajustabilidad.....	78
4.1.4 Facilidad de Uso	78
4.1.5 Materiales y Construcción.....	78
4.1.6 Costo y Soporte	78

4.2	Evaluación de la calidad de aprendizaje al usar el maniquí	78
4.2.1	Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva.....	79
4.2.2	Objetivo de la Evaluación:	81
4.2.3	Metodología de Evaluación:.....	82
4.2.4	Resultados de la Encuesta de Evaluación:.....	82
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES	86
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	APÉNDICE A.....	93
	APENDICE B.....	95
	APENDICE C.....	99
	APENDICE D.....	100
	APENDICE E.....	103
	APENDICE F.....	107
	APÉNDICE G	108

ABREVIATURAS

Wi-Fi	Wireless Fidelity
CACES	Consejo De Aseguramiento De La Calidad De La Educación Superior
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PCB	Placa de circuito impreso
USB	Bus Universal en Serie
SIMMAN 3G	Simulator Man 3G
CH	Canal
APK	Ejecutables diseñados para Android
ECG	Electrocardiograma
MIS	Cirugía mínimamente invasiva
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
PYTHON	Lenguaje de programación amplia
IDLE	Entorno de programación integrado para Python
GPIO	Entrada/Salida de Propósito General
MIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts
App	Aplicación de software
HDR	Alto rango dinámico
CMOS	Semiconductor complementario de óxido metálico
SO	Sistema operativo
VNC	Virtual Network Computing
WinSCP	gráfico para Windows que emplea SSH
SSH	Secure Shell
MQTT	Transporte de telemetría de colas de mensajes (mosquitto)

SIMBOLOGÍA

A	Amperios
cm	Centímetro
Hz	Hertz
K Ω	Kilo ohmio
MB	Megabyte
MHz	Mega Hertz
m	Metro
mA	Miliamperios
mm	Milímetros
mV	Milivoltio
N	Newton
Ω	Ohmio
V	Voltios
ON	Encendido
OFF	Apagado
Ip	Protocolo de Internet

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Brazo de Punción Intramuscular (IM).....	9
Figura 2.2 Torso de Auscultación.....	10
Figura 2.3 SimMan 3G.....	10
Figura 2.4 Simuladores de enfermería.....	12
Figura 2.5 Simulador neonatal.....	13
Figura 2.6 Simulador integrado.....	14
Figura 2.7 Simulador de laparoscopia.....	15
Figura 2.8 Maniquí de auscultación.....	16
Figura 2.9 Componentes del sistema de emulación de sonidos cardiacos y respiratorios	17
Figura 2.10 Diagrama de bloques que sintetiza al funcionamiento de un emulador [13]	18
Figura 2.11 Pirámide de Dale.....	21
Figura 2.12 Indica el porqué de la simulación en la formación continua de los profesionales de la salud.....	21
Figura 2.13 Sístole y diástole.....	23
Figura 2.14 Diagrama de Wiggers tomada de[22]......	24
Figura 2.15 Focos de auscultación cardíaca.....	28
Figura 2.16 Respiración tomada de [28].....	29
Figura 2.17 Auscultación pulmonar.....	35
Figura 2.18 Región torácica.....	35
Figura 2.19 Pantalla del sistema operativo Raspbian en nuestra Raspberry Pi.....	38
Figura 3.1 Esquemático del raspberry pi 4 [53].....	50
Figura 3.2. Adaptador fuente cargador 5V 3A Tipo C Raspberry PI4 [54].....	51
Figura 3.3 Circuitos de energización de 5V 3A y 5V 1,5A.....	51
Figura 3.4 Diagrama esquemático de conexiones del sistema.....	52
Figura 3.5 Circuito de amplificador y PCB del PAM8403 [57].....	53
Figura 3.6 Interruptor bilateral circuito integrado IC14066B.....	53
Figura 3.7 Simulación del circuito de conmutación de amplificadores de audio “todos los amplificadores activados”......	54
Figura 3.8 Simulación de señales de entrada y salida de los amplificadores.....	54

Figura 3.9 Simulación del circuito de conmutación de amplificadores de audio “amplificador de señales pulmonares activado”	55
Figura 3.10 Simulación de señales de entrada y salida de los amplificadores.	55
Figura 3.11 Diagrama de la tarjeta shield.	56
Figura 3.12 Circuito de la tarjeta shield.	56
Figura 3.13 <i>Dispositivo Raspberry Pi 4</i>	58
Figura 3.14 Sistema Operativo	58
Figura 3.15 Sistema Operativo	59
Figura 3.16 Configuración del Sistema Operativo (Contraseña pi1234).....	59
Figura 3.17 Grabar imagen SO Raspberry Pi.....	60
Figura 3.18 Interfaces de conexión de escritorio remoto.....	61
Figura 3.19 Actualización de la lista de repositorios.....	62
Figura 3.20 Actualización de paquetes del SO desde los repositorios	62
Figura 3.21 Instalación de la librería para reproducción de audio	62
Figura 3.22 Versiones de Python	63
Figura 3.23 Aplicativo WinSCP.....	63
Figura 3.24 Ejemplos de comandos para programar el audio	64
Figura 3.25 Esquema de interconexión de múltiples clientes publicadores y mosquito bróker	65
Figura 3.26 Esquema de comunicación entre la App y el Simulador de sonidos vitales.	66
Figura 3.27 Instalación de mosquito.....	66
Figura 3.28 Verificación de la versión instalada de mosquito	67
Figura 3.29 Habilidad de mosquito	67
Figura 3.30 Iniciando mosquito.....	67
Figura 3.31 Apertura del terminal de configuración de mosquito.conf.....	68
Figura 3.32 Configuración de mosquito.conf para la creación de nombre de usuario y password.	68
Figura 3.33 Creación de nombre de usuario y password para el mosquito	69
Figura 3.34 Test de mosquito como suscriptor.....	69
Figura 3.35 Configuración de MQTT Explorer	70
Figura 3.36 Envío y recepción de mensaje desde MQTT Explorer.	70
Figura 3.37 Recepción de mensaje enviado desde MQTT Explorer.	71
Figura 3.38 App Cliente MQTT	72

Figura 3.39 Configuración de Cliente MQTT	72
Figura 3.40 Creación de botones virtuales en Cliente MQTT	73
Figura 3.41 Recepción de datos recibidos por el Raspberry (bróker).....	74
Figura 3.42 Diseño de los botones para cada sonido.....	74
Figura 4.1 Gráfica de pastel de la Información General	83
Figura 4.2 Gráfica de pastel de la Calidad del Simulador.....	83
Figura 4.3 Gráfica de pastel de la Experiencia de Aprendizaje	84
Figura 4.4 Gráfica de pastel de la Aspectos Técnicos.....	84
Figura 4.5 Gráfica de pastel de la Satisfacción General.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tipos de metodologías de simulación. (Adaptado de Alinier, Medical Teacher, 2007) [1]	11
Tabla 2.2 Ventajas y desventajas del aprendizaje a través de simulaciones:	20
Tabla 2.3 Sonidos del corazón	34
Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del Raspberry Pi	47
Tabla 3.1 Conexiones eléctricas de la tarjeta shield.....	56
Tabla 3.2 Comandos y funciones del Raspberry Pi.....	61
Tabla 3.3 Descripción de los argumentos del comando para inicio de mosquito suscriptor	69
Tabla 3.4 Función de los botones.....	73
Tabla 3.5 Desglose de costos de elementos utilizados en el sistema	75
Tabla 3.6 Desglose de costos del sistema	76

CAPÍTULO 1

1. PLATEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 Introducción.

Es importante destacar que el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior-CACES, tiene un papel crucial en la mejora de la calidad de la educación superior en Ecuador. Su función de planificación, regulación y coordinación del sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior asegura que las instituciones de educación superior cumplan con estándares mínimos de infraestructura y equipamiento para brindar una educación de calidad. Dentro de los equipos adquiridos por estas instituciones, los equipos de simulación médica son de gran relevancia en la formación de profesionales de la salud. La simulación médica es una metodología innovadora que permite a los estudiantes y al personal sanitario practicar una variedad de procedimientos clínicos y quirúrgicos de manera repetitiva y segura. En síntesis, la inversión en equipos de simulación médica es fundamental para garantizar una educación de calidad en el campo de la salud y preparar a futuros profesionales sanitarios para su entorno laboral. Esta metodología innovadora contribuye significativamente al desarrollo de competencias y habilidades necesarias para brindar atención médica segura y efectiva.

1.2 Descripción del problema

La auscultación es una técnica esencial en el campo de la medicina que permite a los profesionales de la salud escuchar los sonidos internos del cuerpo para evaluar la salud de los pacientes. Los sonidos biológicos producidos por los órganos y fluidos del cuerpo, como los sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales, proporcionan información valiosa sobre el funcionamiento de estos sistemas y pueden ayudar en el diagnóstico de diversas condiciones médicas.

Los sonidos cardíacos, por ejemplo, se generan por la acción de bombeo del corazón y pueden indicar problemas como soplos cardíacos, ritmos anormales o lesiones de válvulas. Los sonidos pulmonares, como los ruidos respiratorios normales y anormales, son cruciales para evaluar la función respiratoria y pueden revelar condiciones como la

congestión pulmonar o estrechamiento de las vías respiratorias. Los sonidos intestinales, como los borborigmos, son parte de la actividad normal del sistema gastrointestinal, pero sus alteraciones pueden indicar trastornos intestinales.

El estetoscopio acústico es una herramienta invaluable en la auscultación, ya que amplifica y permite al profesional de la salud escuchar con mayor claridad los sonidos corporales [1]. Sin embargo, la interpretación de estos sonidos puede depender en gran medida de la experiencia y habilidad auditiva del médico o profesional de la salud. La variabilidad en la interpretación de los sonidos puede ser un desafío, especialmente para estudiantes que están aprendiendo esta técnica.

Para abordar este problema de variabilidad y ayudar a los estudiantes a adquirir habilidades de auscultación, se están desarrollando tecnologías de simulación médica. Estas tecnologías utilizan maniqués o programas de simulación que reproducen de manera realista los sonidos corporales y permiten a los estudiantes practicar la auscultación en un entorno controlado. Esto puede mejorar la precisión y la consistencia en la identificación de sonidos cardíacos, pulmonares y abdominales, además de brindar retroalimentación inmediata.

En resumen, la auscultación es una técnica fundamental en el diagnóstico médico, pero la interpretación de los sonidos puede ser subjetiva y variar según la experiencia del profesional de la salud. La incorporación de tecnologías de simulación médica puede ser beneficiosa para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de auscultación y mejorar la precisión en el diagnóstico de enfermedades mediante sonidos corporales.

Las medidas de bioseguridad implementadas en las casas de salud, ha desencadenado que los estudiantes sanitarios realicen rotaciones poco frecuentes en los hospitales a nivel nacional, lo que imposibilita que puedan practicar e identificar los diferentes sonidos corporales en pacientes reales, lo que da como resultado la falta de pericia en el reconocimiento de los mismos.

En las Instituciones de Educación Superior existe una falta de metodologías innovadoras de aprendizaje en las carreras de la salud, que permitan la práctica segura y fiable de procedimientos como la auscultación cardíaca, pulmonar y abdominal de manera que los estudiantes puedan adquirir destrezas diagnósticas.

La exploración cardíaca es una competencia clínica fundamental que requiere la exposición o entrenamiento continuo. La baja disponibilidad y accesibilidad de pacientes con patología cardíaca constituye una barrera para adquirir esta competencia. Se ha documentado inadecuadas habilidades de auscultación cardíaca en estudiantes de

medicina, residentes y médicos graduados [2], estos aspectos deben tenerse en cuenta para desarrollar un sistema que permita la simulación de estos sonidos.

En Ecuador existen pocos equipos que permiten a los estudiantes de la salud aprender sobre la auscultación, ya que su precio es elevado debido a los aranceles de importación. Además, existe poco personal entrenado para el manejo de éstos. Por lo cual los docentes prefieren una metodología de enseñanza tradicional.

1.3 Justificación

Se propone diseñar e implementar un sistema de simulación de sonidos cardiacos, pulmonares e intestinales en un maniquí controlado con una aplicación de manera interactiva instructor-estudiante, en el campo educativo. Está enfocado en un sistema que utiliza y reproduce sonidos de una base de datos, mismos que con indicaciones e instrucciones programadas en la aplicación, se pueden activar a través de un enlace inalámbrico con el maniquí, lo que permitirá al estudiante ir reconociendo los sonidos corporales sin necesidad de tener un paciente real y ejecutar innumerables prácticas, para alcanzar la destreza necesaria que le permitirá realizar una valoración correcta y un diagnóstico acertado [3].

Por esta razón se plantea desarrollar la simulación de sonidos cardiacos, pulmonares e intestinales para un maniquí que permita recrear escenarios médicos en relación con los sonidos corporales del ser humano [4], además de implementar herramientas de evaluación para verificar los resultados y demostrar el progreso académico de los estudiantes, brindando un innovador sistema de auscultación, que permite la práctica en innumerables ocasiones, perfeccionando así el aprendizaje y la habilidad diagnóstica.

Es importante favorecer la práctica clínica mediante la simulación de sonidos y aclarar las dudas al reproducirlos tanto a nivel cardiaco, pulmonar como abdominal, con sus diferentes patologías, de una manera interactiva, amigable y de fácil manejo con el simulador [5]. De esta forma capacitar al alumno en el reconocimiento e identificación de los sonidos fisiológicos y patológicos. Adicional, con este método se desea ir corrigiendo errores en el uso del instrumento llamado estetoscopio de uso rutinario para la valoración de los pulmones, el corazón e intestinos de una persona.

Se plantea el uso de herramientas de evaluación que permitan correlacionar la práctica de la auscultación cardiaca, pulmonar e intestinal con la fisiología y anatomía del cuerpo

humano, donde el estudiante podrá capacitarse identificando y verificando si los sonidos cardiopulmonares son normales o es una patología, para lo cual la aplicación presentará indicadores que permitirán ver resultados del proceso de aprendizaje y demostrar cómo el estudiante se está preparando para una auscultación en pacientes reales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseño e implementación de un sistema de simulación de sonidos cardiacos, pulmonares y abdominales, los cuales son controlados con una aplicación Android, la cual se conecta inalámbricamente y permite reproducir sonidos de manera interactiva mediante hardware de bajo costo y software libre, orientada a la formación educacional en el área de la salud.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Relacionar las características fisiológicas humanas para seleccionar los dispositivos electrónicos y elementos a utilizarse en el diseño del sistema de simulación dentro del maniquí para reproducir los sonidos cardiacos, pulmonares e intestinales.
2. Diseñar el circuito electrónico para reproducir los registros e instrucciones programadas, seguidamente controlar los sonidos, finalmente reproducirlas.
3. Implementar la conexión inalámbrica que proporcione una correcta comunicación entre el maniquí y la aplicación para el enlace de información
4. Desarrollar la aplicación en APK con las herramientas de evaluación, para poder interactuar o practicar las veces posibles que desee el individuo, para que la auscultación sea más acertada en la práctica con pacientes reales, como es el modo estudiante y modo evaluador.
5. Verificar el correcto funcionamiento del sistema de simulación, mediante un manual de mantenimiento preventivo y de uso, de acuerdo con los parámetros de diseño.

1.5 Metodología

La metodología general de investigación a utilizar es la propia de las ciencias experimentales, la cual comprende cinco fases:

- a) Fase Teórica.

Se realizará una recopilación de información de diferentes fuentes bibliográficas, acerca de la anatomía, fisiología y base de datos de sonidos corporales del cuerpo humano, seleccionando los sonidos cardiacos, pulmonares intestinales más comunes en la práctica como arritmias y estenosis e insuficiencias valvulares, llegando a una correlación con la fisiología humana para lo cual estos sonidos se reproducirán de manera continua, donde los estudiantes responderán tal como lo harían en la realidad, debiendo articularse con la filosofía y necesidades de los programas de biomedicina.

b) Fase de diseño.

El sistema de simulación de sonidos cardiacos, pulmonares e intestinales en un maniquí controlado con una aplicación se implementará en un maniquí de latex realista, que simula un torso de un paciente adulto masculino en el cual se puede identificar: las costillas, el esternón y los espacios intercostales, esto brindará una experiencia realista a las estudiantes, ya que en base a estas guías anatómicas se podrá identificar los focos de auscultación cardiaca, pulmonar e intestinal, Además, se diseñará los diferentes diagramas de elementos para el sistema de simulación de acuerdo a los dispositivos eléctricos y electrónicos junto con el módulo de programación donde se acondicionará la base de datos de acuerdo a la clasificación de los sonidos corporales del ser humano, para luego reproducirlos mediante los mini parlantes ubicados en diferentes focos de auscultación ya sea en la parte cardiaca, pulmonar y abdominal con un acoplamiento acústico de alta fidelidad que permita recrear la fisiología humana. Así también, el desarrollo de la aplicación Android donde se programe las diferentes instrucciones como cambiar uno o varios sonidos mientras los otros se mantienen normales, de esta manera se puede controlar dichas indicaciones realizadas por el estudiante.

c) Fase de Implementación.

Se implementará el hardware y el software de bajo costo para abaratar valores en este tipo de simuladores, a diferencia de los valores exuberantes en el mercado local y nacional, los cuales con indicaciones e instrucciones programadas en la aplicación androide, se establece un enlace inalámbrico con el maniquí el cual va a reproducir los sonidos, lo que permitirá al estudiante ir reconociendo los sonidos corporales del ser humano sin necesidad de tener un paciente real y realizar innumerables prácticas para conseguir más pericia como destreza, y en lo futuro realizar una valoración correcta y un diagnóstico acertado.

d) Fase de evaluación

Se considera a la simulación como una representación cercana a la realidad de problemas de salud, en escenarios controlados mediante la aplicación donde los participantes deben responder a dichos sonidos tal como lo harían en la realidad, habiéndose demostrado que se producen efectos importantes y sostenidos sobre la adquisición. El proceso educativo del empleo de la simulación se debe complementar con estrategias de retroalimentación, individualización e incorporación curricular que se articulen con la filosofía y necesidades de los programas de biomedicina y a la vez se correlacionará con el comportamiento anatómico de un cuerpo humano.

e) Fase de funcionamiento.

Se pondrá en operación el sistema de simulación con los sonidos mediante las instrucciones e indicaciones creadas en la aplicación, tal como es el modo estudiante y modo evaluador, cumpliendo con el objetivo para lo cual fue diseñado el sistema.

1.6 Alcance

Diseñar e implementar un sistema de simulación de sonidos cardiacos, pulmonares y abdominales, los cuales están controlados mediante una aplicación Android desde un dispositivo celular, generando una alternativa para que los practicantes de la salud los cuales puedan practicar e irse familiarizando en el aprendizaje de la auscultación, al mismo tiempo les permite comprender la correlación y distinción entre los sonidos de los diferentes órganos humanos antes mencionados.

CAPÍTULO 2

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Simulación conceptos básicos

La simulación es una herramienta valiosa que se utiliza en diversos campos, incluida la medicina, para representar o describir sistemas y situaciones de interés. Los tres tipos de modelos de simulación (icónico, analógico y analítico) son enfoques diferentes para representar la realidad de una manera que permita comprender, predecir y controlar sistemas complejos.

En el contexto de la simulación médica, se utiliza para recrear escenarios hospitalarios y situaciones clínicas que los estudiantes de medicina y profesionales de la salud pueden enfrentar en la práctica real. Esta metodología proporciona una oportunidad única para que los estudiantes practiquen y mejoren sus habilidades clínicas y quirúrgicas en un entorno seguro y controlado [6].

Al involucrar a estudiantes en situaciones simuladas con equipos especiales, se les brinda la oportunidad de adquirir experiencia práctica sin poner en riesgo la salud de los pacientes reales. Además, pueden enfrentar complicaciones y desafíos clínicos de manera segura, lo que les ayuda a desarrollar confianza y competencia antes de enfrentar situaciones del mundo real.

En general, la simulación médica es una herramienta valiosa en la formación y el desarrollo de profesionales de la salud, ya que les permite aplicar sus conocimientos teóricos en situaciones prácticas y adquirir habilidades clínicas esenciales para brindar atención de calidad a los pacientes.

2.1.1 Recuento histórico del desarrollo de simulación

La evolución de los simuladores médicos es muy informativa y destaca cómo esta tecnología ha avanzado a lo largo del tiempo para convertirse en una herramienta esencial en la formación y el entrenamiento de profesionales de la salud.

En relación a las etapas, es posible distinguir tres períodos:

1. **Los precursores (décadas de 1920 a 1960):** En este período temprano, los simuladores se originaron en la aviación, específicamente con simuladores de vuelo para pilotos. Uno de los primeros ejemplos fue el "E-link" desarrollado por el ingeniero Edwin Albert Link [7], que permitía a los estudiantes practicar el uso de la radio para comunicarse con la torre de control. Aunque estos simuladores se utilizaron principalmente en la aviación, también se exploraron aplicaciones en el ámbito militar y médico.
2. **Los pioneros (décadas de 1960 a 1980):** Durante esta época, figuras como Asmund Laerdal, un médico anesthesiólogo y fabricante de juguetes, desempeñaron un papel fundamental en la evolución de los simuladores médicos. Laerdal desarrolló el primer maniquí de reanimación cardiopulmonar de bajo costo, conocido como "Pequeña Anne" [8]. en colaboración con su hija. Estos simuladores comenzaron a manifestar características anatómicas y eventos fisiológicos de manera más realista.
3. **Las dos últimas décadas (finales de los años 80 hasta la actualidad):** En esta etapa más reciente, la simulación médica se ha consolidado como una parte esencial de la formación en el ámbito clínico. Se ha producido una expansión significativa en la variedad de simuladores disponibles, incluidos aquellos diseñados para tareas específicas quirúrgicas, diagnósticas y procedimientos. Esta expansión ha sido impulsada por avances tecnológicos que permiten la reproducción más precisa de características anatómicas, ruidos respiratorios y cardiacos, así como respuestas fisiológicas en tiempo real. Además, la simulación se ha convertido en una herramienta valiosa para el aprendizaje y la evaluación de habilidades clínicas en diversas disciplinas médicas.

En conjunto, estos tres períodos ilustran cómo los simuladores médicos han evolucionado desde sus inicios en la aviación hasta convertirse en una parte integral de la educación y la capacitación en el campo de la salud, ayudando a los profesionales a adquirir y perfeccionar habilidades clínicas vitales de manera segura y efectiva.

2.1.2 Tipos de Simuladores

La clasificación de los simuladores según su fidelidad es una forma útil de comprender la tecnología y las capacidades de estos dispositivos en el campo de la simulación

médica. Aquí [8], se resume cada categoría de fidelidad y se proporcionan ejemplos de simuladores en cada una:

2.1.2.1 Baja fidelidad

Los simuladores de baja fidelidad de un segmento anatómico son dispositivos simples que carecen de componentes electrónicos avanzados, estos solamente tienen partes anatómicas como un brazo para aprender a canalizar o una cabeza para aprender a intubar, en los cuales se practican ciertos procedimientos y algunas maniobras tanto invasivas como no invasivas. Se utilizan principalmente para desarrollar habilidades motrices y básicas en procedimientos médicos simples. Prácticas como exploración ginecológica, aplicación de inyecciones intramusculares o intravenosas o toma de presión arterial. Ejemplo: Brazo de Punción Intramuscular (IM).



Figura 2.1 Brazo de Punción Intramuscular (IM).

2.1.2.2 Media fidelidad o Mediana fidelidad

Los simuladores de mediana fidelidad son mecánicos, pero incorporan elementos electrónicos o neumáticos básicos para reproducir parámetros fisiológicos que combina el uso de una parte anatómica con computadoras que permiten manejar ciertas variables. A menudo, se utilizan para entrenar habilidades de auscultación y pueden generar sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales. Un ejemplo es el simulador de ruidos cardíacos, en un fantoma de torso humano que tiene la capacidad de simular los ruidos cardíacos de enfermedades del corazón o de pulmón para que los médicos puedan reconocerlos.



Figura 2.2 Torso de Auscultación

2.1.2.3 Alta fidelidad

Los simuladores de alta fidelidad son los más avanzados y complejos. En otra perspectiva son robots de cuerpo completo que son capaces de simular la fisiología real de un ser humano y sus variables hemodinámicas, combina elementos electrónicos, neumáticos, hidráulicos y software para recrear parámetros fisiológicos de manera muy realista. Estos simuladores brindan una experiencia cercana a la realidad y se utilizan para entrenar con una amplia variedad de habilidades médicas. Ejemplo: SimMan 3G Plus [9].



Figura 2.3 SimMan 3G

Cada nivel de fidelidad tiene sus propias ventajas y desventajas. Los simuladores de baja fidelidad son asequibles y útiles para habilidades básicas, mientras que los simuladores de alta fidelidad brindan una experiencia extremadamente realista, pero pueden requerir personal especializado para su operación.

Adicional, existe otra clasificación basada en cinco niveles tecnológicos que describen las herramientas y técnicas educativas utilizadas en simulación médica, que van desde simulaciones escritas hasta simuladores de pacientes de alta fidelidad. Estos niveles permiten abordar diferentes habilidades y competencias en el entorno de aprendizaje médico, según la (Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Tipos de metodologías de simulación. (Adaptado de Alinier, Medical Teacher, 2007) [1]

	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Técnica de simulación	Simulaciones escritas	Simuladores de baja fidelidad maniquíes básicos	Simuladores de pantallas computacionales	Pacientes estandarizados	Simuladores de Fidelidad intermedia y maniquíes de tamaño real no totalmente interactivos	Simuladores de alta fidelidad y maniquíes de tamaño real totalmente interactivos
Habilidades que se logran	Habilidades Cognitivas pasivas	Habilidades Psicomotoras	Habilidades cognitivas interactivas	Habilidades psicomotoras, cognitivas e interpersonales	Habilidades parcialmente interactivas, psicomotoras, cognitivas e interpersonales	Habilidades interactivas, psicomotoras, cognitivas e interpersonales
Uso habitual	Manejo y diagnóstico de pacientes Evaluación	Práctica de habilidades	Manejo Clínico de Habilidades Cognitivas	Realización de examen físico, diagnóstico de manejo de pacientes desarrollo de habilidades interpersonales	Entrenamientos en procedimientos Entrenamiento de un simulador "full-scale"	Entrenamiento en situaciones Clínicas realistas y complejas, simulación de procedimientos avanzados

2.1.3 Maniquíes de entrenamiento y simuladores

Se utilizan principalmente con el propósito de fomentar la capacitación de profesionales de la salud a través de la simulación clínica en todas sus variantes. El objetivo principal de esta práctica es garantizar que no se ponga en peligro la vida de los pacientes reales mientras se forma a los estudiantes. Además, busca revitalizar y mejorar las metodologías de enseñanza y la asistencia brindada a los estudiantes, incorporando

enfoques pedagógicos en las funciones de enseñanza e investigación, para lo cual se extrae algunos ejemplos:

2.1.3.1 Simuladores de parto Noelle S575.100

La simulación obstétrica avanzada se encarga de entrenar tanto a estudiantes como al personal de salud en una amplia gama de procedimientos y situaciones relacionadas con la obstetricia. Esto incluye prácticas de parto y alumbramiento [10], administración de anestесias epidurales, técnicas de palpación fetal realistas, la simulación de contracciones palpables, el manejo de distocias, la práctica de cesáreas utilizando instrumentos quirúrgicos auténticos, la representación de un canal de parto realista, puntos de referencia en la pelvis, procedimientos de reparación quirúrgica de episiotomías, el alumbramiento realista de neonatos, la simulación de alumbramiento automatizado, la asistencia en el parto, la resolución de situaciones de distocia de hombros, el parto de nalgas, la simulación de la placenta, la atención posparto, la evaluación del paciente, registros repetibles de eventos en tiempo real, el uso de dispositivos médicos reales como monitores fetales y maternos interactivos, monitores de signos vitales, controles tridimensionales, la representación de la rotación fetal, el control del progreso del parto y la curva de descenso, y la monitorización perinatal.



Figura 2.4 Simuladores de enfermería

2.1.3.2 Simulador de paciente para cuidado neonatal Newborn Hal

El simulador avanzado de recién nacidos es un dispositivo completamente inalámbrico que permite la simulación de diversos escenarios médicos. Este simulador es altamente portátil y puede ser utilizado para reproducir situaciones en unidades de cuidados intensivos neonatales (UCI) [11], salas de emergencia y salas de parto.

El simulador puede ser utilizado para practicar la intubación, tanto nasal como oral, y está equipado con sensores que detectan la colocación correcta del tubo endotraqueal. Además, incorpora múltiples sonidos respiratorios que están sincronizados con los movimientos de los brazos del bebé simulado, e incluso puede simular convulsiones. Permite controlar la frecuencia respiratoria y supervisar el movimiento del tórax durante la ventilación. En caso de una intubación incorrecta, el simulador emite ruidos respiratorios audibles a través del estetoscopio en diferentes áreas de los pulmones, proporcionando información sobre la ubicación del problema

Este simulador también permite la práctica de la ventilación asistida con soporte mecánico y la simulación de movimientos unilaterales del tórax (derecho o izquierdo). Ofrece una variedad de sonidos cardíacos que varían en frecuencia e intensidad, y permite la medición y seguimiento de las compresiones torácicas. Además, es capaz de simular la toma de presión arterial en ambos brazos mediante palpación o auscultación, y presenta pulsos umbilicales y braquiales continuos que se sincronizan con la presión arterial y el electrocardiograma (ECG).



Figura 2.5 Simulador neonatal

2.1.3.3 Simulador integrado Simman 3g

El Simman 3G es un avanzado sistema de simulación de pacientes diseñado para entrenamiento en soporte vital, tanto en niveles básicos como avanzados, en el entorno de la simulación clínica. Este sistema permite al instructor evaluar con precisión las habilidades de cada estudiante [11], tanto de manera individual como en grupo, a través de situaciones clínicas realistas. El simulador Simman 3G posibilita la observación y el reconocimiento de la mayoría de las constantes vitales del paciente mediante la interacción directa con el simulador y la observación del estado del mismo

Algunas de las características clave de este simulador incluyen su capacidad para funcionar de manera inalámbrica y autónoma, utilizando fuentes de energía interna eléctrica y neumática. Además, es capaz de simular una amplia gama de escenarios clínicos, incluyendo el reconocimiento de medicamentos, convulsiones, secreciones, sangrado, heridas, signos oculares, acceso vascular, descompresión torácica, drenaje torácico, reanimación cardiopulmonar (RCP), monitorización inalámbrica, intubación con tubo endotraqueal, intubación retrógrada, intubación con fibra óptica, ventilación jet transtraqueal, cricotirotomía con aguja, cricotirotomía quirúrgica y distensibilidad pulmonar variable. Además, el simulador incluye la reproducción de sonidos cardíacos en cuatro ubicaciones diferentes y permite el control del ritmo cardíaco a través de un electrocardiograma (ECG).



Figura 2.6 Simulador integrado

2.1.3.4 Simulador de laparoscopia sistema de entrenamiento LAP Mentor III

Este simulador virtual brinda a los profesionales médicos la oportunidad de experimentar de manera realista la práctica de cirugía mínimamente invasiva (MIS) y otros procedimientos de intervención [9], con un riesgo mínimo para el paciente. Esta tecnología de vanguardia ofrece a los cirujanos y especialistas en intervenciones una plataforma sólida para adquirir y perfeccionar las habilidades esenciales que aseguran la eficacia de los procedimientos y la obtención de resultados de alta calidad.

Entre sus características destacadas se encuentra que es el único simulador de realidad virtual diseñado para abordar procedimientos tanto básicos como avanzados de laparoscopia. Además, ofrece contenido educativo que incluye mapas de anatomía en 3D, material de vídeo didáctico y guías paso a paso para procedimientos. Este simulador laparoscópico está completamente integrado en línea y se caracteriza por su robustez y diseño ergonómico. Esto permite la práctica de habilidades fundamentales en laparoscopia, incluyendo procedimientos como apendectomías, reparación de hernias incisionales, cirugía de bypass gástrico, procedimientos de ginecología tanto básicos como avanzados, e hysterectomías.



Figura 2.7 Simulador de laparoscopia

2.1.3.5 Maniquí de auscultación de alta fidelidad Sam II

Este equipo de entrenamiento se utiliza para la práctica de la auscultación de diversos sonidos médicos, como los cardíacos, pulmonares, intestinales, soplos y sonidos peristálticos. Sus características permiten que la auscultación se realice en las ubicaciones anatómicas apropiadas. Además, posibilita la identificación de al menos 21 sonidos respiratorios distintos, que incluyen ejemplos como egofonía, crepitaciones, neumonía, asma, estertores, enfisema, broncofonía, entre otros [9]. permite la auscultación de hasta 20 ruidos peristálticos en los cuadrantes abdominales superiores derecho e izquierdo. En la parte superior del cuello, con el pulso carotideo, facilita la identificación del inicio del primer sonido cardíaco y el comienzo de la sístole. Además, este equipo incluye una PC portátil con una guía de uso para cada tipo de sonido y ofrece ilustraciones fonocardiográficas para referencia.

Este maniquí tiene la capacidad de detectar sonidos cardíacos completos que pueden ser palpados, así como la identificación de sonidos de soplos en el cuello y en áreas como la aórtica, pulmonar, tricúspide y mitral. También es posible realizar la auscultación utilizando un estetoscopio estándar o mediante un sistema de auscultación infrarroja.



Figura 2.8 Maniquí de auscultación

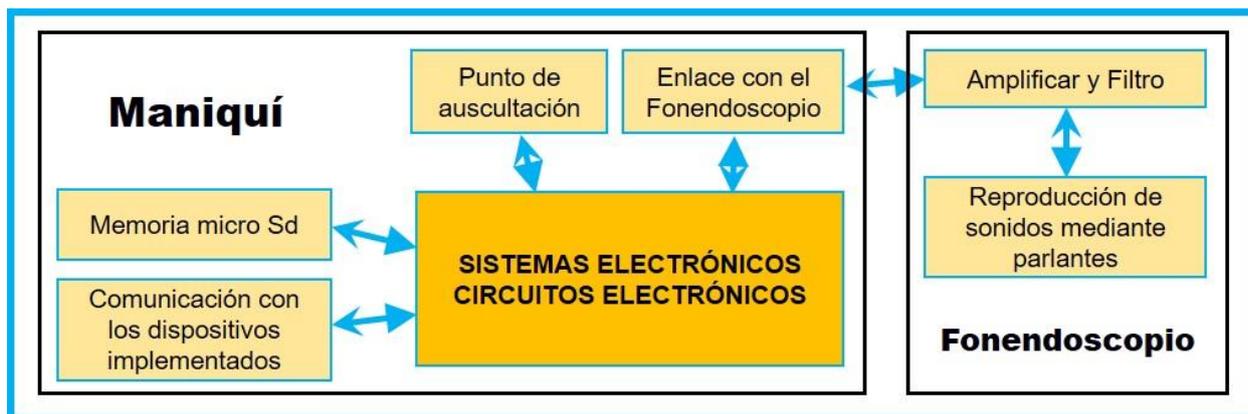


Figura 2.10 Diagrama de bloques que sintetiza al funcionamiento de un emulador [13]

2.1.5 La simulación como estrategia de enseñanza.

La simulación clínica se describe como una técnica que no se basa en la tecnología, sino que se utiliza para sustituir o reproducir experiencias reales de manera completamente interactiva. En las últimas décadas, su uso ha experimentado un crecimiento significativo, tanto como una herramienta de aprendizaje como de evaluación para los estudiantes. Un ejemplo de su importancia es que la simulación se ha convertido en una parte integral de los planes de estudio en la educación médica en otros países. En algunas ocasiones, se ha mencionado como una necesidad esencial o un imperativo ético en el ámbito clínico [2].

En el campo de la medicina, la simulación se utiliza para recrear prácticas clínicas reales a través de escenarios cuidadosamente diseñados y controlados. La simulación ofrece un entorno ideal para la educación, ya que las actividades se pueden planificar de manera que sean predecibles, consistentes, estandarizadas, seguras y reproducibles. A pesar de que en nuestro país muchas instituciones han utilizado la simulación durante años, su integración formal en los planes de estudio de las Escuelas de Medicina está comenzando ahora. El objetivo es familiarizar a la comunidad médica con esta herramienta educativa en crecimiento y proporcionar una visión realista de cómo se ha implementado en la práctica.

2.1.6 Estudio de verificación y validación de simulación.

El proceso de verificación y validación en la creación de modelos de simulación se lleva a cabo durante el desarrollo de un modelo con el objetivo final de producir un modelo

que sea lo más preciso y creíble posible. Estos modelos se utilizan principalmente para resolver problemas y respaldar la toma de decisiones [14].

Los modelos de simulación son representaciones cercanas, pero no exactas, de sistemas del mundo real. Debido a esta diferencia, es necesario verificar y validar un modelo hasta el grado necesario para cumplir con los propósitos o aplicaciones específicos definidos en los requisitos de cada proyecto.

El estudio de verificación y validación de un modelo de simulación comienza después de que se hayan documentado las especificaciones y características funcionales y se haya desarrollado la parte inicial del modelo.

2.1.6.1 Verificación

Dentro del contexto de la simulación por computadora, la verificación de un modelo de sistema se refiere al proceso de confirmar que la implementación del modelo es correcta en relación con el modelo conceptual y cumple con las especificaciones aceptables. El propósito principal de la verificación es identificar y corregir errores en la implementación del modelo. Para lograr esto, se emplean diversos métodos y técnicas que garantizan que el modelo se ajuste a las especificaciones y suposiciones previas [14].

El objetivo fundamental de la verificación del modelo es asegurar que la implementación del modelo sea precisa y libre de errores. Existen múltiples técnicas que pueden utilizarse para llevar a cabo la verificación de un modelo, como la creación de diagramas de flujo lógicos que representen todas las posibles acciones desde una perspectiva lógica. Muchas de las técnicas de verificación de software utilizadas en ingeniería de software se aplican también en el contexto de la verificación de modelos de simulación.

2.1.6.2 Validación

La validación tiene como propósito verificar la precisión con la que el modelo representa el sistema real. Para que un modelo de simulación sea válido, debe ser capaz de representar el sistema real dentro de su dominio con un grado de precisión satisfactorio, lo que significa que debe ser coherente con la aplicación prevista del modelo. El modelo debe diseñarse específicamente para un propósito particular o un conjunto de objetivos, y su validez se debe determinar en función de ese propósito específico [14].

Existen varias formas de llevar a cabo la validación de un modelo de computadora, y estas metodologías varían desde evaluaciones subjetivas hasta pruebas estadísticas

objetivas. Un enfoque comúnmente seguido en la validación de modelos, propuesto por Naylor y Finger en 1967, consta de tres pasos:

Paso 1: Construir un modelo que tenga una alta validez facial, es decir, que sea coherente y parezca representar adecuadamente el sistema real.

Paso 2: Validar las suposiciones hechas por el modelo, asegurándose de que sean válidas y precisas en el contexto del sistema real.

Paso 3: Comparar las transformaciones de entrada y salida del modelo con las transformaciones correspondientes del sistema real para evaluar la concordancia entre ambos.

2.1.7 Ventajas de aprendizaje con la simulación

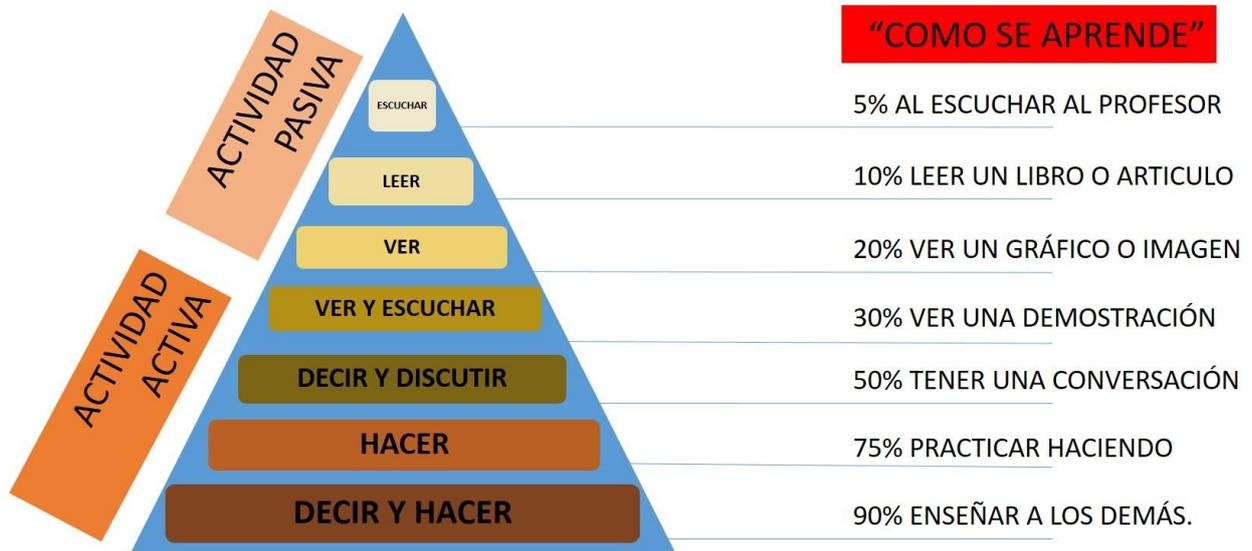
Tabla 2.2 Ventajas y desventajas del aprendizaje a través de simulaciones:

VENTAJAS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de ajustar el ritmo de aprendizaje según las necesidades del alumno • Supervisión detallada del progreso • Evaluación precisa de la competencia Mejora la seguridad de los participantes • Experiencia inmersiva, interactiva y competitiva • Capacidad de prever eventos futuros • Aceleración del proceso de aprendizaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos elevados en material y recursos. • Diferencias entre la simulación y la realidad profesional. • Posibilidad de sentir ansiedad al percibirse observado. • Falta de participación activa en algunos casos. • Posibilidad de averías durante el proceso de simulación. • Limitaciones en cuanto a realismo.

En ocasiones, para llevar a cabo simulaciones, se hace necesario utilizar maniqués de alta tecnología que suelen ser bastante costosos [15]. Sin embargo, es importante comprender que la necesidad de tales recursos es relativa y no necesariamente refleja la realidad. La simulación puede llevarse a cabo utilizando una variedad de elementos, y todo dependerá de los objetivos específicos y las habilidades que se deseen entrenar.

En cuanto al aprendizaje, las estrategias que se enfocan en problemas son fundamentales en esta materia. Edgar Dale, en su modelo de la Pirámide [16], presenta una representación de cómo los adultos aprenden y retienen información.

PIRÁMIDE DE APRENDIZAJE DE EDGAR DALE



Hablar, preguntar, repetir, nombrar, numerar, reproducir debatir, definir.

Figura 2.11 Pirámide de Dale

La simulación clínica y sobre todo el debriefing o análisis en lo posterior, el cual aumenta la curva de aprendizaje, disminuyendo el tiempo que el alumno tarda en aprender [11].

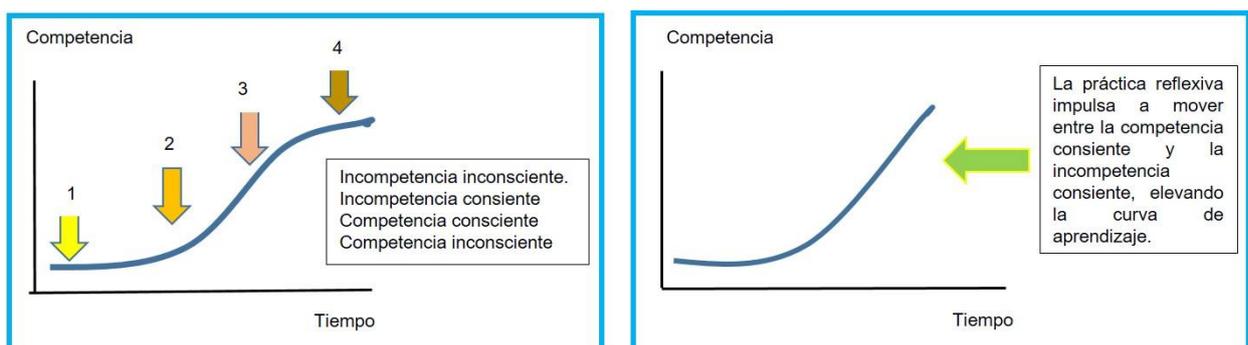


Figura 2.12 Indica el porqué de la simulación en la formación continua de los profesionales de la salud.

2.2 Auscultación sus orígenes.

El descubrimiento de la auscultación y la invención del estetoscopio en el inicio del siglo XIX por René Laennec revolucionaron el diagnóstico de enfermedades del tórax,

incluyendo los pulmones y el corazón. Este método de exploración [17], permitió identificar fácilmente una serie de condiciones patológicas que previamente eran difíciles de reconocer. Con el tiempo, el estetoscopio evolucionó hasta convertirse en el dispositivo que conocemos hoy en día, desempeñando un papel fundamental en la práctica médica de auscultación [18]. Esta técnica implica la detección, a través del sentido del oído, de los fenómenos acústicos generados en el cuerpo, ya sea debido a la actividad cardíaca (auscultación cardiovascular), la entrada y salida de aire en el sistema respiratorio (auscultación pulmonar), el tránsito en el tracto digestivo (auscultación abdominal) o cualquier otro origen (como la auscultación fetal o articular, entre otros) [19].

2.2.1 Tipos de auscultación

Es esencial comprender los distintos métodos de auscultación, dado que cada uno de ellos se lleva a cabo de manera diferente. En este sentido, podemos identificar dos categorías principales de auscultación.

2.2.1.1 Auscultación inmediata

Se ejecuta al poner el oído en contacto directo con la superficie de la piel, por lo general utilizando únicamente una delgada capa de algodón o hilo como aislante, evitando en todo momento el uso de tejidos como la seda u otros que puedan generar sonidos no deseados [20].

2.2.1.2 Auscultación mediata

Se lleva a cabo utilizando un dispositivo llamado estetoscopio, que se coloca entre el oído y la superficie de la piel. Este instrumento se ajusta de manera adecuada tanto al conducto auditivo externo como a la piel de la región en cuestión. Los estetoscopios pueden ser de dos tipos: monoauriculares, utilizados, por ejemplo, en obstetricia para auscultar los latidos fetales, o biauriculares, que se emplean en la auscultación de diversas partes del cuerpo[18].

2.2.1.3 Auscultación cardíaca

Los sonidos del corazón son de corta duración y de naturaleza transitoria, y se originan debido al cierre y la apertura de las válvulas cardíacas [20]. Estos sonidos se pueden clasificar en dos tipos: los sistólicos y los diastólicos, como se ilustra en la Figura 2.10

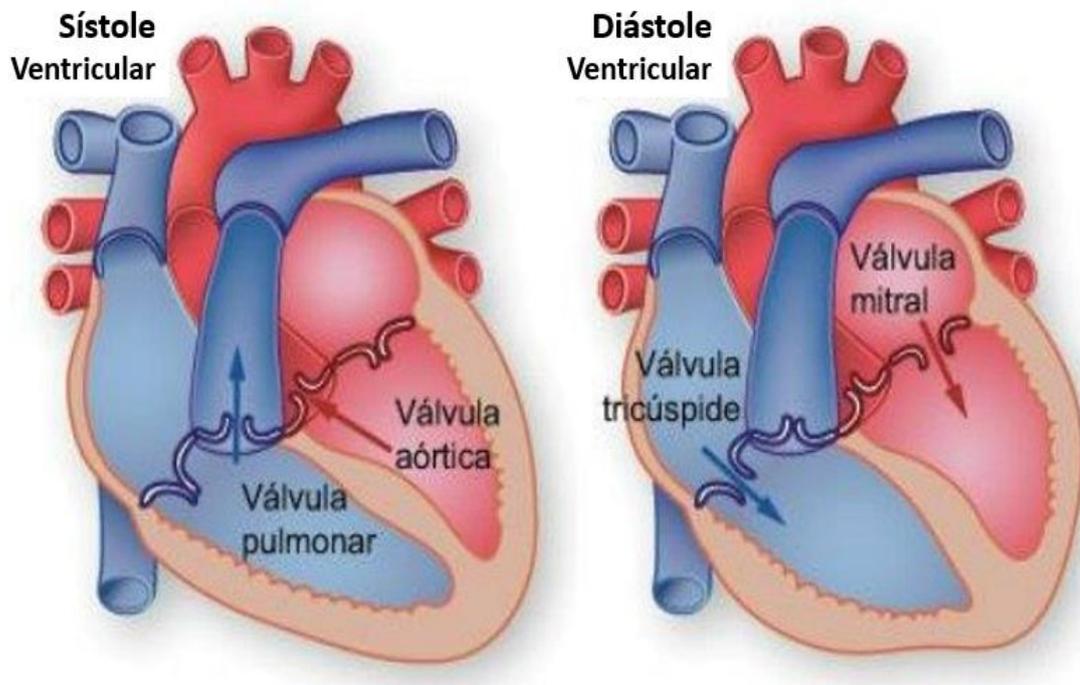


Figura 2.13 Sístole y diástole.

La sístole representa la fase en la que el corazón se contrae, impulsando la sangre hacia los vasos sanguíneos. Durante esta fase, la presión es elevada y se divide en dos etapas conocidas como sístole auricular y sístole ventricular. Por otro lado, la diástole es la fase de relajación, que permite que la sangre fluya hacia el corazón [21]. Los sonidos cardíacos se originan en estas dos fases debido a la apertura y cierre de las válvulas, siendo sonidos breves y temporales.

La Figura 2.14 muestra el diagrama de Wiggers, una herramienta creada por el Dr. Carl J. Wiggers en 1915, utilizada para comprender el ciclo cardíaco. El ciclo cardíaco es una secuencia de eventos mecánicos y eléctricos que se repiten en cada latido del corazón. Cada ciclo comienza con la generación de un potencial de acción en el nodo sinusal y la subsiguiente contracción de las aurículas, finalizando con la relajación de los ventrículos [22].

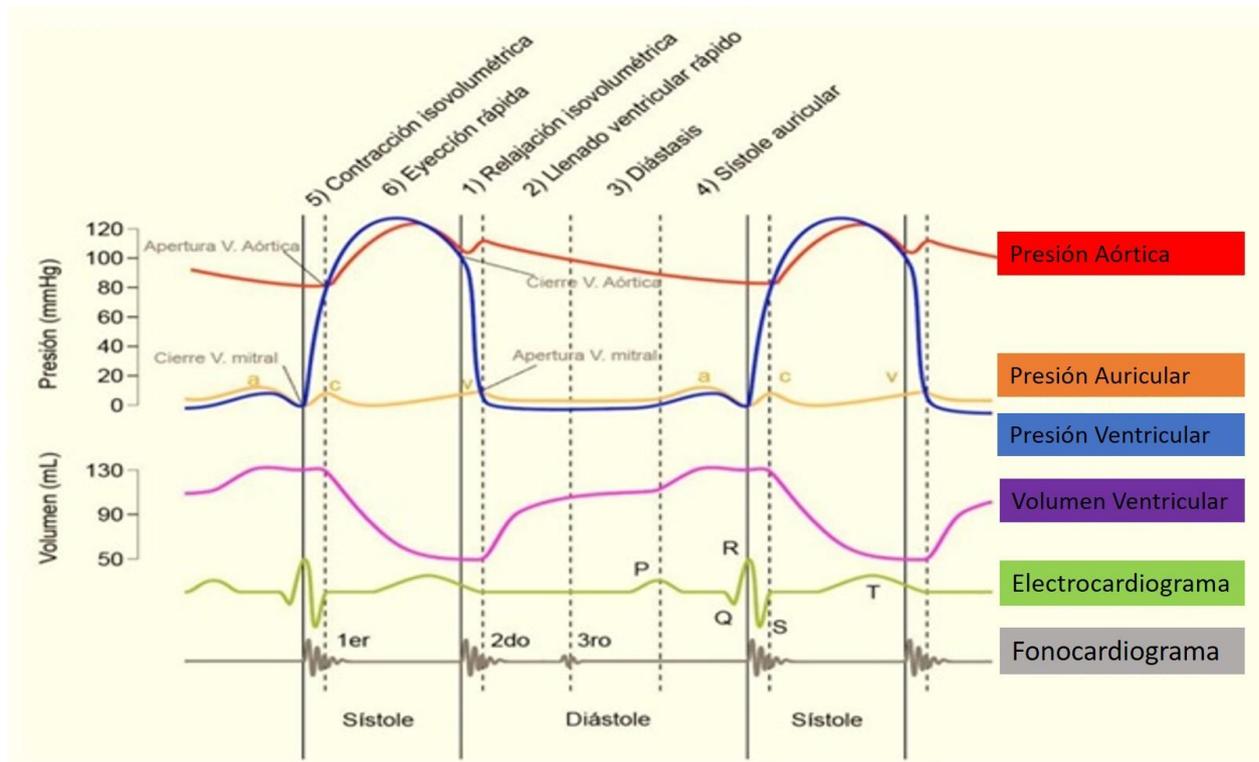


Figura 2.14 Diagrama de Wiggers tomada de[22].

Dentro del gráfico, las tres curvas superiores ilustran las variaciones de presión en la aorta, el ventrículo izquierdo y la aurícula izquierda, respectivamente. La cuarta curva representa las fluctuaciones en el volumen del ventrículo izquierdo, mientras que la quinta muestra un electrocardiograma y la sexta muestra un fonocardiograma. Este último es un registro de los sonidos generados por el corazón, principalmente por las válvulas cardíacas, durante su proceso de bombeo [12].

En el contexto de la auscultación, hay dos descubrimientos adicionales a destacar. El primero se refiere a los soplos, que resultan de la turbulencia en el flujo sanguíneo y tienen una duración mayor que los sonidos cardíacos; estos soplos pueden ser sistólicos, diastólicos o continuos. El segundo se relaciona con los roces, que son sonidos agudos y rugosos que a menudo contienen 2 o 3 componentes separados; a diferencia de lo que ocurre en un paciente con taquicardia, estos roces pueden ser casi ininterrumpidos.

2.2.2 Patologías comunes del sistema cardiovascular

Las enfermedades cardiovasculares son un grupo de afecciones que afectan al corazón y a los vasos sanguíneos, y estas condiciones se dividen en distintas categorías o tipos.

1. Hipertensión arterial

Esta es la enfermedad cardíaca más frecuente y ocurre cuando se acumulan depósitos de placa en las arterias que transportan la sangre al corazón. Cuando estas arterias se estrechan, el corazón no recibe suficiente oxígeno y sangre. Un estrechamiento grave puede provocar un ataque cardíaco. Con el tiempo, esta condición puede debilitar el músculo cardíaco, dando lugar a insuficiencia cardíaca o arritmias [12].

2. Cardiopatía coronaria

Se presenta cuando se acumulan depósitos de grasa en las paredes de las arterias coronarias, fenómeno conocido como aterosclerosis. En este proceso, la grasa y el colesterol en la sangre se acumulan en las arterias, formando una placa o ateroma. Esta placa puede impedir que el músculo cardíaco reciba suficiente sangre. Además, debido al flujo sanguíneo reducido y la superficie rugosa de la placa, a veces se forma un coágulo sanguíneo que bloquea la arteria [3].

3. Enfermedad vascular periférica

Esta enfermedad se desarrolla cuando los vasos sanguíneos fuera del corazón se estrechan, generalmente debido a la arterioesclerosis. En este proceso, la placa compuesta de grasa y colesterol se acumula en las paredes de las arterias que suministran sangre a las extremidades, como brazos y piernas. La placa estrecha u obstruye las arterias, lo que puede reducir o interrumpir el flujo sanguíneo, especialmente hacia las piernas [22].

4. Insuficiencia cardíaca

La insuficiencia cardíaca se produce cuando el corazón no puede bombear suficiente sangre para satisfacer las necesidades del cuerpo. Esto puede dar lugar a la acumulación de líquido en los pulmones, las piernas y otros tejidos del cuerpo [22].

5. Cardiopatía reumática

Esta condición provoca daño permanente en las válvulas del corazón y suele surgir después de una infección de garganta o amígdalas causada por estreptococos. La fiebre reumática es la respuesta del cuerpo a esta infección [22].

6. Cardiopatía congénita

Los defectos cardíacos congénitos son problemas en el corazón presentes desde el nacimiento, debido a un desarrollo anormal del corazón antes del nacimiento. Alrededor del uno por ciento de los bebés nacen con uno o más problemas en el corazón o en el sistema circulatorio [23].

7. Miocardiopatías.

Estas enfermedades afectan al músculo cardíaco y dificultan la capacidad del corazón para bombear sangre al resto del cuerpo. Existen varios tipos de miocardiopatías, como la miocardiopatía dilatada, hipertrófica y restrictiva [23].

2.2.3 Trastornos del ritmo cardíaco.

Se refieren a latidos cardíacos irregulares o anormales que resultan de una disrupción en el sistema de conducción eléctrica del corazón. Este sistema no solo coordina la contracción de las cámaras del corazón, sino que también regula su ritmo, que en condiciones normales oscila entre 60 y 100 latidos por minuto. Estos trastornos pueden ser causados por diversos factores ambientales y problemas de salud [23].

Entre los factores ambientales se incluyen:

- El consumo de tabaco.
- El abuso del alcohol.
- La utilización de ciertas sustancias, como la cocaína o las anfetaminas.
- El uso indebido de ciertos medicamentos, tanto recetados como de venta libre.
- El exceso de cafeína o nicotina.

Además, diversas afecciones del sistema cardiovascular, mencionadas anteriormente y otras, pueden dar lugar a trastornos del ritmo cardíaco.

Algunas de estas afecciones son:

- Enfermedad de las arterias coronarias.
- Insuficiencia cardíaca.
- Disfunción tiroidea, ya sea hipertiroidismo o hipotiroidismo.
- Enfermedad reumática del corazón (fiebre reumática).

Los trastornos del ritmo cardíaco se clasifican en varios tipos importantes:

- Taquicardia: Un ritmo cardíaco acelerado, con más de 100 latidos por minuto.
- Bradicardia: Un ritmo cardíaco lento, con menos de 60 latidos por minuto.
- Arritmias supraventriculares: Ritmos anormales que se originan en las cámaras superiores del corazón, es decir, las aurículas.
- Arritmias ventriculares: Arritmias que tienen su origen en las cámaras inferiores del corazón, los ventrículos.
- Bradiarritmias: Ritmos cardíacos lentos, generalmente causados por problemas en el sistema de conducción del corazón [24].

2.2.4 Arritmias cardíacas

Las arritmias son alteraciones en la frecuencia o el ritmo cardíaco. Cuando el corazón late de manera excesivamente rápida, se llama taquicardia, mientras que, si late de manera demasiado lenta, se denomina bradicardia. Existen varias razones que pueden dar lugar a la aparición de arritmias cardíacas, que incluyen enfermedades cardíacas isquémicas, el uso de medicamentos con o sin receta médica, anomalías cardíacas presentes desde el nacimiento y modificaciones en el sistema eléctrico del corazón debido al envejecimiento [23]. En muchos casos, la causa subyacente de las arritmias no se puede identificar.

2.2.5 Focos de auscultación cardíaca.

Existen cuatro áreas principales de auscultación cardíaca, y sus puntos clave son los siguientes:

- En el quinto espacio intercostal izquierdo a nivel de la línea medio claviclar, corresponde al foco que permite auscultar la válvula mitral (M).
- En el cuarto o quinto espacio intercostal izquierdo sobre la línea para-esternal izquierda, corresponde al foco que permite auscultar la válvula tricúspide (T).
- En el segundo espacio intercostal izquierdo sobre la línea para-esternal izquierda, corresponde al foco que permite auscultar la válvula pulmonar (PP).

- En el segundo espacio intercostal derecho sobre la línea para-esternal derecha, corresponde al foco que permite auscultar la válvula aórtica (Ao).

Para realizar la auscultación del corazón del paciente, se debe colocar en posición de decúbito supino y pedirle que respire de manera tranquila [25]. En caso necesario, se puede solicitar al paciente que contenga la respiración durante la inspiración o espiración, o que cambie su posición corporal. Cabe destacar que los soplos cardíacos en el lado derecho generalmente son más audibles durante la fase de inspiración.

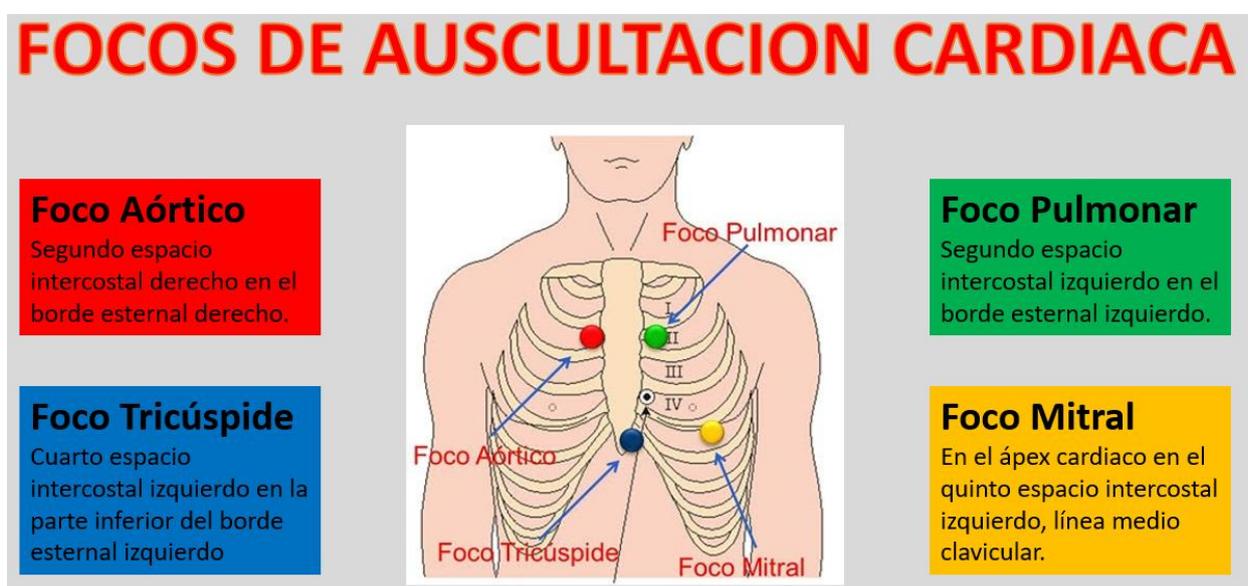


Figura 2.15 Focos de auscultación cardíaca

2.2.6 Auscultación pulmonar aparato respiratorio

Mediante la técnica de auscultación, es posible identificar diversos sonidos respiratorios generados por las estructuras pulmonares durante la respiración, generalmente localizados en la región torácica [26]. Existen varios tipos de sonidos pulmonares, siendo los más comunes los siguientes:

- **Estertores:** Estos se perciben durante la inhalación y se supone que se originan cuando el aire abre los espacios aéreos previamente cerrados. Los estertores pueden describirse de manera más específica como húmedos, secos, finos o roncos, manifestándose como pequeños ruidos chasqueantes, burbujeantes o estridentes en los pulmones.

- Roncus: Estos sonidos se asemejan a los ronquidos y ocurren cuando el paso de aire se encuentra obstaculizado o cuando el flujo de aire se torna rugoso en las vías respiratorias más amplias.
- Estridor: Por lo general, se generan debido a una obstrucción en el flujo de aire en la tráquea o en la parte posterior de la garganta. El estridor es similar a las sibilancias y se manifiesta como un ruido agudo que se percibe al respirar.
- Sibilancias: Estos sonidos son producidos por vías respiratorias estrechas y, en ocasiones, pueden escucharse sin necesidad de un estetoscopio, al igual que otros ruidos anormales [27]. En la figura 2.13 se puede ver la dirección del aire durante la respiración, señaladas con las flechas

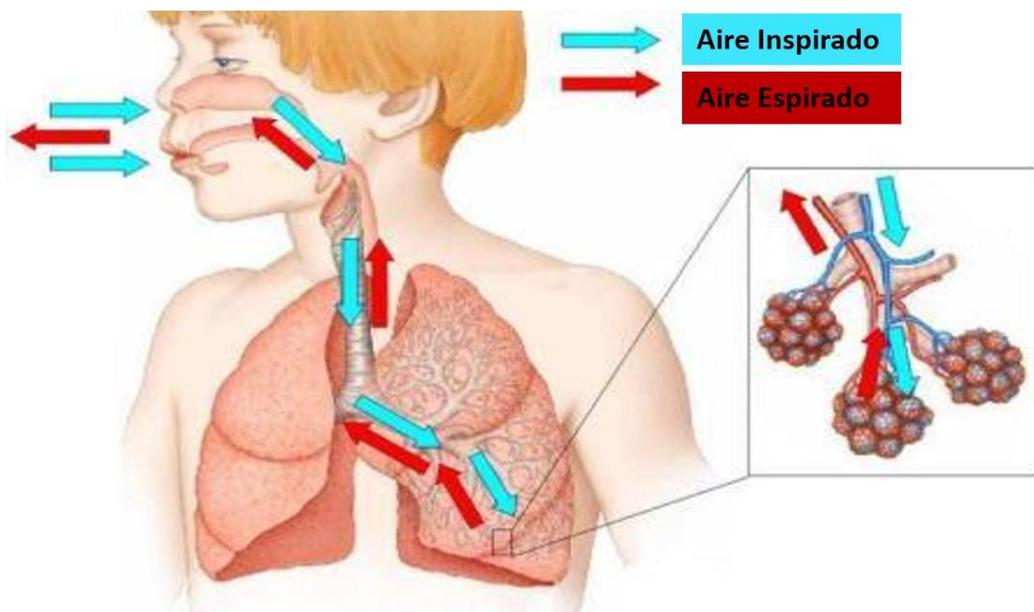


Figura 2.16 Respiración tomada de [28].

La ausencia de ruidos puede surgir de alguno de los siguientes factores:

- Presencia de aire o líquido en el espacio que rodea los pulmones, lo cual puede deberse a condiciones como neumonía, insuficiencia cardíaca o acumulación de líquido en la pleura [29].
- Aumento del espesor de la pared torácica.
- Exceso de inflado en una sección de los pulmones (esto puede ser provocado por el enfisema).
- Reducción del flujo de aire en una porción de los pulmones.

2.2.6.1 Patologías más comunes

Existen diversas condiciones médicas que afectan los pulmones y otras partes del sistema respiratorio, siendo las más habituales las siguientes:

1. Resfriado común o coriza: Este trastorno se caracteriza por la inflamación de las fosas nasales y se manifiesta a través de un goteo nasal claro, amarillo o incluso con rastros de sangre, a menudo acompañado de estornudos y congestión nasal [30].
2. Asma: Una enfermedad que conduce a la inflamación y estrechamiento de las vías respiratorias, dando lugar a síntomas como sibilancias, dificultad para respirar, opresión en el pecho y tos. El asma afecta a un porcentaje que oscila entre el 10% y el 24% de la población mundial, con un predominio en niños varones en la infancia (de 2 a 5 años) y en mujeres a partir de los 10 años en adelante [19].
3. Bronquitis: La inflamación de los conductos bronquiales, las vías que transportan el oxígeno hacia los pulmones, provoca una tos frecuentemente acompañada de mucosidad. Además, genera dificultad para respirar, jadeo y sensación de presión en el pecho. La bronquitis se divide en dos tipos: aguda y crónica. Mientras que la mayoría de los casos de bronquitis aguda mejora en pocos días, la tos puede persistir durante varias semanas tras la recuperación de la infección. Por otro lado, la bronquitis crónica suele estar relacionada con una prolongada exposición a irritantes que dañan los pulmones y las vías respiratorias.
4. Insuficiencia respiratoria: Esta condición se refiere a una situación en la que la sangre carece de suficiente oxígeno o acumula demasiado dióxido de carbono, a veces ambas problemáticas. Enfermedades que afectan la función respiratoria pueden ser la causa de la insuficiencia respiratoria, ya sea involucrando músculos, nervios, huesos o tejidos relacionados con la respiración, o afectando directamente los pulmones [31].
5. Tosferina: Una enfermedad bacteriana altamente contagiosa que provoca accesos de tos violenta e incontrolable, a menudo acompañada de un sonido "convulsivo" profundo al intentar inhalar [30].
6. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC): Se trata de una enfermedad pulmonar crónica caracterizada por la obstrucción del flujo de aire desde los pulmones. Los síntomas comprenden dificultad para respirar, tos, producción de

mucosidad (esputo) y silbidos al respirar. La EPOC suele ser causada por una exposición prolongada a gases o partículas irritantes, en su mayoría derivados del humo del tabaco [30].

7. COVID-19: La enfermedad infecciosa causada por el coronavirus, que emergió por primera vez en Wuhan, China, en diciembre de 2019. Alrededor de una de cada cinco personas infectadas con COVID-19 desarrolla síntomas graves, que incluyen dificultad para respirar, además de fiebre y fatiga. Otros síntomas menos comunes que pueden afectar a algunos pacientes abarcan dolores y molestias, congestión nasal, dolor de cabeza, conjuntivitis, dolor de garganta, diarrea, pérdida del gusto u olfato, así como erupciones cutáneas o cambios en el color de los dedos de las manos o los pies.

2.2.7 Auscultación abdominal

La auscultación del área abdominal se utiliza para evaluar los sonidos producidos por el movimiento intestinal y detectar posibles soplos vasculares. Esta fase se lleva a cabo antes de realizar la percusión y la palpación, ya que estas últimas acciones podrían interferir con la audición adecuada de los ruidos intestinales [32].

2.2.7.1 Inspección, Palpación, Percusión y Auscultación Abdominal en Urgencias

La valoración urgente del paciente con problemas gastrointestinales; son:

1 Inspección

Durante la inspección abdominal, una enfermera debe realizar las siguientes acciones:

- Examinar si hay hinchazón en el abdomen.
- Evaluar la presencia de ascitis.
- Observar cicatrices y antecedentes de cirugías previas.
- Detectar la posibilidad de evisceración.
- Identificar lesiones cutáneas superficiales en el abdomen o las costillas, tales como heridas, raspaduras, o hematomas.
- Evaluar la presencia de ictericia. Es importante destacar que la ictericia colestásica puede estar asociada directamente con problemas hepáticos, como cirrosis, o tener causas extrahepáticas, como colecistitis, pancreatitis o carcinoma [33].

2 Palpación

La palpación del abdomen, tanto en su nivel superficial como en el más profundo, se lleva a cabo de manera metódica y suave, utilizando manos tibias. Esta exploración comienza en la región más alejada de cualquier área dolorosa para evitar desencadenar contracciones musculares involuntarias en el paciente. Durante esta fase, se evalúa la firmeza del abdomen y se busca la existencia de masas. Algunas de las maniobras más reconocibles incluyen:

- Maniobra de Blumberg o signo del rebote: Este consiste en la aparición de dolor cuando se retira la mano bruscamente después de una palpación profunda en la zona dolorosa, indicando una posible inflamación de una víscera contra la pared abdominal. En el caso de sentir dolor en la fosa ilíaca derecha, es un signo muy sugerente de apendicitis aguda.
- Contractura abdominal involuntaria: Esta es una señal de irritación peritoneal. En casos de peritonitis generalizada, el dolor es difuso, y el abdomen puede estar rígido con una fuerte contracción muscular, dando lugar a lo que se conoce como "vientre en tabla".
- Signo de Murphy: Este signo es característico de la colecistitis aguda y se manifiesta como dolor durante la palpación profunda en el hipocondrio derecho, especialmente durante la inspiración.
- Signo de Rovsing: Consiste en la aparición de dolor en la fosa ilíaca derecha al presionar sobre la fosa ilíaca izquierda, también sugiere la posibilidad de apendicitis aguda.
- Signo de McBurney: Se refiere al punto más doloroso cuando el apéndice está afectado. Este punto se encuentra en el tercio externo de una línea recta trazada entre la espina ilíaca anterior derecha y el ombligo [33].

Además de estas maniobras, es esencial llevar a cabo una exploración genital y la evaluación sistemática de los orificios herniarios. No se debe olvidar buscar la presencia de pulsos femorales. Si se palpa una masa abdominal pulsátil dolorosa, esto puede sugerir un aneurisma de aorta abdominal. Asimismo, la presencia de una vejiga distendida suele ser dolorosa y puede resolverse fácilmente mediante un sondaje vesical.

3. Percusión

La técnica de percusión se emplea para evaluar las dimensiones y la densidad de los órganos abdominales, así como para identificar la posible existencia de fluidos (como la ascitis), aire (indicativo de distensión gástrica) y masas llenas de líquido o sólidas. Es importante mencionar que la percusión puede ser incómoda o dolorosa en situaciones de abdomen agudo.

El sonido predominante durante la percusión es el timpanismo, debido a la presencia de aire en el estómago e intestinos. Por otro lado, se escuchará un sonido de matidez sobre los órganos y las masas sólidas. Cuando hay distensión de la vejiga, se observará matidez en la zona suprapúbica [33].

4. Auscultación

La secuencia de evaluación comienza con la auscultación antes de llevar a cabo la percusión y la palpación.

- Durante la auscultación, se deben escuchar los sonidos intestinales y registrar su frecuencia y características. Por lo general, estos ruidos se presentan como chasquidos y burbujeos que surgen de manera irregular y suelen estar distribuidos en toda la región abdominal.
- Cuando se detectan ruidos intestinales prolongados y fuertes, se les llama borborignos o "rugido del estómago", y pueden manifestarse en casos de gastroenteritis, etapas iniciales de obstrucción intestinal y situaciones de hambre.
- Los sonidos de tintineo con tono elevado indican la presencia de líquido y aire bajo presión en el intestino, como se observa en las primeras etapas de una obstrucción.
- En casos de peritonitis e íleo paralítico, se produce una disminución en los sonidos intestinales.
- Cuando se presenta una falta total de sonidos intestinales en combinación con dolor abdominal y rigidez, esto suele ser un indicativo de una situación de emergencia que requiere intervención quirúrgica.

2.2.8 Sonidos auscultables

2.2.8.1 Sonidos cardíacos

Los sonidos cardíacos se originan debido a los siguientes factores:

- La apertura y cierre de las válvulas cardíacas.
- El movimiento de la sangre dentro del corazón.
- La audibilidad de las vibraciones aumenta a medida que el flujo sanguíneo se vuelve más turbulento.
- En el proceso de auscultación, escuchamos dos sonidos cardíacos que son característicos de un corazón en condiciones normales, los cuales reflejan las etapas del ciclo cardíaco. Este ciclo es una secuencia de cambios de presión en el corazón que resulta en la sístole (contracción ventricular y expulsión de sangre) y la diástole (relajación y llenado ventricular).
- Los sonidos S1 y S2 indican el comienzo y el final de las fases del ciclo cardíaco, es decir, la sístole y la diástole. Estos sonidos se caracterizan por ser de alta frecuencia y, en términos coloquiales, son conocidos como el "lub-dub" del corazón.
- Por otro lado, los sonidos S3 y S4 son de baja frecuencia y pueden escucharse en diversas condiciones médicas [3].

Tabla 2.3 Sonidos del corazón

SONIDO	EN EL MOMENTO	DE ASOCIACIÓN
S1	En el inicio de la contracción isovolumétrica (sístole)	Cierre de las válvulas auriculoventriculares
S2	Al comienzo de la relajación isovolumétrica (diástole)	Cierre de las válvulas semilunares
S3	Durante la fase de llenado rápido de los ventrículos (diástole temprana)	<ul style="list-style-type: none"> • Normal en mujeres embarazadas, niños y atletas • Indicativo de dilatación ventricular (por ejemplo, en insuficiencia cardíaca congestiva)
S4	Durante el llenado tardío de los ventrículos debido a la contracción auricular (diástole tardía)	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta en casos de ventrículos no distensibles o rígidos • Considerado anormal en niños y jóvenes • Puede observarse en individuos mayores con ventrículos rígidos relacionados con la edad.

2.2.8.2 Sonidos respiratorios

Los sonidos respiratorios son aquellos generados por las estructuras pulmonares mientras se lleva a cabo la respiración [34].



Figura 2.17 Auscultación pulmonar

2.2.8.3 Consideraciones

La audición de los sonidos respiratorios se optimiza mediante el uso de un estetoscopio, proceso conocido como auscultación. Los sonidos respiratorios normales pueden ser detectados en diversas áreas de la región torácica, abarcando desde la zona por encima de las clavículas hasta la parte inferior de la caja torácica [18].

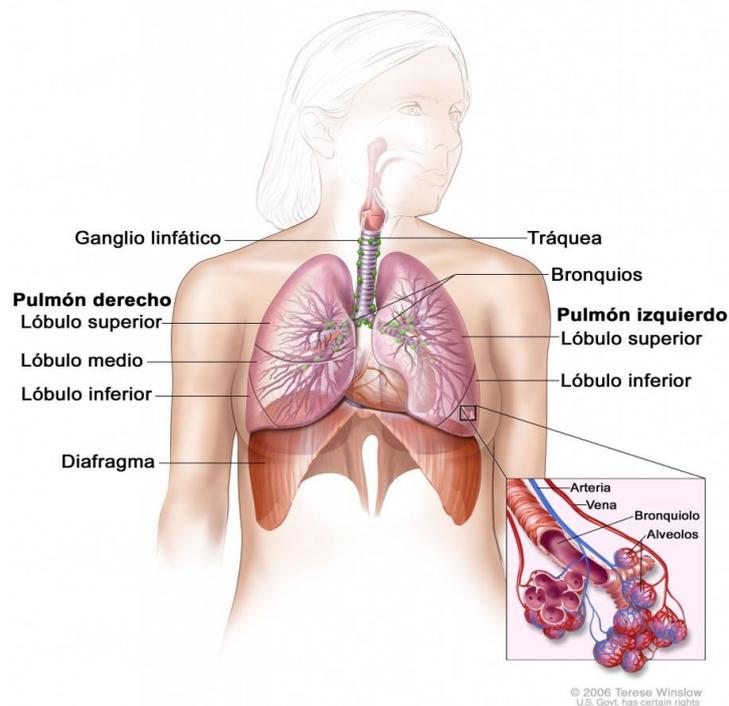


Figura 2.18 Región torácica

La reducción o ausencia de sonidos respiratorios puede indicar diversas condiciones, entre las cuales se incluyen:

- Acumulación de aire o líquido alrededor de los pulmones, como en casos de neumonía, insuficiencia cardíaca o derrame pleural.
- Aumento del espesor de la pared torácica.
- Exceso de inflado en una parte de los pulmones, situación que puede ser causada, por ejemplo, por el enfisema.
- Disminución del flujo de aire hacia una porción de los pulmones.

Existen varios tipos de sonidos respiratorios anómalos, siendo los cuatro más comunes los siguientes:

- Estertores: Son ruidos de pequeño tamaño que pueden ser chasqueantes, burbujeantes o estridentes en los pulmones. Suelen escucharse durante la inhalación y se cree que se originan cuando el aire abre espacios aéreos previamente cerrados. Los estertores se pueden describir más específicamente como húmedos, secos, finos o roncós.
- Roncus: Se asemejan a los ronquidos y se producen cuando el flujo de aire se obstruye o se vuelve rugoso en las vías respiratorias más amplias.
- Estridor: En su mayoría, se generan debido a una obstrucción en el flujo de aire en la tráquea o en la parte posterior de la garganta. Este ruido es similar a las sibilancias y se escucha cuando una persona respira.
- Sibilancias: Son ruidos agudos producidos por vías respiratorias estrechas y, en ocasiones, pueden percibirse sin necesidad de un estetoscopio [19].

Las razones detrás de la presencia de sonidos respiratorios inusuales pueden comprender:

- Bronquitis aguda
- Asma
- Bronquiectasia
- Bronquitis crónica
- Insuficiencia cardíaca congestiva
- Enfisema

- Enfermedad pulmonar intersticial
- Obstrucción de las vías respiratorias debido a la presencia de un objeto extraño
- Neumonía
- Edema pulmonar
- Traqueobronquitis [29].

2.2.8.4 Sonidos Intestinales

La auscultación de los sonidos intestinales se realiza antes de la palpación debido a que estas maniobras pueden suprimir los sonidos del abdomen. Estos sonidos, en su mayoría, tienen lugar en el estómago, aunque también se escuchan en menor cantidad en el intestino grueso y, en menor medida aún, en el intestino delgado. Los sonidos intestinales pueden propagarse por todo el abdomen, lo que significa que su origen puede estar en distintas áreas, por lo que se deben examinar todos los cuadrantes.

Durante la auscultación, se pueden diferenciar los sonidos peristálticos normales de aquellos que están alterados. Esto se logra colocando suavemente el diafragma del estetoscopio y evaluando la presencia de ruidos hidroaéreos, prestando atención especial a su frecuencia y carácter. Estos sonidos intestinales se generan principalmente en el estómago, con el resto ocurriendo en el intestino grueso y, en menor medida, en el intestino delgado. Los sonidos intestinales tienen una buena transmisión a lo largo del abdomen, por lo que detectarlos en un cuadrante específico no necesariamente indica que se originen allí [31].

Es importante destacar que los procesos inflamatorios, isquémicos o íleos reflejos pueden inhibir los ruidos intestinales, mientras que un aumento en estos sonidos puede dar lugar a borborigmos y sonidos metálicos, como la peristalsis exagerada en casos de obstrucción intestinal.

2.3 Software

2.3.1 Lenguaje de programación Python y Aplicación App inventor

2.3.1.1 Python

Lenguaje de programación Python viene siendo el más popular del mundo, actualmente su base de usuarios crece constantemente, Lo que permite que muchas empresas

utilicen Python para analizar datos, construir modelos de machine learning, crear sitios web y programar software [35].

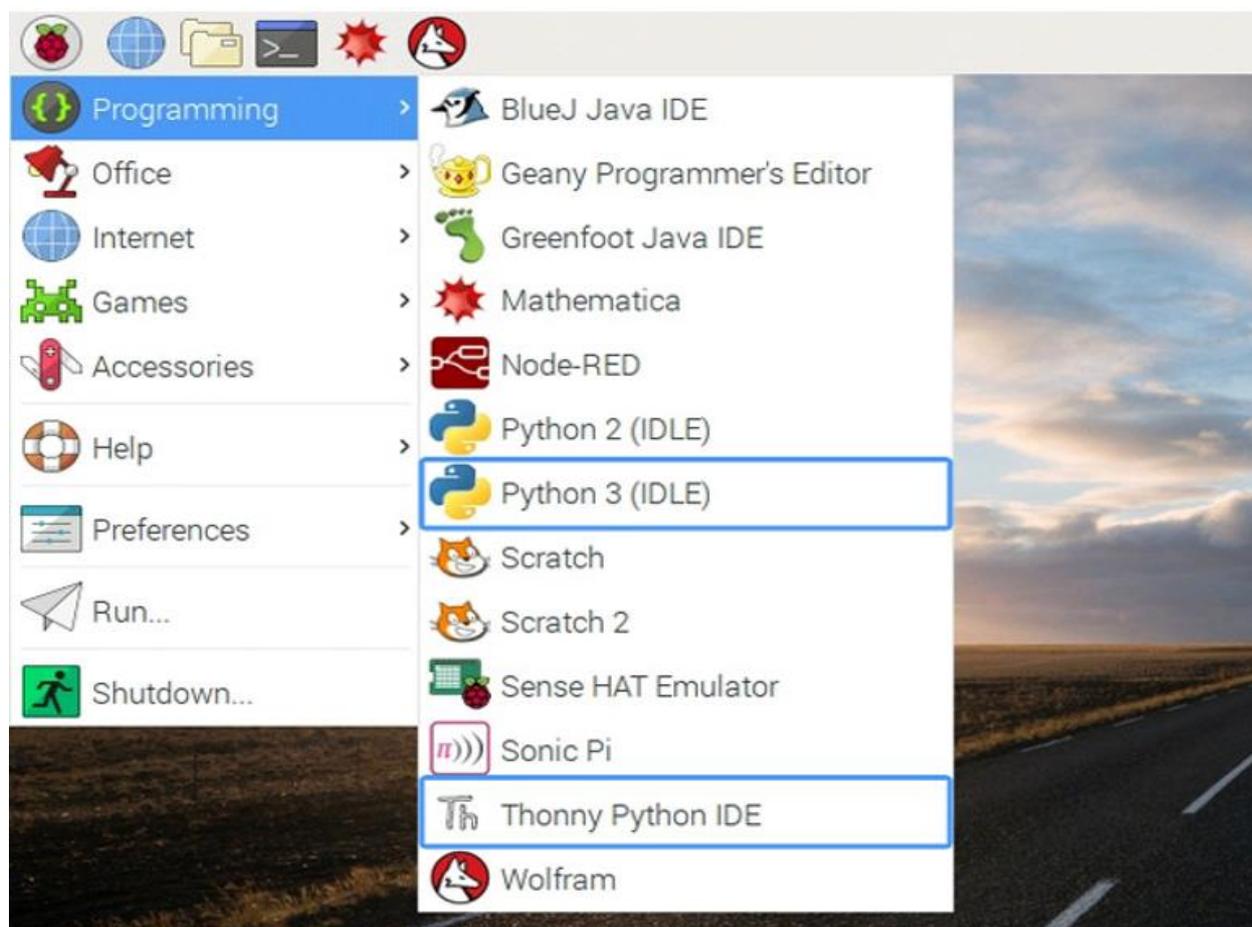


Figura 2.19 Pantalla del sistema operativo Raspbian en nuestra Raspberry Pi

Los principales usos del lenguaje de programación Python, las razones por las que este software es tan popular, es un lenguaje de programación de código abierto, orientado a objetos, de alto nivel y de propósito general. Como este concepto puede parecer tan abrumador, por lo q es necesario saber cada característica por separado para comprender lo que significa cada una de ellas:

Código abierto: Está disponible para nuevas mejoras, como añadir funciones útiles o corregir errores.

Orientada a objetos: no se basa en funciones, sino en objetos con atributos y métodos definidos

Alto nivel: más amigable para el ser humano que para el ordenador

Propósito general: se puede utilizar para crear cualquier tipo de programas

2.3.1.2 Introducción a Python en Raspberry Pi

La versión de Python 3 (IDLE) que se incluye por defecto en el sistema operativo Raspbian para Raspberry Pi.

2.3.1.3 ¿Qué es Python?

Python es un lenguaje de programación interpretado con tipado dinámico, cuyo diseño promueve una sintaxis que facilita la escritura de código claro y legible [35]. Es un lenguaje de programación multiparadigma que puede ser utilizado en diversas plataformas.

En otras palabras, Python es:

- Interpretado: Se ejecuta directamente sin pasar por un compilador, y los errores se identifican durante la ejecución.
- Multiparadigma: Permite la programación funcional, imperativa y orientada a objetos.
- Tipado dinámico: Las variables se verifican en el momento de la ejecución.
- Multiplataforma: Compatible con sistemas operativos como Windows, Linux y macOS.
- Gratuito: No requiere de una licencia para su uso y programación.

Gracias a su sintaxis clara y fácil de entender, el aprendizaje de Python es rápido, convirtiéndolo en uno de los mejores lenguajes para comenzar a programar en texto. Python ofrece una extensa variedad de librerías, tipos de datos y funciones integradas que facilitan la ejecución de muchas tareas comunes sin tener que escribir código desde el principio. Sin embargo, lo que realmente destaca en el uso de Python con una Raspberry Pi es su capacidad para interactuar con los pines GPIO [36], permitiendo la conexión entre el mundo físico y el digital.

Si contamos con el sistema operativo Raspbian en nuestra Raspberry Pi, encontraremos la versión de Python 3 (IDLE) preinstalada.

2.3.1.4 ¿Qué es un tipo de dato?

En Python, un tipo de dato define cómo se representa un dato y especifica la clase de dato que se va a manipular [37]. Los tipos de datos disponibles permiten realizar diversas operaciones en la programación:

- Numéricos: Incluyen enteros, flotantes y complejos.
- Booleanos: Representan valores de verdadero o falso, usando las palabras reservadas True y False, respectivamente.
- Cadenas: Se utilizan para mostrar resultados en la terminal o shell. Las cadenas se delimitan con comillas simples o dobles y pueden incluir caracteres de escape.
- Listas: Se definen con corchetes [] y los elementos se separan por comas. Se accede a los elementos mediante su índice.
- Tuplas: Similar a las listas, pero inmutables. Pueden contener una colección de objetos de diferentes tipos, es decir, elementos de diferentes tipos de datos.
- Diccionario: Consiste en pares de llave (clave) y valor (definición). Las llaves deben ser de tipo primitivo, y se separan de los valores con dos puntos (:), mientras que los elementos se separan con comas.

2.3.1.5 ¿Qué es una variable?

Una variable se define como una porción de la memoria que se utiliza para guardar un dato que, como su nombre sugiere, puede modificar su valor durante la ejecución del programa. En Python, los datos pueden ser de tipos simples como números enteros, números de punto flotante, cadenas de texto o valores booleanos [38]. Estos tipos de datos pueden almacenarse en una misma variable sin necesidad de definir previamente el tipo de dato que contendrá, lo que convierte a Python en un lenguaje de programación de tipado dinámico, tal como se explicó en la primera lección de este curso.

2.3.1.6 ¿Qué es una Lista?

Las listas son estructuras de datos abstractas que se explorarán en tutoriales más avanzados de Python

2.3.1.7 Creación de scripts en python.

Una de las características más destacadas de Python es su naturaleza interpretada, lo que facilita la creación de scripts en este lenguaje [39].

2.3.1.8 Qué es un script en Python

Un script en Python es un conjunto de código diseñado para realizar una tarea específica. Generalmente, presenta las siguientes características:

- Está formado por un único módulo de Python, que es un archivo de texto con extensión .py.
- Incluye un punto de entrada o ejecución al final del archivo.
- Utiliza bibliotecas del sistema y comandos de bash.
- Se ejecuta desde la consola.
- Se integra fácilmente con tareas programadas tipo cron (cronjobs).
- Define varias funciones simples.
- Permite recibir argumentos desde la consola.

Estructura de un script de Python

Todo el contenido ubicado en la raíz del archivo será ejecutado [39], por lo que la forma adecuada de crear scripts en Python es

- Definir una función main que será la que ejecute el script.
- Incluir todas las funciones necesarias que serán invocadas por main.
- Al final del archivo, agregar una llamada a main con los parámetros requeridos para llevar a cabo la ejecución.

Este enfoque garantiza que el script pueda ser importado en el futuro sin efectos no deseados.

2.3.1.9 Procesamiento de señales de control en Python

Hoy en día, el procesamiento digital de señales se ha convertido en una herramienta esencial en una variedad de campos, desde la medicina y las comunicaciones hasta la industria musical y el diseño de sistemas electrónicos [38]. Este proceso es crucial en cualquier área que requiera el análisis y la manipulación de datos para mejorar su calidad o identificar patrones.

En el ámbito del procesamiento digital de señales, el lenguaje de programación Python ha ganado gran popularidad debido a su facilidad de uso, la amplia gama de librerías disponibles y su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos. Por ello, el libro titulado "Procesamiento Digital de Señales utilizando Python" ha sido creado para ofrecer una base sólida en este tema, con un enfoque práctico utilizando este lenguaje de programación. Cada capítulo incluye ejemplos de código en Python y problemas resueltos para ayudar a los estudiantes a aplicar los conceptos teóricos. Está dirigido a

estudiantes de pregrado en ingeniería, especialmente en áreas como sistemas, electrónica, telecomunicaciones, mecatrónica, multimedia y programas relacionados.

2.3.1.10 *Recepción de mensajes de texto en Python*

La manipulación de archivos es una tarea fundamental en cada aplicación web. Las operaciones que se pueden realizar en un archivo abierto están determinadas por los Modos de Acceso, que especifican cómo se usará el archivo una vez abierto. Estos Modos de Acceso también definen la posición del puntero dentro del archivo [35]. Al igual que un puntero, el controlador de archivo señala dónde deben leerse o escribirse los datos en el archivo.

2.3.1.11 *En Python, existen seis modos de acceso para trabajar con archivos, que son:*

1. Solo lectura ('r'): Abre el archivo en modo lectura únicamente. El puntero se sitúa al principio del archivo. Si el archivo no existe, se genera un error de entrada/salida. Este es el modo predeterminado al abrir archivos.
2. Leer y escribir ('r+'): Abre el archivo tanto para lectura como para escritura. El puntero está al principio del archivo. Si el archivo no existe, se produce un error de entrada/salida.
3. Solo escritura ('w'): Abre el archivo en modo escritura únicamente. Los datos en el archivo existente se sobrescriben y modifican. Si el archivo no existe, se crea uno nuevo y el puntero se sitúa al principio del archivo.
4. Escribir y leer ('w+'): Abre el archivo tanto para escritura como para lectura. El contenido del archivo existente se borra y se sobrescribe. El puntero se coloca al principio del archivo.
5. Solo agregar ('a'): Abre el archivo en modo escritura. Si el archivo no existe, se crea uno nuevo. El puntero se sitúa al final del archivo, y los datos nuevos se añaden al final del archivo existente.
6. Agregar y leer ('a+'): Permite leer y escribir en el archivo. Si el archivo no existe, se crea uno nuevo. El puntero se ubica al final del archivo, y el texto nuevo se agrega al final, manteniendo los datos previos.

2.3.1.12 Servidor y cliente en python

- **Cliente:** Es un programa ejecutable que juega un rol activo en la conexión con otros programas. Envía una solicitud al servidor y luego espera una respuesta. Su existencia es limitada y concluye una vez que ha recibido todas las respuestas necesarias y ha completado su tarea.
- **Servidor:** Es un programa que proporciona un servicio accesible a través de una red. Recibe las solicitudes desde la red, procesa el servicio requerido y envía el resultado de vuelta al cliente. Puede ser implementado como una aplicación en cualquier sistema que tenga TCP/IP y puede funcionar junto con otros programas. El servidor debe estar en funcionamiento antes de iniciar la interacción con el cliente [40].

2.3.1.13 Librerías de python

Python es muy popular en la comunidad de ciencia de datos, y sus librerías son fundamentales para el análisis de datos, ya que ofrecen una variedad de funciones y herramientas para la manipulación y análisis de información [37]. Existen diferentes tipos de librerías en Python, cada una adaptada a casos de uso específicos. Python se emplea en diversas áreas, como la visualización de datos, el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural. Además, es útil para extraer datos de sitios web, bases de datos y otras fuentes.

2.3.2 App inventor

Es una plataforma gratuita ejecutable en cualquier navegador web, diseñada e implementada por la empresa Google Labs, y actualmente su mantenimiento lo da el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), esta aplicación permite fácilmente y de forma visual elaborar o programar el software que corren en el sistema operativo Android, ya que posee una sucesión de herramientas básicas ordenadas a manera de bloques, los cuales se deben enlazar para que cumplan la lógica de programación deseada. Para ello, libera a los usuarios de tener que memorizar la sintaxis y otras características del lenguaje de programación ya que enfatizan y puede involucrar ideas poderosas a través del aprendizaje activo [41].

2.3.2.1 Que es App INVENTOR

En la actualidad, el uso de dispositivos móviles es extremadamente común, tanto para fines personales como profesionales. La mayoría de estos dispositivos cuentan con tecnología táctil, lo que facilita y hace más intuitivo su manejo, especialmente para aquellos que no están familiarizados con la tecnología.

MIT App Inventor es una herramienta en línea de programación visual que permite crear tus propias aplicaciones para dispositivos Android. Con App Inventor, no es necesario tener conocimientos avanzados sobre sintaxis de programación [42]. En lugar de eso, puedes construir tus aplicaciones uniendo bloques que definen las instrucciones para los componentes de la app, lo que te permite desarrollar desde aplicaciones simples hasta aplicaciones más complejas.

2.3.3 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que describe un proceso, sistema o algoritmo en el ámbito de la informática. Se utilizan de manera extensa en diversos campos para documentar, analizar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser intrincados, presentándolos de manera clara y fácil de comprender. Estos diagramas hacen uso de diferentes formas geométricas, como rectángulos, óvalos, diamantes, entre otras, para indicar el tipo de acción, y emplean flechas conectivas para establecer la secuencia y el flujo [43]. Dado su uso variado y amplio alcance, los diagramas de flujo son uno de los tipos de diagramas más comunes en el mundo, y son utilizados tanto por personas con conocimientos técnicos como por aquellos sin experiencia en una variedad de campos. A veces, estos diagramas reciben nombres más específicos, como "diagrama de flujo de procesos", "mapa de procesos", "diagrama de flujo funcional", "mapa de procesos empresariales", "notación y modelado de procesos de negocio (BPMN)" o "diagrama de flujo de procesos (PFD)". También están relacionados con otros tipos de diagramas populares, como los diagramas de flujo de datos (DFD) y los diagramas de actividad del Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

2.3.4 Ventanas de Aplicación

En las interfaces gráficas de las computadoras personales, cuando se abre una aplicación, se genera su correspondiente ventana de aplicación. Esta ventana suele tener una forma rectangular y sirve como el entorno principal de interacción.

¿Cuál es el propósito de una ventana de aplicación? Su función principal es proporcionar una interfaz gráfica que permita a los usuarios interactuar con una aplicación específica y llevar a cabo diversas tareas dentro de ella.

¿En qué se diferencian las ventanas de aplicación de otras ventanas en un sistema operativo? Las ventanas de aplicación se distinguen por tener una barra de título, botones para minimizar, maximizar y cerrar, y suelen incluir menús y controles diseñados específicamente para esa aplicación. Por otro lado, las ventanas de configuración o las ventanas de la carpeta de archivos presentan configuraciones y opciones de interfaz diferentes.

¿Cómo se puede personalizar la apariencia de una ventana de aplicación? La personalización de la apariencia de una ventana de aplicación puede variar según la aplicación en cuestión. Los aspectos personalizables pueden incluir el tamaño, el color de fondo, la fuente de texto y otros elementos visuales. La posibilidad de personalización también puede depender de las opciones de configuración de visualización del sistema operativo [44].

¿Es posible abrir múltiples ventanas de la misma aplicación al mismo tiempo? Sí, en la mayoría de las aplicaciones, es posible abrir varias ventanas simultáneamente. Esto permite a los usuarios realizar múltiples tareas al mismo tiempo, como abrir varias ventanas en un navegador web para acceder a diferentes sitios web de manera simultánea.

2.3.5 Audios

Los audios proporcionan una valiosa información con la que se puede verificar el nivel de comprensión de los sonidos cardiacos, pulmonares e intestinales que tienen los pacientes, acercándose en lo posible a la realidad. Con ello, aparte de irse familiarizándose con cada sonido también se puede proporcionar un diagnóstico más preciso, como profesionales de la salud y darle unas expectativas reales en su adaptación [45].

2.4 Sistema Electrónico para el maniquí

2.4.1 Proteus

Proteus es un software creado por Labcenter Electronics que facilita el diseño y la simulación de esquemas eléctricos para cualquier circuito electrónico, abarcando una amplia gama de componentes desde elementos pasivos hasta microcontroladores. Esta herramienta es útil para todas las fases del desarrollo de equipos electrónicos: desde el diseño del esquema, la programación del software, la construcción de la placa de circuito impreso, hasta la simulación completa, depuración de errores, documentación y montaje final [46].

En el ámbito educativo, Proteus se destaca como una herramienta excepcional, ya que permite a los estudiantes modificar tanto el circuito como el programa, experimentar y verificar los resultados de inmediato. Esto ofrece una experiencia de aprendizaje práctica y segura, evitando el riesgo de dañar materiales costosos.

2.4.2 Tarjeta electrónica raspberry

La Raspberry Pi es una serie de computadoras de placa única de bajo costo desarrollada en el Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation. Su objetivo principal es democratizar la informática y la creación digital al poner este tipo de tecnología al alcance de personas en todo el mundo.

En cuanto al software, es de código abierto, y su sistema operativo oficial se basa en una versión adaptada de Debian, llamada Raspberry Pi OS, aunque también es posible utilizar otros sistemas operativos, incluyendo una versión de Windows 10. Todas las variantes de Raspberry Pi incluyen componentes como un procesador Broadcom, memoria RAM, GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet (aunque el primer modelo carecía de este último), 40 pines GPIO (desde la Raspberry Pi 2) y un conector para cámara. Es importante destacar que ninguna de las ediciones viene con memoria incorporada, ya que en su versión original utilizaba una tarjeta SD y en las ediciones posteriores, una tarjeta MicroSD [36].



Figura 2.20 Raspberry Pi

Esta versión de Raspberry cuenta con una CPU ARM Cortex-A72 permite, entre otras cosas, la decodificación de vídeo 4K a 60 fps (sin compatibilidad con HDR), como se indica en el cuadro de especificaciones técnicas.

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del Raspberry Pi

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	
PROCESADOR	ARM Cortex-A72
FRECUENCIA DE RELOJ	1,5 GHz
GPU	VideoCore VI (con soporte para OpenGL ES 3.x)
MEMORIA	1 GB / 2 GB / 4 GB LPDDR4 SDRAM
CONECTIVIDAD	Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11ac, Gigabit Ethernet
PUERTOS	GPIO 40 pines 2 x micro HDMI 2 x USB 2.0 2 x USB 3.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla tácil) Micro SD Conector de audio jack USB-C (alimentación)
PRECIO	Desde 35 dólares

Esta versión de Raspberry cuenta con la nueva caja un nuevo cargador USB-C con enchufe americano. También un cable HDMI capaz de llevar un vídeo 4K a 60 fps y una micro SD de 32 GB, para su correcto funcionamiento.

2.4.3 Base de datos

Una base de datos es una utilidad diseñada para reunir y estructurar datos de manera sistemática. Estas bases pueden guardar datos relacionados con individuos, productos, pedidos y diversas entidades. A menudo, las bases de datos tienen su origen como listas en hojas de cálculo o en aplicaciones de procesamiento de texto, pero en un sentido más amplio, representan una compilación organizada de información. En términos más precisos, una base de datos se define como un sistema electrónico que facilita el acceso, la manipulación y la actualización eficiente de los datos [47].

2.4.4 Enlace de comunicaciones

La transmisión de datos implica el proceso de enviar y recibir información entre dispositivos a través de una conexión de red. Esta información puede abarcar documentos, imágenes, audio y vídeo. Este intercambio de datos se lleva a cabo mediante el uso de protocolos establecidos que permiten la comunicación entre diversos tipos de redes, dispositivos y sistemas operativos.

¿Qué significa la transmisión de datos? Esta interrogante ha sido planteada en numerosas ocasiones y constituye un tema de conversación recurrente entre expertos. La transmisión de datos se encuentra presente en nuestra vida cotidiana, desde el momento en que nos conectamos a Internet hasta el procesamiento de información por parte de dispositivos electrónicos. Es un concepto fundamental para el funcionamiento del mundo digital actual, ya que sin él no sería posible la comunicación entre distintos dispositivos [48].

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se explican los requisitos necesarios para que el sistema electrónico pueda reproducir de manera precisa los sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales en un maniquí gestionado por una aplicación interactiva educativa destinada a estudiantes de salud. También se describe el diseño y la implementación tanto del hardware como del software, así como la instalación de los altavoces en el maniquí, su configuración y la verificación del sistema.

a. Especificaciones del sistema electrónico.

El sistema electrónico del presente proyecto, mediante unos parlantes ubicados adecuadamente dentro de un maniquí, debe ser capaz de reproducir los sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales, a la vez que puede ser controlado con una Aplicación Interactiva Educativa para los Estudiantes de Salud., esto se logró conectando a la salida de audio del raspberry pi 4 un sistema de tres amplificadores destinados a reproducir un sonido en específico, cada amplificador es habilitado o deshabilitado por su respectivo pin GPIO del raspberry pi 4, con esto se logra seleccionar de manera independiente la salida de audio, permitiendo que: los parlantes ubicados en el pecho dentro de la zona torácica reproduzcan sonidos cardíacos, los parlantes ubicados en la espalda y pecho dentro de la zona torácica reproduzcan sonidos pulmonares y los parlantes ubicados en el abdomen reproduzcan sonidos intestinales.

Dentro de los archivos del sistema del raspberry pi 4, se han creado varias sub carpetas donde se van guardando cada uno de los sonidos etiquetado con un nombre normalizado de tal manera que no solo facilite su reproducción, sino que además permita una programación más estructurada en el raspberry pi 4.

Además para que se tenga un control por parte de los evaluadores o practicantes, se consideró un interfaz intuitiva y de fácil manejo, para lo cual se optó por realizar una aplicación móvil basada en App Inventor [49] para dispositivos Android.

Finalmente, para que el raspberry pi4 pueda manejar estos periféricos de audio, se debe realizar los acondicionamientos necesarios, los cuales se embebió en una placa de circuito impreso (PCB).

b. Diseño e implementación del hardware del sistema.

Con base en las especificaciones que tiene el sistema de simulación de sonidos cardiacos, pulmonares e intestinales en un maniquí y las hojas de datos de los elementos a utilizarse, se consideró para el diseño e implementación en PCB, la norma IPC-2221 [50], [51]

3.1 Diseño del hardware del sistema

Este sistema electrónico se basó en una tarjeta comercial raspberry pi 4, ya que es una tarjeta de bajo costo, muy comercializado a nivel mundial, por lo cual se tiene una serie de librerías que facilitan el desarrollo de programas, tanto en Python [52]

También se debe resaltar sus capacidades de comunicación entre las cuales posee Bluetooth v5.0 de baja energía y conexión WIFI. sin la necesidad de usar otro chip. Considerando que el corazón del sistema es el raspberry pi4, en las siguientes secciones se desarrollaran los diseños de hardware necesarios para acoplar los amplificadores mediante los pines GPIO a la tarjeta.

More Powerful Processor, Richer Multi-Media Capability, Faster Networking

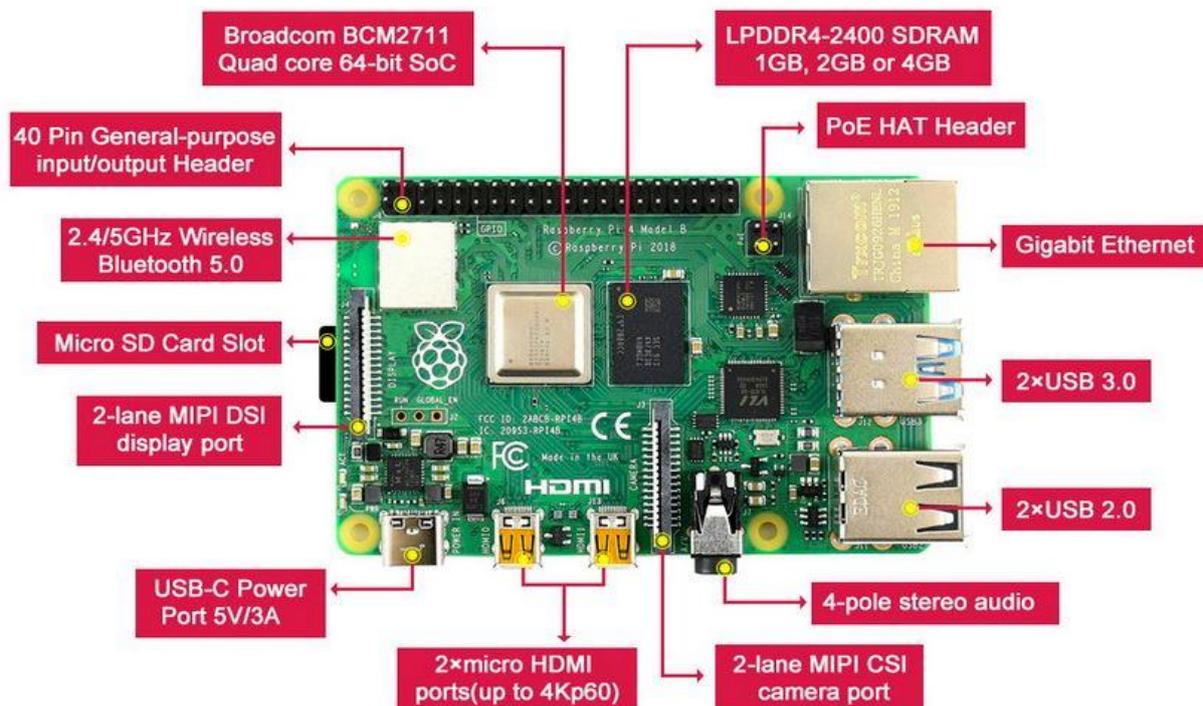


Figura 3.1 Esquemático del raspberry pi 4 [53]

3.1.1 Circuito de alimentación del sistema

Considerando que el sistema será alimentado por dos convertidores AC/DC (adaptador) de 5V 3A tipo Micro USB (Figura 3.2) para energizar el raspberry pi4 y otro de 5V 1,5A para energizar los amplificadores como se puede ver en la Figura 3.3.



Figura 3.2. Adaptador fuente cargador 5V 3A Tipo C Raspberry PI4 [54]

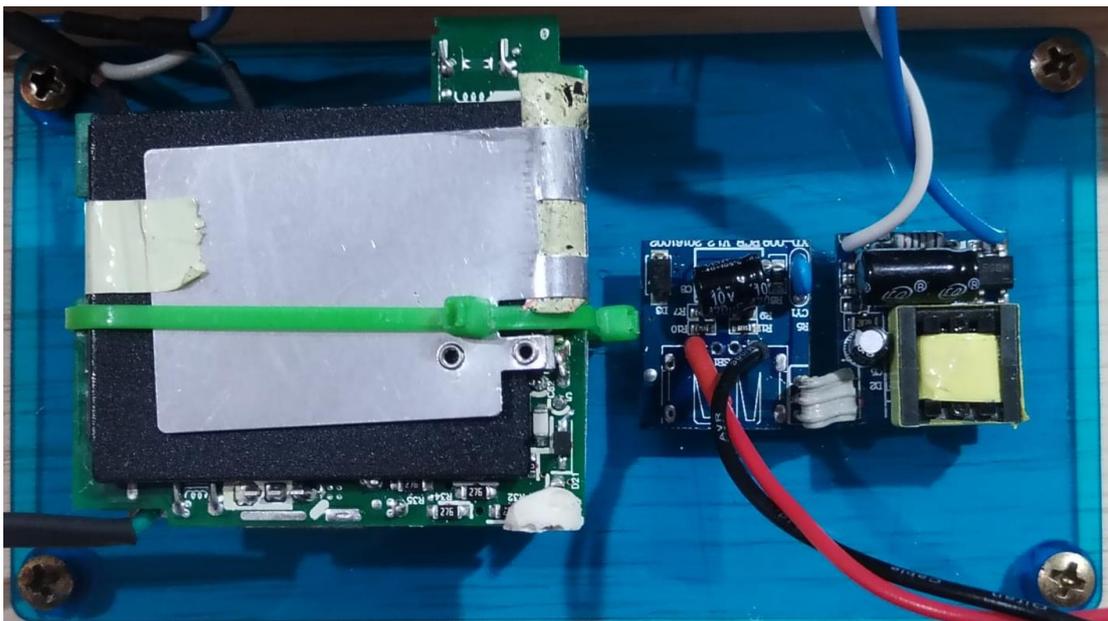


Figura 3.3 Circuitos de energización de 5V 3A y 5V 1,5A

3.1.2 Circuito de audio del simulador

Como reproductor de audio se utilizará un Raspberry Pi4, Ya que la señal de audio (conector estéreo de 3.5 mm) no es lo suficientemente potente: como para excitar los parlantes directamente, es necesario utilizar un amplificador de potencia.

Ya que el maniquí debe ser capaz de reproducir sonidos: Cardiacos, Pulmonares e Intestinales. Se ha instalado una serie de parlantes dispuestos en los focos de

auscultación. Cabe mencionar que cada parlante tiene su propio amplificador, mientras que la tarjeta raspberry pi4 cuenta con una sola salida de audio. por ende, es necesario utilizar un demultiplexor analógico 1 a 3, que permita seleccionar la salida de audio a discreción del usuario de manera independiente.

Esto implica que se debe tomar muy en cuenta las impedancias de entrada de los circuitos, de tal manera que las entradas de los amplificadores no interfieran entre si y provoque distorsiones: armónicas, de fase, amplitud, en las señales de audio.

Para este proyecto se ha elegido parlantes dotados de una caja acústica, con el objetivo de proteger la membrana, así como de tener una mejor fidelidad a la hora de reproducir los sonidos de frecuencias bajas, medias y altas.

Para poder controlar cada uno de los amplificadores de manera independiente, se aprovecha los pines de GPIO del Raspberry pi 4 [55], estos pines son capaces de entregar y consumir tensiones compatibles con los circuitos de 3.3V (no son tolerantes a 5V) y pueden sacar hasta 16 mA.

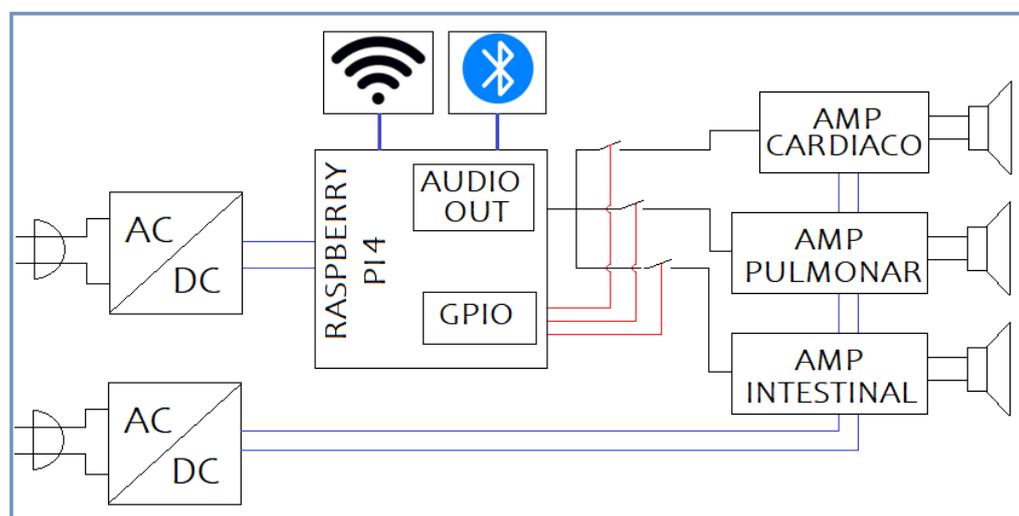


Figura 3.4 Diagrama esquemático de conexiones del sistema.

En el presente proyecto se utiliza tres amplificadores comerciales basados en el circuito integrado PAM8403 [56], que es un amplificador clase D, dual de 3W, ofrece un bajo THD+N y puede manejar dos parlantes directamente.

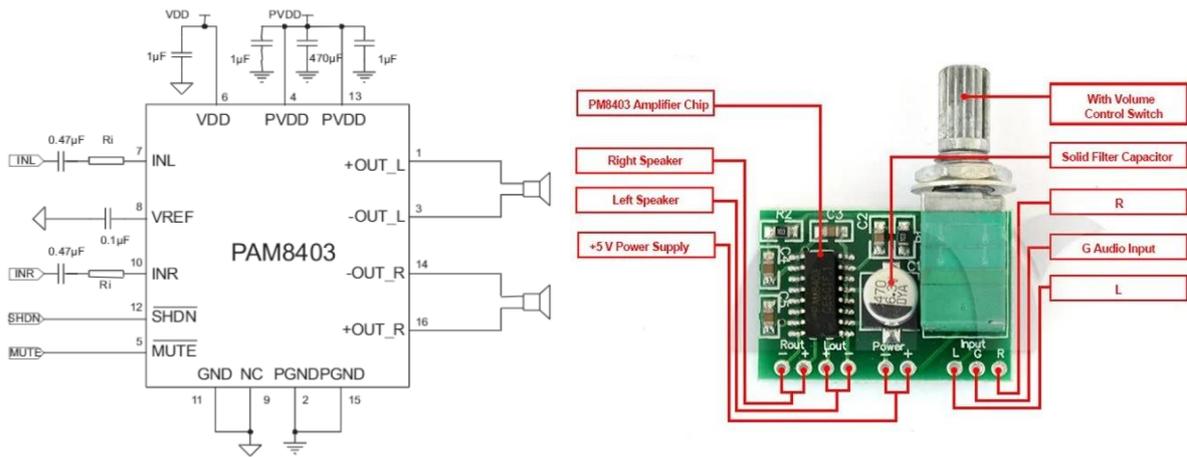


Figura 3.5 Circuito de amplificador y PCB del PAM8403 [57]

3.1.3 Circuito de conmutación de amplificadores.

En el presente proyecto se utiliza un circuito integrado MC14066B, que es un interruptor bilateral, consta de cuatro interruptores independientes capaces de controlar señales digitales o analógicas. Es utilizado en control de señales, chopper, modulador, demodulador e Implementación de lógica CMOS.

El MC14066B es capaz de conmutar oscilaciones del voltaje de entrada tan grande como la tensión de alimentación total [58]. Se puede controlar a través de cada entrada de control independiente, como se muestra en la figura 3.5.

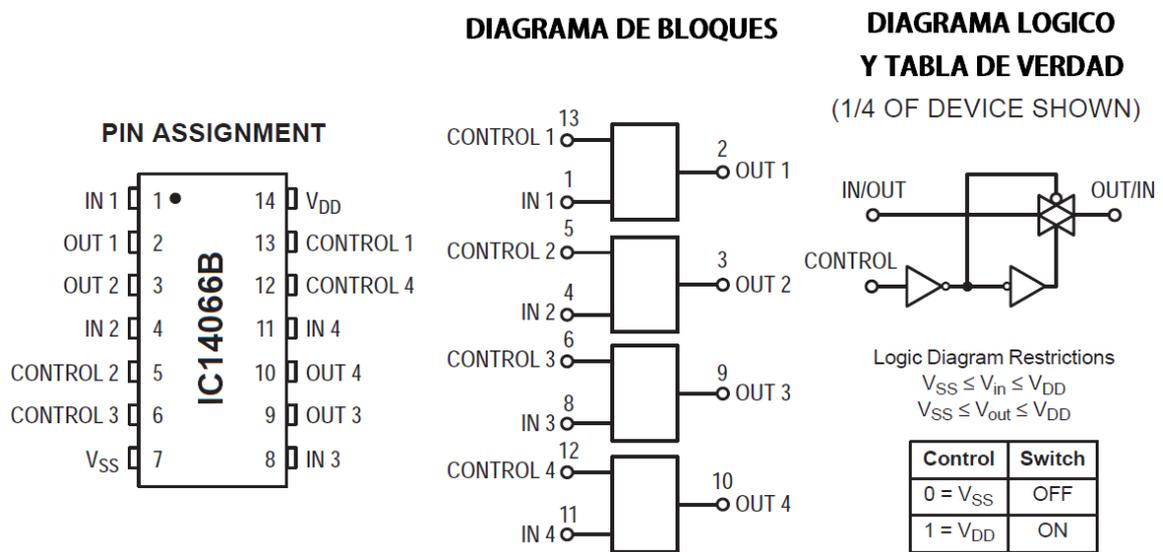


Figura 3.6 Interruptor bilateral circuito integrado IC14066B

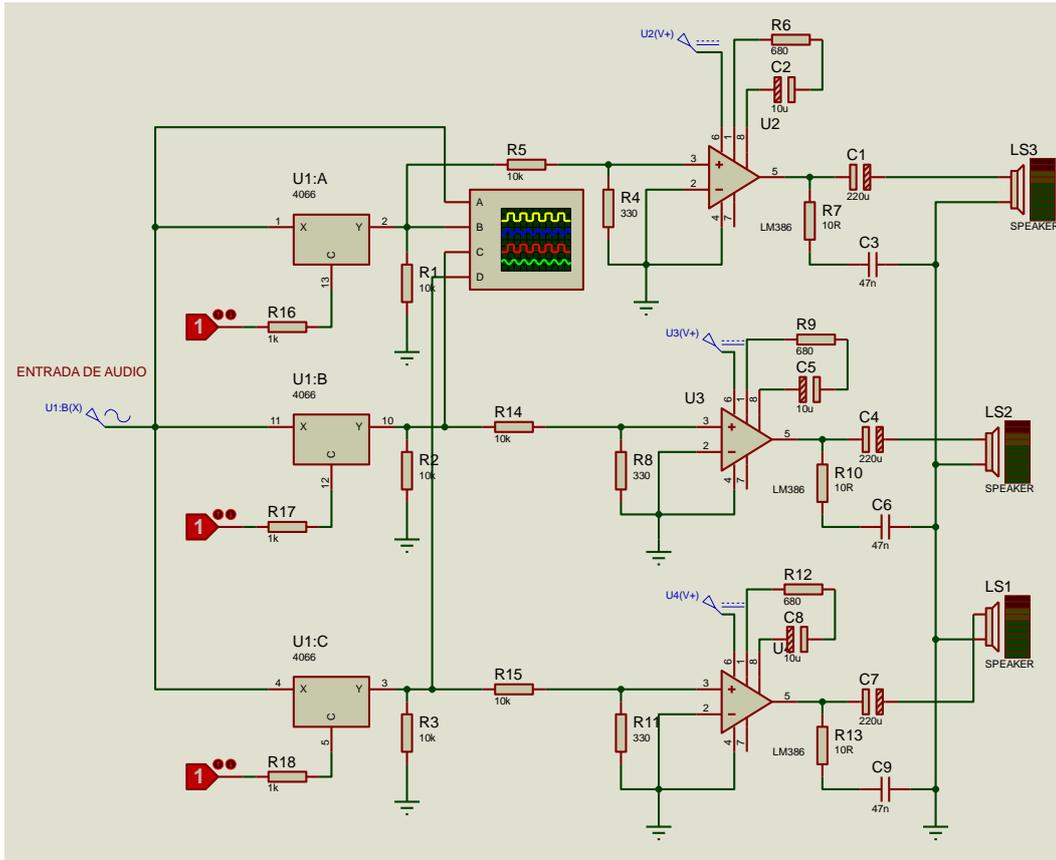


Figura 3.7 Simulación del circuito de conmutación de amplificadores de audio “todos los amplificadores activados”.

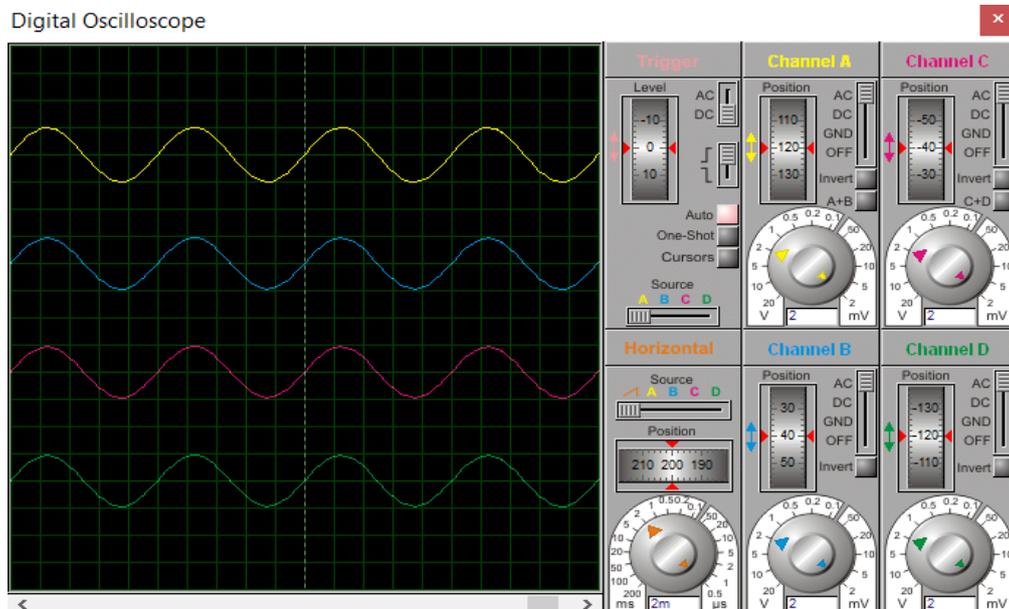


Figura 3.8 Simulación de señales de entrada y salida de los amplificadores

- “Amarillo” señal de entrada.
- “Azul” señales Cardiacas.
- “Rojo” señales del Intestino.
- “Verde” señales Pulmonares.

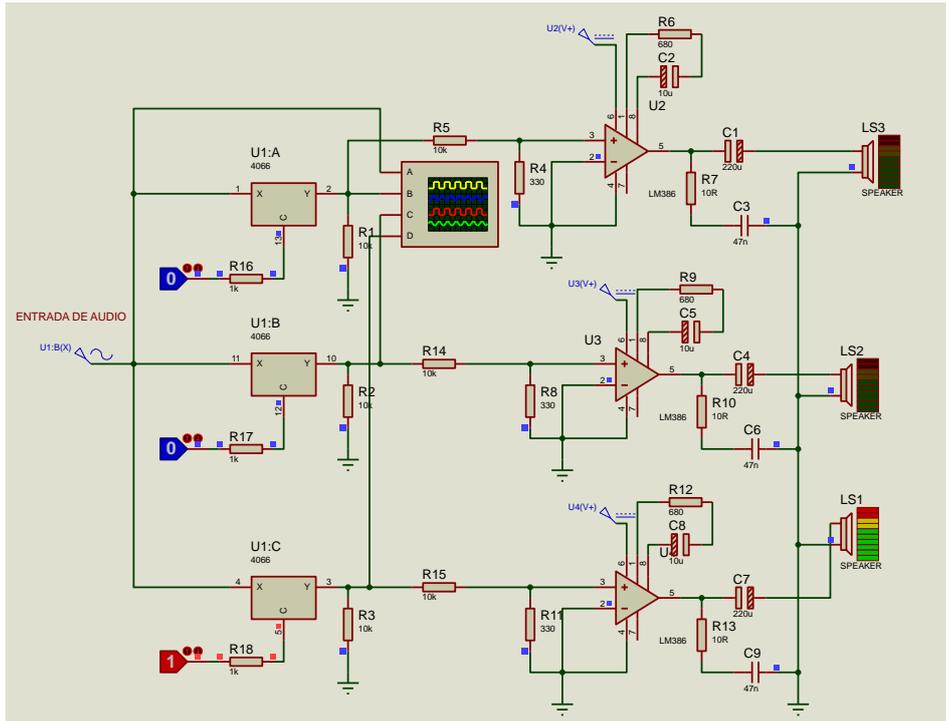


Figura 3.9 Simulación del circuito de conmutación de amplificadores de audio “amplificador de señales pulmonares activado”.

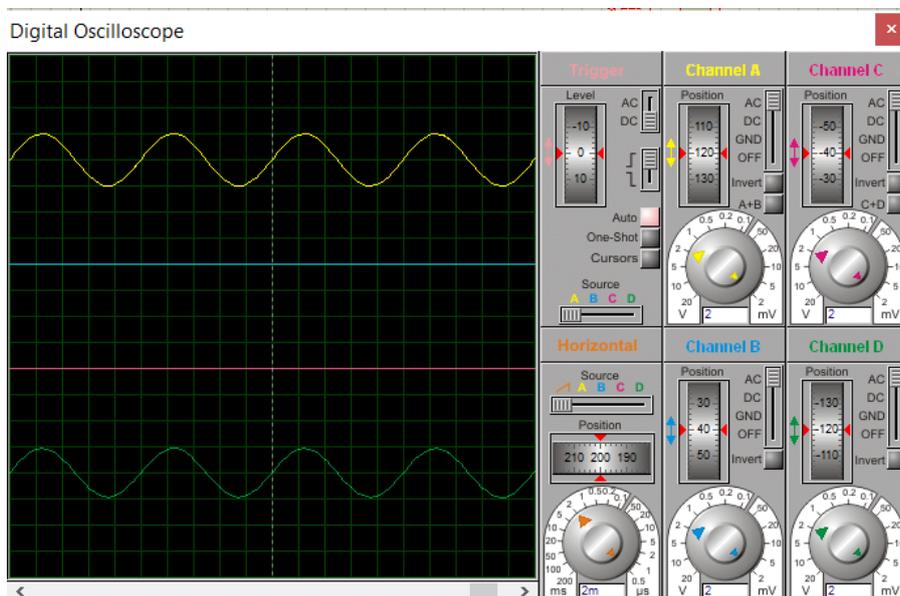


Figura 3.10 Simulación de señales de entrada y salida de los amplificadores.

Este proyecto incorpora una placa de circuito impreso “tarjeta shield” en la cual se coloca los módulos amplificación [59], mediante el acoplamiento de sus pines sin necesidad de alguna otra conexión externa. Su función es interconectar la tarjeta Raspberry pi4 con los amplificadores de audio.

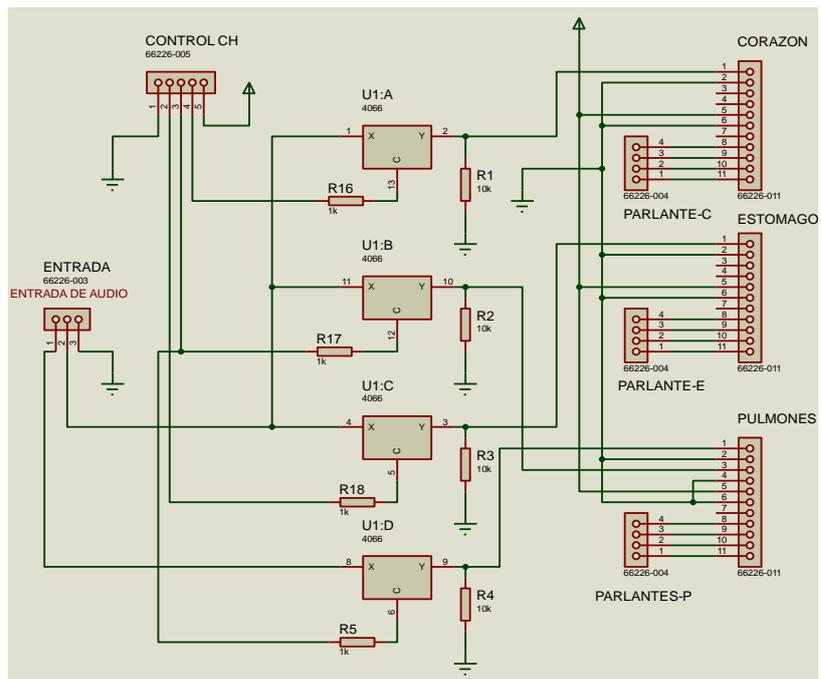


Figura 3.11 Diagrama de la tarjeta shield.

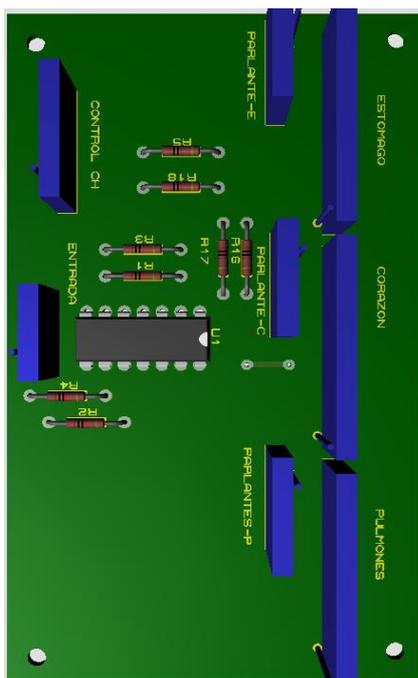


Figura 3.12 Circuito de la tarjeta shield.

Tabla 3.1 Conexiones eléctricas de la tarjeta shield

Nombre del conector	Designación	Función de los pines
CONTROL CH	Control de canales desde los pines GPIO del raspberry pi 4. Alimentación para el MC14066B y amplificadores de potencia	1.- GND 2.- Canal Corazón 3.- Canal Intestino 4.- Canal Pulmones 5.- VCC

ENTRADA	Entrada de audio desde la raspberry pi 4	1.- Canal Izquierdo de audio 2.- GND 3.- Canal Derecho de audio
PARLANTE-C	Terminales de conexión de los parlantes que reproducen sonidos Cardiacos.	1.- R out - 2.- R out + 3.- L out + 4.- L out -
PARLANTE-E	Terminales de conexión de los parlantes que reproducen sonidos del Intestinales.	1.- R out - 2.- R out + 3.- L out + 4.- L out -
PARLANTES-P	Terminales de conexión de los parlantes que reproducen sonidos del Pulmonares.	1.- R out - 2.- R out + 3.- L out + 4.- L out -
CORAZON	Terminales de conexión para el amplificador que reproduce sonidos Cardiacos.	1.- R in 2.- GND 3.- R in 4.- No conectar. 5.- 5 VCC + 6.- GND - 7.- No conectar. 8.- L out - 9.- L out + 10.- R out + 11.- R out -
ESTOMAGO	Terminales de conexión para el amplificador que reproduce sonidos Intestinales.	1.- R in 2.- GND 3.- R in 4.- No conectar. 5.- 5 VCC + 6.- GND - 7.- No conectar. 8.- L out - 9.- L out + 10.- R out + 11.- R out -
PULMONES	Terminales de conexión para el amplificador que reproduce sonidos Pulmonares	1.- R in 2.- GND 3.- R in 4.- No conectar. 5.- 5 VCC + 6.- GND - 7.- No conectar. 8.- L out - 9.- L out + 10.- R out + 11.- R out -

3.2 Instalación del Sistema Operativo.

Antes de iniciar con el proyecto es fundamental instalar el Sistema Operativo de la Raspberry Pi 4, en una tarjeta SD; para lo cual, se puede utilizar un ordenador: Windows, macOS, Linux. En nuestro caso Windows 10x64 siguiendo los siguientes pasos:

1. Descarga e Instalación. Uso de Raspberry Pi Imager V1.8.1 para Win 10. ...
2. Preparativos. Selecciona tu Dispositivo Raspberry Pi. ...
3. Preparativos. Selecciona tu Sistema Operativo. ...
4. Configuración y Personalización. Conexión a la Red. ...
5. Proceso de Instalación. Escribir la Imagen en la Tarjeta SD min 8GB. ...

6. Aplicaciones Prácticas. Hosting y Servicios Web. ...
7. Escritorio remoto: Crear un archivo SSH. ...

Descargamos e instalamos Raspberry Pi Imager V1.8.1 para Windows 10x64 de la página oficial de Raspberry.

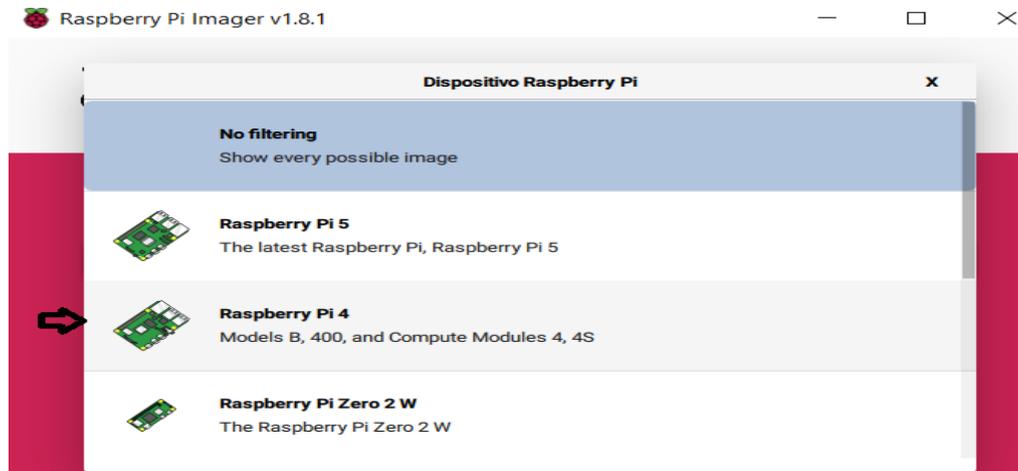


Figura 3.13 Dispositivo Raspberry Pi 4.

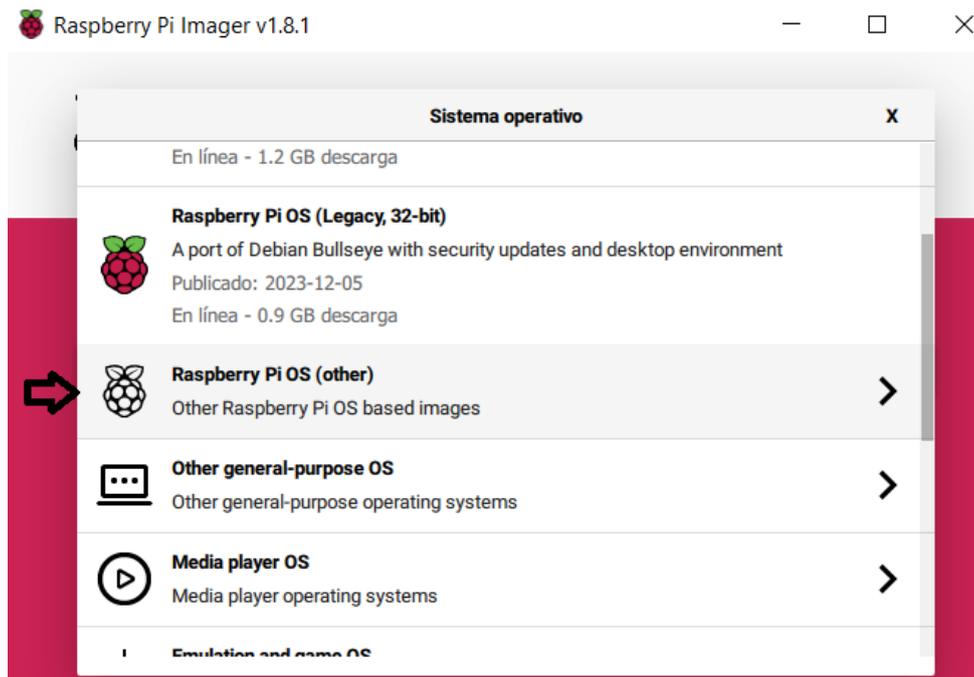


Figura 3.14 Sistema Operativo

Se recomienda instalar la versión Raspberry Pi OS Full (64-bit) con el escritorio y las aplicaciones recomendadas, tal como se indica en la figura

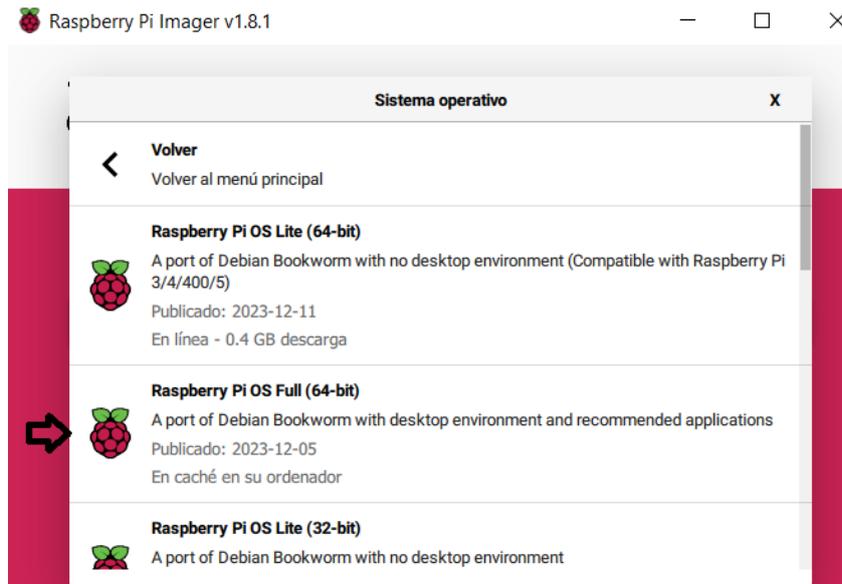


Figura 3.15 Sistema Operativo

Personalización del SO: Este paso permite configurar el nombre y contraseña del dispositivo; el nombre de la red WIFI y contraseña; País, región, zona horaria.

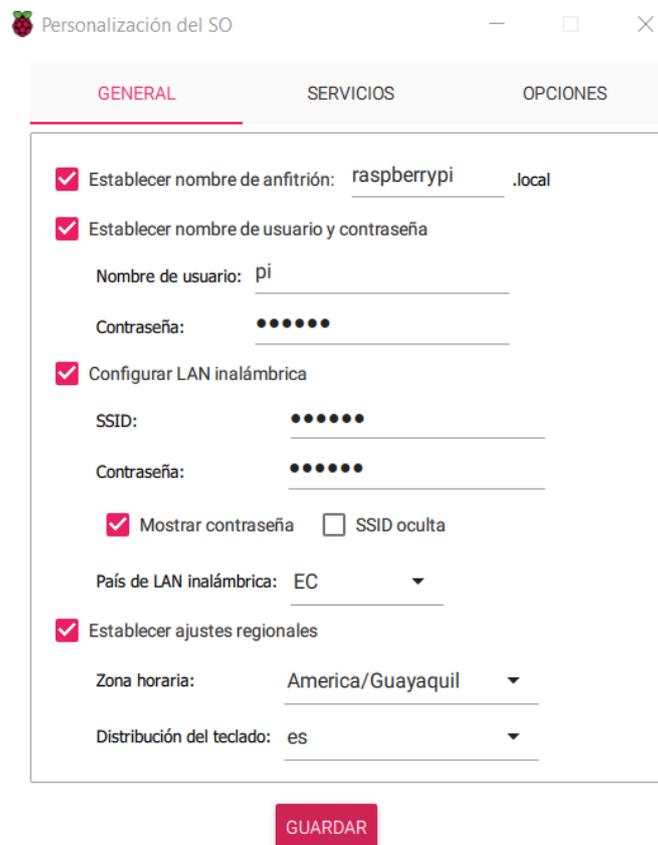


Figura 3.16 Configuración del Sistema Operativo (Contraseña pi1234)

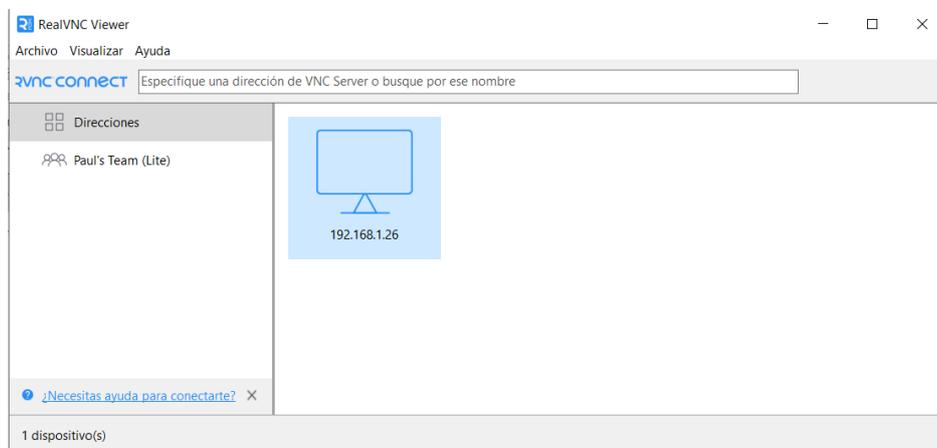


Figura 3.17 Grabar imagen SO Raspberry Pi.

Procedemos a escribir la Imagen en la Tarjeta SD, Finalizado el proceso de escritura se retira la tarjeta y se vuelve a introducir la tarjeta en el ordenador. Creamos un archivo SSH sin extensión, esto con el fin de permitir el acceso al escritorio remoto; para posteriormente, poder manejar a distancia el Raspberry desde un ordenador o un dispositivo móvil **mediante VNC App**.

3.2.1 Virtual Network Computing (VNC)

Es un sistema de conexión remota que permite ver el escritorio de un sistema a través de la red en otro equipo. Funciona para diferentes arquitecturas. En el equipo desde el cual queremos servir el escritorio ejecutaremos el servidor de VNC [60].



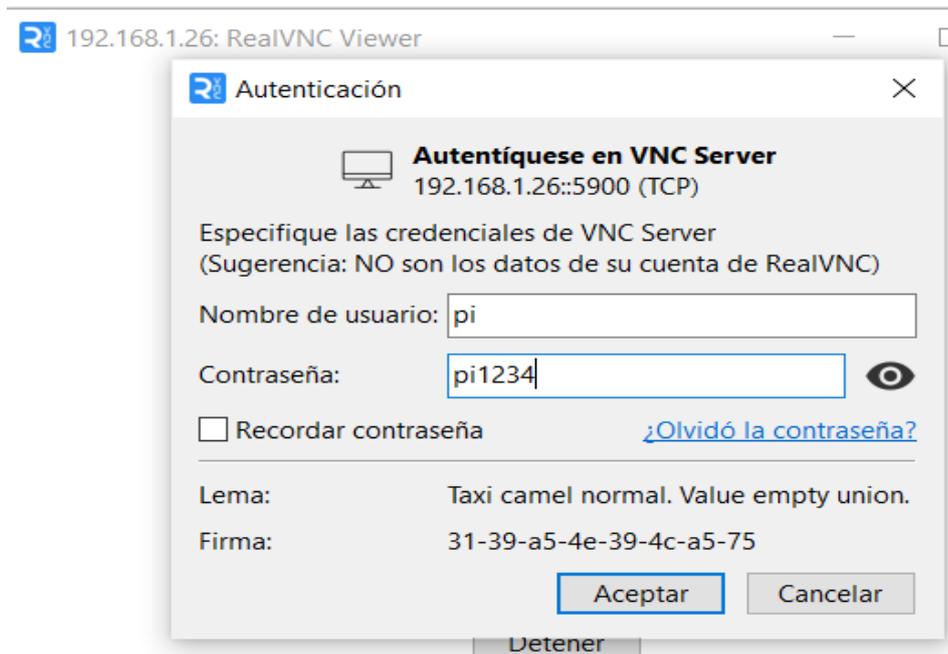


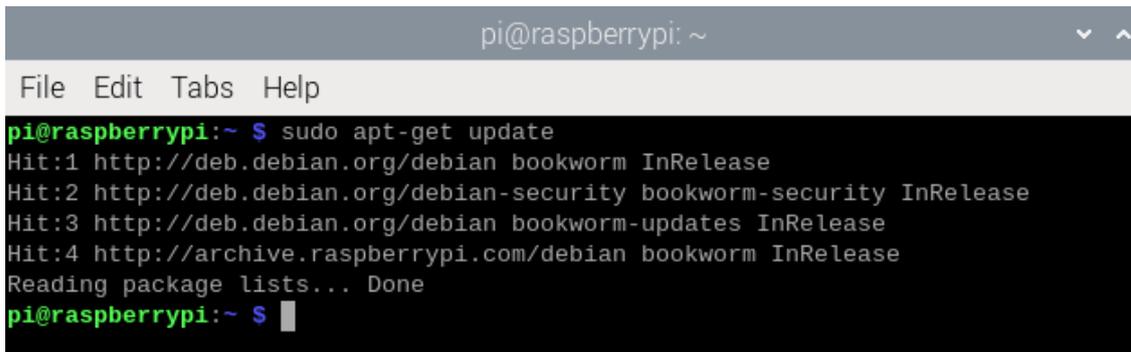
Figura 3.18 Interfaces de conexión de escritorio remoto.

3.2.2 Instalación de Paquetes Necesarios

Para proceder con la instalación de los paquetes, abrimos la terminal de raspberry y escribimos los siguientes comandos.

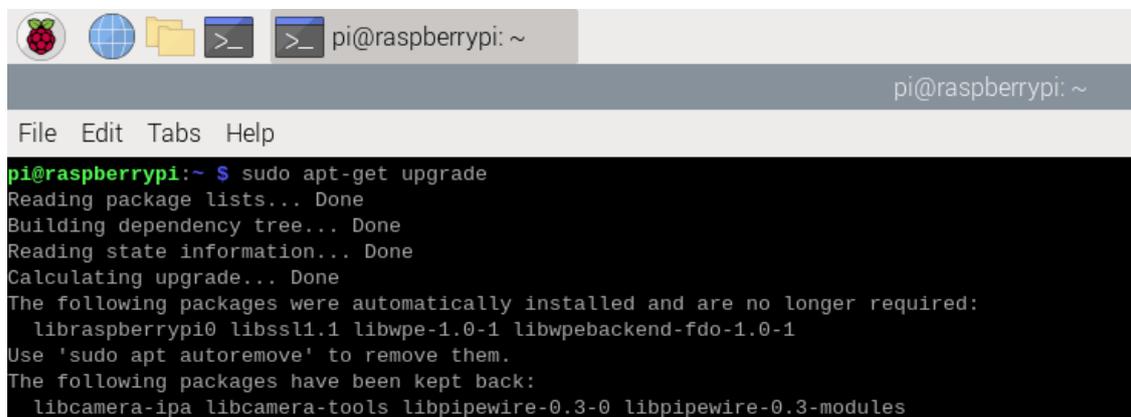
Tabla 3.2 Comandos y funciones del Raspberry Pi

COMANDOS RASPBERRY PI	
Comando	Función
sudo apt-get update	Para actualizar la lista de repositorios.
sudo apt-get upgrade	Para actualizar paquetes del SO desde los repositorios.
sudo apt-get install mpg321	Para reproducir audio.
sudo apt-get install tightvncserver	Para instalar vnc en la raspberry pi 4.
sudo vncserver :1 geometry 1920-1080 -depth 24	para arrancar el vnc server con una configuración predeterminada.
sudo reboot -f	Para reiniciar la raspberry pi
sudo shutdown -h now	Para apagar el SO de forma ordenada



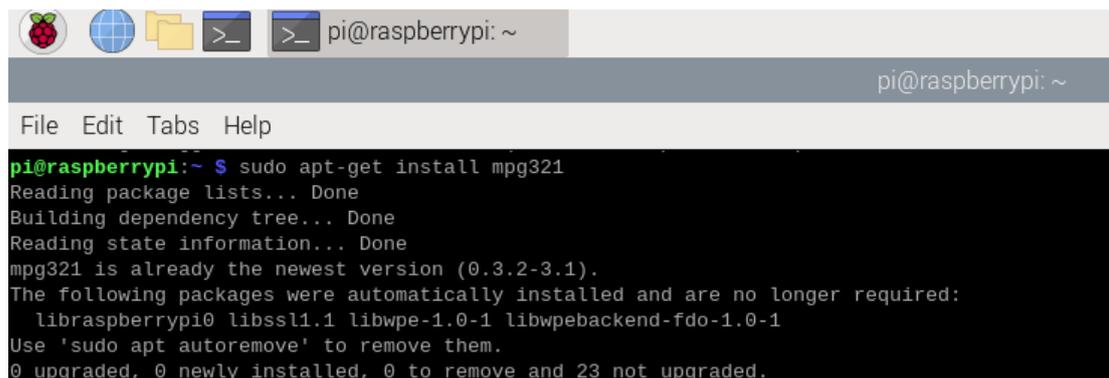
```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get update  
Hit:1 http://deb.debian.org/debian bookworm InRelease  
Hit:2 http://deb.debian.org/debian-security bookworm-security InRelease  
Hit:3 http://deb.debian.org/debian bookworm-updates InRelease  
Hit:4 http://archive.raspberrypi.com/debian bookworm InRelease  
Reading package lists... Done  
pi@raspberrypi:~ $
```

Figura 3.19 Actualización de la lista de repositorios



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get upgrade  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
Calculating upgrade... Done  
The following packages were automatically installed and are no longer required:  
  libraspberrypi0 libssl1.1 libwpe-1.0-1 libwpebackend-fdo-1.0-1  
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.  
The following packages have been kept back:  
  libcamera-ipa libcamera-tools libpipewire-0.3-0 libpipewire-0.3-modules
```

Figura 3.20 Actualización de paquetes del SO desde los repositorios



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install mpg321  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
mpg321 is already the newest version (0.3.2-3.1).  
The following packages were automatically installed and are no longer required:  
  libraspberrypi0 libssl1.1 libwpe-1.0-1 libwpebackend-fdo-1.0-1  
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.  
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 23 not upgraded.
```

Figura 3.21 Instalación de la librería para reproducción de audio

Para conocer que versión de Python vienen preinstaladas en Raspberry Pi OS: Python 2 y Python 3. Se utiliza la línea de comandos «python –version» y «python3 –version». Para este caso se tiene instalada la versión Python 3.11.2 como se indica en la figura.



Figura 3.22 Versiones de Python

Cuando se utiliza el comando «python» para ejecutar un script, lo ejecuta con Python 2. Y el comando «python3» hace lo mismo con la versión 3.

3.2.3 Pruebas de sonido:

Antes de realizar las pruebas de sonido, previamente se debe cargar los archivos de audio en la carpeta definida para este efecto en el raspberry.

Este proceso se lo puede realizar de varias maneras, en este se lo realiza de forma remota utilizando en “WinSCP” [61] ya que el raspberry se encuentra instalado dentro del gabinete del maniquí.

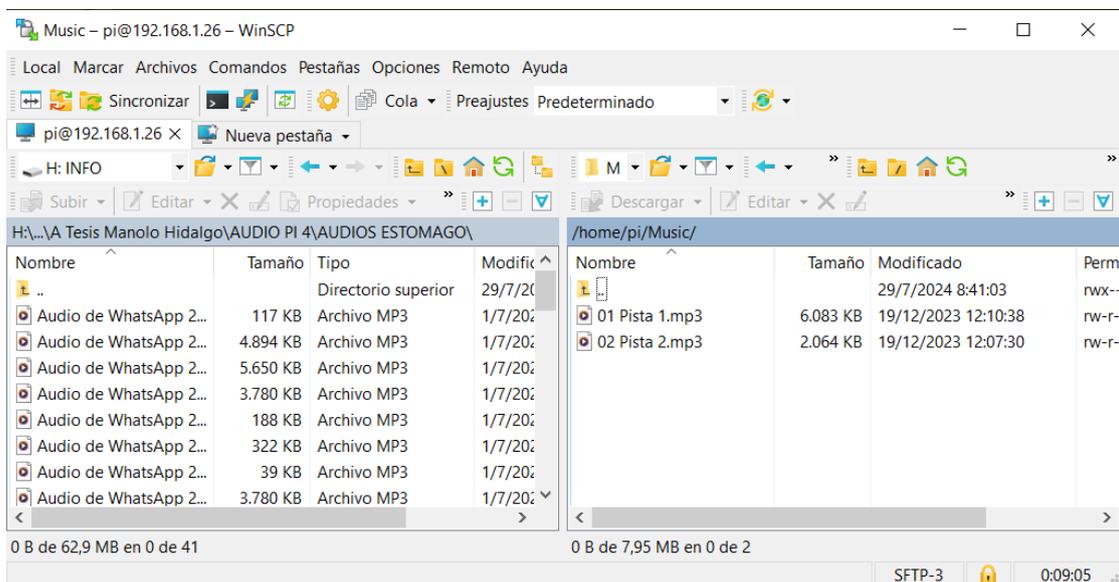


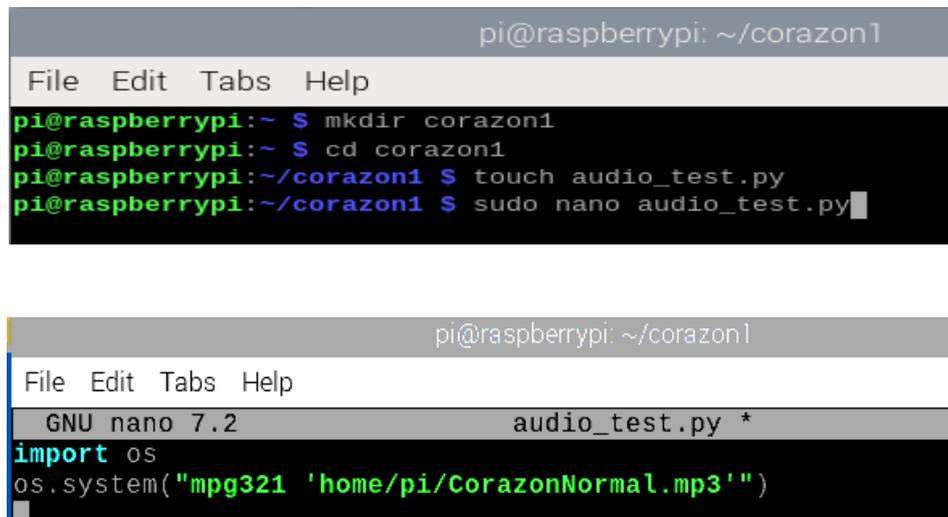
Figura 3.23 Aplicativo WinSCP

Para reproducir con un script de python crear una carpeta llamada “corazón1” con el comando: **mkdir corazon1, cd corazon1**. Crea el script llamado **audio_test.py**

Para editar el script utilizamos el comando: **sudo nano audio_test.py**

Editar el script y guardar.

Para reproducir el script creado utilizar el comando: `python3 audio_test.py`



```
pi@raspberrypi: ~/corazon1
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ mkdir corazon1
pi@raspberrypi:~ $ cd corazon1
pi@raspberrypi:~/corazon1 $ touch audio_test.py
pi@raspberrypi:~/corazon1 $ sudo nano audio_test.py

pi@raspberrypi: ~/corazon1
File Edit Tabs Help
GNU nano 7.2 audio_test.py *
import os
os.system("mpg321 'home/pi/CorazonNormal.mp3'")
```

Figura 3.24 Ejemplos de comandos para programar el audio

3.2.4 Protocolo Mqtt

Es un protocolo de mensajería basado en estándares, o un conjunto de reglas, que se utiliza para la comunicación de un equipo a otro [62].

MQTT: Transporte de telemetría de colas de mensajes “Message Queuing Telemetry Transport”

MQTT client. - Es todo aquel dispositivo que esté conectado a la red, los clientes pueden publicar (enviar y recibir datos)

MQTT broker. - Es el servidor de la conexión, se encarga de gestionar los mensajes

MQTT connection. - la interacción entre el bróker y los diferentes clientes

MQTT topic. - Una dirección en el cual los clientes se suscriben y pueden obtener datos de esa suscripción. Es decir, se conectan a un topic y pueden recibir datos de ese topic.

MQTT subscribe. - Significa que un determinado cliente se puede suscribir a uno o varios tópicos a la vez.

MQTT Publish. - Un cliente suscrito a un topic determinado puede publicar información y todos los demás dispositivos suscritos a ese topic pueden ver la información.

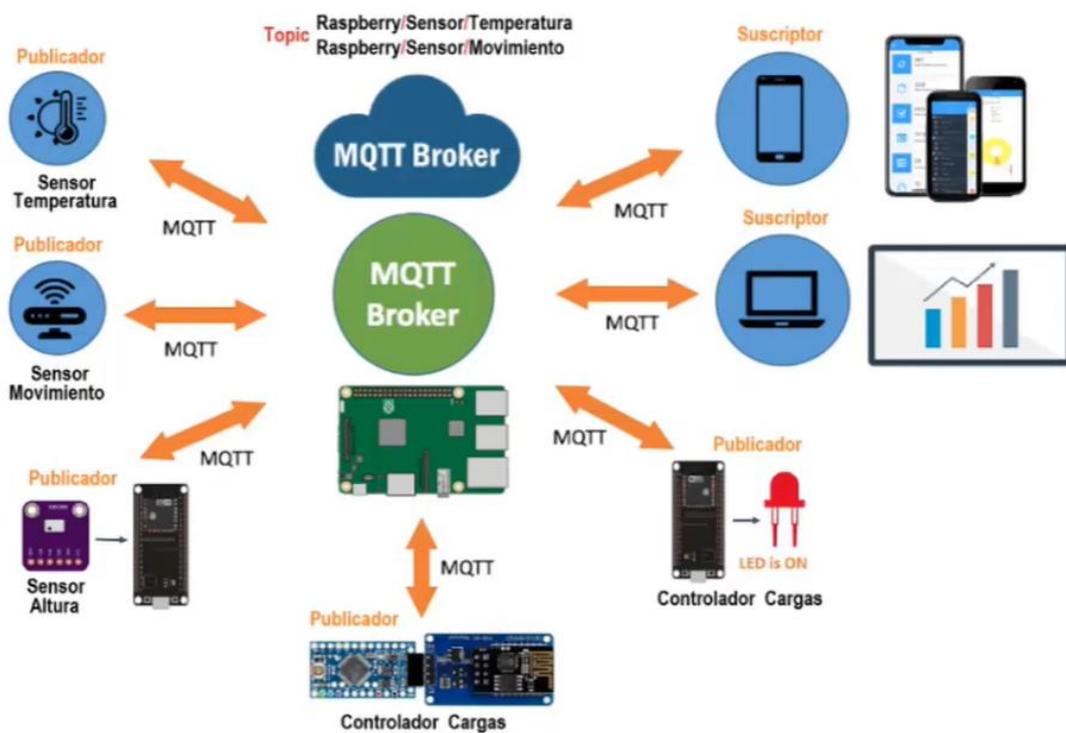


Figura 3.25 Esquema de interconexión de múltiples clientes publicadores y mosquitto bróker

3.2.4.1 Principios De MQTT

Desacoplamiento espacial: Significa que un cliente A no necesita saber donde está ubicado un dispositivo B.

Desacoplamiento de tiempo: Significa que los clientes no necesariamente deben estar conectados al mismo tiempo.

Desacoplamiento de sincronización: Significa que no deben estar sincronizados los clientes tanto el que envía como el que recibe.

En resumen, un cliente envía una data el bróker la procesa y lo envía a los suscriptores.

3.2.4.2 Calidad de servicio en MQTT.

Nivel cero "At most once (QoS 0)". - Es el más básico, un cliente A envía un dato para un cliente B, pero no espera una confirmación.

Nivel uno "At most once (QoS 1)". - Un cliente A envía un dato para un cliente B, y continúa enviando el mismo dato hasta recibir una confirmación.

Nivel dos "At most once (QoS 2)". - Un cliente A envía un dato para un cliente B, y el protocolo se encarga de que le llegue una única vez.

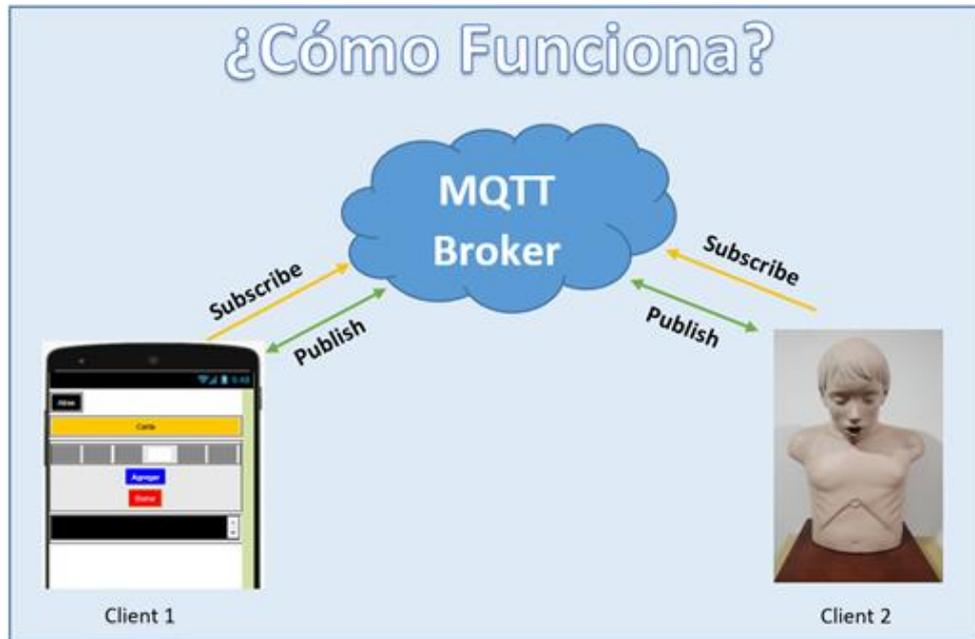


Figura 3.26 Esquema de comunicación entre la App y el Simulador de sonidos vitales.

3.2.4.3 Instalación de mosquitto MQTT en Raspberry Pi 4

Para la instalación de MQTT instalar mosquitto ingresando los siguientes comandos:

sudo apt-get install mosquitto

Utilizar el comando: `sudo apt-get install mosquitto-clients`, para instalar un cliente.

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get install mosquitto-clients
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
mosquitto-clients is already the newest version (2.0.11-1.2+deb12u1).
The following packages were automatically installed and are no longer required:
 libraspberrypi0 libssl1.1 libwpe-1.0-1 libwpebackend-fdo-1.0-1
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 77 not upgraded.
pi@raspberrypi:~$

```

Figura 3.27 Instalación de mosquitto

Utilizar el comando: `mosquitto -v`, para conocer la versión instalada en el raspberry pi4

```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ mosquitto -v  
1723251285: mosquitto version 2.0.11 starting  
1723251285: Using default config.  
1723251285: Starting in local only mode. Connections will only be possible from clients running on this machine.  
1723251285: Create a configuration file which defines a listener to allow remote access.  
1723251285: For more details see https://mosquitto.org/documentation/authentication-methods/  
1723251285: Opening ipv4 listen socket on port 1883.  
1723251285: Opening ipv6 listen socket on port 1883.  
1723251285: Error: Address already in use  
1723251285: mosquitto version 2.0.11 running
```

Figura 3.28 Verificación de la versión instalada de mosquito

Vemos que la versión instalada es la: 2.0.11 y el puerto es el 1883 para comunicarse desde cualquier subscriptor o publicador con el bróker. En este caso el bróker es mosquito.

A continuación, procedemos con la habilitación del servicio de mosquito con el comando: `sudo systemctl enable mosquitto.service`

```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ sudo systemctl enable mosquitto.service  
Synchronizing state of mosquitto.service with SysV service script with /lib/systemd/systemd-sysv-install.  
Executing: /lib/systemd/systemd-sysv-install enable mosquitto  
pi@raspberrypi:~$
```

Figura 3.29 Habilitación de mosquito

Procedemos a inicializar el servicio de mosquito con el siguiente comando: `sudo service mosquitto start`.

```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ sudo systemctl enable mosquitto.service  
Synchronizing state of mosquitto.service with SysV service script with /lib/systemd/systemd-sysv-install.  
Executing: /lib/systemd/systemd-sysv-install enable mosquitto  
pi@raspberrypi:~$ sudo service mosquitto start  
pi@raspberrypi:~$
```

Figura 3.30 Iniciando mosquito

Editamos el archivo `mosquitto.conf` para poder crear un usuario y una password con el comando: `sudo nano /etc/mosquitto/mosquitto.conf`

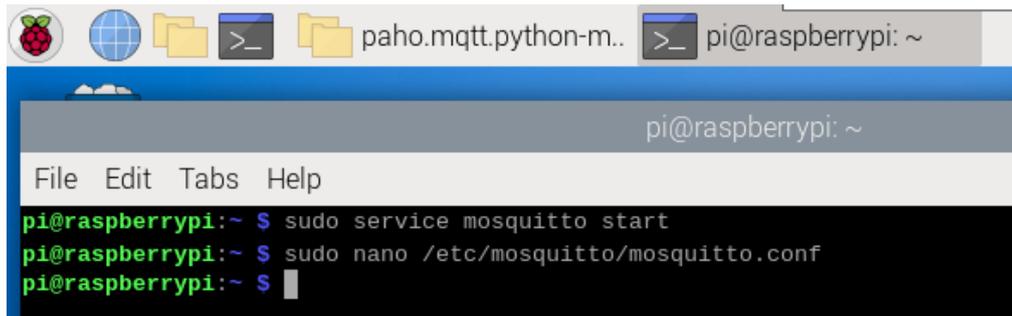


Figura 3.31 Apertura del terminal de configuración de mosquitto.conf

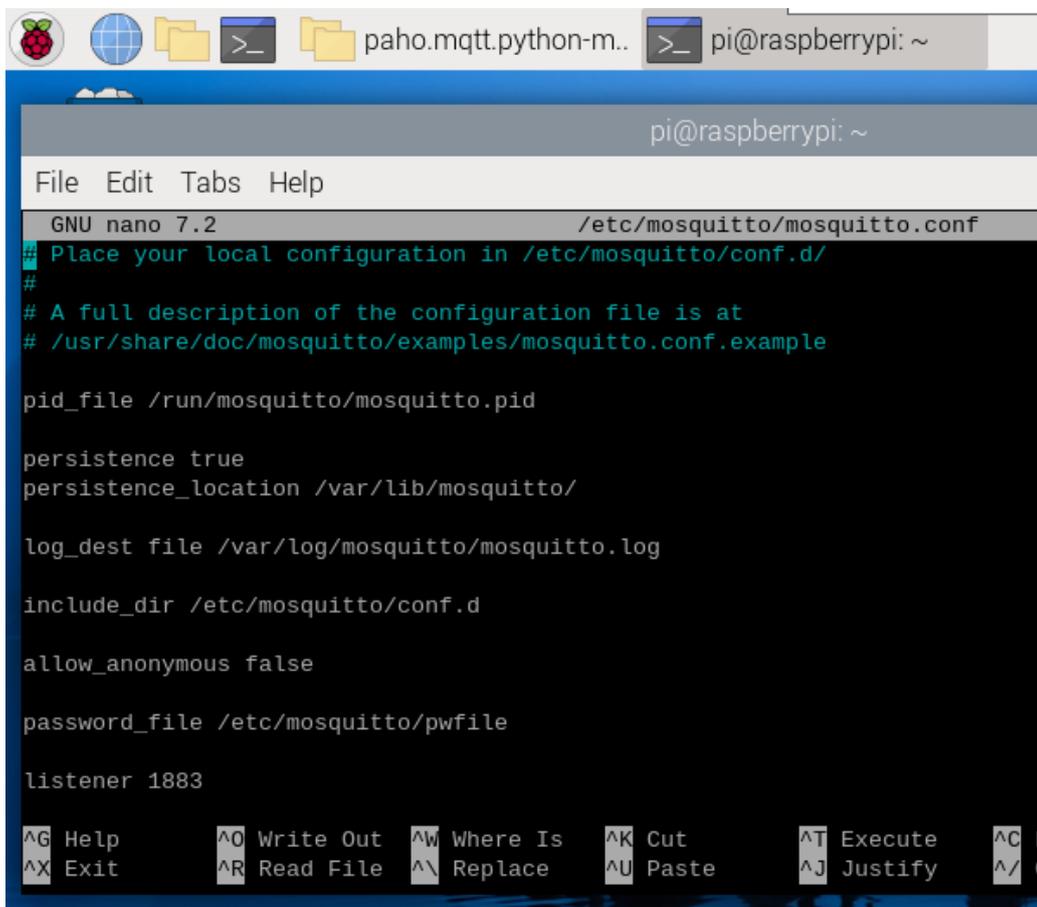


Figura 3.32 Configuración de mosquitto.conf para la creación de nombre de usuario y password.

Para guardar los cambios presionamos Ctrl + o seguido de Enter y salimos con Ctrl + x. Se crea el nombre de usuario y password utilizando el comando: `sudo mosquitto_passwd -c /etc/mosquitto/pwfile pi`, para este caso se coloca el mismo nombre de la raspberry pi 4, o sea "pi" y el mismo password que es "pi1234".

Mediante el comando: `mosquitto_sub -d -u pi -P pi1234 -t dev/test`, se puede realizar un testeo para corroborar que el mosquitto se encuentra bien instalado y operativo.

Tabla 3.3 Descripción de los argumentos del comando para inicio de mosquitto suscriptor

Comando	Función	Dato
mosquitto_sub	inicia mosquitto	Como suscriptor
-d	bróker	Raspberry
-u	nombre de usuario	pi
-P	password	pi1234
-t	tópico	dev/test

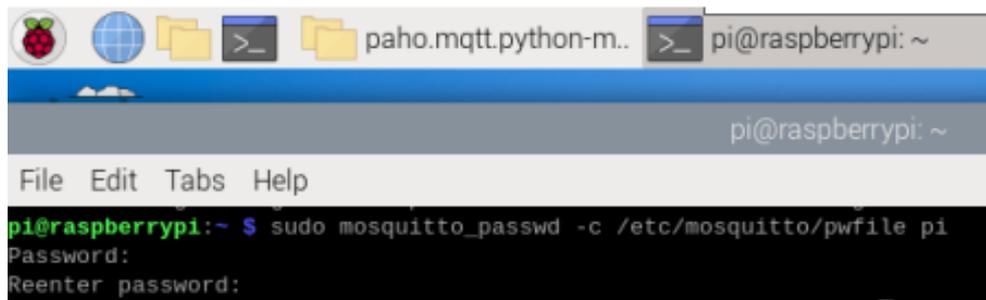


Figura 3.33 Creación de nombre de usuario y password para el mosquitto

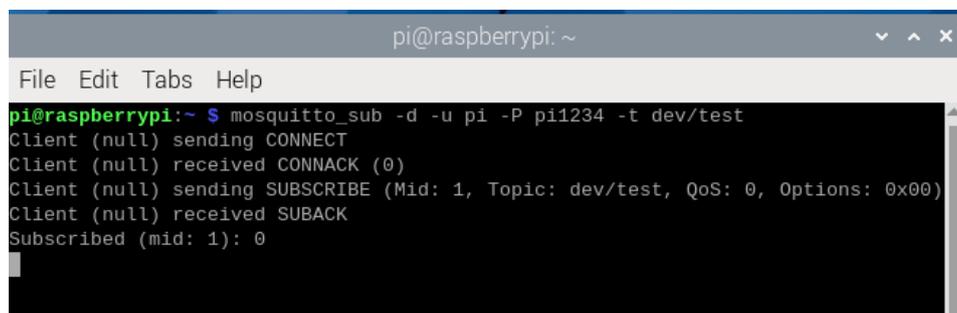


Figura 3.34 Test de mosquitto como suscriptor

Luego de comprobar que el bróker MQTT mosquitto está funcionando correctamente damos Ctrl + C para continuar.

Una vez instalado el “mosquitto”, configurado el nombre de usuario y el password, se procede a realizar una prueba de comunicación entre una computadora y el raspberry pi conectados a la misma red Wifi utilizando el programa MQTT Explorer, mediante el cual podemos publicar datos para ser enviados al bróker y testear todos los datos que está recibiendo.

3.2.4.4 Configuración del MQTT Explorer

En primera instancia, definimos un nombre a la comunicación, luego colocamos la misma IP asignada al raspberry pi 4 dentro de la red, finalmente el usuario y contraseña del raspberry pi 4 tal como se indica en la siguiente figura.

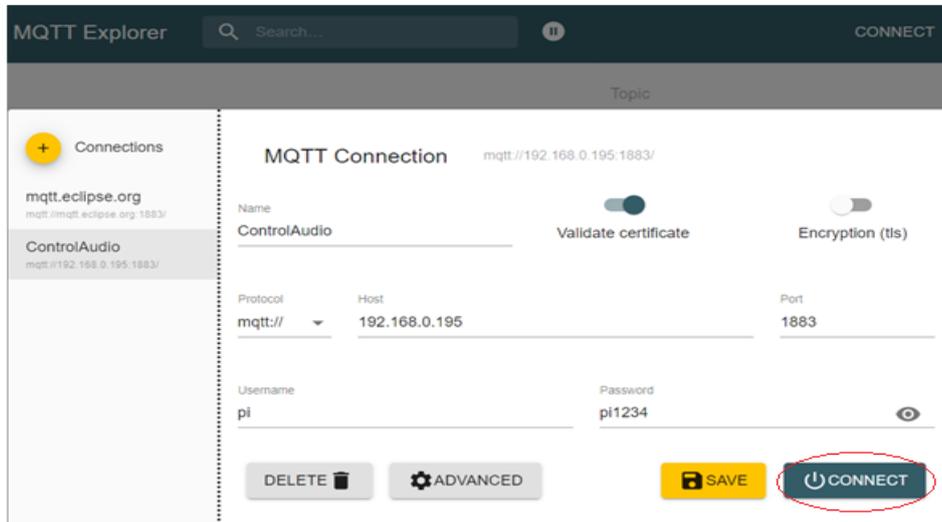


Figura 3.35 Configuración de MQTT Explorer

Luego de realizar la conexión, desplegamos 192.168.0.195/\$SYS/broker/Publish. Se muestra la siguiente pantalla donde dice topic: escribimos dev/test, elegimos raw y escribimos un mensaje de prueba "Prueba de comunicacion", enviamos el mensaje mediante el botón PUBLISH. En el lado izquierdo se corrobora que el mensaje ha sido recibido por el bróker.

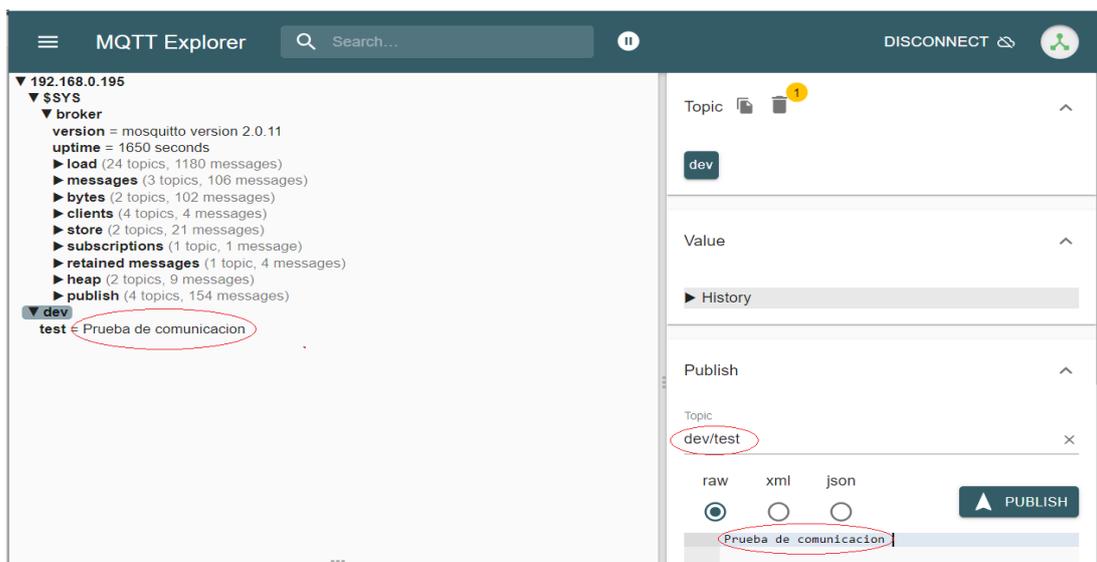


Figura 3.36 Envío y recepción de mensaje desde MQTT Explorer.

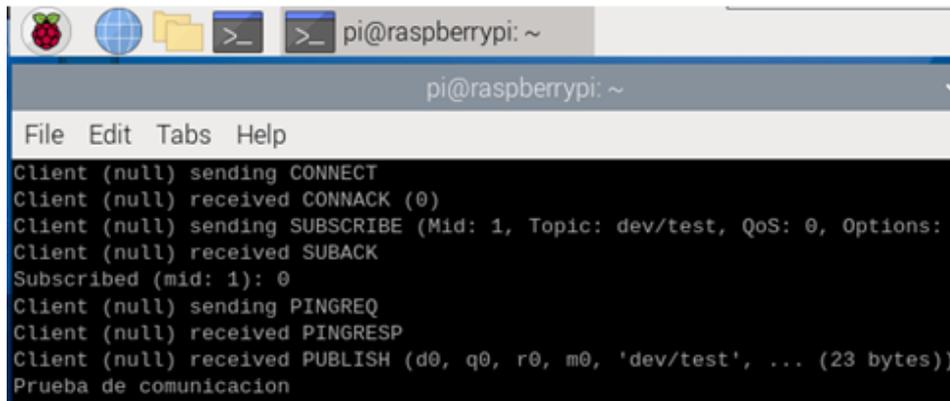


Figura 3.37 Recepción de mensaje enviado desde MQTT Explorer.

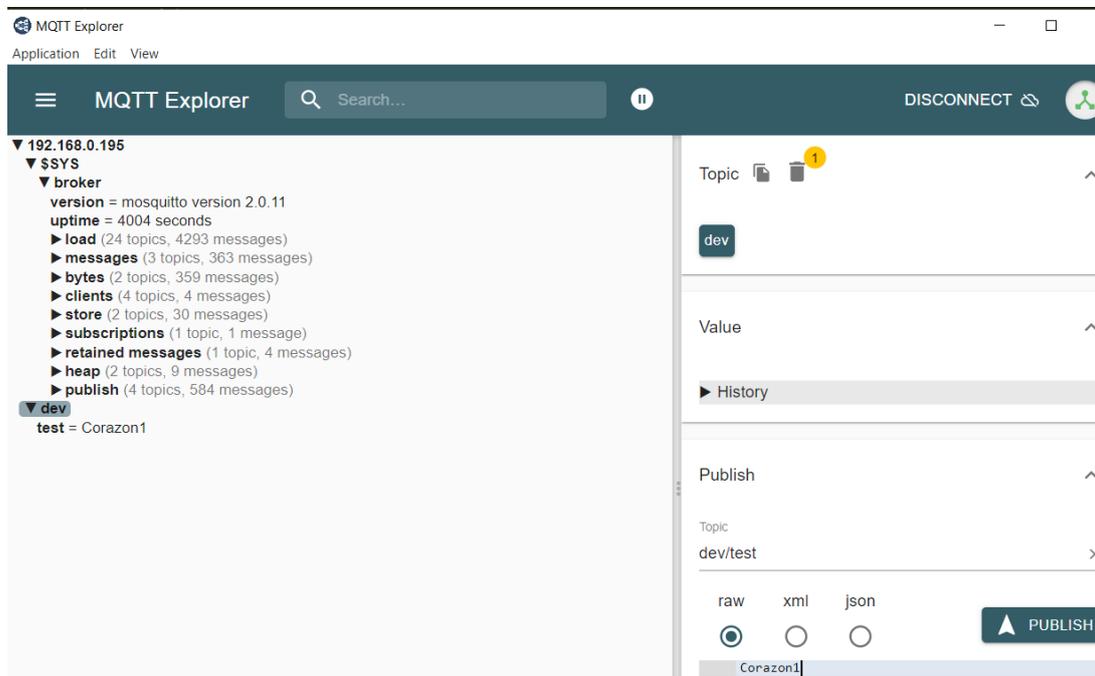


Figura 3.33a Envío de mensaje desde MQTT Explorer.



Figura 3. 34b Recepción de mensaje enviado desde MQTT Explorer.

3.2.4.5 Pruebas de comunicación con el celular

Para realizar las pruebas de comunicación, se debe descargar e instalar la aplicación **mqtt dash** en nuestro celular Android, esta App permite conectarnos a un bróker dentro de una misma red wifi.



Figura 3.38 App Cliente MQTT

Una vez instalada la App **Cliente MQTT**, se procede a abrirla, seleccionamos el icono de **herramientas**, luego seleccionamos **Corredores** y procedemos a editar todos los parámetros para poder establecer la comunicación con el bróker, tal como se indica en la figura 3.36

Cabe recalcar que el celular y el raspberry pi 4 deben estar conectados en la misma red Wifi. Definimos un nombre, en la sección URL se debe colocar la dirección IP del raspberry pi 4, el puerto por defecto es 1883, en Iniciar sesión se coloca el nombre del raspberry pi 4 en este caso “pi”, en contraseña se coloca la del raspberry pi 4 en este caso “pi1234”, seleccionamos Conectar Automáticamente y Listo

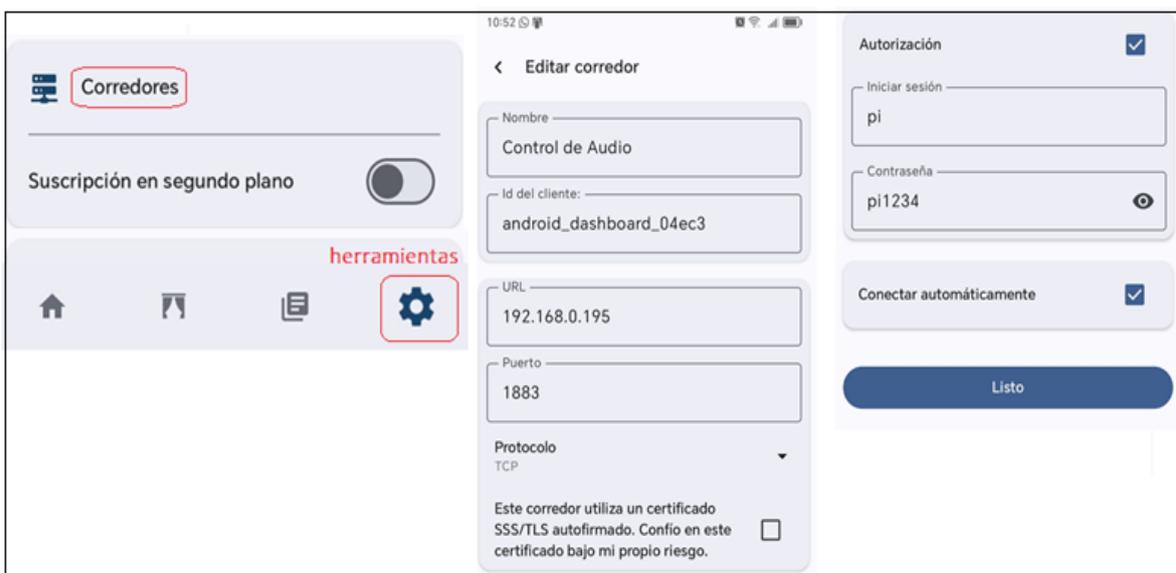


Figura 3.39 Configuración de Cliente MQTT

A continuación, creamos tres botones virtuales llamados: Pulmonar, Cardíaco, Intestinal. Para poder realizar pruebas de publicación y suscripción de datos entre el Celular (Cliente) y el raspberry pi 4 (bróker). Siguiendo los pasos detallados en la figura 3.37

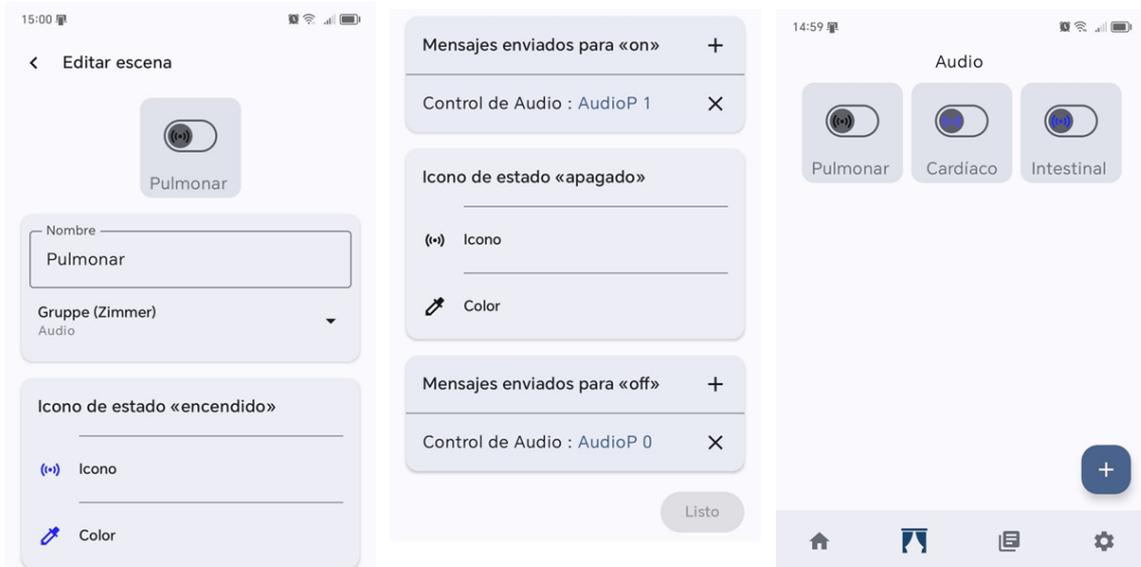


Figura 3.40 Creación de botones virtuales en Cliente MQTT

A continuación, se detallan las funciones y mensajes de cada uno de los botones virtuales desarrollados en la App Cliente MQTT. Cada vez que presionamos uno de los tres botones se envía el mensaje correspondiente tal como se detalla en la Tabla 3.4

Tabla 3.4 Función de los botones

Botón	Estado	Mensaje
Pulmonar	ON	AudioP 1
	OFF	AudioP 0
Cardíaco	ON	AudioC 1
	OFF	AudioC 0
Intestinal	ON	Audiol 1
	OFF	Audiol 0

Utilizando el comando: `mosquitto_sub -d -u pi -P pi1234 -t dev`, en la Terminal del raspberry pi 4, iniciamos el mosquitto como suscriptor con el tópico `dev` para la recepción de los datos, como se muestra en la Figura 3.38

```
pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ mosquitto_sub -d -u pi -P pi1234 -t dev
Client (null) sending CONNECT
Client (null) received CONNACK (0)
Client (null) sending SUBSCRIBE (Mid: 1, Topic: dev, QoS: 0, Options: 0x00)
Client (null) received SUBACK
Subscribed (mid: 1): 0
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r1, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioI 0
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioP 1
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioP 0
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioC 1
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioC 0
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioI 1
Client (null) received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'dev', ... (8 bytes))
AudioI 0
```

Figura 3.41 Recepción de datos recibidos por el Raspberry (bróker)

A continuación, se crean tres carpetas AudioC, AudioP y AudioI, para los ruidos cardiaco, pulmonar e intestinal respectivamente en las cuales se guardarán los archivos de audio en formato mp3, Cabe señalar que para estructurar la programación se opta por guardar cada archivo de audio con el siguiente formato:

Para audios de ruido cardiaco: AC1, AC2, ..., AC#

Para audios de ruidos pulmonares: AP1, AP2, ..., AP#

Para audios de ruidos intestinales: AI1, AI2, ..., AI#



Figura 3.42 Diseño de los botones para cada sonido

3.3 Análisis de Costos

Para realizar el análisis de costos, primero se evalúa el valor económico de los componentes utilizados, tales como la placa principal, la placa de alimentación, los convertidores AC/DC (adaptadores) de 5V 3A y 5V 2A tipo Micro USB, el Raspberry Pi 4, los altavoces con carcasa, el costo de fabricación, entre otros, como se detalla en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 3.5 Desglose de costos de elementos utilizados en el sistema

Item	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Amplificadores PAM8403	3	15,00	45,00
2	Maniquí medio torso	1	200,00	200,00
3	Kit Completo Raspberry Pi4	1	170,00	170,00
4	Fuente 5V 2A	1	10,00	10,00
5	CD4066B CMOS Quad Bilateral Switch	1	3,00	3,00
6	Conectores	1	1,00	1,00
7	Parlantes con case	4	2,00	8,00
8	Cables	1	2,00	2,00
9	Perillas	3	0,75	2,25
10	Resistencias 1/4W	8	0,12	0,96
11	Espagueti térmico	1	4,00	4,00
12	Gabinete de madera	1	40,00	40,00
13	Placa de circuito impreso	1	8,00	8,00
14	Cable de alimentación	1	1,50	1,50
15	Switch porta fusible + interruptor	1	3,00	3,00
16	Diseño de placa rotulada	1	4,00	4,00
			Subtotal	498,71
			IVA 15%	74,80
			Total	573,51

El costo de fabricación nacional (en Quito) para un único prototipo es de \$70,00 ya que se optó por esta opción debido a que las PCBs son prototipos iniciales. En cambio, la producción en masa de 10 placas con servicio de soldadura tiene un costo total de \$380,15 (\$38,02 por placa). Si se fabrican 100 unidades con el servicio de soldadura, el costo total sería de \$2802,00 (\$28,02 por placa), dependiendo de la cantidad.

De manera similar, se debe considerar el costo asociado al acondicionamiento e instalación del sistema, que incluye el trabajo de ingeniería, estimado en \$9,00 por hora y una duración aproximada de 2 horas, lo que suma un total de \$18,00. Además, se incluye un porcentaje de ganancia del 20%. El desglose completo de los costos está detallado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 3.6 Desglose de costos del sistema

Cantidad	Ítem	V. unitario	V. total
1	Costo de elementos utilizados en el sistema	573,51	573,51
1	Costo de fabricación PCB y soldadura	70,00	70,00
1	Costo de instalación	18,00	18,00
1	Costo de desarrollo *	0,00	0,00
		Subtotal	662,61
		Ganancias (20%)	132,52
		Total	793,81

* El costo de desarrollo es nulo, debido a que es un proyecto de maestría.

Por lo que el sistema de simulación de sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales instalado y funcional tendría un costo de \$793,81 dólares. Cabe destacar que al optar por la producción masiva y la importación directa de los componentes, el costo de fabricación se reduce considerablemente.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1 Pruebas de funcionamiento del sistema de simulación

Para realizar las pruebas de funcionamiento del Sistema de Simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales se emula un proceso de evaluación, además el proceso de auscultación para estas pruebas, será llevado a cabo por el personal diestro en esta área de salud.

Evaluar un maniquí que simula sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales implica varios aspectos para garantizar que el maniquí sea útil y efectivo en la enseñanza y práctica clínica. Aquí tienes una guía para evaluar estos maniqués:

4.1.1 Precisión de los Sonidos

- **Sonidos Cardíacos:** Asegurar de que el maniquí pueda reproducir una gama completa de sonidos cardíacos, incluyendo ritmos normales, soplos y arritmias. Los sonidos deben corresponder a lo que se espera en condiciones fisiológicas y patológicas reales.
- **Sonidos Pulmonares:** Verificar la calidad y precisión de los sonidos respiratorios, como reales, estertores, y roncós. Los sonidos deben ser claros y representar adecuadamente las condiciones pulmonares que se pueden encontrar en la práctica clínica.
- **Sonidos Intestinales:** Asegurar de que el maniquí pueda reproducir sonidos intestinales normales y anormales, como borborismos y ruidos disminuidos.

4.1.2 Calidad del Sonido

- **Claridad y Volumen:** Los sonidos deben ser claros y de un volumen adecuado para que los estudiantes o profesionales puedan escucharlos con facilidad. La calidad del sonido debe ser lo suficientemente buena como para que los estudiantes puedan identificar características específicas de los ruidos.
- **Variabilidad:** El maniquí debe permitir ajustes en el volumen y en la intensidad de los sonidos para simular diferentes condiciones clínicas.

4.1.3 Interactividad y Ajustabilidad

- Configuración de Escenarios: El maniquí permite la creación de diferentes escenarios clínicos, como enfermedades específicas o condiciones patológicas, y si los sonidos se pueden ajustar de acuerdo con estos escenarios.
- Retroalimentación: El maniquí proporciona retroalimentación al usuario sobre la precisión de su auscultación, ya sea a través de un sistema de evaluación integrada o mediante la capacidad de ajustar los parámetros y recibir resultados.

4.1.4 Facilidad de Uso

- Operatividad: El maniquí es fácil de operar y configurar. Los controles para ajustar y seleccionar los sonidos deben ser intuitivos.
- Portabilidad y Mantenimiento: Considerar la facilidad de transporte y mantenimiento del maniquí. Debe ser robusto y fácil de limpiar.

4.1.5 Materiales y Construcción

- Durabilidad: La calidad de los materiales utilizados en el maniquí. Deben ser duraderos y capaces de soportar el uso frecuente.
- Simulación Realista: Los tejidos y estructuras del maniquí deben imitar la anatomía humana de manera realista para proporcionar una experiencia de auscultación auténtica.

4.1.6 Costo y Soporte

- Costo: El costo del maniquí con sus características y capacidades. Asegurando de que ofrezca una buena relación calidad-precio.
- Soporte Técnico y Capacitación: Se ofrece soporte técnico adecuado y capacitación para el uso del maniquí.

4.2 Evaluación de la calidad de aprendizaje al usar el maniquí

Para evaluar el sistema de simulación de sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales controlados con una aplicación interactiva, se optó por realizar una encuesta tanto a personal capacitado en la salud como a personal profesional médico, y estudiantes de

medicina (se dio una previa instrucción mínima) de cómo utilizar el simulador de sonidos, lo cual después de ir escuchando los varios sonidos con el estetoscopio en diferentes lugares del maniquí al momento del aprendizaje viendo las diferentes reacciones de cada persona para lo cual se realizó dicha encuesta de la siguiente manera

Esta encuesta está diseñada para capturar tanto la percepción de la precisión y realismo del simulador como la efectividad en el proceso de aprendizaje, así como cualquier problema técnico y sugerencias para mejorar. Ajusta las preguntas según las necesidades específicas y el contexto de uso del simulador

4.2.1 Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar_____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no

4.2.2 Objetivo de la Evaluación:

El propósito de la evaluación es determinar la calidad del aprendizaje proporcionado por el sistema de simulación, basándose en los resultados obtenidos de una encuesta realizada a usuarios del sistema, incluyendo personal capacitado, profesionales y estudiantes.

4.2.3 Metodología de Evaluación:

Se distribuyó una encuesta de evaluación entre diferentes lugares y acontecimientos para lo cual participaron una población de 10 personas, que se dividieron en las siguientes categorías.

4.2.4 Resultados de la Encuesta de Evaluación:

Los resultados positivos de la encuesta se detallan a continuación:

1. Información General:

- Personal instructor/profesor en la salud: (4 usuarios)
- Profesionales de la salud: (3 usuarios)
- Estudiantes de medicina: (3 usuarios)

2. Precisión de la Simulación (calidad):

- **Instructor/Profesor:** Consideró que los sonidos simulados son precisos y fieles a las condiciones clínicas reales.
- **Profesionales:** Coincidieron en que la simulación representaba adecuadamente las variaciones de sonidos esperadas en la práctica clínica.
- **Estudiantes:** Encontraron que los sonidos simulados eran representativos y útiles para su aprendizaje.

3. Experiencia en el Aprendizaje:

- **Instructor/Profesor:** Observó una mejora significativa en la capacidad de los usuarios para identificar sonidos clínicos a través del uso del sistema.
- **Profesionales:** Indicaron que la simulación contribuyó a una comprensión más profunda de los sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales.
- **Estudiantes:** Reportaron una mejora notable en sus habilidades para reconocer y diferenciar los sonidos simulados.

4. Facilidad de Uso de la Aplicación (aspectos técnicos):

- **Instructor/Profesor:** Reportó que la aplicación era intuitiva y de fácil navegación.
- **Profesionales:** Opinaron que la aplicación facilitaba la simulación sin complicaciones técnicas.

- **Estudiantes:** Manifestaron que la interfaz de usuario era amigable y clara para el aprendizaje.

5. Satisfacción General:

- **Instructor/Profesor:** Expresó un alto nivel de satisfacción con la calidad general del sistema.
- **Profesionales:** Recomendarían el uso del sistema a otros profesionales para la formación y evaluación.
- **Estudiantes:** Confiarían el sistema a sus compañeros como una herramienta de aprendizaje efectiva.

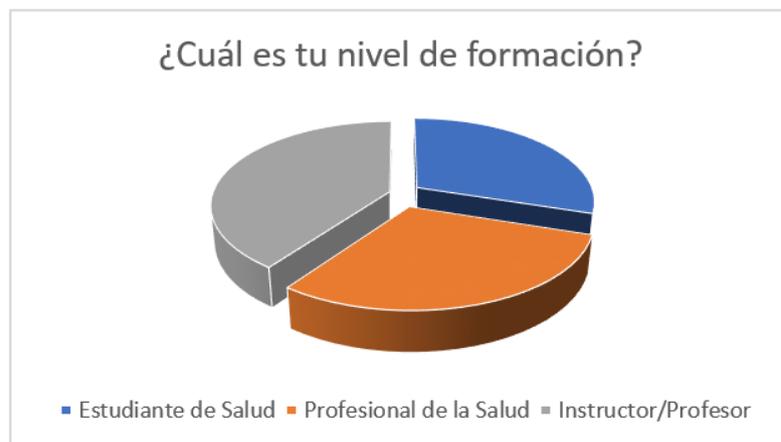


Figura 4.1 Gráfica de pastel de la Información General



Figura 4.2 Gráfica de pastel de la Calidad del Simulador

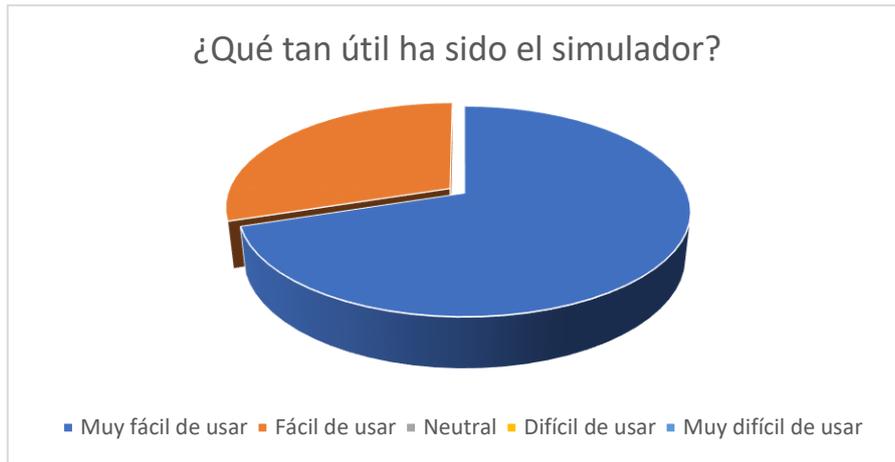


Figura 4.3 Gráfica de pastel de la Experiencia de Aprendizaje

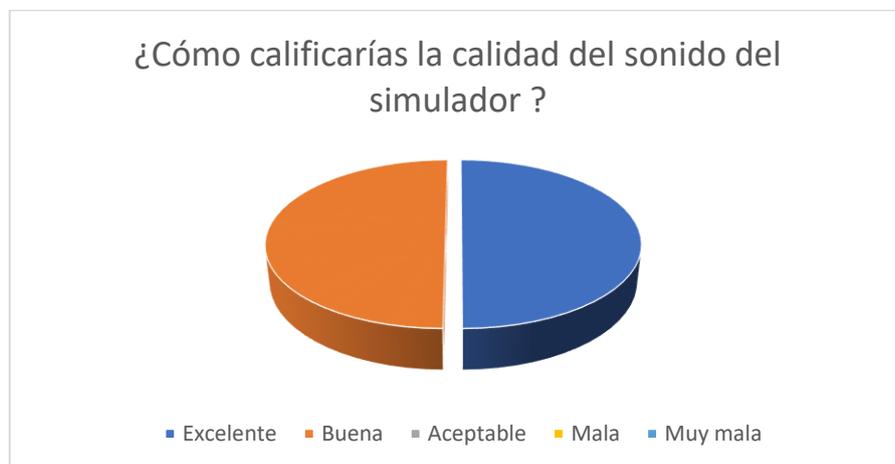


Figura 4.4 Gráfica de pastel de la Aspectos Técnicos



Figura 4.5 Gráfica de pastel de la Satisfacción General

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se presentan las conclusiones derivadas del desarrollo del actual proyecto, así como las recomendaciones destinadas a optimizar el sistema o a guiar futuros estudios, basadas en la validación médica de la Encuesta de Evaluación de la Calidad de Aprendizaje del Sistema de Simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales:

CONCLUSIONES

- Resultados positivos obtenidos en la encuesta, el sistema de simulación de sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva demuestra ser una herramienta efectiva para el aprendizaje y la evaluación clínica.
- La precisión de la simulación, la facilidad de uso de la aplicación y el impacto relevante en el aprendizaje se han validado a través de la retroalimentación del personal Instructor/Profesor, profesionales y estudiantes.
- La simulación de sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales ha sido evaluada como altamente representativa de las condiciones clínicas reales de los encuestados en todas las categorías (personal Instructor/Profesor, profesionales y estudiantes) confirmaron que los sonidos reproducidos por el maniquí y la aplicación reflejan adecuadamente las variaciones esperadas en un entorno clínico real.
- Facilidad de Uso, La aplicación interactiva ha sido calificada como intuitiva y de fácil manejo por los participantes. La facilidad de uso contribuye a una experiencia de aprendizaje fluida y eficaz, permitiendo a los usuarios centrarse en el contenido educativo sin enfrentarse a obstáculos técnicos significativos.
- Impacto en el Aprendizaje, La mayoría de los participantes reportaron una mejora notable en sus habilidades para identificar y diferenciar sonidos clínicos a través del uso del sistema. Los encuestados, incluidos profesionales y estudiantes, destacaron que el sistema ha enriquecido significativamente su comprensión y capacidad para evaluar sonidos fisiológicos.

- Satisfacción General con el sistema es alta, con una población de los usuarios expresando su aprecio por la calidad del sistema de simulación. La recomendación para el uso del sistema en entornos educativos y clínicos es fuerte, reflejando una aceptación generalizada de la herramienta como efectiva y valiosa.
- Mejora en el Aprendizaje de la Auscultación en el sistema de simulación electrónica de sonidos cardíacos, pulmonares e intestinales permite a los estudiantes familiarizarse con una amplia variedad de sonidos fisiológicos y patológicos en un entorno controlado. Esto facilita una mejor comprensión de la auscultación y ayuda a los estudiantes a reconocer patrones sonoros relacionados con diversas condiciones clínicas.
- La aplicación interactiva es amigable y de fácil uso, lo que hace que el proceso de programación, control y reproducción de los sonidos sea accesible para los usuarios. Esta característica fomenta una mayor autonomía en el aprendizaje y permite a los interesados adaptar el sistema a sus necesidades específicas de estudio.
- Comprensión de la correlación Anatomía-Sonidos, al integrar la simulación con la anatomía del cuerpo humano, el sistema ayuda a los usuarios a entender cómo los sonidos se relacionan con las estructuras anatómicas. Esto promueve una comprensión más profunda de cómo las alteraciones en las funciones corporales pueden manifestarse a través de los sonidos auscultatorios.
- Preparación para futuras situaciones clínicas complejas, la capacidad de simular diferentes escenarios clínicos y patológicos en un maniquí proporciona a los estudiantes una experiencia práctica que es difícil de obtener solo con la teoría. Esto es especialmente valioso en la formación para enfrentar situaciones clínicas complejas y en contextos de atención sanitaria interprofesional.

RECOMENDACIONES

- Mantenimiento y actualización se recomienda implementar un programa regular de mantenimiento y actualización del sistema para asegurar que los sonidos simulados continúen siendo precisos y relevantes. Esto incluye la incorporación de nuevas condiciones clínicas y la mejora continua de la aplicación interactiva basada en el feedback recibido.

- Capacitación adicional, aunque la aplicación ha sido valorada positivamente en términos de facilidad de uso, se sugiere ofrecer sesiones de capacitación adicionales para nuevos usuarios, especialmente en la interpretación avanzada de los sonidos y el uso completo de las funcionalidades de la aplicación.
- Recopilación Continua de Feedback para mantener la efectividad del sistema, se recomienda establecer un mecanismo continuo de recopilación de feedback de los usuarios. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras basadas en la experiencia real del personal de la salud y garantizar que el sistema evolucione con las necesidades educativas y clínicas cambiantes.
- Expansión del Contenido Educativo, proporcionado por el sistema, incluyendo más escenarios clínicos y casos complejos. Esto permitirá a los usuarios enfrentar una variedad más amplia de situaciones y mejorar aún más su capacidad para realizar evaluaciones precisas.
- Investigación y Desarrollo para explorar nuevas tecnologías y metodologías que puedan integrarse en el sistema de simulación. Esto puede incluir la implementación de inteligencia artificial para ofrecer retroalimentación personalizada y adaptativa durante el proceso de aprendizaje.
- Integración de Casos Clínicos Diversos al ampliar la base de datos de sonidos para incluir una gama más extensa de condiciones clínicas y patologías. Esto puede incluir sonidos asociados con enfermedades raras o menos comunes, lo que proporcionará una formación más variada.
- Modernización continua del contenido con las últimas investigaciones y avances en la auscultación y la anatomía. Esto garantizará que los estudiantes aprendan sobre las técnicas y diagnósticos más recientes.
- Implementar funcionalidades que permitan a los estudiantes recibir retroalimentación en tiempo real sobre sus habilidades de auscultación. Esto podría incluir indicaciones sobre la precisión de su técnica o sugerencias para mejorar su enfoque.
- Desarrollar módulos de evaluación que permitan a los estudiantes probar sus conocimientos y habilidades en un entorno simulado antes de enfrentar situaciones reales. Estos módulos podrían incluir pruebas de diagnóstico y escenarios clínicos interactivos.

- Entrenamiento para Instructores ofreciendo capacitación específica para el Instructor/Profesor sobre cómo utilizar eficazmente el sistema y cómo integrar la simulación en su currículum de enseñanza. Esto ayudará a maximizar el impacto educativo del sistema y a asegurar su uso efectivo en diferentes contextos de formación.
- Fomento de la colaboración interdisciplinaria al promover el uso del sistema en escenarios de formación interdisciplinaria, donde los estudiantes de diferentes especialidades puedan colaborar y aprender juntos. Esto reflejará la naturaleza colaborativa del entorno clínico real y mejorará la capacidad de los futuros médicos para trabajar en equipo.
- Se recomienda continuar utilizando el sistema en el ámbito educativo y clínico y considerar la incorporación de sugerencias para futuras mejoras basadas en el feedback recibido.
- Implementando estas recomendaciones, el sistema no solo mejorará la formación individual de los estudiantes, sino que también potenciará su capacidad para enfrentar desafíos clínicos reales con confianza y competencia

BIBLIOGRAFÍA

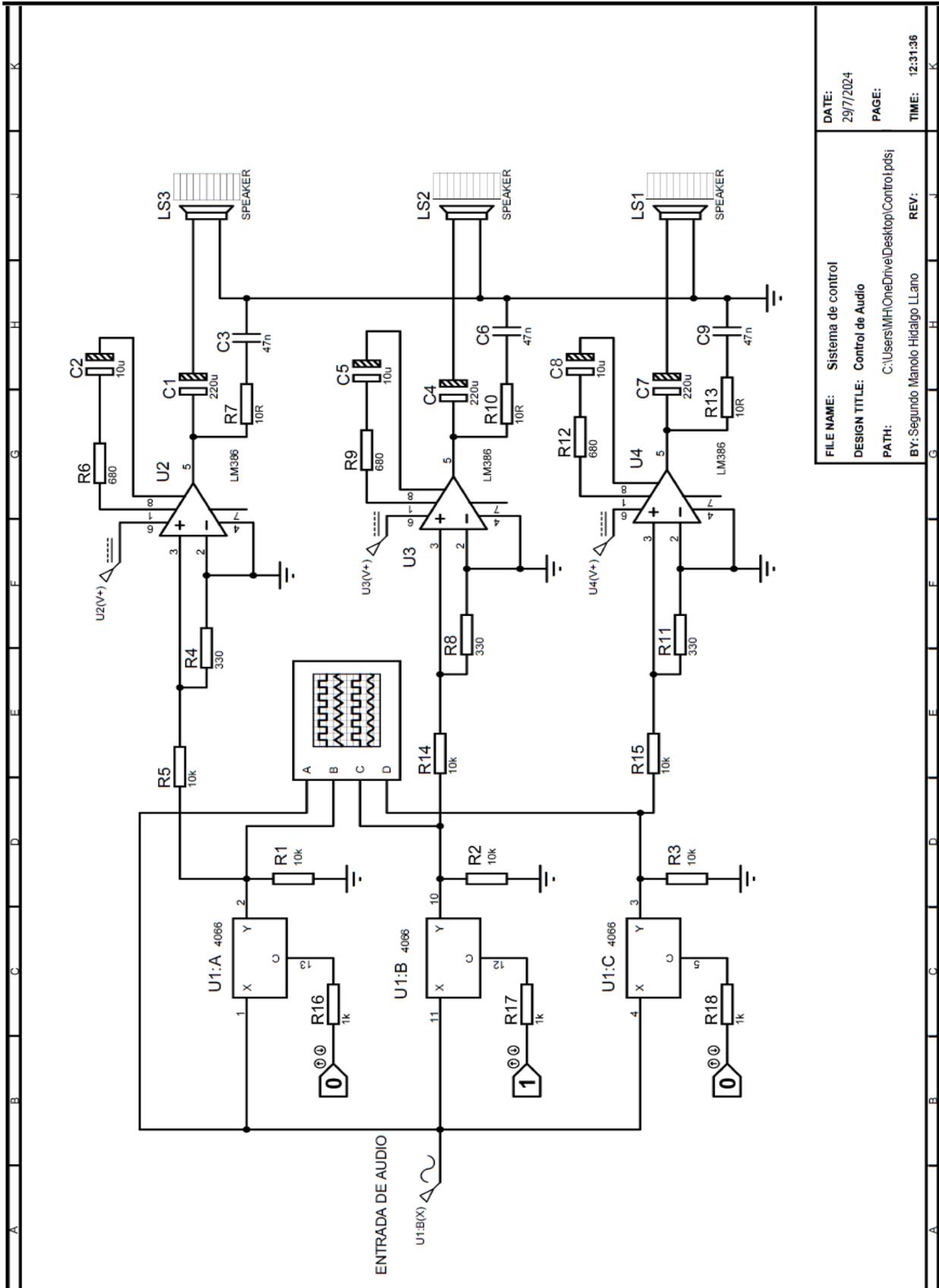
- [1] M. Corvetto *et al.*, “Simulación en educación médica: una sinopsis”, *Rev. Médica Chile*, vol. 141, núm. 1, pp. 70–79, ene. 2013, doi: 10.4067/S0034-98872013000100010.
- [2] U. Sánchez-Vásquez *et al.*, “Design, assembly and validation of a low-cost, high-fidelity simulator for heart exploration”, *Gac. Médica México*, vol. 157, núm. 1, p. 6509, mar. 2023, doi: 10.24875/GMM.M21000532.
- [3] J. Peralta, L. Carrión, J. B. Tenesaca, y A. Vázquez-Rodas, “Clasificación de los sonidos cardíacos usando ondículas y redes neuronales”, 2017.
- [4] G. Gastélum-Hernández, J. A. Medina-Aguirre, S. Trujillo-López, y A. A. Peralta-Ramírez, “Diseño, elaboración y evaluación de un simulador de auscultación cardiopulmonar de bajo costo”, *Rev. Latinoam. Simul. Clínica*, vol. 4, núm. 1, pp. 35–40, 2022, doi: 10.35366/104954.
- [5] S. A. Viaña-Fragoso, A. Rosario-Rojas, y L. Jiménez-Ángeles, “Diseño de un simulador de paciente para auscultación cardíaca”, *Rev. Latinoam. Simul. Clínica*, vol. 2, núm. 3, pp. 146–153, 2020, doi: 10.35366/97904.
- [6] M. L. Sánchez, L. R. López, O. P. López, y S. L. Álvarez, “La simulación clínica como herramienta de aprendizaje Simulation based-training in Medicine: a teaching tool”, *Vol*, vol. 18.
- [7] R. Neri-Vela, “El origen del uso de simuladores en Medicina”.
- [8] L. Juguera Rodríguez, J. L. Díaz Agea, M. L. Pérez Lapuente, C. Leal Costa, A. Rojo Rojo, y P. Echevarría Pérez, “La simulación clínica como herramienta pedagógica. Percepción de los alumnos de Grado en Enfermería en la UCAM (Universidad Católica San Antonio de Murcia)”, *Enferm. Glob.*, vol. 13, núm. 1, pp. 175–190, ene. 2014, doi: 10.6018/global.13.1.157791.
- [9] “SAM II®, el maniquí de auscultación del estudiante”, Medical Simulator. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://medical-simulator.com/exploracion-cardiologica-y-respiratoria/4719-sam-ii-el-maniqui-de-auscultacion-del-estudiante.html>
- [10] “6_Noelle-57x.pdf”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://hospital-hispania.com/opencms/export/sites/default/.content/documentos/catalogos/formacion/6_Noelle-57x.pdf
- [11] E. Tejada-Rangel, H. Retamoza, M. G. Flores, y J. R. G. Nuñez, “La simulación como estrategia educativa para el nivel superior.”, *Dilemas Contemp. Educ. Política Valores*, ene. 2023, doi: 10.46377/dilemas.v2i10.3475.
- [12] A. R. Panchal *et al.*, “2018 American Heart Association Focused Update on Advanced Cardiovascular Life Support Use of Antiarrhythmic Drugs During and Immediately After Cardiac Arrest: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care”, *Circulation*, vol. 138, núm. 23, dic. 2018, doi: 10.1161/CIR.0000000000000613.
- [13] Y. M. C. Lasso y F. J. Preciado, “DISEÑO DE SIMULADOR DE REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR ADULTO PARA PERSONAL CON NULIDAD AUDITIVA”.
- [14] “Verificación y validación de los modelos de simulación por ordenador”, *Wikipedia, la enciclopedia libre*. el 14 de mayo de 2024. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en:

- https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Verificaci%C3%B3n_y_validaci%C3%B3n_de_los_modelos_de_simulaci%C3%B3n_por_ordenador&oldid=160097516
- [15] “Ventajas y Desventajas Del Uso de Simuladores en La Educación | PDF | Conocimiento | Aprendizaje”, Scribd. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/343834950/Ventajas-y-Desventajas-Del-Uso-de-Simuladores-en-La-Educacion>
- [16] E. U. Continental, “Descifrando la Pirámide de Aprendizaje de Edgar Dale”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/piramide-aprendizaje-edgar-dale>
- [17] “Auscultación”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Auscultaci%C3%B3n.html>
- [18] “Auscultación medica - AUSCULTACIÓN Consiste en aplicar el sentido del oído para recoger todos - Studocu”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/propedeutica-medica/auscultacion-medica/8855822>
- [19] Á. G. Cabezudo, “AUSCULTACIÓN Y FISIOTERAPIA RESPIRATORIA -”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/auscultacion-y-fisioterapia-respiratoria/>
- [20] “Auscultación cardíaca”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://empendium.com/manualmibe/compendio/social/chapter/B34.I.1.29>
- [21] H. A. Cruz Ortega, F. X. Calderón Monter, H. A. Cruz Ortega, y F. X. Calderón Monter, “El corazón y sus ruidos cardíacos normales y agregados. Una somera revisión del tema”, *Rev. Fac. Med. México*, vol. 59, núm. 2, pp. 49–55, abr. 2016.
- [22] F. M. Kusumoto *et al.*, “2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay”, *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 74, núm. 7, pp. e51–e156, ago. 2019, doi: 10.1016/j.jacc.2018.10.044.
- [23] “Enfermedad cardíaca: Tipos, causas y tratamientos”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/327293>
- [24] “Enfermedades mas Frecuentes del Corazon”, SlideShare. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/enfermedades-mas-frecuentes-del-corazon/21860532>
- [25] “FOCOS DE AUSCULTACIÓN CARDÍACA”, SlideShare. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/focos-de-auscultacin-cardaca/70459242>
- [26] J. M. H. Quevedo, “La auscultación pulmonar”, Live-Med. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.livemed.in/es/blog/la-auscultacion-pulmonar/>
- [27] F. Bertrand Z. *et al.*, “La auscultación pulmonar en el siglo 21”, *Rev. Chil. Pediatría*, vol. 91, núm. 4, pp. 500–506, ago. 2020, doi: 10.32641/rchped.v91i4.1465.
- [28] “Respiración - Concepto, por qué respiramos y proceso”. Consultado: el 16 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/respiracion/>
- [29] “Ruidos respiratorios: MedlinePlus enciclopedia médica”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007535.htm>
- [30] “Evaluación del paciente con trastornos pulmonares - Trastornos pulmonares”, Manual MSD versión para profesionales. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En

- línea]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es-ec/professional/trastornos-pulmonares/abordaje-del-paciente-con-trastornos-pulmonares/evaluación-del-paciente-con-trastornos-pulmonares>
- [31] “Trastornos del Ritmo Cardíaco | La Guía del Paciente para Corazón, los Pulmones y la cirugía esofágica”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ctsurgerypatients.org/es/enfermedades-del-coraz%C3%B3n-en-adultos/trastornos-del-ritmo-card%C3%ADaco>
- [32] “Semiología de Abdomen: auscultación”, Gastro Mérida. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ivanrivasmd.com/semiologia-de-abdomen-auscultacion/>
- [33] “Inspección, palpación, percusión y auscultación abdominal en urgencias”, El blog de Salusplay. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.salusplay.com/blog/auscultacion-abdominal-urgencias/>
- [34] “Sonidos Cardíacos | Concise Medical Knowledge”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.lecturio.com/es/concepts/sonidos-cardiacos/>
- [35] “What is Python? - The Most Versatile Programming Language”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.datacamp.com/blog/all-about-python-the-most-versatile-programming-language>
- [36] “Raspberry Pi”, *Wikipedia, la enciclopedia libre*. el 3 de julio de 2024. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Raspberry_Pi&oldid=161103260
- [37] J. Moreno, “LIBRERIAS DE PYTHON PARA EL ANÁLISIS DE DATOS”.
- [38] “python.pdf”. Consultado: el 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://sagitario.itmorelia.edu.mx/mfraga/materias/soemb/python.pdf>
- [39] tuxskar, “▷ Scripts en Python”, El Pythonista. Consultado: el 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://elpythonista.com/script-en-python>
- [40] O. Lizama, G. Kindley, J. I. J. Morales, y A. Gonzales, “Redes de computadores Arquitectura Cliente - Servidor”.
- [41] “App Inventor”, *Wikipedia, la enciclopedia libre*. el 22 de abril de 2024. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=App_Inventor&oldid=159599781
- [42] “1. QUE ES APPINVENTOR.pdf”. Consultado: el 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://alfabetizaciondigital.fundacionesplai.org/pluginfile.php/9567/mod_resource/content/3/1.%20QUE%20ES%20APPINVENTOR.pdf
- [43] “Qué es un diagrama de flujo”, Lucidchart. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>
- [44] “¿Qué es una ventana de aplicación?”, Alegs.com.ar. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.alegsa.com.ar/Diccionario/C/27872.php>
- [45] R. G. Audio, “Simulador Espacial de Entornos Sonoros - GACETA AUDIO”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistagacetaudio.es/a-fondo/simulador-espacial-de-entornos-sonoros/>
- [46] “¿Qué es proteus?” Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- [47] “Conceptos básicos sobre bases de datos - Soporte técnico de Microsoft”. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://support.microsoft.com/es-es/topic/conceptos-b%C3%A1sicos-sobre-bases-de-datos-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204>

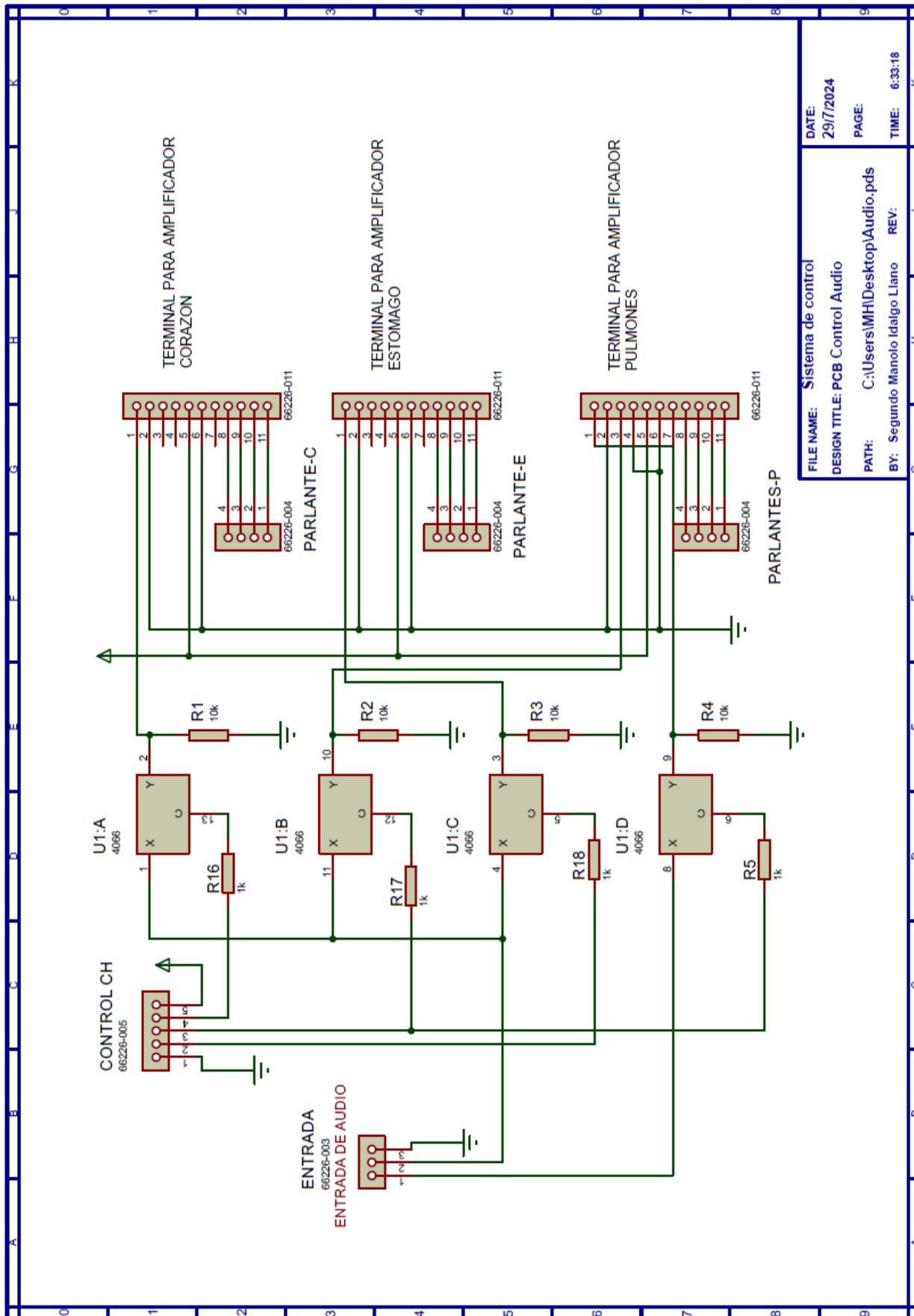
- [48] Marujita, "Transmisión de datos - Qué es, definición y concepto", Muy Tecnológicos. Consultado: el 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://muytecnologicos.com/diccionario-tecnologico/transmision-de-datos>
- [49] "MIT App Inventor | Explore MIT App Inventor". Consultado: el 25 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://appinventor.mit.edu/>
- [50] "IPC 2221 para Diseño de PCB como usarla y actualización". Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.aldestatec.com/blog-diseno-con-normas-y-certificaciones/norma-ipc-2221b-para-diseno-de-pcb-actualizacion/>
- [51] "IPC-2221A.pdf". Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ipc.org/TOC/IPC-2221A.pdf>
- [52] "MicroPython with the ESP32", Udemy. Consultado: el 25 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.udemy.com/course/micropython-with-the-esp32/>
- [53] "ESP32_DevKitc_V4". Consultado: el 25 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://dl.espressif.com/dl/schematics/esp32_devkitc_v4-sch.pdf
- [54] "Fuente Cargador Para Raspberry Pi 3 B B+ 5v 3a Robotics - U\$S 8,5". Consultado: el 25 de noviembre de 2021. [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-503082578-fuente-cargador-para-raspberry-pi-3-b-b-5v-3a-robotics-_JM
- [55] "5. Pines GPIO y su programación". Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://solectroshop.com/es/content/60-5-pines-gpio-y-su-programacion>
- [56] "PAM8403 Mini Amplificador 5V con Control de Volumen", UNIT Electronics. Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/pam8403-mini-amplificador-5v-con-control-de-volumen/>
- [57] "Snapshot". Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/pam8403-mini-amplificador-5v-con-control-de-volumen/>
- [58] "Hoja de datos del MC14066B, PDF - Alldatasheet". Consultado: el 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mc14066b&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw5ea1BhC6ARIsAEOG5pzKnB05UGILb1ROHw_ELF5fNVdf1wWY9keR40aqX5CdiG1SROqbVRwaAg9fEALw_wcB
- [59] "¿Que es un Shield? | Arduino.cl". Consultado: el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://arduino.cl/que-es-un-shield/>
- [60] "VNC Server: qué es y cómo usarlo para acceder en remoto a tu PC", ADSLZone. Consultado: el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.adslzone.net/como-se-hace/internet/servidor-vnc/>
- [61] "Introducción :: WinSCP". Consultado: el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://winscp.net/eng/docs/lang:es>
- [62] "¿Qué es el MQTT? - Explicación del protocolo MQTT - AWS", Amazon Web Services, Inc. Consultado: el 13 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>

APÉNDICE A



FILE NAME:	Sistema de control
DESIGN TITLE:	Control de Audio
PATH:	C:\Users\MHOneDrive\Desktop\Control.pdsj
BY:	Segundo Manolo Hidalgo LLano
DATE:	29/7/2024
PAGE:	
TIME:	12:31:36

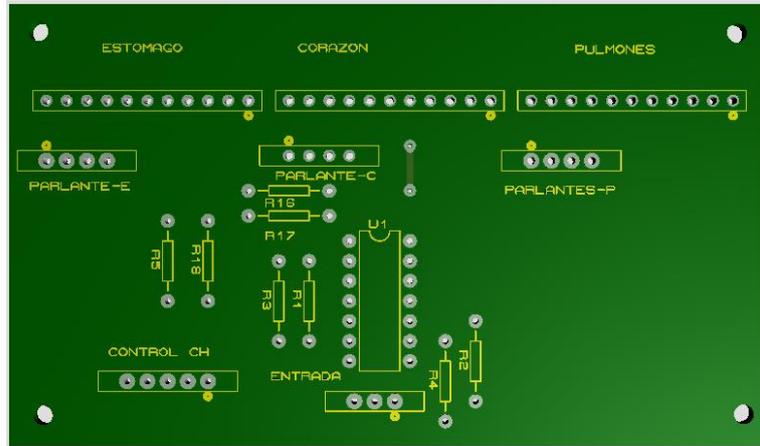
Esquemático 1. Circuito electrónico del sistema control de los amplificadores.



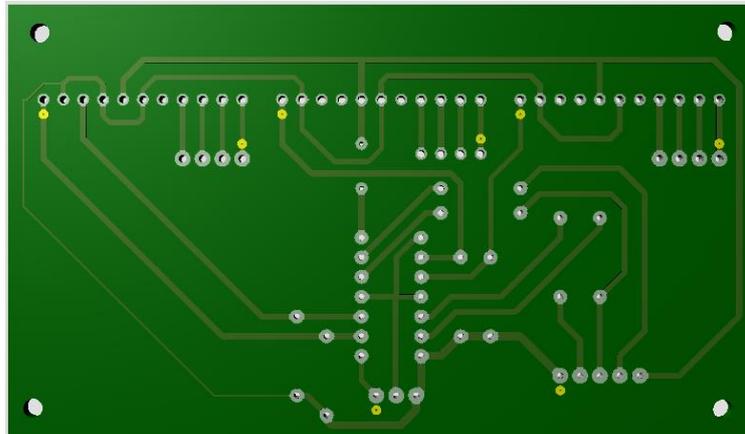
FILE NAME: Sistema de control	DATE: 29/7/2024
DESIGN TITLE: PCB Control Audio	PAGE:
PATH: C:\Users\Manolo Idalgo Liano	REV: 6:33:18
BY: Segundo Manolo Idalgo Liano	TIME: 6:33:18

Esquemático 2. Diseño PCB del sistema control de los amplificadores.

APENDICE B



Anverso de la placa de audio



Reverso de la placa de audio

Imagen 1. Construcción PCB del sistema control de los amplificadores.

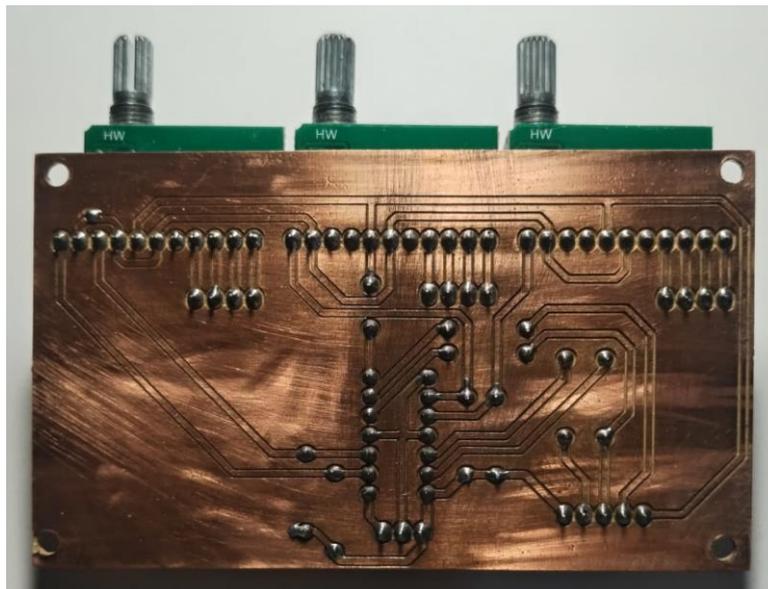


Imagen 2. Pistas Shield del circuito control de los amplificadores.

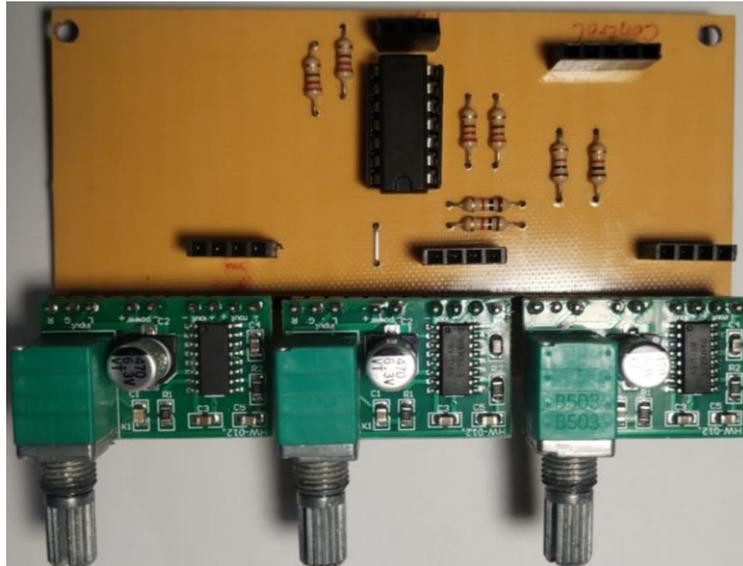


Imagen 3. Montaje de elementos del sistema control de los amplificadores.

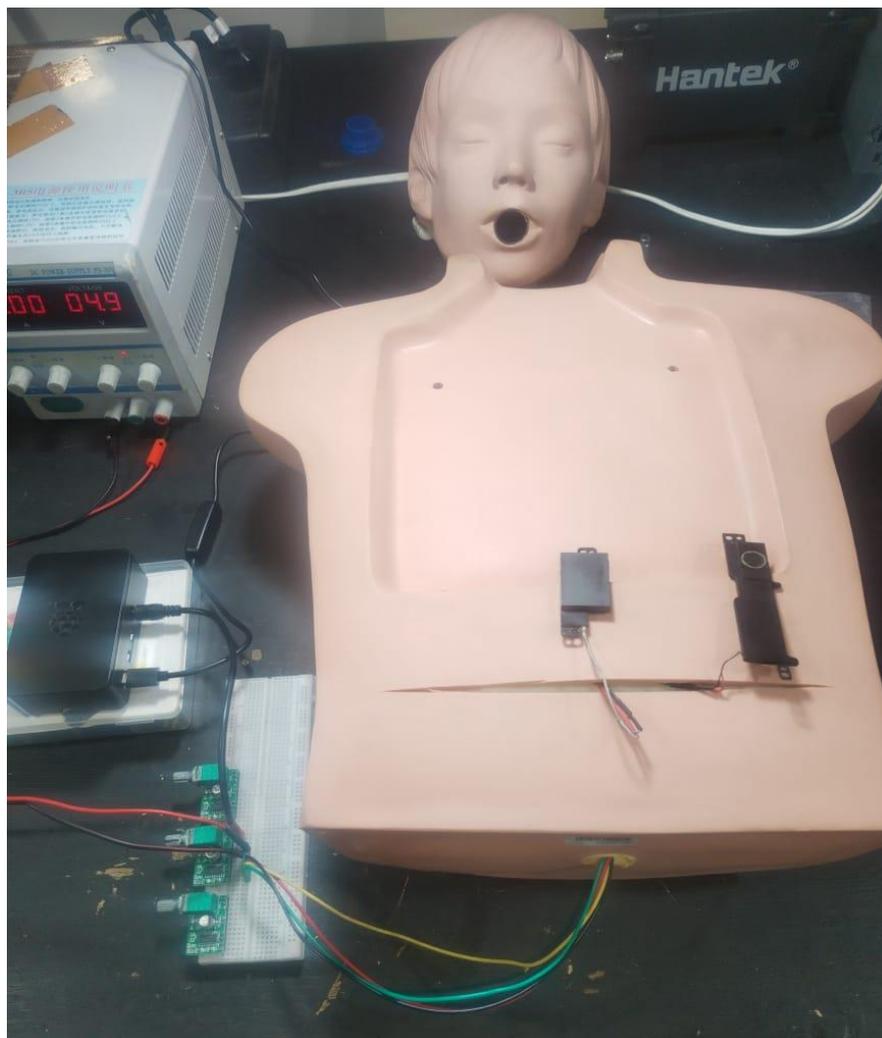


Imagen 4. Pruebas de audio en el Maniquí

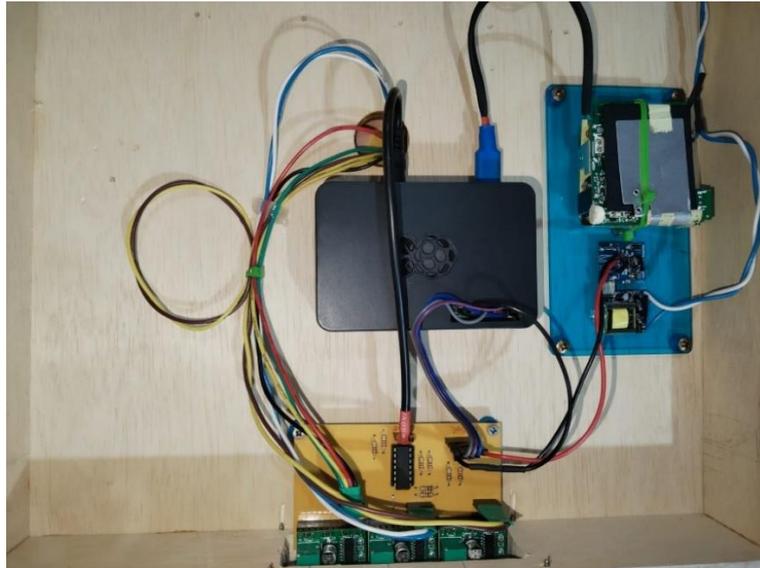


Imagen 5. Integración de la alimentación y control de audio al Raspberry Pi.



Imagen 6. Pruebas de funcionalidad



Imagen 7. Vista del panel del control de Audio

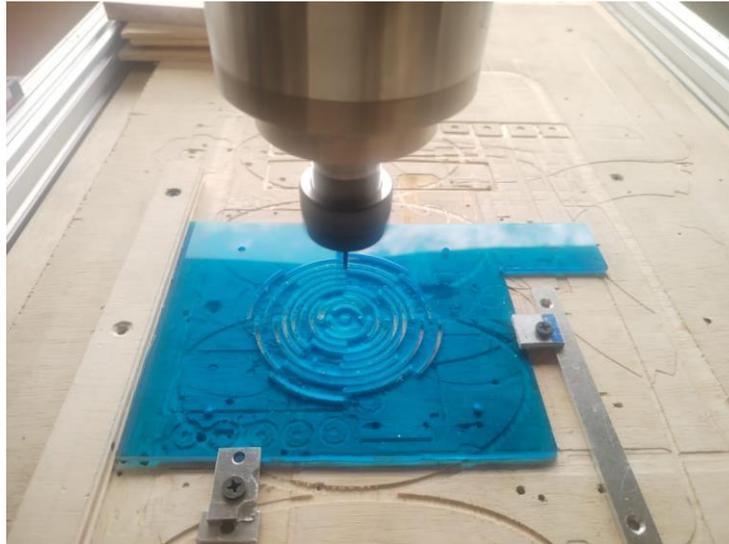


Imagen 8. Construcción del protector y ventilación



Imagen 8. Producto final del sistema de simulación

APENDICE C

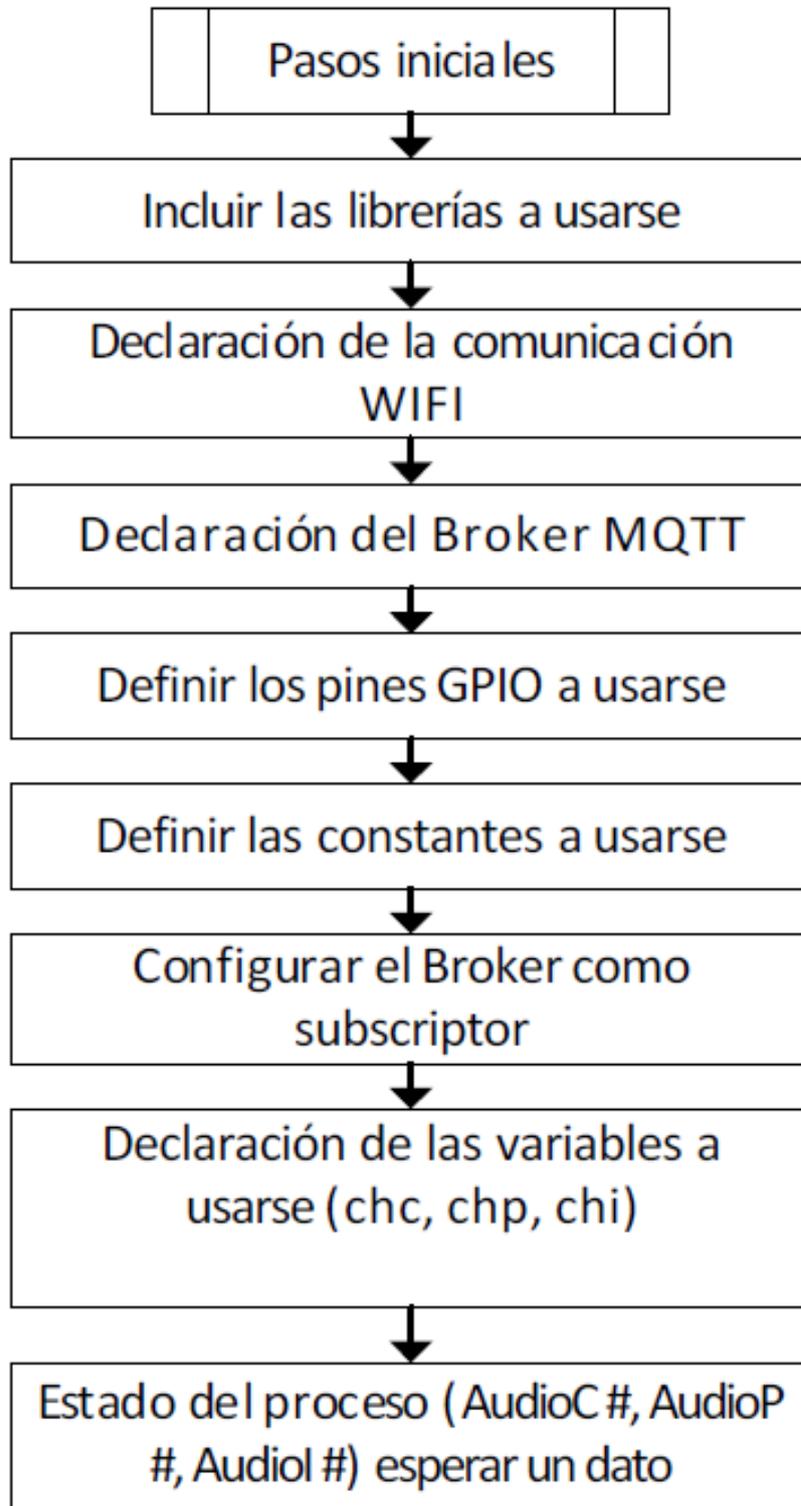


Diagrama 1. Diagrama de flujo del subproceso “Pasos iniciales”

APENDICE D

```
# Import package
import paho.mqtt.client as mqtt
from gpiozero import LED
import time
import os

# Define Variables
MQTT_HOST = "192.168.1.59"
MQTT_PORT = 1883
MQTT_KEEPALIVE_INTERVAL = 5
MQTT_TOPIC = "dev"
MQTT_MSG = "Hello MQTT"

chc = LED(17) # cardio al gpio 17
chp = LED(27) # pulmonar al canal 27
chi = LED(22) #intestinal al canal 22

chc.off()
chp.on()
chi.off()

# Define on_connect event Handler
def on_connect(mosq, obj, flags, rc):
    #Subscribe to a the Topic
    mqttc.subscribe(MQTT_TOPIC, 0)

# Define on_subscribe event Handler
def on_subscribe(mosq, obj, mid, granted_qos):
    print ("Subscribed to MQTT Topic")

# Define on_message event Handler
def on_message(mosq, obj, msg):

    msge = str(msg.payload.decode("utf-8"))
    print (msg.payload.decode("utf-8"))

# Inicio
if msg.topic == "dev":
    if msge=="AudioC 0":
        print("No Audio")
        chp.off()
        chc.off()
        chi.off()
    elif msge=="AudioC 1":
        print("No Audio")
        chc.off()

# Datos de sistema Pulmonar
elif msge=="AudioC1":
    print("Reproduce Audio1")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC1.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 2":
    print("Reproduce Audio2")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC2.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 3":
    print("Reproduce Audio3")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC3.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 4":
```

```
    print("Reproduce Audio4")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC4.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 5":
    print("Reproduce Audio5")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC5.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 6":
    print("Reproduce Audio6")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC6.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 7":
    print("Reproduce Audio7")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC7.mp3'")
    chc.off()
elif msge=="AudioC 8":
    print("Reproduce Audio8")
    chc.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioC/AC8.mp3'")
    chc.off()
```

Datos de sistema Pulmonar

```
elif msge=="AudioP 1":
    print("Reproduce Audio1")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP1.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioP 2":
    print("Reproduce Audio2")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP2.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioP 3":
    print("Reproduce Audio3")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP3.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioP 4":
    print("Reproduce Audio4")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP4.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioP 5":
    print("Reproduce Audio5")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP5.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioP 6":
    print("Reproduce Audio6")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP6.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioP 7":
    print("Reproduce Audio7")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP7.mp3'")
    chp.off()
elif msge=="AudioC 8":
    print("Reproduce Audio8")
    chp.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/AudioP/AP8.mp3'")
    chp.off()
```

```

# Datos de sistema digestivo
elif msge=="Audio1 1":
    print("Reproduce Audio12")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A11.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 2":
    print("Reproduce Audio2")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A12.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 3":
    print("Reproduce Audio3")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A13.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 4":
    print("Reproduce Audio4")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A14.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 5":
    print("Reproduce Audio5")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A15.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 6":
    print("Reproduce Audio6")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A16.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 7":
    print("Reproduce Audio7")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A17.mp3'")
    chi.off()
elif msge=="Audio1 8":
    print("Reproduce Audio6")
    chi.on()
    os.system("mpg321 '/home/pi/Audio1/A18.mp3'")
    chi.off()

msge = "AudioC 0"

# Initiate MQTT Client
mqttc = mqtt.Client()

# Register Event Handlers
mqttc.on_message = on_message
mqttc.on_connect = on_connect
mqttc.on_subscribe = on_subscribe

# Connect with MQTT Broker
mqttc.connect
(MQTT_HOST, MQTT_PORT, MQTT_KEEPALIVE_INTERVAL)

# Continue the network loop
mqttc.loop_forever()

```

APENDICE E

The first code snippet shows a 'when Button1 . Click' event. It contains an 'if' block: 'if UrsPahoMqttClient1 . IsConnected'. If true, it calls 'UrsPahoMqttClient1 . Disconnect'. If false, it calls 'UrsPahoMqttClient1 . Connect' followed by 'CleanSession' set to 'true'.

The second code snippet shows a 'when UrsPahoMqttClient1 . ConnectionStateChanged' event. It contains an 'if' block: 'if UrsPahoMqttClient1 . IsDisconnected'. If true, it sets 'Button1 . Text' to 'Desconectado', calls 'UrsPahoMqttClient1 . Subscribe' with 'Topic' 'dev' and 'QoS' '0'. If false, it sets 'Button1 . Text' to 'Conectado'.

Programación 1. Creación de la Aplicación en App Inventor, configuración del MQTT cliente como publicador.

The code snippet for 'Image1 . Click' starts with 'if UrsPahoMqttClient1 . IsConnected'. If true, it checks 'Image1 . Picture == Cardiacos.png'. If true, it publishes 'AudioC1' to 'dev', sets all images (Image1-8) to 'Cardiacos.png', and sets 'Label4 . Text' to 'Ruidos normales del corazón de una persona de 25...'. If false, it publishes 'AudioC 0' to 'dev' and sets 'Image1 . Picture' to 'Cardiacos.png'. If neither condition is met, it shows an alert: 'No conectado al broker'.

The code snippet for 'Image6 . Click' starts with 'if UrsPahoMqttClient1 . IsConnected'. If true, it checks 'Image6 . Picture == Cardiacos.png'. If true, it publishes 'AudioC 6' to 'dev', sets all images (Image1-8) to 'Cardiacos.png', and sets 'Label4 . Text' to 'Soplo sistólico – Estenosis Aórtica'. If false, it publishes 'AudioC 0' to 'dev' and sets 'Image6 . Picture' to 'Cardiacos.png'. If neither condition is met, it shows an alert: 'No conectado al broker'.

The code snippet for 'Image2 . Click' starts with 'if UrsPahoMqttClient1 . IsConnected'. If true, it checks 'Image2 . Picture == Cardiacos.png'. If true, it publishes 'AudioC 2' to 'dev', sets all images (Image1-8) to 'Cardiacos.png', and sets 'Label4 . Text' to 'Desdoblamiento del segundo ruido (R2)'. If false, it publishes 'AudioC 0' to 'dev' and sets 'Image2 . Picture' to 'Cardiacos.png'. If neither condition is met, it shows an alert: 'No conectado al broker'.

The code snippet for 'Image7 . Click' starts with 'if UrsPahoMqttClient1 . IsConnected'. If true, it checks 'Image7 . Picture == Cardiacos.png'. If true, it publishes 'AudioC 7' to 'dev', sets all images (Image1-8) to 'Cardiacos.png', and sets 'Label4 . Text' to 'Soplo Diastólico – Regulación Aórtica'. If false, it publishes 'AudioC 0' to 'dev' and sets 'Image7 . Picture' to 'Cardiacos.png'. If neither condition is met, it shows an alert: 'No conectado al broker'.

```

when Image3 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - IsConnected -
  then
    if Image3 - Picture - = - Cardiac.png -
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 3
      set Image1 - Picture - to Cardiac.png
      set Image2 - Picture - to Cardiac.png
      set Image3 - Picture - to 1Cardiac.png
      set Image4 - Picture - to Cardiac.png
      set Image5 - Picture - to Cardiac.png
      set Image6 - Picture - to Cardiac.png
      set Image7 - Picture - to Cardiac.png
      set Image8 - Picture - to Cardiac.png
      set Label4 - Text - to Tercer ruido Cardiac (3) - Galope
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image3 - Picture - to Cardiac.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image8 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - IsConnected -
  then
    if Image8 - Picture - = - Cardiac.png -
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 8
      set Image1 - Picture - to Cardiac.png
      set Image2 - Picture - to Cardiac.png
      set Image3 - Picture - to Cardiac.png
      set Image4 - Picture - to Cardiac.png
      set Image5 - Picture - to Cardiac.png
      set Image6 - Picture - to Cardiac.png
      set Image7 - Picture - to Cardiac.png
      set Image8 - Picture - to 1Cardiac.png
      set Label4 - Text - to Espacio en blanco
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image8 - Picture - to Cardiac.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image4 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - IsConnected -
  then
    if Image4 - Picture - = - Cardiac.png -
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 4
      set Image1 - Picture - to Cardiac.png
      set Image2 - Picture - to Cardiac.png
      set Image3 - Picture - to Cardiac.png
      set Image4 - Picture - to 1Cardiac.png
      set Image5 - Picture - to Cardiac.png
      set Image6 - Picture - to Cardiac.png
      set Image7 - Picture - to Cardiac.png
      set Image8 - Picture - to Cardiac.png
      set Label4 - Text - to Fusión del 3R y 4R por Taquicardia. La taquicard...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image4 - Picture - to Cardiac.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image5 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - IsConnected -
  then
    if Image5 - Picture - = - Cardiac.png -
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 5
      set Image1 - Picture - to Cardiac.png
      set Image2 - Picture - to Cardiac.png
      set Image3 - Picture - to Cardiac.png
      set Image4 - Picture - to Cardiac.png
      set Image5 - Picture - to 1Cardiac.png
      set Image6 - Picture - to Cardiac.png
      set Image7 - Picture - to Cardiac.png
      set Image8 - Picture - to Cardiac.png
      set Label4 - Text - to Desdoblamiento fijo del segundo Ruido Cardiac (...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image5 - Picture - to Cardiac.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

Programación 2. Configuración de los botones asociados al envío de los ruidos Cardiacos.

```

when Image11 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - IsConnected -
  then
    if Image11 - Picture - = - Pulmonar.png -
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 1
      set Image11 - Picture - to 1Pulmonar.png
      set Image12 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture - to Pulmonar.png
      set Label4 - Text - to Murmullo Vesicular. Audible durante la inspiraci...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image11 - Picture - to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image16 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - IsConnected -
  then
    if Image16 - Picture - = - Pulmonar.png -
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 6
      set Image11 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture - to 1Pulmonar.png
      set Image17 - Picture - to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture - to Pulmonar.png
      set Label4 - Text - to Subcrepitantes. Irregularmente espaciados, puede...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image16 - Picture - to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image12 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - isConnected
  then
    if Image12 - Picture == Pulmonar.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 2
      set Image11 - Picture to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture to 1Pulmonar.png
      set Image13 - Picture to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture to Pulmonar.png
      set Label4 - Text to Estridor: Sonido muscular de alta intensidad esc...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image12 - Picture to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  end
end

```

```

when Image17 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - isConnected
  then
    if Image17 - Picture == Pulmonar.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 7
      set Image11 - Picture to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture to 1Pulmonar.png
      set Image18 - Picture to Pulmonar.png
      set Label4 - Text to Sibilantes: Son movibles y cambiantes ruido de l...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image17 - Picture to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  end
end

```

```

when Image13 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - isConnected
  then
    if Image13 - Picture == Pulmonar.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 3
      set Image11 - Picture to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture to 1Pulmonar.png
      set Image14 - Picture to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture to Pulmonar.png
      set Label4 - Text to Frote Pleural: Ruido similar a un crujido origin...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image13 - Picture to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  end
end

```

```

when Image18 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - isConnected
  then
    if Image18 - Picture == Pulmonar.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 8
      set Image11 - Picture to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture to 1Pulmonar.png
      set Label4 - Text to Espacio en blanco
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image18 - Picture to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  end
end

```

```

when Image14 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - isConnected
  then
    if Image14 - Picture == Pulmonar.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 4
      set Image11 - Picture to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture to 1Pulmonar.png
      set Image15 - Picture to Pulmonar.png
      set Image16 - Picture to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture to Pulmonar.png
      set Label4 - Text to Crepitos: Ruido crujiente similar al que se prod...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image14 - Picture to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  end
end

```

```

when Image15 - Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 - isConnected
  then
    if Image15 - Picture == Pulmonar.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioP 5
      set Image11 - Picture to Pulmonar.png
      set Image12 - Picture to Pulmonar.png
      set Image13 - Picture to Pulmonar.png
      set Image14 - Picture to Pulmonar.png
      set Image15 - Picture to 1Pulmonar.png
      set Image16 - Picture to Pulmonar.png
      set Image17 - Picture to Pulmonar.png
      set Image18 - Picture to Pulmonar.png
      set Label4 - Text to Roncus: Ruidos de tonalidad grave, se produce po...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 - Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image15 - Picture to Pulmonar.png
    else
      call Notifier1 - ShowAlert
      notice No conectado al broker
  end
end

```

Programación 3. Configuración de los botones asociados al envío de los ruidos Pulmonares.

```

when Image21 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image21 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio1 1
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Ruidos hidroaéreos: Los ruidos intestinales bor...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image21 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image26 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image26 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio1 6
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Ruidos borborongmos: Los sonidos abdominales (son...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image26 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image22 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image22 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio2
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Ruido peristáltico normal. La peristalsis es gen...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image22 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image27 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image27 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio7
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Obstrucción intestinal: Una obstrucción intest...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image27 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image23 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image23 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio3
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Ruido peristáltico aumentado: Las causas para es...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image23 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image28 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image28 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio8
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Espacio en blanco
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image28 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image24 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image24 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio4
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Ruido peristáltico disminuido: Es una serie de c...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image24 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

```

when Image25 Click
do
  if UrsPahoMqttClient1 IsConnected
  then
    if Image25 Picture = Intestinal.png
    then
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message Audio5
      set Image21 Picture to Intestinal.png
      set Image22 Picture to Intestinal.png
      set Image23 Picture to Intestinal.png
      set Image24 Picture to Intestinal.png
      set Image25 Picture to Intestinal.png
      set Image26 Picture to Intestinal.png
      set Image27 Picture to Intestinal.png
      set Image28 Picture to Intestinal.png
      set Label4 Text to Ruido peristáltico de lucha: Es una serie de cont...
    else
      call UrsPahoMqttClient1 Publish
      Topic dev
      Message AudioC 0
      set Image25 Picture to Intestinal.png
    else
      call Notifier1 ShowAlert
      notice No conectado al broker
  
```

Programación 4. Configuración de los botones asociados al envío de los ruidos Cardiacos.

APENDICE F



Imagen 9. App interactiva desarrollada en App Inventor.

APÉNDICE G



Ilustración 1 Foto 1 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad de Aprendizaje en un Maniquí Simulador de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Williams Brindley **Fecha:** 6-09-2024

Profesión: MEDICO **Lugar:** Quito

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no


Firma del Practicante

Ilustración 2 Escaneo de la primera encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación



Ilustración 3 Foto 2 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: PABLO CIMBO **Fecha:** 12/08/2024
Profesión: TRABAJADOR SOCIAL **Lugar:** LA MAGDALENA

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no



Firma del Practicante

Ilustración 4 Escaneo de la segunda encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación



Ilustración 5 Foto 6 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Steven Cecezo **Fecha:** 16-Ago-2024
Profesión: Paramédico **Lugar:** Quito

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no


Firma del Practicante

Ilustración 6 Escaneo de la tercera encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación



Ilustración 7 Foto 4 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Duval Edison Peltotoxi J. **Fecha:** 14-Ago-2024

Profesión: Estudiante de medicina. **Lugar:** Quito.

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no



Firma del Practicante

Ilustración 8 Escaneo de la cuarta encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Jimmy Arias **Fecha:** 22- Agosto-2024

Profesión: AEROMEDICO **Lugar:** QUITO

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no



Firma del Practicante

Ilustración 9 Escaneo de la quinta encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: MARCO CAJUDO **Fecha:** 02-09-2024

Profesión: REGISTRO EN FISIOTERAPIA **Lugar:** CENTRO MEDICO INTEGRAL

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no



Firma del Practicante

Ilustración 10 Escaneo de la sexta encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación



Ilustración 11 Foto 5 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Estefanía Berrones **Fecha:** 03/04/2024

Profesión: Estudiante de Medicina **Lugar:** consultorio medico

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no



Firma del Practicante

Ilustración 12 Escaneo de la séptima encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación



Ilustración 13 Foto 6 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Carolina Lizano **Fecha:** 09/09/2024

Profesión: Aux de Odontología **Lugar:** Afrito / Pichincha

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no


Firma del Practicante



Ilustración 14 Escaneo de la octava encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación



Ilustración 15 Foto 7 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: LUIS AMIBAL SANDOVAL **Fecha:** 10/09/2024

Profesión: TERAPISTA OCUPACIONAL **Lugar:** QUITO / PICHINCHA

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no


Firma del Practicante



Ilustración 16 Escaneo de la novena encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

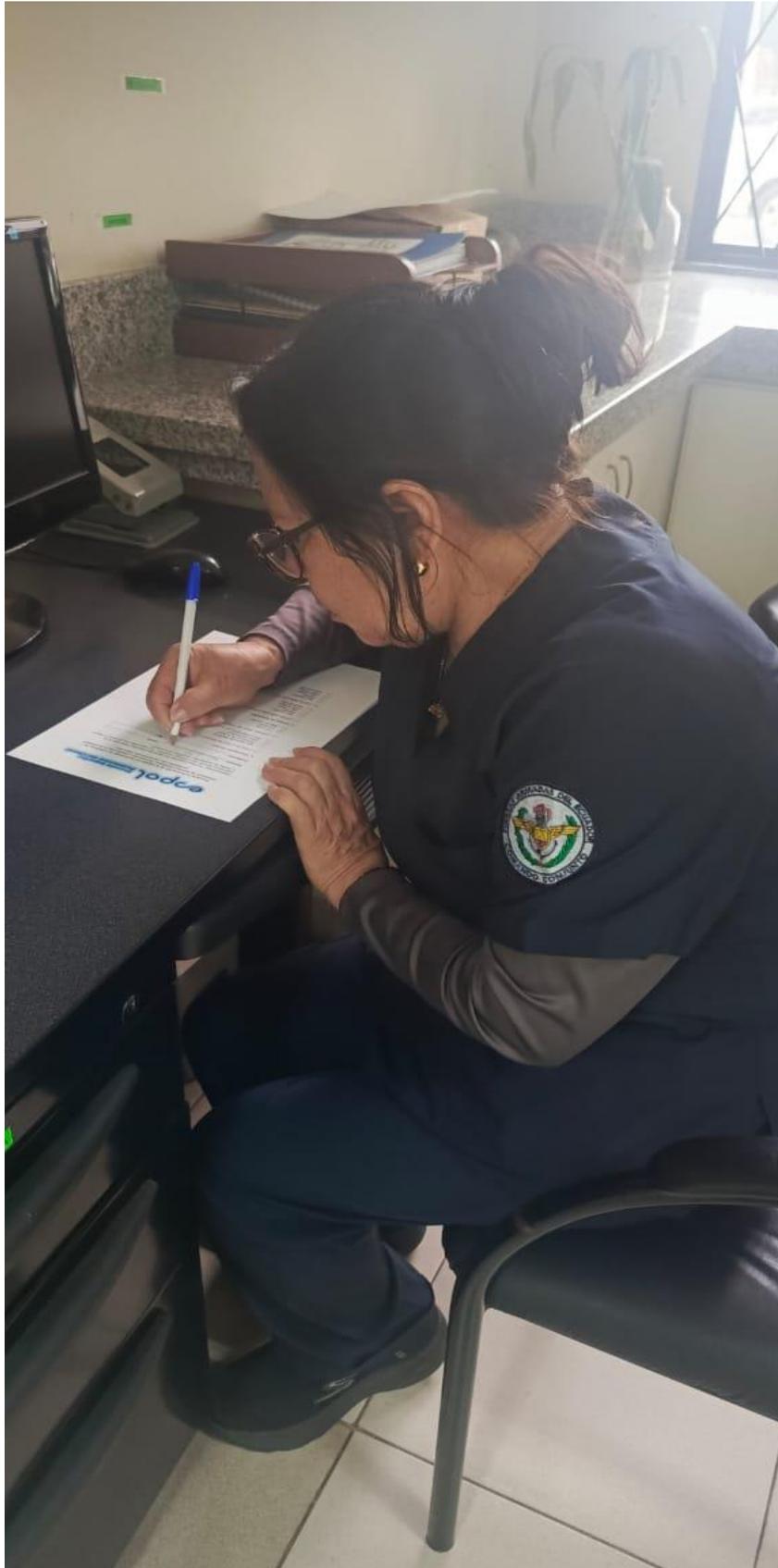


Ilustración 17 Foto 8 de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación

Encuesta de Evaluación de la Calidad del Aprendizaje en el Sistema de simulación de Sonidos Cardíacos, Pulmonares e Intestinales en un maniquí controlado con una aplicación interactiva

Instrucciones: Por favor, responde las siguientes preguntas basándote en tu experiencia reciente con el maniquí simulador. Tus respuestas nos ayudarán a mejorar la calidad del aprendizaje y la utilidad del simulador.

Nombre: Armando Quirozano **Fecha:** 11-9-24

Profesión: Asis. Enfermería **Lugar:** Cejafo

1. Información General

1.1. ¿Cuál es tu nivel de formación?

- Estudiante de Medicina
- Profesional de la Salud
- Instructor/Profesor
- Otro (especificar) _____

1.2. ¿Cuántas veces has utilizado el maniquí simulador?

- 1-3 veces
- 4-6 veces
- Más de 6 veces

2. Calidad del Simulador

2.1. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos cardíacos del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.2. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos pulmonares del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.3. ¿Cómo calificarías la precisión de los sonidos intestinales del simulador?

- Muy precisa
- Precisa
- Algo precisa
- Poco precisa
- Nada precisa

2.4. ¿Qué tan realista consideras que es la simulación de los sonidos en general?

- Muy realista
- Realista
- Algo realista
- Poco realista
- Nada realista

3. Experiencia de Aprendizaje

3.1. ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del simulador?

- Muy fácil de usar _____
- Fácil de usar
- Neutral
- Difícil de usar
- Muy difícil de usar

3.2. ¿Qué tan útil ha sido el simulador para mejorar tus habilidades de auscultación?

- Muy útil
- Útil
- Algo útil
- Poco útil
- Nada útil

3.3. ¿Cómo calificarías la claridad de las instrucciones proporcionadas para usar el simulador?

- Muy claras
- Claras
- Algo claras
- Poco claras
- Nada claras

3.4. ¿El simulador te ha permitido identificar correctamente los sonidos normales y anormales?

- Siempre
- La mayoría de las veces
- A veces
- Rara vez
- Nunca

4. Aspectos Técnicos

4.1. ¿Cómo calificarías la calidad del sonido del simulador (claridad, volumen, etc.)?

- Excelente
- Buena
- Aceptable
- Mala
- Muy mala

4.2. ¿Has experimentado problemas técnicos (como fallos en la reproducción de sonidos) durante el uso del simulador?

- Nunca
- Raramente
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

5. Satisfacción General

5.1. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con la calidad general del simulador?

- Muy satisfecho(a)
- Satisfecho(a)
- Neutral
- Insatisfecho(a)
- Muy insatisfecho(a)

5.2. ¿Recomendarías el simulador a otros estudiantes o profesionales de la salud?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- Definitivamente no


Firma del Practicante



Ilustración 18 Escaneo de la décima encuesta de evaluación de la calidad del aprendizaje en el sistema de simulación