

# Desarrollo de un dispositivo de reanimación cardiopulmonar en adultos para el aprendizaje de la técnica

Development of a cardiopulmonary resuscitation device in adults for learning the technique.

Manuel Alejandro Rengifo<sup>1</sup>

manuel.rengifo00@usc.edu.co

Miguel Angel Restrepo Duque<sup>2</sup>

miguel.restrepo00@usc.edu.co

Santiago Rios Torrado<sup>1</sup>

santiago.rios00@usc.edu.co

Leonardo Antonio Bermeo Varón<sup>1</sup>

leonardo.bermeo00@usc.edu.co

Luis Anderson Trejos<sup>1</sup>

bioingenieria@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Bioingeniería (1)  
Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas (2)

## **Resumen**

Un paro cardiorrespiratorio (PCR) es una causa significativa de mortalidad a nivel mundial, se caracteriza por la suspensión abrupta de la actividad cardíaca y respiratoria. Esto interrumpe el flujo sanguíneo y el transporte de oxígeno al cerebro y otros órganos, lo que puede provocar daño cerebral o la muerte. Por esto el tiempo de respuesta toma un papel decisivo para una atención médica inmediata, pero es limitada por la falta de educación en reanimación cardiopulmonar (RCP). Así, en este trabajo se desarrolla un dispositivo accesible e interactivo para la enseñanza de la técnica de RCP en adultos, por medio de una guía visual y auditiva que indica variables como frecuencia y profundidad de compresión para guiar al usuario de forma intuitiva, facilitándole el acceso a una formación de calidad en RCP. El dispositivo fue evaluado mediante la escala de SUS (*System Usability Scale*), por un público dividido en 3 grupos (i) profesional en la salud, (ii) profesional en biomédica y (iii) persona del común, con el objetivo de obtener una visión más amplia en aspectos como desempeño y fácil uso. Acompañado también de una evaluación que permite sugerencias y opiniones por parte del participante. Los resultados indicaron un promedio de 76,76% en la escala de SUS, indicando una buena usabilidad y permitiendo el aprendizaje práctico y accesible. Este prototipo contribuye al fortalecimiento de la educación en salud y tiene el potencial de capacitar a cualquier persona en RCP, aumentando significativamente las tasas de supervivencia en casos de un paro cardiorrespiratorio.

**Palabras clave:** *Paro Cardiorrespiratorio, Reanimación Cardiopulmonar, Escala de Usabilidad (SUS).*

## **Abstract**

Cardio-respiratory arrest (CRA) is a significant cause of mortality worldwide, characterized by the abrupt cessation of cardiac and respiratory activity. This interrupts blood flow and oxygen transport to the brain and other organs, which can lead to brain damage or death. This is why response time takes a decisive role for immediate medical attention. But is limited by the lack of cardiopulmonary resuscitation (CPR) education. Thus, in this work, an accessible and interactive device is developed for teaching CPR technique to adults, by means of a visual and auditory guide that indicates variables such as compression rate and depth to guide the user in an intuitive way, facilitating access to quality CPR training. The device was evaluated using the SUS scale (*System Usability Scale*), by an audience divided into 3 groups (i) health professionals, (ii) biomedical professionals and (iii) ordinary people, in order to obtain a broader view on aspects such as performance and ease of use. It was also accompanied by an evaluation that allowed for suggestions and opinions from the participant. The results indicated a mean of 76.76% on the SUS, indicating good usability and allowing practical and accessible learning. This prototype contributes to the strengthening of health education and has the potential to train anyone in CPR, significantly increasing survival rates in cases of cardiorespiratory arrest.

**Keywords:** *Cardiopulmonary arrest, Cardiopulmonary resuscitation, System Usability Scale (SUS).*

## I. INTRODUCCIÓN

En cualquier situación o lugar, una parada cardiorrespiratoria se puede presentar sin previo aviso, por lo cual no siempre se contará con la presencia de profesionales capacitados para manejar la emergencia. Según el comunicado de prensa de Estadísticas Vitales (nacimientos y defunciones) del Departamento Nacional de Estadísticas (DANE) en el 2023, las enfermedades isquémicas del corazón siguen siendo la primera causa de defunción en Colombia con 45.465 casos y un porcentaje del 17,2% del total, seguido por las enfermedades cerebrovasculares que acumuló 16.946 defunciones que equivalen al 6,4% del total (DANE 2023).

Según la AHA (American Heart Association), un paro cardiorespiratorio consiste en la suspensión súbita de la actividad cardíaca por un ritmo cardíaco irregular. El flujo sanguíneo y el transporte de oxígeno se inhiben hasta poder restablecer la actividad cardíaca y corregir el ritmo cardíaco (American Heart Association Guidelines for CPR and ECC, 2020).

El problema a largo plazo radica en que, si se logra reanimar al paciente, las secuelas que deja la falta de oxígeno en el cerebro representan un daño grave en la salud y calidad de vida. Las alteraciones por hipoxia cerebral van desde alteraciones a la visión, habla, deficiencias o dificultades motoras por interrupción de conexiones sinápticas, hasta pérdida de memoria a corto y largo plazo, estados de demencia, alteraciones de estado de conciencia, coma y muerte encefálica, debido a que, la corteza cerebral especialmente el lóbulos parietales y occipitales, hipocampo, ganglios basales y cerebelo son particularmente sensibles a la falta de oxígeno, la vulnerabilidad única del cerebro se atribuye a su limitada tolerancia a la isquemia (Romero, 2004).


La probabilidad de supervivencia y la severidad del daño está relacionada con la rapidez de la intervención, mediante la reanimación cardiopulmonar y la desfibrilación, de manera que disminuye por cada minuto transcurrido, un 7% sin RCP y un 3-4% sin desfibrilación. El RCP sostiene los procesos suspendidos hasta la desfibrilación, es un apoyo en el paciente para aumentar la esperanza de vida (Navarro-Patón et al. 2020). Para lograr esto la AHA (American Heart Association) y la ERC (European Resuscitation Council) establecieron parámetros puntuales que indican profundidad y frecuencia necesaria para sostener satisfactoriamente dichos procesos, esto es,  $\leq 5$  cm o 2 pulgadas de profundidad en cada compresión para personas adultas, una frecuencia de 100-120 compresiones por minuto alternando compresiones-insuflaciones en una secuencia de 30:2 (30 compresiones y 2 insuflaciones). En las Figuras 1-2 se presenta un algoritmo recomendado por la ERC de soporte vital básico en adultos para la atención de la RCP, el cual enseña el paso a paso que se debe seguir para atender a estas emergencias, ya sea que la persona esté capacitada o no en RCP, mostrándonos una visión más amplia de cómo debe ser el proceso de acción cuando sucede esta situación (Algoritmos ERC 2021 Adultos y Pediatría - Urgencias y Emergencias®, 2023).

**Figura 1.** Algoritmo de soporte vital básico en RCP para adultos



**Fuente.** (Algoritmos ERC 2021 Adultos y Pediatría - Urgencias y Emergencias®, 2023)

**Figura 2.** Algoritmo de soporte vital básico en RCP para adultos

<p><b>COMBINAR RESPIRACIÓN DE RESCATE CON COMPRESIONES TORÁCICAS</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si está capacitado para hacerlo, después de 30 compresiones, vuelva a abrir las vías respiratorias, inclinando la cabeza y levantando la barbilla.</li> <li>• Apriete la parte blanda de la nariz para cerrarla, usando el dedo índice y el pulgar de su mano en la frente.</li> <li>• Permita que la boca de la víctima se abra, pero mantenga el mentón levantado</li> <li>• Respire normalmente y coloque los labios alrededor de la boca de la víctima, asegurándose de realizar un sellado hermético.</li> <li>• Sopla de manera constante en la boca mientras observa que el pecho se eleva, demorando aproximadamente 1 segundo como si fuera el caso de una respiración normal. Esta es una ventilación de rescate efectiva.</li> <li>• Manteniendo la cabeza inclinada y la barbilla levantada, aleje la boca de la víctima y observe si el tórax desciende a medida que sale el aire.</li> <li>• Coja aire nuevamente con una respiración normal y sopla en la boca de la víctima una vez más, para proporcionar a la víctima un total de dos respiraciones de rescate.</li> <li>• No interrumpa las compresiones por más de 10 segundos para administrar las dos respiraciones, incluso si una o ambas no fuesen efectivas.</li> <li>• Posteriormente recoloque sus manos sin demora a la posición previa en el esternón y administre otras 30 compresiones torácicas.</li> <li>• Continúe con las compresiones torácicas y las respiraciones de rescate en una proporción de 30: 2.</li> </ul>
<p><b>RCP SÓLO CON COMPRESIONES</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si no está capacitado o no puede dar respiraciones de rescate, administre RCP con únicamente compresiones torácicas continuas a una velocidad de 100-120 por minuto</li> </ul>

**Fuente.** (Algoritmos ERC 2021 Adultos y Pediatría - Urgencias y Emergencias®, 2023)

Diversas investigaciones han buscado optimizar la enseñanza y aplicación de la técnica de RCP mediante herramientas tecnológicas. Por ejemplo, De Souza Motta et al. (2022) desarrollaron una aplicación móvil para mejorar la enseñanza del soporte vital básico, alcanzando un índice de validez de contenido del 87%, destacando su potencial para entrenar estudiantes y profesionales de la salud. Asimismo, Molina Lozada (2019) diseñó un prototipo emergente enfocado en guiar a usuarios inexpertos y entrenados en la ejecución de maniobras de RCP, validando la utilidad de simuladores accesibles para el aprendizaje.

En Colombia, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte, con 45.465 defunciones por enfermedades isquémicas del corazón en 2023. Este panorama refleja la necesidad de estrategias efectivas y accesibles para entrenar tanto a profesionales de la salud como a la población general en técnicas de RCP. Sin embargo, el acceso a programas de capacitación se ve limitado por barreras económicas y la disponibilidad de dispositivos de entrenamiento, cuyo costo puede superar los 3 millones de pesos en modelos básicos importados.

Dominar la reanimación cardiopulmonar (RCP) debería ser un objetivo tanto para profesionales de la salud como para la población en general. Conocer esta técnica vital puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte en situaciones de emergencia como un paro cardiorrespiratorio

Lastimosamente la capacitación en primeros auxilios y RCP en Colombia presenta una significativa brecha. Los sistemas educativos, tanto a nivel escolar como universitario, no priorizan estos cursos, limitando su acceso a quienes no eligen formaciones académicas en el área de la salud o no están dispuestos a asumir costos adicionales. El alto costo de estos cursos, que puede superar los \$500.000 COP en instituciones privadas, y alcanzar los \$110.000 COP en entidades públicas

como la Cruz Roja (precios 2024), representan una barrera económica significativa para la población en general. Además de esto, un equipo para el aprendizaje de RCP sin llegar a grandes escalas y tomando como referencia los más comunes en Colombia, alcanzan hasta los \$3.027.182 COP en su versión estándar. Existen ciertos maniqués utilizados para el entrenamiento profesional en RCP. Como el Little Anne ® de la empresa Noruega Laerdal ® el cual otorga resultados de compresiones, frecuencia, flujo de respiración suministrada y apartado para parches de desfibrilación; es un equipo bastante completo pero costoso. Un modelo más básico de la marca Estado Unidense PRESTAN® modelo PP-AM-100M-MS ®, el cual incluye monitor de RCP y retroalimentación del proceso, el primero implementando bolsa de insuflación con un costo aproximado de \$780.196.93 COP y Finalmente, su homologo el modelo Ultralite® con un costo de \$635.442 COP sin impuestos.

En este contexto, este proyecto se centra en el aprendizaje y perfeccionamiento de la RCP. Mediante el desarrollo de un dispositivo lúdico que facilita la enseñanza de esta técnica de manera interactiva, visual y auditiva. Esta solución se presenta como una alternativa económica en comparación con los dispositivos disponibles en el mercado, contando con materiales de fabricación accesibles, donde el objetivo es proporcionar un apoyo vital en el conocimiento y la aplicación efectiva de la RCP de una manera fácil e intuitiva para el uso de cualquier persona.

## II. ANTECEDENTES

En la Tabla 1 se presentarán diversos estudios orientados a la evaluación y análisis de la técnica de reanimación cardiopulmonar (RCP), profundizando en los aspectos técnicos y metodológicos, con el fin de optimizar su ejecución y mejorar su calidad:

**Tabla 1.** Estado del Arte

Autores	Título	Desarrollo
(De Souza Motta et al, 2022)acuña	Desarrollo y validación de tecnología para disfrutar de soporte vital básico en paro cardíaco	El objetivo de este proyecto fue “desarrollar y validar una aplicación multimedia en una plataforma móvil para la enseñanza del soporte básico en la parada cardíaca a estudiantes de pregrado de salud. Método: estudio metodológico realizado en dos etapas: desarrollo de la aplicación y validación del contenido por expertos. La aplicación se ha desarrollado basándose en el Design Instruccional Contextualizado, siguiendo las etapas de análisis, diseño, desarrollo e implementación. Para la validación del contenido, 11 expertos evaluaron la aplicación en cuanto a relevancia, claridad, coherencia, información, presentación, navegabilidad, accesibilidad y diseño. Dando como resultado La aplicación SBVida que fue desarrollada para dispositivos móviles en la plataforma Android. Se obtuvo un Índice de Validez de Contenido global de 0,87. Para concluir la aplicación SBVida fue desarrollada y validada y puede contribuir a la preparación y perfeccionamiento de estudiantes y profesionales de Enfermería y otras áreas de la salud”.
(Arrogante, et al., 2021)	Práctica deliberada en el entrenamiento de reanimación utilizando un dispositivo de retroalimentación y los efectos de las características físicas del reanimador en la adquisición y retención de habilidades de reanimación cardiopulmonar: ensayo clínico aleatorizado	En estudios recientes, se ha observado que las habilidades de reanimación cardiopulmonar (RCP) disminuyen rápidamente con el tiempo, y que factores como las características físicas de los reanimadores podrían influir en su desempeño. “Un ensayo clínico aleatorizado, realizado con 60 estudiantes de enfermería, investigó el impacto de la práctica deliberada asistida por un dispositivo de retroalimentación (FD). Los participantes fueron divididos en un grupo de entrenamiento y un grupo de control. El grupo de entrenamiento siguió un programa que proporcionaba retroalimentación continua sobre su técnica de RCP.” “Los resultados mostraron que aquellos que recibieron retroalimentación mejoraron significativamente en la calidad de las compresiones torácicas y ventilaciones, sin que sus características físicas (peso, altura, fuerza y capacidad pulmonar) afectaran el desempeño general. Este estudio destaca la importancia de la retroalimentación durante el entrenamiento, demostrando que la práctica con dispositivos de retroalimentación mejora la calidad de la RCP, independientemente de las variaciones físicas del reanimador. Esto refuerza la necesidad de utilizar dispositivos tecnológicos en la enseñanza de técnicas críticas como la RCP”.

Autores	Título	Desarrollo
(Ehrler et al., 2021)	Impacto de una herramienta de mHealth para la toma de decisiones compartidas en la conciencia situacional, la eficacia de la comunicación y el desempeño del equipo de cuidadores durante la reanimación cardiopulmonar pediátrica: protocolo de estudio de un ensayo controlado aleatorizado por grupos.	“El ensayo clínico investiga el impacto de una herramienta de apoyo de mHealth llamada InterFACE en la conciencia situacional y la comunicación efectiva del equipo durante la RCP pediátrica en un entorno hospitalario. Se comparará el uso de esta herramienta con métodos de comunicación convencionales durante simulaciones de casos de paro cardíaco pediátrico y politraumatismo. El objetivo es mejorar la atención de los niños que reciben RCP en el hospital mediante el uso de tecnología de comunicación avanzada”.
(Acuña y Valdivieso, 2019)	Diseño e implementación de un simulador de reanimación cardiopulmonar adulto para el entrenamiento del personal del Centro de Salud San Gabino (N1).	En la presente tesis se “Se diseñó e implementó de manera exitosa el sistema mecánico, para poder simular la resistencia del tórax de una persona adulta; el sistema electrónico, para procesar la información proveniente de los sensores para luego, con los datos recolectados, ingresen al microcontrolador y sean enviados mediante el uso del módulo de comunicación Bluetooth; el sistema informático, para mostrar en un Smartphone mediante el diseño de una aplicación capaz de recibir datos de la profundidad ejercida sobre el tórax, el ingreso de flujo de aire, posición de las manos y un porcentaje de efectividad terminado el procedimiento. Como resultado de las pruebas de compresiones torácicas, posición de las manos, ventilación y efectividad realizadas en el simulador, se obtuvieron valores medibles de los indicadores (compresión torácica, ventilación y efectividad), lo cuales han estado dentro de los rangos esperados. Esto permitirá que el personal del Centro de Salud San Gabino tenga un correcto entrenamiento, es decir, que adquieran las destrezas y habilidades ante una eventualidad de parada cardiopulmonar”.
(Molina Lozada, 2019).	Dispositivo Emergente Para Reanimación Cardiopulmonar	“El proyecto de investigación tuvo como objetivo el diseño de un prototipo que pretende apoyar aquellas personas inexpertas que pueden y deben realizar las maniobras de reanimación cardiopulmonar al presenciar una parada cardiorrespiratoria, así también el manejo de la propuesta podría ser usado por personas o profesionales entrenados en RCP. Dicho estudio va orientado al análisis del procedimiento de asistencia conformado por el conjunto de técnicas básicas de compresión y respiración, por otro lado, el conocimiento de sistemas y componentes que permitan el desarrollo del dispositivo”.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Planificación

Se realizó una investigación para establecer los requerimientos específicos del diseño, estudiando los artículos publicados por la AHA, la SEMUY y la Revista de Cirugía Cubana, con el objetivo de identificar y analizar los factores que desencadenan e intervienen en la interrupción del flujo sanguíneo y la oxigenación por la suspensión abrupta o el cuadro de arritmia del corazón. También se analizaron modelos ya existentes en el mercado como el Little Anne ® de la empresa Noruega Laerdal ® y el PRESTAN® modelo PP-AM-100M-MS ® de la marca Estado Unidense, determinando la estructura y los parámetros fisiológicos a evaluar. Por otra parte, la AHA (American Heart Association) establece puntualmente profundidad y frecuencia necesaria para sostener satisfactoriamente dichos procesos, esto es,  $\leq 5$  cm de profundidad en cada compresión para personas adultas, una frecuencia de 100-120 compresiones por minuto alternando compresiones-insuflaciones en una secuencia de 30:2 (30 compresiones y 2 insuflaciones). (American Heart Association Guidelines for CPR and ECC, n.d, 2020).

#### 3.2. Diseño

Se estableció el diseño físico y electrónico del dispositivo con base en la información recolectada en la planificación, realizando un análisis costo-beneficio enfatizando el factor económico sin dejar a un lado la calidad para la enseñanza del usuario, con una comparación de las opciones a considerar con el modelo más económico de los que fueron estudiados en la fase 1 tomando como referencia a PRESTAN® modelo PP-AM-100M-MS ® sin costos de importación. En la Tabla 1 se presenta un resumen de costos correspondientes, donde la opción A corresponde a un armazón de plástico recubierto de gel balística para simular la fisiología humana, opción descartada debido a su elevado precio que supera el dispositivo de comparación. La opción B corresponde a un armazón completo de doble capa de plástico grueso con un resorte para

simular la descompresión del tórax tras una compresión, esta es la opción más idónea debido a su precio y fácil configuración en la estructura tanto interna como externa. La opción C corresponde a un armazón compuesto por fibra de vidrio sin bisagra dividiendo el maniquí en 2 partes diferentes, esta opción descartada debido a que el material no permite la configuración de apertura y cerrado para ubicación del circuito.

**Tabla 2.** Análisis costo-Beneficio

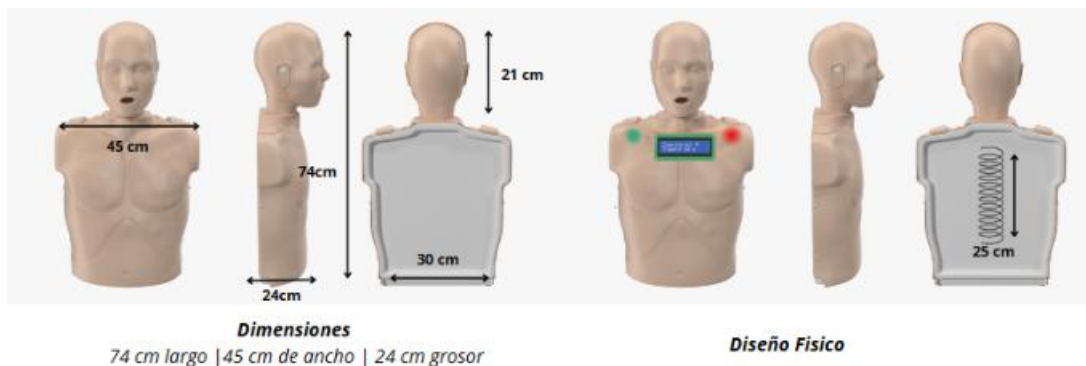
OPCIÓN	COSTO TOTAL	BENEFICIO TOTAL	RELACIÓN COSTO-BENEFICIO
Opción A	901.313 COP	778.300 COP	0,85
Opción B	393.400 COP	778.300 COP	1,96
Opción C	412.539 COP	778.300 COP	1,87

Todo este proceso se estableció para la búsqueda de materiales y componentes que respondan a las necesidades establecidas dentro del marco del objetivo de este proyecto, como una alternativa sostenible y económica. Con el concepto y materiales seleccionados se usaron herramientas de diseño para el caparazón del dispositivo (hardware), buscando la mayor similitud con el cuerpo humano de un hombre adulto, adaptando un maniquí con una doble capa de plástico grueso moldeado que llevaría por dentro todo el circuito electrónico, protegido con una espuma que recubre todo el interior del maniquí para proteger el circuito. Para la parte electrónica (software) se desarrolló un sistema funcional que fuera capaz de evaluar los parámetros necesarios para el desarrollo de la técnica como frecuencia, profundidad y secuencia de insuflación.

### 3.2.1. Cuerpo del dispositivo

El maniquí se compone de 2 partes en su estructura, parte posterior y parte anterior; moldeadas por separado y unidas mediante una bisagra generando un movimiento de compuerta para el acceso al interior del maniquí. Dentro del maniquí es donde está instalado el circuito protegido por una espuma que cubre toda la parte interna del armazón. En la Figura 3 se muestra las medidas generales del simulador, así como el sistema de amortiguamiento.

**Figura 3.** Diseño físico inicial



Fuente: Propia

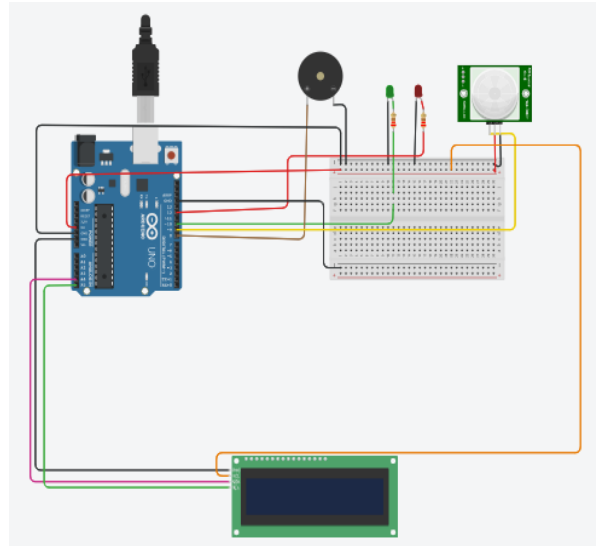
### 3.2.2. Desarrollo del software

El circuito viene integrado con un sensor infrarrojo que mide la diferencia de distancia entre el sensor y el tórax del dispositivo para así evaluar la profundidad de compresión. Cada compresión efectiva encenderá un Led (verde), indicativo de una compresión adecuada dentro del rango establecido por la AHA (American Heart Association) que indica  $\leq 5$  cm de profundidad en cada compresión para personas adultas. Cada compresión será sumada por el contador hasta alcanzar el objetivo de compresiones por minuto, el cual según la AHA (American Heart Association) establece una frecuencia de 100-120 compresiones por minuto alternando compresiones-insuflaciones en una secuencia de 30:2 (30 compresiones y 2 insuflaciones) la cual mediante una pantalla LCD muestra un contador de 1 minuto y la cantidad de compresiones que está realizando la persona, si cumple con la meta el dispositivo te notifica mediante la pantalla LCD un mensaje de confirmación que dice “lo lograste salvar”; de lo contrario te notificará que no cumpliste con el objetivo mediante un mensaje de “fallaste inténtalo otra vez”. Todo esto programado en entorno Arduino.

### 3.2.3. Diseño electrónico

Para la parte electrónica el dispositivo incorpora un Arduino modelo UNO como centro de mando que conecta un sensor infrarrojo modelo ED18-D80NK, un buzzer piezoeléctrico, 2 LEDs color; verde y rojo, y una pantalla LCD de 16x2 (I2C). Todo esto acompañado de 2 resistencias de 1k para regular la corriente electrónica de los leds. En la Figura 4 se presenta el diseño electrónico esquemático realizado en Tinkercad.

**Figura 4.** Esquemático electrónico de Tinkercad

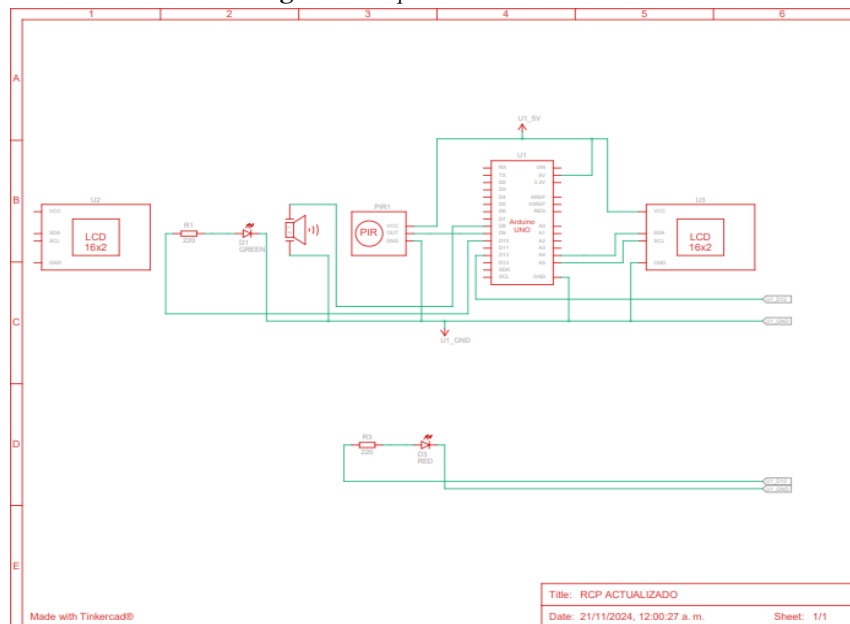


Fuente: Propia

### 3.2.4. Esquemático electrónico

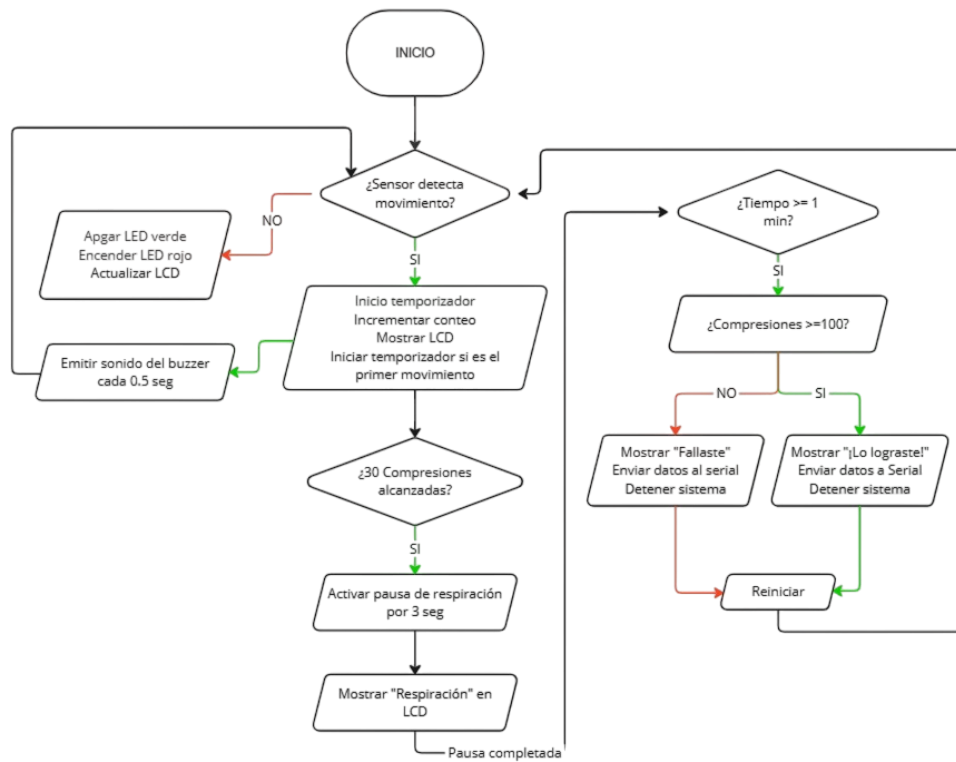
En la Figura 5 se presenta el esquemático electrónico, el cual incluye los componentes usados para el desarrollo del sistema de simulación. (Arduino UNO, Buzzer piezoeléctrico, 2 resistencias de 1K, 2 Leds (Verde y Rojo)), Sensor ED18-D80NK infrarrojo de distancia y una pantalla LCD (I2C) 16x2. En la figura 6 se presenta un diagrama de flujo indicando el funcionamiento del dispositivo

**Figura 5.** Esquemático electrónico



Fuente: Propia

**Figura 6.** Diagrama de flujo de funcionamiento del dispositivo



Fuente: Propia

Para el cálculo de las resistencias se utilizó la ecuación 1, donde R es la resistencia en ohmios, V es la tensión de alimentación y VLED es la tensión de caída del LED.

$$R = (V - V_{LED}) / I \quad (1)$$

Los valores de tensión para los LED se tomaron como los estándares que se encuentran en medios web, para LED rojo se tomó 1,9V y LED verde 2,4V. Con una corriente típica de 20 mA. Es importante tener presente que los valores obtenidos de las resistencias se dieron de manera teórica comparándolos respecto a los valores comerciales que se tienen, por ejemplo, para los LED rojo y verde, teóricamente, se obtiene un valor de 130Ω para ambas, comercialmente este valor no se obtiene por lo que se decidió usar resistencia de 120Ω.

### 3.3. Construcción

#### 3.3.1. Descripción general

El simulador de RCP con monitorización electrónica consta de dos partes, anterior y posterior, unidas por bisagras en la parte inferior para permitir su apertura y cierre. En la parte anterior se encuentra instalado un resorte, configurado en una posición base para proporcionar estabilidad. El resorte tiene una longitud de 25 cm y puede ser reemplazado si es necesario.

#### 3.3.2. Cuerpo principal

El cuerpo principal del simulador cuenta con un panel que permite la monitorización de las variables relevantes como frecuencia y cantidad de compresiones por minuto. La forma del modelo se aprovecha para indicar el posicionamiento adecuado de las manos.

#### 3.3.3. Componentes electrónicos

Para la monitorización electrónica, se utiliza un Arduino UNO como plataforma principal junto con un sensor infrarrojo de distancia E18-D80 NK. Este montaje permite mostrar la información en el panel mencionado anteriormente. Se utilizan 2 LEDs para indicar si la compresión realizada se encuentra dentro del rango establecido. Un LED verde se enciende si la

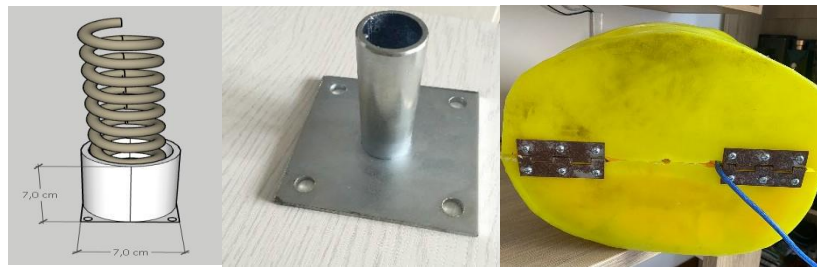
compresión es correcta y un LED rojo que indica que no se está realizando ninguna compresión. Además, se incorpora un buzzer activo piezoeléctrico que emite un sonido guía para que el usuario pueda contar la cantidad de compresiones realizadas.

Se procedió con la fabricación del dispositivo, siguiendo las ideas de diseño implementadas en la fase 2. Adquiriendo todos los materiales necesarios para la construcción del dispositivo. Con el montaje realizado se implementó el circuito y algoritmo expuesto en la fase 2 de diseño.

El modelo tiene un corte sobre el plano frontal que lo divide en dos partes, anterior y posterior, unidas en la parte inferior por medio de bisagras, lo que permite la apertura y cerrado del modelo.

Sobre la parte anterior hay instalado un resorte; con una configuración base - resorte para proveer estabilidad. El resorte tiene una longitud de 25 cm que fue establecida gracias al estudio que se realizó de los otros dispositivos existentes en el mercado, en promedio los resortes de estos dispositivos tienen esa longitud. En la Figura 7 se muestra el resorte, la base y las bisagras del simulador.

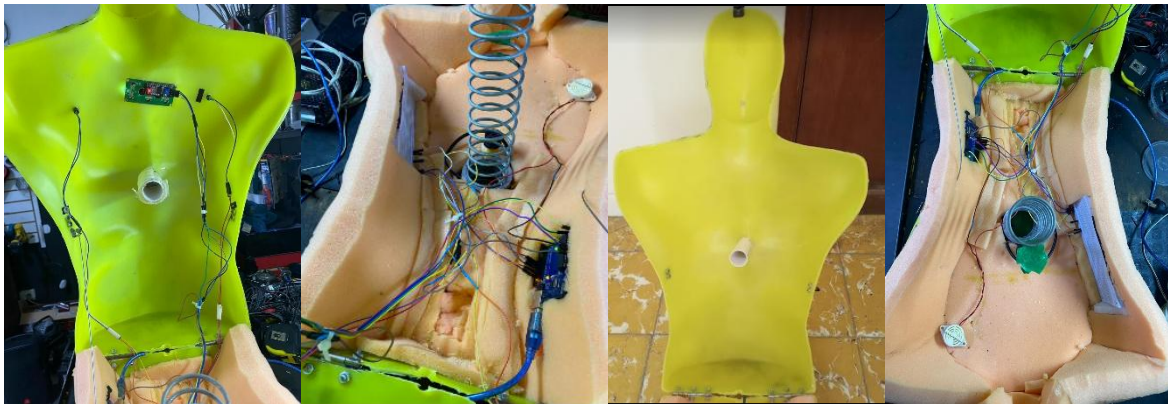
**Figura 7.** Sistema base resorte y bisagras



Fuente: Propia

En la Figura 8 se presenta el cuerpo principal del simulador. Observe que sobre la mitad superior del esternón está instalado el panel que permite el monitoreo de la compresión, frecuencia y secuencia de compresión.

**Figura 8.** Perfil anterior-posterior e interior



Fuente: Propia

### 3.3.4. Materiales y presupuesto de construcción

En la Tabla 3 se presenta el presupuesto del simulador, los precios corresponden a proveedores de la ciudad de Cali, Colombia.

**Tabla 3.** Presupuesto

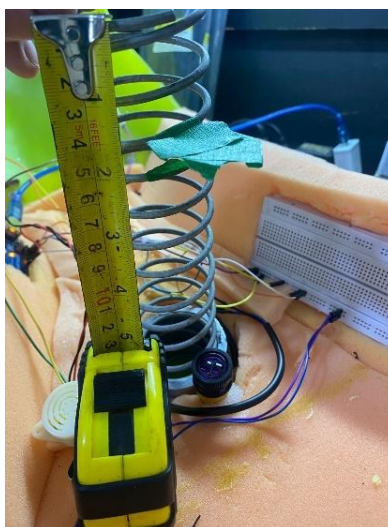
Nombre	Cantidad	Componente	Valor Unitario	Proveedor
Resistencia	1	Res 1K $\Omega$	\$ 1.000	Electrónica Garnizo
Resistencia	1	Res 1K $\Omega$	\$ 1.000	Electrónica Garnizo
Sensor	1	ED18-D80NK	\$ 25.000	Electrónica Garnizo

Nombre	Cantidad	Componente	Valor Unitario	Proveedor
Arduino UNO+Cable	1	Arduino UNO	\$ 55.000	Electrónica Garnizo
Buzzer	1	Piezoeléctrico - activo	\$ 5.500	Electrónica Garnizo
Ptotoboard	1	Protoboard	\$ 13.000	Electrónica Garnizo
Pantalla LCD	1	LCD I2C 16x2	\$ 30.000	Electrónica Garnizo
Maniquí	1	Pieza principal modelo	\$ 50.000	Distribuidora
Bisagras	2	Bisagra nudo cabeza plana 3 - 1/2pg	\$ 17.900	Homecenter
Base de tubo	1	Para asegurar el resorte 2pg	\$ 35.000	Homecenter
Resorte	1	Resorte suspensión - para compresión	\$ 15.000	Universales resortes
Tornillos	10	Asegurar base de resorte y panel	N/A	Trabajo propio
Arandelas	10	Asegurar base de resorte y panel	N/A	Trabajo propio
Tuercas	10	Asegurar base de resorte y panel	N/A	Trabajo propio
Espuma	1	Para relleno del modelo	\$ 15.000	B2C
Mano de obra	1	Ensamblaje	\$ 80.000	B2C
Corte maniquí	1	Ensamblaje	N/A	Trabajo propio
Sistema Recargable	1	Cargador	\$ 50.000	Electrónica Garnizo
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 393.400</b>	

### 3.4. Validación

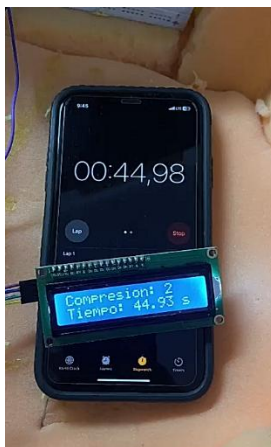
Se realizó una validación de los componentes del sistema para verificar que funcionarán de manera correcta. Realizando 2 pruebas, la primera en la que se valida la distancia del sensor para establecer la profundidad de compresión  $\leq 5$  cm la cual es estipulada por la AHA (American Heart Association) y la ERC (European Resuscitation Council), que establecen que este parámetro no debe superar los 5 cm o 2 pulgadas de compresión para evitar lesiones en el paciente. La segunda validación fue en la que se compara el contador de la pantalla LCD con un contador real para validar si es correcto en el tiempo. En la Figura 9 se observa la validación de la distancia la cual esta determinada por la resistencia del resorte, esta prueba indica la distancia igual o mayor a 5 cm mediante la cinta verde, lo que significa que cuando se realice la compresión dicha cinta va a bajar, y el sensor se va activar cuando detecte esa diferencia de distancia, logrando así activar el conteo de las compresiones y activando el LED verde de confirmación. El Figura 10 se observa la validación del tiempo, la cual se observa una comparación de tiempo, mostrando el contador de la pantalla LCD en el código y un cronometro real. Dando como resultado una exactitud del 99,8% y un error aproximado de 0,11% entre el cronómetro de la pantalla LCD y el cronómetro real.

Figura 9. Prueba 1. Validación de distancia



Fuente: Propia

Figura 10. Prueba 2. Validación de tiempo



Fuente: Propia

### 3.5. Evaluación

El dispositivo fue evaluado mediante la escala de SUS (System Usability Scale) y una encuesta al usuario para así determinar qué tan ergonómico e intuitivo es el dispositivo, buscando la opinión de un público clasificado en 3 tipos; profesional en salud, profesional en Biomédica y persona del común, obteniendo diferentes opiniones para una visión más amplia de acuerdo con el desempeño del dispositivo.

#### 3.5.1. Test (SUS) (System Usability Scale) | Sistema de escala de usabilidad

Se usó el Test SUS para evaluar el desempeño y usabilidad del dispositivo, usando la configuración establecida por el autor citado Serafinelli. La escala SUS (*System Usability Scale*) es una herramienta de evaluación de usabilidad, la cual nos va a permitir medir la facilidad de uso del dispositivo para RCP. Compuesto por 10 preguntas. Este se suministra a los usuarios de un sistema que tengan una experiencia directa con el mismo, idealmente inmediatamente después de utilizarlo para que puedan evaluar su experiencia de uso de manera inmediata y precisa. Cada pregunta se puntuará en una escala Likert del 1 al 5, siendo 1 “totalmente en desacuerdo” y 5 “totalmente de acuerdo”, Según Serafinelli (2024).

El hecho de utilizar preguntas estándar permite que los resultados se puedan comparar con otros sistemas, productos o con el mismo a lo largo del tiempo (Serafinelli, 2024).

#### Las 10 preguntas del cuestionario SUS son las siguientes:

1. Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.
3. Pensé que el sistema era fácil de usar.
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.
5. Encontré que las diversas funciones del sistema estaban bien integradas.
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
7. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema muy rápidamente.
8. Encontré el sistema muy incómodo de usar.
9. Me sentí muy seguro(a) usando el sistema.
10. Necesité aprender muchas cosas antes de poder empezar a usar este sistema.

La escala SUS devuelve una puntuación de 0 a 100, donde una puntuación más alta se corresponde con una mejor usabilidad percibida por parte de los participantes en el estudio (Serafinelli, 2024).

Según el experto en investigación Jeff Sauro, ha estado revisando los resultados SUS de más de 5000 usuarios a lo largo de 500 estudios distintos, y ha concluido que la media del SUS de todos los sistemas analizados se sitúa en 68 sobre 100. También identifica diferentes rangos de usabilidad percibida según la puntuación SUS obtenida, calificándola desde F (mala usabilidad) hasta A (excelente usabilidad) (Sauro, 2011).

Como referencia, se necesita una puntuación de más de 78,9 para obtener una calificación A, lo que significa estar entre

los 15% mejores (Serafinelli, 2024). En la tabla 4 se observan las características de la escala SUS.

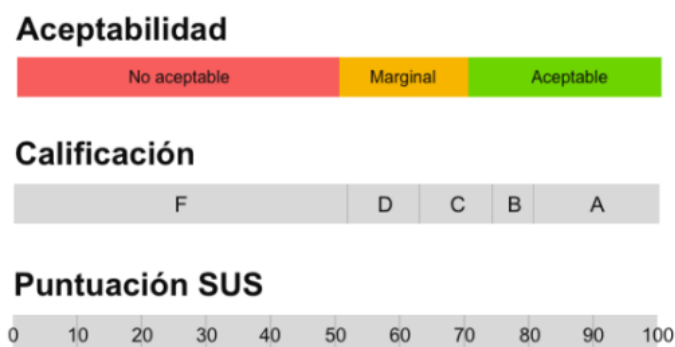
**Tabla 4.** Escala SUS

Puntuación SUS	Calificación	Percentil
78,9 – 100	A	Top 15%
72,6 - 78,8	B	Top 35%
62,7 -72,5	C	Top 65%
51,7 - 62,6	D	Top 85%
0 - 51,6	F	-

Fuente. (Serafinelli, 2024)

Otra manera de interpretar los resultados de SUS se basa en su aceptabilidad en comparación con el promedio. Un resultado aceptable tendría una puntuación por encima de 70, mientras que uno inaceptable tendría una puntuación por debajo de 50. Los resultados que caen entre 50 y 70, correspondiendo aproximadamente a una calificación de C a D, son marginalmente aceptables” Serafinelli (2024). En la Figura 11 se observan los criterios de la evaluación de la escala de SUS.

**Figura 11.** Aceptabilidad SUS



Fuente. Serafinelli (2024)

### 3.5.2. Encuesta propia (Evaluación de Dispositivo para Reanimación Cardio Pulmonar (RCP))

La encuesta fue diseñada para evaluar tres aspectos fundamentales establecidos por el equipo del proyecto: conocimientos previos, y desempeño, enfocada a una población clasificada en 3 sectores; profesionales en la salud, profesionales en biomédica y otros, este último aglomerando se refiere a personas del común. Esta clasificación se realizó con una encuesta para tener en cuenta los conocimientos previos del usuario y así determinar qué tan eficiente e intuitivo es el dispositivo frente a cualquier tipo de usuario, obtener la opinión de un público diverso obteniendo una visión más amplia evaluando el desempeño del equipo, y abriendo un espacio para recibir opiniones y sugerencias de mejora.

Se realizaron las siguientes preguntas divididas por sección:

#### Sección 1: Cultura

Se enfocó en medir el nivel de familiaridad y formación de los participantes en la técnica de RCP. Las preguntas son:

- ¿Está usted familiarizado con la técnica de reanimación cardiopulmonar (RCP)?
- ¿Las instituciones a las que ha pertenecido le han incentivado a recibir capacitación en RCP?
- ¿Se ha capacitado formal o informalmente en relación con la RCP?

#### Sección 2: Desempeño

Esta sección se diseñó para evaluar la experiencia de los usuarios con el dispositivo de RCP, particularmente en términos de su facilidad de uso y efectividad. Las preguntas son:

- Usabilidad: ¿Qué tan fácil le resultó realizar el ejercicio con el dispositivo de RCP?
- Interfaz visual y auditiva: ¿Cómo calificaría la claridad de las indicaciones visuales y auditivas del dispositivo?

- Fluidez del dispositivo: ¿Qué tan fluido fue el funcionamiento del dispositivo durante el ejercicio de RCP?

### Sección 3: Aspectos técnicos (para profesionales de la salud)

Aquí se evalúan aspectos técnicos específicos del funcionamiento del dispositivo en relación con los estándares de la técnica de RCP. Las preguntas incluidas son:

- ¿La frecuencia de compresiones del dispositivo cumple con el estándar normativo (100-120 por minuto)?
- ¿La profundidad de compresión indicada por el dispositivo es la óptima (5-6 cm)?
- ¿El lugar de compresión indicado por el dispositivo es adecuado?
- ¿La secuencia entre compresiones e insuflaciones es correcta?

### Sección 4: Retroalimentación y fiabilidad

La sección final busca obtener la opinión del evaluado sobre la efectividad del dispositivo en la enseñanza de la RCP y su confiabilidad. Las preguntas son:

- Efectividad en la enseñanza: ¿Cree que su habilidad para hacer RCP ha mejorado después de usar el dispositivo?
- Fiabilidad del dispositivo: ¿Considera que el dispositivo es confiable para enseñar la técnica de RCP?
- Recomendación: ¿Recomendaría este dispositivo para la enseñanza de la RCP?
- Potencial del dispositivo: ¿Cree que el dispositivo tiene el potencial de mejorar la enseñanza de la RCP en diferentes entornos?

## IV. RESULTADOS

El diseño del dispositivo se centró en incorporar herramientas intuitivas que facilitaran la enseñanza de la técnica de RCP en adultos. Durante la fase de desarrollo, se realizaron ajustes de calibración del sensor para detectar la distancia correcta y frecuencia, y asegurar su precisión según los estándares de la American Heart Association. También se buscó que el dispositivo fuera ergonómico y fácil de transportar, usando materiales ligeros como el plástico y la espuma para recubrir el interior del dispositivo no solo por estética sino también para proteger y tener una mejor visión del circuito incorporado. En la Figura 12 se observa el dispositivo final.

### Especificaciones principales del dispositivo

- Dimensiones: 74 cm x 45 cm x 24 cm.
- Peso: 8 kg.
- Buzzer: genera alertas sonoras para la frecuencia correcta de compresión.
- Leds de ayuda visual (Led verde para confirmar la compresión y Led rojo para mostrar la ausencia de compresiones).
- Pantalla LCD I2C 16x2: guía visual con retroalimentación en tiempo real sobre el tiempo y cantidad de compresiones que se deben hacer para cumplir con la frecuencia de 100-120 por minuto.
- Sensor infrarrojo de distancia: calibrado para detectar compresiones entre 5 y 6 cm de profundidad.
- Arduino con microcontrolador ATMEGA 328 PU, que incluye el código de funcionamiento del dispositivo.

**Figura 12.** Dispositivo final



Fuente: Propia

En las pruebas realizadas, el dispositivo logró una precisión del 89% en la detección de la profundidad de las compresiones y un 98 % en la frecuencia de estas, además, el 90% de los usuarios calificó el prototipo como “muy intuitivo” según la escala SUS. En la Figura 13 se observa un apersona realizando la maniobra de resucitación.

Figura 13. Resultados del funcionamiento del dispositivo



Fuente: Propia

### Resultados Test SUS

En La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos a partir del System Usability Scale (SUS), cuestionario estándar utilizado para medir la usabilidad de un sistema o dispositivo, en este caso, aplicado al dispositivo de reanimación cardiopulmonar (RCP). Los datos fueron recolectados de 17 sujetos que realizaron la prueba, evaluando 10 preguntas del cuestionario SUS. Cada pregunta tiene una escala de puntuación de 1 a 5, donde 1 representa una respuesta negativa (“totalmente en desacuerdo”) y 5 una respuesta positiva (“totalmente de acuerdo”).

Tabla 5. Resultados Test SUS

SUJETOS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Resultado SUS	Grado SUS
1	3	1	5	2	5	1	5	1	5	1	85	A
2	4	1	5	3	4	2	5	1	4	2	85	A
3	5	1	5	4	5	1	4	1	5	1	92,5	A
4	4	1	5	2	5	1	5	1	5	5	87,5	A
5	5	4	5	3	5	1	4	1	5	2	92,5	A
6	5	2	5	1	5	1	5	1	5	1	72,5	B
7	4	1	5	2	5	1	5	1	5	1	97,5	A
8	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	92,5	A

SUJETOS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Resultado SUS	Grado SUS
9	5	2	4	2	4	2	5	1	5	1	77,5	B
10	4	2	3	3	4	2	5	4	4	2	72,5	B
11	3	2	3	1	5	1	4	1	4	2	85	A
12	4	2	2	4	3	1	4	3	4	3	65	C
13	4	1	4	3	4	3	4	2	3	2	72,5	B
14	5	2	4	2	5	1	5	2	4	1	65	C
15	4	2	3	3	3	1	4	1	4	1	80	A
16	4	3	5	2	4	2	4	2	3	3	77,5	B
17	3	3	4	3	4	2	3	3	4	3	67,5	C

### Interpretación según los percentiles del SUS

El promedio de la prueba SUS equivale 76,76. Esta puntuación se encuentra dentro del rango B (72,6 – 78,8) lo que indica “Buena usabilidad”. Según Sauro, un puntaje en el rango B se ubica en un percentil 35% superior de los sistemas evaluados. Todas las puntuaciones obtenidas (72,6 - 78,8) colocan al dispositivo en el Top 15% en términos de usabilidad. Esto indica que el dispositivo es altamente intuitivo, fácil de usar y que presenta una experiencia de usuario muy positiva, comparable a los mejores dispositivos evaluados en estudios de usabilidad. En conclusión, el dispositivo logra un promedio de 76,76, lo que lo clasifica en el rango B (percentil 35%), indicando una buena usabilidad. Está por encima del promedio general de sistemas SUS (68) y sugiere que el dispositivo es aceptable en términos de experiencia de usuario.

### Resultados encuesta propia

En esta sección se presentan los resultados de la encuesta diseñada para evaluar el dispositivo de Reanimación Cardio Pulmonar (RCP), bajo los 3 aspectos de cultura, desempeño y aspectos técnicos del dispositivo.

### Resultados sobre Cultura

En relación con la facilidad de uso y didáctica del dispositivo, el 85% de las personas del común señalaron que el dispositivo es fácil de usar, mientras que el 75% consideró que les ayudó a comprender los principios básicos de la RCP.

Los estudiantes de salud también evaluaron la facilidad de uso, con un 70% que afirmó que el dispositivo facilita el aprendizaje de la técnica. En la Tabla 6 se observan los resultados con respecto a la cultura.

**Tabla 6.** Resultados encuesta (cultura)

Grupo	Capacitación formal (%)	Interés por aprender (%)
Personas del común	15%	75%
Profesional en salud	65%	85%
Profesional en Biomédica	65%	75%

### Resultados sobre Desempeño

En la evaluación de desempeño del dispositivo, los participantes valoraron principalmente la usabilidad, claridad de las instrucciones visuales y auditivas, y la fluidez del dispositivo. Usabilidad: El 80% de los profesionales de la salud consideraron que el dispositivo fue “fácil” o “muy fácil” de usar, mientras que los estudiantes lo valoraron con un 75% en las mismas categorías. Claridad visual y auditiva: Un 70% de las personas del común reportaron que las instrucciones visuales y auditivas del dispositivo eran claras o muy claras, lo que les facilitó el aprendizaje. En la Tabla 7 se observa el resumen de los resultados de la prueba de desempeño.

**Tabla 7.** Resultados encuesta (Desempeño)

Grupo	Facilidad de uso (%)	Claridad visual/auditiva (%)
Persona del común	80%	85%

Profesional en salud	75%	75%
Profesional en Biomédica	70%	70%

## Resultados sobre Aspectos Técnicos

Los profesionales de la salud y estudiantes evaluaron la precisión del dispositivo en relación con las normativas de RCP, como la frecuencia de compresiones, profundidad y secuencia de compresiones e insuflaciones. Frecuencia de compresiones: Un 85% de los profesionales indicó que el dispositivo cumple con los estándares de frecuencia (100-120 compresiones por minuto). Profundidad de compresiones: El 100% de los profesionales confirmaron que la profundidad de compresión era adecuada (5-6 cm). Secuencia correcta: Un 100% de los encuestados consideraron que la secuencia entre compresiones e insuflaciones era correcta. En la Tabla 8 se presentan le resumen de los resultados concernientes a los aspectos técnicos.

**Tabla 8.** Resultados encuesta (Aspectos técnicos)

Aspecto evaluado	Profesionales de salud (%)	de Personas del común (%)	del Profesional en Biomédica (%)
Frecuencia de compresiones correcta	85%	95%	80%
Profundidad de compresiones adecuada	100%	100%	90%
Secuencia correcta	100%	100%	100%

La encuesta también incluyó preguntas abiertas que permitieron a los encuestados proporcionar retroalimentación sobre el dispositivo. Entre los comentarios recibidos, destacan:

- Un comentario representativo fue: “El dispositivo tiene un gran potencial para ser usado como herramienta de apoyo didáctico para curso en RCP”
- Estudiantes: Elogiaron el diseño intuitivo del dispositivo, destacando que les ayudó a entender los pasos básicos de la técnica.
- Personas profesionales en salud hicieron la sugerencia de “Ajustar intervalo de respiración, incrementar el sonido del buzzer y tratar de mejorar la estabilidad del dispositivo”.
- Personal biomédico sugirieron “Posible interruptor de reinicio, para no tener que desconectar para volver a comenzar y mejorar el intervalo de respiración ya que no es muy notorio”.
- Persona profesional en salud hizo la sugerencia de “Parte del centro más semejante a la piel”.
- Personas del común: Afirmaron que el dispositivo es muy práctico, lo que les dio más confianza para realizar RCP en una situación de emergencia.
- Un estudiante nos realizó la siguiente sugerencia a tener en cuenta “A pesar de tratarse de un prototipo, el material del que está hecho el dispositivo dificulta la realización de las repeticiones al generar dolor”.

Las especificaciones finales del dispositivo aseguraron que los usuarios se sintieron cómodos y calificaron de una buena manera el método de aprendizaje que ofrece el dispositivo, fomentando confianza en los usuarios no profesionales al realizar RCP en situaciones de emergencia. Mas sin embargo se tuvieron en cuenta las sugerencias realizadas para mejorar el dispositivo a una presentación final.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación de usabilidad del dispositivo de reanimación cardiopulmonar (RCP) mediante el System Usability Scale (SUS) indican que el dispositivo cuenta con una usabilidad clasificada como buena, alcanzando un puntaje promedio de 76,76. Este resultado sitúa al dispositivo en el percentil Top 35% según la escala de Jeff Sauro,

reflejando una percepción positiva por las personas que realizaron la prueba. Las puntuaciones individuales oscilaron entre 65 y 97,5, lo que, aunque muestra variabilidad en las opiniones de los evaluadores, destaca que la mayoría calificó el dispositivo como intuitivo y funcional.

En este caso, las puntuaciones obtenidas sugieren que el dispositivo es suficientemente accesible y cumple con estándares aceptables para ser utilizado en contextos de enseñanza y simulación. Sin embargo, la presencia de algunas puntuaciones más bajas (65 y 67,5) podría indicar áreas específicas donde el diseño puede recibir optimizaciones o mejoras para garantizar una experiencia más uniforme entre todos los usuarios.

En general, los resultados posicionan al dispositivo como una herramienta prometedora para la formación en RCP, tanto para profesionales como para el público en general, permitiendo un aprendizaje eficaz y un entrenamiento práctico accesible.

Los resultados de la encuesta proporcionan una visión integral sobre la eficacia del dispositivo de Reanimación Cardio Pulmonar (RCP), evaluado por tres grupos con distintos niveles de experiencia: profesionales en salud, en biomédica y personas del común. En términos generales, el dispositivo cumplió con los objetivos planteados, ofreciendo una experiencia accesible para los usuarios sin formación previa, al mismo tiempo que brindó un desempeño técnico aceptable según los estándares normativos evaluados por los profesionales, pero sugiriendo algunos cambios de diseño para una mejor precisión que se asemeje más a la realidad. Uno de los hallazgos más destacados es la facilidad de uso percibida por las personas del común. El dispositivo demostró ser intuitivo y efectivo para facilitar el aprendizaje básico de la técnica de RCP, lo que es clave para su objetivo educativo.

## VI. CONCLUSIONES

El dispositivo de RCP ha demostrado ser funcional y centrado en el usuario, considerando la ergonomía y facilidad de uso, permitiendo que las personas sin experiencia previa puedan practicar la técnica de RCP de forma intuitiva, gracias a los materiales seleccionados como el sensor de distancia para medir la profundidad de compresión, mediante los leds que permiten tener un indicativo visual de una buena maniobra, la incorporación de la pantalla LCD y el buzzer para mostrar que se está haciendo una frecuencia correcta en un tiempo determinado que es 1 min. Todas estas herramientas aseguran que los usuarios reciban indicaciones claras para estudiar la técnica en tiempo real. Además de una buena usabilidad, con calificaciones que lo posicionan dentro del 35% superior de los sistemas evaluados por la System Usability Scale (SUS). Este resultado confirma que el dispositivo no solo es técnicamente eficaz, sino también altamente accesible y fácil de usar para los usuarios, lo cual es crucial para su éxito en entornos de aprendizaje y aplicación práctica en emergencias médicas. Comparado con los resultados de la encuesta sugieren que el dispositivo de RCP es eficaz para enseñar la técnica a personas sin experiencia previa, y es bien recibido tanto por profesionales como por estudiantes de salud y las personas sin experiencia previa, valoraron altamente su facilidad de uso, mientras que los profesionales destacaron su precisión técnica, aunque con algunas sugerencias para mejorar respecto a los materiales.

## REFERENCIAS

- Aranzábal-Alegría, G., Verástegui-Díaz, A., Quiñones-Laveriano, D. M., Quintana-Mendoza, L. Y., Vélchez-Cornejo, J., Espejo, C. B., Arroyo, L. K., Vargas, M. L., Fernández-Lamas, N., & Mejía, C. R. (2017). Factores asociados al nivel de conocimiento en reanimación cardiopulmonar en hospitales del Perú. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 45(2), 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.rca.2016.12.004>.
- Arrogante, O., Ríos-Díaz, J., Carrión-García, L., Samith, S., González-Romero, G. M., & Caperos, J. M. (2021). Deliberate practice in resuscitation training using a feedback device, and the effects of the physical characteristics of the rescuer on the acquisition and retention of cardiopulmonary resuscitation skills: Randomized clinical trial. *International Emergency Nursing*, 58, 101037. <https://doi.org/10.1016/j.ienj.2021.101037>.
- Acuña, J. A. & Valdivieso, C. F. (2019). *Diseño e implementación de un simulador de reanimación cardiopulmonar adulto para el entrenamiento del personal del Centro de Salud San Gabino (Nivel 1)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2467>.
- Algoritmos ERC 2021 adultos y pediatría - Urgencias y emergencias®*. (2023, 3 junio). Urgencias y Emergencias®.

- [https://www.urgenciasyemergen.com/sdm\\_downloads/algoritmos-erc-2021-adultos-y-pediatria/](https://www.urgenciasyemergen.com/sdm_downloads/algoritmos-erc-2021-adultos-y-pediatria/)
- American Heart Association Guidelines for CPR and ECC. (n.d.) (2020). [cpr.heart.org](https://cpr.heart.org).  
<https://cpr.heart.org/en/resuscitation-science/cpr-and-ecc-guidelines>.
- DANE, (2023). *Estadísticas vitales nacimientos y defunciones – Comunicado de prensa*.  
<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/EEVV/cp-EEVV-IVtrim2023.pdf>
- De Souza Motta, D., Cavalcante, R. B., Dutra, H. S., Da Conceição Oliveira Coelho, A., Pacheco, Z. M. L., Santos, K. B. D., & Da Costa Carbogim, F. (2022). desarrollo y validación de tecnología para la enseñanza del soporte vital básico en la parada cardíaca. *Cogitare Enfermagem*, 27, 1-11. <https://doi.org/10.5380/ce.v27i0.87280>.
- Ehrler, F., Sahyoun, C., Manzano, S., Sanchez, O., Gervais, A., Lovis, C., Courvoisier, D. S., Lacroix, L., & Siebert, J. N. (2021). Impact of a shared decision-making mHealth tool on caregivers' team situational awareness, communication effectiveness, and performance during pediatric cardiopulmonary resuscitation: study protocol of a cluster randomized controlled trial. *Trials* 22 (227). <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05170-3>.
- Meaney, P. A., Bobrow, B.J., Mancini, M. E., Christenson, J., de Caen, A. R., Bhanji, F., Abella, B.S., Kleinman, M. E., Edelson, D. P., Berg, R. A., Aufderheide, T. P., Menon, V. & Leary, M (2013). Calidad de la reanimación cardiopulmonar: mejora de los resultados de la reanimación cardíaca intra y extrahospitalaria Declaración de consenso de la American Heart Association. *Journal of The American Heart Association*. 1-20. [https://cpr.heart.org/-/media/data/import/downloadables/1/6/9/declaracin-de-consenso-de-la-aha-ucm\\_465179.pdf](https://cpr.heart.org/-/media/data/import/downloadables/1/6/9/declaracin-de-consenso-de-la-aha-ucm_465179.pdf).
- Molina Lozada, K. L. (2019). *Dispositivo emergente para reanimación Cardiopulmonar*. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador] Disponible en el repositorio de la universidad católica de ecuador en <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0ad36770-a95e-40c8-a891-539953a61005/content>.
- Navalpotro-Pascual, J. M., Fernández, C., Peinado, F. A., Carillo, A., Muñecas, Y., Muñoz, B., González, M. J. & Les, J. I. (2021). Actividad y asistencia a la parada cardiorrespiratoria en un servicio extrahospitalario de emergencias durante la pandemia COVID-19. *Emergencias: Revista de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias*. 33(2), 100-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7808229>.
- Nodal, P.E., López, J.G. & de la Llera, D. (2006). Paro cardiorrespiratorio (PCR). Etiología. Diagnóstico. Tratamiento. *Revista Cubana de Cirugía*, 45 (3-4), 1-11
- Navarro-Patón, R., Freire-Tellado, M., Mateos-Lorenzo, J., Basanta-Camiño, S., Rodríguez-López, A., & Lago-Ballesteros, J. (2020). Actividades deportivas con soporte musical: ¿una nueva forma de aprender reanimación cardiopulmonar? *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 20(78), 243-255. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2020.78.004>
- Romero Esquiliano, Gabriela, Méndez Ramírez, Ignacio, Tello Valdés, Armando, & Torner Aguilar, Carlos A.. (2004). Daño neurológico secundario a hipoxia isquemia perinatal. *Archivos de neurociencias (México, D.F.)*, 9(3), 143-150. Recuperado en 21 de noviembre de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-47052004000900005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-47052004000900005&lng=es&tlng=es).
- Serafinelli, S. (2024, 16 mayo). "Qué es la escala SUS y cómo usarla para medir la usabilidad". TeaCup Lab. <https://www.teacuplab.com/es/blog/que-es-la-escala-sus-y-como-usarla-para-medir-la-usabilidad/>
- Sauro, J. (2011). *Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS) – MeasuringU*. <https://measuringu.com/sus/>

## ANEXOS

### Anexo 1. Guía rápida

¡Gracias por adquirir nuestro muñeco de RCP! Este manual tiene como objetivo proporcionarte las instrucciones necesarias para utilizar correctamente el muñeco y practicar las técnicas de reanimación cardiopulmonar de manera efectiva. Por favor, sigue las siguientes indicaciones:

Configuración inicial:

- Coloca el muñeco en una superficie plana y firme, como una mesa o el suelo.
- Asegúrate de que el muñeco esté correctamente ensamblado y todas las partes estén firmemente ajustadas.

Compresiones torácicas:

- Coloca tus manos en el centro del pecho del muñeco, justo entre los pezones.
- Mantén los brazos rectos y las manos paralelas al suelo.
- Aplica presión hacia abajo con fuerza y rapidez, comprimiendo el pecho al menos 5 centímetros de profundidad.
- Realiza compresiones a un ritmo constante de 100/120 compresiones x minuto.

Retroalimentación y monitoreo:

- El muñeco está equipado con sensores y luces indicadoras para proporcionarte retroalimentación sobre la calidad de las compresiones.
- Presta atención a las luces que indican la profundidad y al monitor LCD para el ritmo de las compresiones.
- Utiliza esta retroalimentación para mejorar tus técnicas de RCP.

Mantenimiento y almacenamiento:

- Limpia el muñeco después de cada uso con un paño húmedo y desinfectante suave.
- Asegúrate de que esté completamente seco antes de guardarlo.
- Almacena el muñeco en un lugar seco y libre de polvo, protegido de la luz solar directa y la humedad.

Recuerda que practicar la RCP regularmente con este muñeco te ayudará a desarrollar habilidades vitales para responder en situaciones de emergencia. Siempre consulta las pautas y recomendaciones actuales de reanimación cardiopulmonar para garantizar una práctica actualizada y efectiva.

## Anexo 2. Código en Arduino

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Configurar la dirección del LCD I2C (generalmente
es 0x27 o 0x3F)
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2); // Configura el
LCD con I2C de 16 columnas y 2 filas

// Definir los pines
int buzzerPin = 8;
int sensorPin = 9; // Pin al que está conectado el
sensor E18-D80NK
int ledGreenPin = 10; // LED verde
int ledRedPin = 12; // LED rojo

// Variables para conteo y tiempo
int compressionCount = 0;
unsigned long firstMotionTime = 0;
unsigned long elapsedTimeBeforePause = 0;
unsigned long timerDuration = 60000; // 1 minuto en
milisegundos
bool firstMotionDetected = false;
bool timerActive = false; // Flag para controlar el
estado del temporizador
bool goalAchieved = false;
bool breathingPause = false; // Flag para controlar
la pausa de respiración
unsigned long breathingPauseStart = 0;
unsigned long breathingPauseDuration = 1800; //
Duración de la pausa de respiración en milisegundos

void setup () {
  // Configurar los pines como salida o entrada
  pinMode (buzzerPin, OUTPUT);
  pinMode (sensorPin, INPUT);
  pinMode (ledGreenPin, OUTPUT);
  pinMode (ledRedPin, OUTPUT);

  // Inicializar la pantalla LCD con I2C
  lcd. init (); // Iniciar la pantalla LCD
  lcd. backlight (); // Encender la luz de fondo del
LCD

  lcd. setCursor (0, 0); // Mover el cursor a la
primera línea
  lcd. print ("Compresion: 0");
  lcd. setCursor (0, 1); // Mover el cursor a la
segunda línea
  lcd. print ("Tiempo: 0 s");

  // Iniciar comunicación serial
  Serial. begin(9600);
}

void loop () {
  // Leer el estado del sensor E18-D80NK
  int sensorState = digitalRead(sensorPin);

  unsigned long currentTime = millis (); // Hora
actual

  if (breathingPause) {
    // Si está en pausa de respiración, mostrar
mensaje y detener todo
    lcd. clear ();
    lcd. setCursor (0, 0);
    lcd. print("Respiracion");
    noTone(buzzerPin); // Apagar el tono
    digitalWrite (ledGreenPin, LOW); // Apagar LED
verde
    digitalWrite (ledRedPin, LOW); // Apagar LED
rojo

    if (currentTime - breathingPauseStart >=
breathingPauseDuration) {
      // Reanudar el conteo y el sonido después de
la pausa de respiración
      breathingPause = false;
      firstMotionTime += (currentTime -
breathingPauseStart); // Ajustar el tiempo de inicio
      lcd. clear ();
      lcd. setCursor (0, 0);
      lcd. print ("Compresion: ");
      lcd. print(compressionCount);
      lcd. setCursor (0, 1);
      lcd. print ("Tiempo: ");
      lcd. print ((currentTime - firstMotionTime) /
1000.0); // Tiempo en segundos
      lcd. print (" s");
    }

    delay (10); // Pequeño retardo para evitar
rebotes en el sensor
    return;
  }

  if (sensorState == LOW &&! goalAchieved) { //
Cambiado a LOW para detectar movimiento
    // Si el sensor detecta presencia (LOW),
considerar esto como una compresión
    digitalWrite (ledGreenPin, HIGH);
    digitalWrite (ledRedPin, LOW); // Apagar el LED
rojo

    if (! firstMotionDetected) {
      // Registrar la hora de la primera detección
      firstMotionTime = currentTime;
      firstMotionDetected = true;
      timerActive = true; // Iniciar el temporizador
    }

    // Incrementar el contador de compresiones
    compressionCount++;

    if (compressionCount % 30 == 0) {
      // Mostrar el mensaje de respiración cada 30
compresiones
      breathingPause = true;
      breathingPauseStart = currentTime;
      elapsedTimeBeforePause = currentTime -
firstMotionTime;
    }

    // Actualizar la pantalla LCD
  }
}
```

```
    lcd.setCursor (0, 0); // Mover el cursor a la
primera línea
    lcd.print ("Compresion: ");
    lcd.print(compressionCount);

    lcd.setCursor (0, 1); // Mover el cursor a la
segunda línea
    if (timerActive) {
        unsigned long elapsedTime = currentTime -
firstMotionTime;
        if (elapsedTime >= timerDuration) {
            // Detener el temporizador después de 1
minuto
            timerActive = false;

            // Verificar si se logró el objetivo
            if (compressionCount >= 100) {
                lcd.clear ();
                lcd.setCursor (0, 0);
                lcd.print ("Lo lograste salvar");
                goalAchieved = true;
                // Enviar datos al monitor serial
                Serial.print("Compresiones totales en 1
minuto: ");
                Serial.println(compressionCount);
                while (true); // Detener todo el proceso
            } else {
                lcd.clear ();
                lcd.setCursor (0, 0);
                lcd.print ("Fallaste, ");
                lcd.setCursor (0, 1);
                lcd.print ("intentalo otra vez");
                // Enviar datos al monitor serial
                Serial.print("Compresiones totales en 1
minuto: ");
                Serial.println(compressionCount);
                while (true); // Detener todo el proceso
            }
        } else {
            lcd.print ("Tiempo: ");
            lcd.print (elapsedTime / 1000.0); // Tiempo
en segundos
            lcd.print (" s");
        }
    } else {
        lcd.print ("Tiempo: 60 s");
    }
} else if (! goalAchieved) {
    // Si no hay presencia detectada (HIGH), apagar
el LED verde y encender el LED rojo
    digitalWrite (ledGreenPin, LOW);
    digitalWrite (ledRedPin, HIGH); // Encender el
LED rojo

    // Actualizar la pantalla LCD solo cuando no se
detecta presencia
    lcd.setCursor (0, 0); // Mover el cursor a la
primera línea
    lcd.print ("Compresion: ");
    lcd.print(compressionCount);

    lcd.setCursor (0, 1); // Mover el cursor a la
segunda línea
    if (timerActive) {
```

```
        unsigned long elapsedTime = currentTime -
firstMotionTime;
        if (elapsedTime >= timerDuration) {
            // Detener el temporizador después de 1
minuto
            timerActive = false;

            // Verificar si se logró el objetivo
            if (compressionCount >= 100) {
                lcd.clear ();
                lcd.setCursor (0, 0);
                lcd.print (";;;" Lo lograste !!!");
                goalAchieved = true;
                // Enviar datos al monitor serial
                Serial.print("Compresiones totales en 1
minuto: ");
                Serial.println(compressionCount);
                while (true); // Detener todo el proceso
            } else {
                lcd.clear ();
                lcd.setCursor (0, 0);
                lcd.print ("Fallaste, ");
                lcd.setCursor (0, 1);
                lcd.print ("intentalo otra vez");
                // Enviar datos al monitor serial
                Serial.print("Compresiones totales en 1
minuto: ");
                Serial.println(compressionCount);
                while (true); // Detener todo el proceso
            }
        } else {
            lcd.print ("Tiempo: ");
            lcd.print (elapsedTime / 1000.0); // Tiempo
en segundos
            lcd.print (" s");
        }
    } else {
        lcd.print ("Tiempo: 60 s");
    }
}

// Emitir el tono de ECG (1000 Hz) cada 0.5
segundos
tone (buzzerPin, 1000); // Tono de ECG (1000 Hz)
delay (200); // Duración del pitido (0.2 segundos)
noTone(buzzerPin); // Apagar el tono
delay (300); // Esperar 0.3 segundos para
completar el intervalo de 0.5 segundos

// Pequeño retardo para evitar rebotes en el sensor
delay (10);
```