



“Diseño y desarrollo de un sensor fotopletismográfico para Pacientes con bradicardia y taquicardia.”

Autores:

Duan Daniel Deavila Marioti

Director:

Javier Burgos Vergara

Jorge Calderón Arenas

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2025



“Diseño y desarrollo de un sensor fotopletismográfico para Pacientes con bradicardia y taquicardia.”

Autores:

Duan Daniel Deavila Marioti

Director:

Javier Burgos Vergara

Jorge Calderón Arenas

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2025

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Planteamiento del problema	11
Justificación	12
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
Marco teórico.....	14
El Corazón.....	14
.....	14
ESTADO DEL ARTE.....	22
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	23
DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL DISPOSITIVO	27
DISEÑO DE HARWARE.....	28
Pasos de Conexión de Cableado.....	29
Diagrama Eléctrico	32
Diseño de software	33
Descripción de software.....	33
Programación en arduino.....	33
Filtración de señal Pletismográfica.....	34
Programación	38
Transmisión de Datos y Señal	43
Aplicación del Dispositivo	44

Guía de Funcionamiento de la Aplicación Web.....	46
Modo Simulación	48
Alimentación del Circuito	49
Funcionamiento	51
DIAGRAMA DE BLOQUES.....	52
Resultados.....	54
DISEÑO DEL CHASIS	54
Planos del Chasis de Dispositivo.....	56
Resultado Final	57
Alcances y limitaciones de la solución propuesta.....	59
Alcances.....	59
Limitaciones.....	60
Precio y Costos del Dispositivo.....	62
Conclusión.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	66

Listado de Figuras

<u>Fig1. Corazón Humano y sus partes (fuente: Internet)</u>	14
<u>Fig2. señal plestimografica pasando a través del dedo índice</u>	18
<u>Fig3. Tipos de sensores(fuente: internet)</u>	20
<u>Fig4. Pulsioxímetro (Aliexpress.com)</u>	22
<u>Fig.5 Reloj inteligente (Aliexpress.com)</u>	22
<u>Fig.6 Tensiómetro Digital (Amazon.com)</u>	22
<u>Fig 7. Arduino uno Wifi REV2(fuente: Arduino.cc)</u>	25
<u>Fig8. Modulo WiFi ESP8266 tomado de Arduino.com</u>	25
<u>Fig9. Sensor de pulso cardíaco tomado de Amazon.com</u>	25
<u>Fig10. Baquelita (fuente:mercadolibre.com)</u>	25
<u>Fig11. Zumbador (fuente: Aliexpress)</u>	26
<u>Fig12. Resistencia (fuente:Amazon.com)</u>	26
<u>Fig13. pantalla Oled (fuente: Amazon.com)</u>	26
<u>Fig.14 Power Bank (fuente: Amazon)</u>	26
<u>Fig15. Diagramas de Entrada analógicas y digitales Arduino Uno (fuente: Arduino.com)</u>	28
<u>Fig16. Circuito eléctrico elaboración hecho en proteus (elaboración propia)</u>	32
<u>Fig17. Componentes del circuito hecha en Tinkerkard (Elaboración Propia)</u>	32
<u>Fig18. Código de programación del circuito hecha en Arduino(Elaboración propia)</u>	40

<i>Fig. 19. Icono de la Aplicación del Dispositivo(elaboración propia)</i>	45
<i>Fig. 20. Imagen de la Aplicación del Dispositivo (elaboración propia)</i>	47
<i>Fig 21. Puerto de Entrada de Alimentación del circuito (fuente: internet)</i>	49
<i>Figura 22. Guía de funcionamiento del Dispositivo (fuente: Elaboración Propia)</i>	51
<i>Fig23. Diagrama de bloques del Dispositivo (elaboración propia)</i>	52
<i>Fig. 24. Boceto del Chasis del dispositivo hecho en SolidWorks(Elaboración propia)</i>	54
<i>Fig.25 chasis del dispositivo parte posterior</i>	55
<i>Fig.26 Chasis de Dispositivo parte frontal</i>	55
<i>Fig.27 Dubys Balza medición en sensor en pulso</i>	58
<i>fig.28 Jesus Deavila medición en sensor de pulso</i>	58
<i>Fig.29 Dubys Marioti medición en tensiómetro Digital</i>	58
<i>Fig.30 Jesus Deavila medición tensiómetro Digital</i>	58
<i>Fig.31 Imagen de Dispositivo Final</i>	61
<i>Fig.32 Imagen de Dispositivo Final</i>	61

Listado de Tablas

1. <i>Lista de Componentes para el Dispositivo</i>	26
2. <i>Listado de pines analógicos y digitales conectados en el dispositivo</i>	31
3. <i>Listado de Precios de materiales del Dispositivo</i>	62
4. <i>Cronograma de Actividades</i>	64

Resumen

El proyecto muestra un valor alfanumérico proveniente de la onda pletismográfica mediante un dispositivo electrónico adaptado al dedo, el cual llamaremos el Sensor de pulso cardiaco. Se presentará las distintas etapas de filtrado y control utilizado en el circuito para poder obtener la onda pletismográfica perfecta y sin ningún tipo de distorsión que será de gran ayuda tanto para el médico y el paciente tener una lectura clara y precisa de dicha onda.

En la actualidad existen dispositivos médicos destinados para el control del pulso cardíaco en la sangre, pero al no contar con un aplicativo móvil para su monitoreo y una página web de gestionamiento y verificación de los datos, se ha convertido en uno de los impedimentos para que tanto paciente, como Médico tratante, puedan tener un control adecuado frente a estas enfermedades. Como consecuencia de esta observación se determinó que una solución para esta problemática es el diseño e implementación de un sistema de monitoreo para medir la saturación de oxígeno en la sangre y pulso cardíaco.

Palabras claves: pletismográfica, filtraje, pulso cardiaco , arduino , dispositivo

Abstract

The project displays an alphanumeric value derived from the plethysmographic waveform. attached to the finger, which we will call a pulse meter. The different filtering stages used in the circuit will be presented to obtain the perfect, distortion-free plethysmographic waveform, which will be of great help to both the doctor and the patient in obtaining a clear and accurate reading of said waveform.

Currently, there are electronic devices designed to monitor the heart rate in the blood, but the lack of a mobile app for monitoring and a website for data management and verification has become one of the obstacles for both the patient and the attending physician to adequately manage these diseases. As a result of this observation, it was determined that a solution to this problem is the design and implementation of a monitoring system to measure blood oxygen saturation and heart rate.

Keywords: plethysmographic, filtering, heart rate, arduino, device

Introducción

Para nuevos proyectos de investigación en la parte biomédica es necesario estudiar las distintas áreas de salud pública en las que podemos desempeñar un gran rol , en el presente caso decidimos optar por la línea de tecnología y salud y siendo un poco más específico nuestro proyecto se trata de un Sensor de pulso cardiaco digital una idea que ha nacido después de entender que las tecnologías biomédicas a distancia son necesarias y la telemedicina complementan a estas día tras día salen al mercado nuevas tecnologías; Por lo cual se entiende que el mundo avanza en el sentido de hacer las cosas más eficientes y reducir los tiempos para obtener mayores mejores resultados cuanto a la salud humana.

En el amplio campo de la electrónica médica, hay diversas maneras en la cual se puede medir la mayoría de cambios originados en el cuerpo de una persona, esto debido a que la persona para poder contar con estado de salud optimo, internamente a nivel celular, ocurren diversos cambios químicos, debido a la cantidad de sales y otros elementos que hay en nuestro cuerpo (Juan gallo soria-2016). La idea de este proyecto es desarrollar un dispositivo de bajo costo que entregue información alfanumérica basada en la señal pletismográfica. Aunque su diseño es simple y no iguala la precisión de equipos especializados, permite estimar la presión arterial, indicar presión normal, presión baja o presión alta, y generar alertas en casos de bradicardia o taquicardia como análisis preventivo.

Planteamiento del problema

Las alteraciones del ritmo cardíaco, como la bradicardia y la taquicardia, representan un riesgo importante para pacientes que ya presentan antecedentes cardiovasculares o que se encuentran bajo seguimiento médico. Aunque existen dispositivos comerciales para medir la frecuencia cardíaca, muchos de ellos son costosos, no ofrecen una lectura clara de la señal fotopleletismográfica (PPG) y no permiten un monitoreo continuo que genere alertas tempranas en el hogar.

Esta falta de acceso a herramientas simples, precisas y de bajo costo dificulta que los pacientes y sus cuidadores detecten cambios repentinos en el ritmo cardíaco. Además, la ausencia de sistemas que integren la medición del pulso con almacenamiento o visualización remota limita la capacidad del médico para hacer seguimiento oportuno.

Ante esta situación, surge la necesidad de diseñar y desarrollar un sensor fotopleletismográfico que permita medir el pulso de forma accesible y confiable, generar alertas básicas en casos de bradicardia o taquicardia y facilitar el monitoreo domiciliario de manera sencilla para el paciente y útil para el personal de salud.

Justificación

Se desea realizar un dispositivo que permita el monitoreo del pulso cardiaco en tiempo real en una persona, para determinar si presenta un ritmo cardiaco fuera de lo normal ya sea por bradicardia o taquicardia. El prototipo se va a diseñar y construir con dispositivos electrónicos muy accesibles en el mercado y controlado por medio de un Arduino, para que se genere una notificación de alarma con el estado de los pulsaciones, en caso de que el ritmo cardiaco este por debajo o por encima del normal, dependiendo de un rango de pulsaciones en un intervalo de tiempo, además de enviar toda la información a un servidor gratuito de internet para crear un registro en una base de datos a manera de una historia clínica. La construcción de este dispositivo está enfocado a que su uso sea principalmente de monitoreo casero para personas con alteraciones cardiacas las cuales ya se encuentren en un tratamiento médico por su condición; este dispositivo le permitirá al paciente y a las personas que estén pendiente del mismo actuar rápido en caso de una emergencia y trasladar al paciente además de que contara con una alternativa inclusiva para personas con discapacidades ya que cuenta con una alarma visual y una auditiva.

Objetivo general

Diseñar y Desarrollar un dispositivo no invasivo basado capaz de medir el pulso cardíaco y generar alertas cuando se detecten condiciones en pacientes con bradicardia o taquicardia.

Objetivos específicos

- 1) Desarrollar e implementar un módulo de adquisición pletismográfica portátil utilizando componentes electrónicos de bajo costo.
- 2) Procesar la señal pletimografica mediante conversión analógica-digital para calcular la frecuencia cardiaca y clasificar el pulso en taquicardia, bradicardia o ritmo normal según umbrales definidos, generando una alerta cuando corresponda.
- 3) Transmitir los datos procesados del dispositivo hacia un equipo móvil mediante conexión Wifi.

Marco teórico

El Corazón

El corazón es un órgano muscular que tiene como función principal bombear sangre por todo el cuerpo, la cual se encarga de transportar oxígeno y nutrientes a través de los vasos sanguíneos (venas y arterias), la cual la transporta hacia todo el organismo, su tamaño es aproximadamente de un puño, es decir entre 200 – 350 g. Se encuentra ubicado entre los pulmones, en el centro del tórax, alojado en una cavidad llamada pericardio el cual tiene como función proteger al corazón del exterior. (Filipoiu, F. M. 2013)

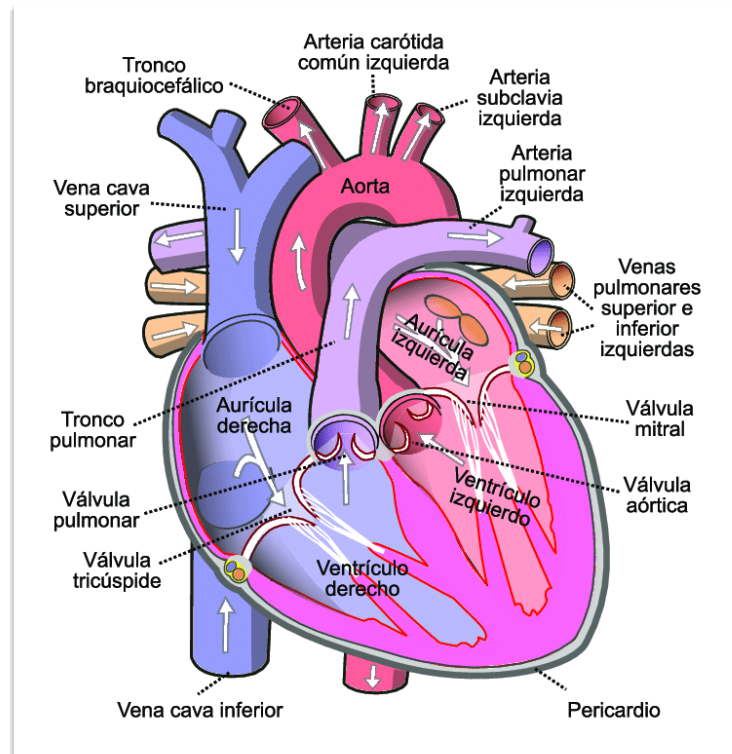


Fig1. Corazón Humano y sus partes (fuente: Internet)

Ritmo cardiaco

El ritmo cardiaco está determinado por la contracción de la musculatura del corazón en dos fases que se conocen como sístole que es aquella en la que se presenta la contracción y la fase de relajación llamada diástole. Normalmente se presentan de manera sincronizada de 70 a 75 veces por minuto. Aunque se sabe que desde tiempos milenarios se tenían ciertas nociones sobre el ritmo cardiaco, no fue hasta 1628 que William Harvey realizó el primer estudio formal sobre la circulación y pulso del corazón describiendo las fases de contracción y dilatación

Taquicardia

Cuando la frecuencia del corazón es demasiado elevada (por encima de 100-120 latidos por minuto, dependiendo de diferentes factores personales, como el tipo de entrenamiento, la edad, el peso y largo etcétera), nos encontramos frente a una taquiarritmia, también denominada taquicardia. (Alonso, M. B., Et Al- 2010)

Hay diferentes tipos de taquicardias, desde la fisiológica (que ocurre sin presencia de patología, en situaciones como el estrés o el ejercicio físico), hasta las patológicas, que pueden oscilar desde leves hasta muy graves, dependiendo del tipo. Las taquicardias graves, de las que hablaremos en futuros artículos, tienen dos consecuencias negativas. En primer lugar, un corazón que late demasiado rápido puede perder su capacidad de impulsar la sangre, al no tener tiempo de llenarse adecuadamente. Por otro lado, las taquicardias graves pueden evolucionar a una situación de caos eléctrico en el corazón (fibrilación ventricular) que hacen que pierda de forma completa su función.

Bradicardia

La bradicardia es la frecuencia cardíaca baja. El corazón de los adultos en reposo suele latir entre 60 y 100 veces por minuto. Si tienes bradicardia, el corazón late menos de 60 veces por minuto.

La bradicardia puede ser un problema grave si la frecuencia cardíaca es muy lenta y el corazón no puede bombear suficiente sangre rica en oxígeno al cuerpo. Si esto ocurre, puedes sentirte mareado, muy cansado o débil y con falta de aliento. A veces la bradicardia no causa síntomas ni complicaciones. Una frecuencia cardíaca baja no siempre es un problema. Por ejemplo, una frecuencia cardíaca en reposo de entre 40 y 60 latidos por minuto es bastante común durante el sueño y en algunas personas, en particular los adultos jóvenes sanos y los atletas entrenados.

Pulso

El pulso en una persona como consecuencia de la circulación de sangre bombeada por el corazón, es la pulsación provocada por la expansión de sus arterias. Por lo general se obtiene en partes del cuerpo donde se encuentran las arterias más próximas a la piel, como en el cuello, las muñecas o incluso en la sien. Se mide el pulso manualmente con los dedos corazón e índice; con el dedo pulgar no se debe tomar el pulso, ya que puede interferir con la detección del pulso del paciente debido a que éste tiene su propio pulso. Cuando se palpa la arteria braquial, la carótida o la femoral podrían usarse también el pulgar. Esta técnica consiste en colocar cerca de una arteria los dedos y contra una estructura interna firme presionar suavemente, un hueso comúnmente, para sentir el pulso. En un adulto el pulso normal en reposo (cuando estás descansando) puede ir desde las 60 hasta las 100

pulsaciones por minuto. Sin embargo, en un atleta o deportista bien entrenado el pulso en reposo, es mucho más bajo: va de 40 a 60. En adultos sanos un pulso bajo indica que el corazón está en forma y que trabaja más eficientemente.

Pletismografía

La pletismografía es un método para medir parámetros orientados al de las enfermedades pulmonares o cardiovasculares. Consiste en medir cambios de presión y volumen, como de variaciones del flujo sanguíneo, en un segmento de la extremidad. Se utiliza para medir el flujo sanguíneo en diferentes partes del cuerpo, como los brazos, las piernas o los órganos internos. Consiste en colocar un dispositivo llamado pletismógrafo en la zona a examinar y este registra los cambios de volumen que ocurren durante un ciclo de bombeo del corazón. También se puede realizar colocando manguitos de presión sanguínea en las extremidades para medir la presión sistólica (Nyboer, J Et al 1950)

Fotopletismografía

Los principios físicos de señal pletimografica es basa detecta el flujo de sangre cutáneo y traduce sus pulsaciones. Consiste en la emisión de luz infrarroja desde un diodo emisor y un fotodetector adyacente que recibe la luz infrarroja reflejada. A medida que aumenta el flujo de sangre cutáneo aumenta la cantidad de luz reflejada. De esta manera obtenemos una medida cualitativa del flujo sanguíneo cutáneo. Se utiliza preferentemente en la medición de la presión digital.

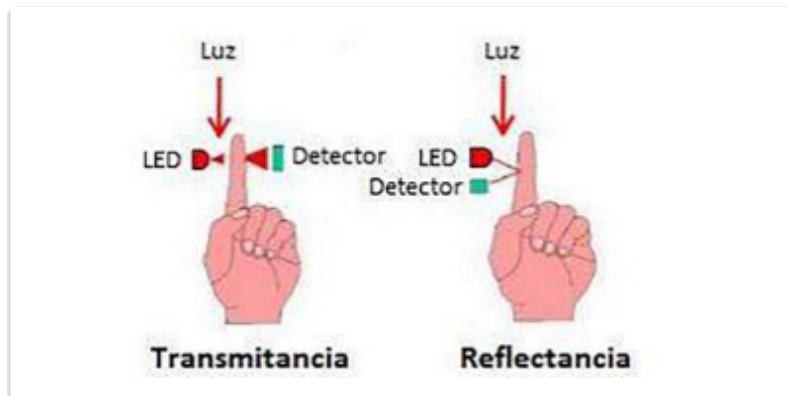


Fig2. señal plestimografica pasando a travez del dedo índice.

La transmitancia que es la imagen que vemos anterior que tiene un material para dejar pasar la luz que llega a su superficie por lo que describe qué tanto de esa luz logra atravesarlo un material con alta transmitancia permite que la mayor parte de la luz pase como ocurre en un vidrio transparente mientras que un material con baja transmitancia deja pasar muy poca luz como una tela gruesa

Por otro lado, la reflectancia es la capacidad de un material para devolver o rebotar la luz que recibe por lo que indica qué tanto de esa luz vuelve hacia el ambiente un material con alta reflectancia refleja gran parte de la luz como un espejo o una superficie metálica brillante mientras que uno con baja reflectancia refleja poca luz como una superficie negra que absorbe casi toda la iluminación .Estos conceptos son fundamentales para entender como la técnica de la plestimografia nos permite tomar alguno de lo signos vitales de nuestro cuerpo en la forma mayormente practicada los manguitos, de anchura al menos 1,2

veces la del dedo, en la base del dedo. La célula fotodetectora se coloca en la porción distal del dedo. La exploración se inicia con el inflado del manguito a presión suprasistólica (alrededor de 20-25mmHg por encima de la presión en tobillo). Posteriormente se desinfla lentamente el manguito hasta obtener una primera onda pulsátil, que traduce la presión de dicho dedo.

Un ejemplo de esto sería una onda normal presenta una curva de ascenso sistólico rápido con curva de descenso más lenta y dicrotismo. Por el contrario, una onda anormal presentará un ascenso lento, un pico de onda redondeado, con ausencia de dicrotismo. Los valores de presión normal para los dedos de las extremidades superiores son unos índices dedo /braquiales de 0,8 0,9. Aproximadamente de 90% de los valores normales sobrepasan el índice 0,79. A nivel de miembros inferiores las presiones normales varían entre un 60-80% respecto a la presión del tobillo. Valores inferiores a éstos son diagnósticos de enfermedad arterial oclusiva. Una onda de pulso anormal en una extremidad con una presión normal en el tobillo localiza la enfermedad en las arterias pedía Cuando no es posible obtener una presión adecuada en el tobillo por calcificación arterial, la medida de la onda pletismográfica en los dedos puede aportar una medida fisiológica de interés sobre el grado de afectación arterial de la extremidad. Los pacientes con enfermedad vasoespástica son buenos candidatos a la realización de este tipo de pruebas pletismográficas, asociando el test de inmersión en frío. Este consiste en la inmersión de las manos en agua helada durante tres minutos y la posterior obtención de curvas pletismográficas seriadas. Si la amplitud de la curva no es recuperada en cinco minutos, el paciente se diagnostica de sensibilidad anormal al frío tales como la Pletismografía por Anillos de Mercurio que Consiste en la colocación de tubos siliconados rellenos de mercurio alrededor de la extremidad.

Sensores

Un sensor es un dispositivo con la capacidad de detección de magnitudes químicas o físicas, que se las llama variables de instrumentación, y se las transforma en variables eléctricas. Estas variables de instrumentación pueden ser: intensidad lumínica, temperatura, aceleración, distancia, torsión, desplazamiento, inclinación, presión, fuerza, pH, humedad, movimiento, etc. Una resistencia eléctrica es una magnitud eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), una tensión eléctrica (como en un termopar), etc. El sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación esa es una diferencia con el transductor, por esta razón puede decirse que es también un dispositivo que aprovecha una de sus 15 propiedades con el objetivo de que se pueda aprovechar la señal por parte de otros dispositivos adaptando la señal medida. Se puede decir que un sensor también es un dispositivo con la capacidad de convertir una forma de energía en otra. Existen algunas áreas en donde se pueden aplicar los sensores: robótica, industria automotriz, industria de manufactura, medicina, industria aeroespacial entre otras. (Ripka, P., & Tipek, A. Eds.. 2007)



Fig3. Tipos de sensores(fuente: internet)

Microcontrolador

Un microcontrolador (abreviado μ C, UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador tiene tres partes fundamentales: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o microvatios). Por lo general, tendrá la capacidad de mantenerse a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción; así, el consumo de energía durante el estado de reposo puede ser sólo de nano vatios, lo que hace que muchos de ellos sean muy adecuados para aplicaciones con batería de larga duración. Otros microcontroladores pueden servir para roles de rendimiento crítico, donde sea necesario actuar más como un procesador digital de señal (DSP), con velocidades de reloj y consumo de energía más altos.

Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para crear prototipos que se basan en hardware y software flexibles y que son fáciles de utilizar. Este fue creado para personas comunes como diseñadores, artistas, aficionados y cualquiera persona interesada en la creación de objetos o entornos interactivos. Este dispositivo al ser de hardware abierto, el diseño y la distribución son de libre acceso. O sea que se puede utilizar con libertad, para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin adquirir licencia alguna.

ESTADO DEL ARTE.

Imagen del Dispositivo	Descripción	Valor Comercial
 <p><i>Fig.4. Pulsioxímetro (Aliexpress.com)</i></p>	<p>El oxímetro de pulso</p> <p>En esta imagen se muestra un pulsioxímetro, es un dispositivo que mide la saturación de oxígeno de la sangre (SpO2) sin necesidad de una prueba de laboratorio. Este aparato obtiene los resultados a través de un procedimiento no invasivo y puede ser usado de forma particular por cualquier persona.</p>	<p>Su precio varía según su calidad y según sus funciones pero los mas costosos tiene un costo de entre 50 y 100 USD</p>
 <p><i>Fig.5 Reloj inteligente (Aliexpress.com)</i></p>	<p>Reloj inteligente</p> <p>Esta imagen representa Los relojes inteligentes con función de electrocardiograma (ECG) permiten a los usuarios monitorear su ritmo cardíaco en tiempo real, detectando posibles irregularidades como arritmias o fibrilaciones auriculares.</p>	<p>Su precio varía según su calidad y según sus funciones pero los mas costosos tiene un costo de entre 100 y 200 USD</p>
 <p><i>Fig.6 Tensiometro Digital (Amazon.com)</i></p>	<p>Tensiómetro Digital</p> <p>El monitor de presión sanguínea automático o tensiómetro automático de brazo es ideal para controlar las enfermedades cardiovasculares como la hipertensión o la hipotensión, sirve para detectar las arritmias cardiacas o para chequear el ritmo cardiaco.</p>	<p>En el mercado se pueden conseguir de diferentes modelos , funciones y materiales pero lo mas sofisticado se pueden conseguir alrededor de 80 y 130 USD</p>

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Para la realización de este prototipo se diseñó con la idea de crear un dispositivo que pueda ser innovador y al mismo tiempo sirva de ayuda a la sociedad, como es el caso de las personas con algún problema cardiovascular.

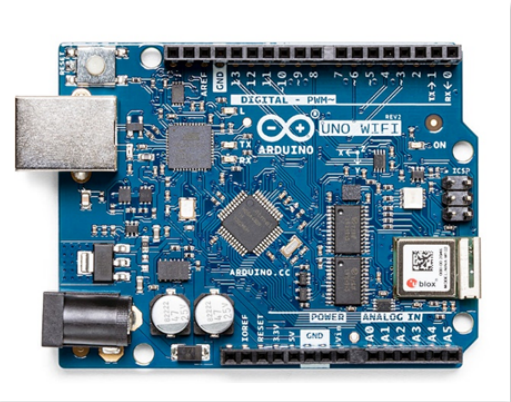
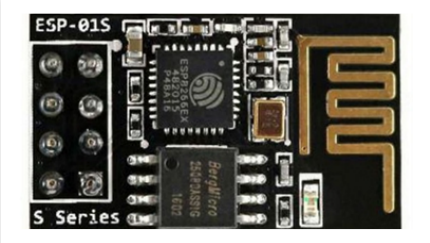

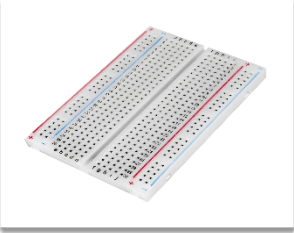
- Se estuvo analizando sobre qué tipo de arritmias afectan a la población en Colombia dando como resultados la taquicardia y bradicardia.
- Se realizó también un análisis sobre los dispositivos que puede ayudar a detectar este tipo de enfermedades, en base a esta investigación se determina diseñar un dispositivo con materiales económicos que pueda detectar 2 tipos de arritmias taquicardia y bradicardia.
- se buscó la forma de diseñar y construir este dispositivo con los elementos electrónicos idóneos para cumplir con las exigencias de este proyecto. Para sensar el pulso cardiaco en la persona se tomó en cuenta varias opciones con las cuales se realizaron algunas pruebas, y al final la decisión fue utilizar un sensor que consiste en una pequeña plaqueta para tomar la señal de pulso cardiaco que proviene desde el dedo.
- La Determinación del ritmo cardiaco El pulso cardiaco se determina acondicionando la señal AC, de tal forma que detecte el nivel máximo del pulso, generándose una señal rectangular, cuyo periodo es igual al ritmo cardiaco. Cada latido activara un temporizador que medirá el tiempo transcurrido entre dos latidos,

dicho tiempo se proyectara a un minuto, lo que dará como resultado el número de pulsaciones cardiacas por minuto.

Amplificación y conversión corriente a tensión de la señal del fotodetector El amplificador empleado para convertir la corriente a la salida del fotodiodo en voltaje, se denomina convertidor corriente a tensión o amplificador de transimpedancia, el circuito diseñado consta de 2 amplificadores de transimpedancia conectados a una etapa diferencial, cuyo diseño es el más comúnmente usado en los oxímetros de pulso. Puesto que la señal del fotodiodo es una corriente, es posible emplear diferentes entradas en configuración diferencial. Como estas corrientes van en diferentes direcciones, si las resistencias de realimentación son iguales, la amplitud de salida diferencial será el doble que para la configuración de un solo amplificador. Al conectar la salida del convertidor corriente-tensión a una etapa diferencial, el ruido se observara como una señal de modo común a ambas entradas, por lo que esta última será reducida.

Separación de la componente de señal arterial Se conoce que la señal pletismografica tiene una componente DC debida a la absorbancia constante de tejidos huesos y una componente AC que corresponde a la señal arterial, la cual es la requerida para el calculo de la saturación de oxígeno en la sangre. Se hace necesario eliminar la componente DC presente en la señal de tal modo de poder observar solamente la componente AC, y adicionalmente debe eliminarse cualquier perturbación producida por fuentes externas, tales como el ruido de línea (60 Hz), y de alta frecuencia.

Materiales

Componente	Descripción
<p>Fig 7. Arduino Uno</p>  A blue Arduino Uno board with a USB Type-B port, a DC power jack, and a USB Type-A port. It features an ATmega328P microcontroller and various digital and analog pins.	<p>El Arduino Uno es una tarjeta electrónica pequeña y fácil de usar que sirve para crear proyectos interactivos. Tiene un microcontrolador que actúa como el “cerebro” del sistema y permite leer sensores, controlar luces, motores, pantallas y muchos otros dispositivos. Se programa desde un computador usando el entorno Arduino IDE y se conecta por USB para cargar el código.</p>
<p>Fig. 8. Modulo wifi ESP8266</p>  A small black PCB module with a gold antenna, labeled 'ESP-01S' and 'S Series'. It includes a USB Type-C port and several pins.	<p>El módulo WiFi ESP8266 es un microchip muy popular y económico que integra WiFi y capacidad de procesamiento, usado ampliamente en proyectos de Internet de las Cosas (IoT), domótica y electrónica.</p>
<p>Fig.9 Sensor de pulso cardiaco</p>  A small black heart-shaped sensor with a red and black cable. It has two small metal contacts on the back for connecting to a board.	<p>El sensor de pulso cardíaco es un dispositivo que se utiliza para medir la frecuencia cardíaca. También se le conoce como sensor de latidos o sensor de ritmo cardíaco. El sensor se puede conectar desde la yema del dedo o el oído humano a la placa Arduino para calcular fácilmente la frecuencia cardíaca</p>
<p>Fig 10. Protooard</p>  A standard white breadboard with a grid of holes and colored power rails (red and blue).	<p>Ideal para construir prototipos rápidos y sin la necesidad de tener que imprimir o mandar a fabricar un diseño de PCB. Para realizar un prototipo con esta tarjeta es necesario utilizar cables o puentes de soldadura para conectar los componentes</p>

<p>Fig 11. Zumbador</p> 	<p>Un zumbador o mejor conocido como buzzer (en inglés) es un pequeño transductor capaz de convertir la energía eléctrica en sonido. Para hacerlos funcionar solo basta conectar el positivo con el + y la tierra o negativo con el – de una batería o cualquier fuente de corriente directa.</p>
<p>Fig. 12 Resistencias</p> 	<p>Una resistencia es un componente electrónico la cual su principal función es oponerse al paso de la corriente o la tensión, para nuestro proyecto la utilizaremos con los capacitores para armar los filtros, utilizaremos varias resistencias de 10 k.</p>
<p>Fig.13 Pantalla LCD</p> 	<p>Una pantalla LCD 16x2 es un módulo de cristal líquido que muestra hasta 32 caracteres, organizados en dos líneas de 16 columnas. Es una pantalla alfanumérica comúnmente usada en proyectos de electrónica para mostrar texto, números y símbolos, siendo compatible con plataformas como Arduino y Raspberry Pi.</p>
<p>Fig.14 Power Bank</p> 	<p>Una power bank es una batería portátil recargable que almacena energía eléctrica y permite alimentar dispositivos electrónicos a través de sus puertos USB. Se utiliza comúnmente para cargar celulares, tablets o, en proyectos electrónicos, para suministrar energía a placas como Arduino.</p>

Tabla 1. Lista de Componentes para el Dispositivo.

DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL DISPOSITIVO

A continuación, le describiremos una serie de pasos para el diseño del sensor para detectar arritmia cardiaca.

1. Selección de componentes de bajo consumo que contengan las características estáticas y dinámicas pero que a su vez sean económicos y accesibles.
2. Diseño de la etapa de alimentación de todo el sistema electrónico.
3. Implementación del circuito para adquirir las señales análogas y digitales.
5. Adaptación de la etapa de conexión inalámbrica al sistema electrónico de acondicionamiento de señal.
6. Selección de los Componentes que nos ayudara a realizar el Dispositivo.
7. Diseño e implementación de una pantalla LCD que permitirá la visualización de alguna arritmia cardiaca detectada por el sensor.
9. Obtención de la señal plestimografica resultados signos vitales a través del sensor y luego compararlos con un dispositivo que mida frecuencia cardiaca normal.

DISEÑO DE HARWARE

El sensor para detectar arritmias cardiacas se podrá ver la onda en el monitor serial además también una pantalla lcd el valor de las pulsaciones por minuto y un LED que nos indicar las palpitations el prototipo tiene 3 cables del al lado izquierdo se alcanza a notar un pin analógico al que llamaremos “S” es el de señal en este caso el de color azul al lado derecho un menos que es el negativo o tierra y el del centro viene siendo el de 5Vdc esa es la forma de conectarlos, esta es la parte trasera y la otra parte es la parte del frente donde debemos colocar el dedo suavemente ni muy fuerte ni muy suelto, para que pueda censar cuando lo conecto se percibe que se enciende una luz de color verde que es un indicador pero él va censar con una luz infrarroja que no alcanza a ser visto por el ojo humano en esta parte colocamos el dedo que no sea ni muy fuerte ni muy débil el sensor de pulso se conecta al negativo en este caso es el color blanco va GND del Arduino.

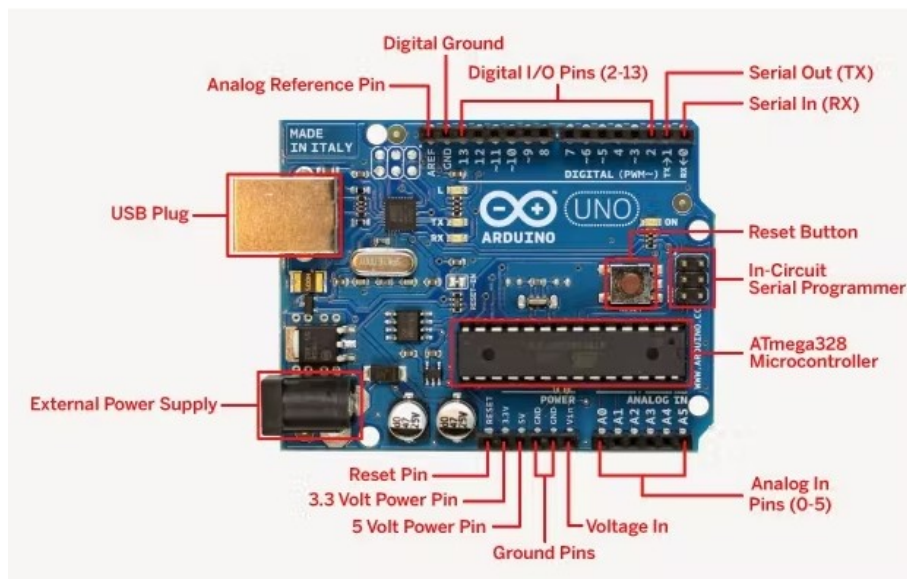


Fig15. Diagramas de Entrada analógicas y digitales Arduino Uno (fuente: Arduino.com)

Pasos de Conexión de Cableado

Para la conexión física del dispositivo se debe contar con los materiales principales que sería la pantalla LCD , el sensor de pulso cardíaco, el Arduino, la alarma , también se necesitara jumpers de conexión macho y hembra , necesitaremos el integrado wi-fi SP6688, una vez se cuente con todos estos materiales procederemos a realizar las conexiones.

En primer lugar se debe determinar la alimentación del Arduino por parte de una fuente de alimentación de una batería de 3.5 voltios y con un capacidad de amperaje de 2600 ma que es una corriente suficiente para que atraviese todo el circuito , Pero antes de llegar este voltaje al Arduino que cortará el paso de la energía cuando se requiera Apagar , luego de esto definiremos los Pines analógicos de los cuales se alimentara del Arduino hacia la placa de conexión , tomaremos una línea de voltaje positivo pie y neutro y tierra con la que alimentaremos nuestra placa de conexión , es decir una vez ya tengamos nuestra placa de conexión alimentada hacer conexiones para alimentar nuestra pantalla LCD u otros componentes. El segundo paso una vez ya declarado en nuestra programación nuestro pin analógico A0 será el que tomaremos para alimentar al sensor de pulso cardíaco que será el principal de enviar una información analógica y el Arduino a través de su microcontrolador será el encargado de convertir la información analógica en una información digital y se reflejará a través de la pantalla del dispositivo.

Una vez ya definido el pin analógico del sensor pasaremos a definir de luz cual será el encargado de mostrarnos una alarma visual que será un led , en este caso tomaremos un cable y lo conectaremos el pin analógico 12 , luego de esto procederemos a conectar la alimentación de la alarma en este caso utilizaremos macho en el pin analógico 6 del Arduino paralelo a esto definiremos todas estas variables en la programación en la programación de arduino, en la cual

se declara el void setup y el void loop, Luego de procederemos a conectar pantalla LCD la cual recibirá los datos de que va proyectar por el pin analógico A4 , y A5 y será alimentada por la salida de 5V y Gnd del Arduino , por un cable positivo uno de tierra y la comunicación de señales que le envíe el Arduino .Una vez obtenido nuestra dirección IP de nuestro módulo wi-fi tenemos a conectarlo en la salida de Pines analógicos y digitales del arduino , la alimentación de este pequeño dispositivo importante que sea estable mantener la comunicación entre el dispositivo móvil y el acceso a red wi-fi.

Para resumir el sensor de pulso cardiaco entrega su señal al Arduino a través de un pin analógico como A0 y actúa como entrada mientras recibe alimentación de 3,5 voltios y tierra la pantalla LCD con módulo I2C funciona como salida y se conecta usando los pines SDA y SCL del Arduino que normalmente son A4 y A5 además de su alimentación de cinco voltios y tierra el módulo WiFi como un ESP8266 usa comunicación serial conectando su pin TX al RX del Arduino y su pin RX al TX del Arduino y trabaja como un dispositivo de salida y comunicación enviando los datos del pulso a la red mientras se alimenta con tres punto tres voltios y tierra todos los componentes comparten alimentación y el Arduino organiza las entradas y salidas para medir el pulso mostrarlo en la pantalla y transmitirlo por wifi.

PIN	DESCRIPCION
GND	Conexión a tierra
pinos de A0 a A5	Entradas analógicas para el conversor Analogo /digital
pinos del 1 al 13	Entradas y salida digitales del Arduino estos son configurables por programación
Pinos PWM 3, 5, 6, 9, 10 y 11.	Salida digital especial (modulación por ancho de pulso). Su Voltaje promedio varía entre 0 y 5 V, según el ciclo de trabajo.
Pin VIN (voltaje de entrada)	Permite alimentar el Arduino con una fuente externa de 7 V a 12 V.
pin 5 voltios	Este pin distribuye el voltaje regulado de 5 V dentro del Arduino. Puede servir como fuente de alimentación para sensores y módulos que trabajen a 5 V.
pin 3.3 voltios	Proporciona una salida regulada de 3.3 V generada por el Arduino (a través del chip regulado, Se usa para sensores o módulos de baja tensión
serial out Tx y Rx	Envío y recepción de datos con el PC o módulos
Pin A4 (SDA), A5 (SCL)	Comunicación con sensores o pantallas
(Jack de alimentación) Barrel Jack.	Permite conectar una fuente de alimentación externa (como un adaptador de corriente).

Tabla 2. Listado de pines analógicos y digitales conectados en el dispositivo

Diagrama Eléctrico

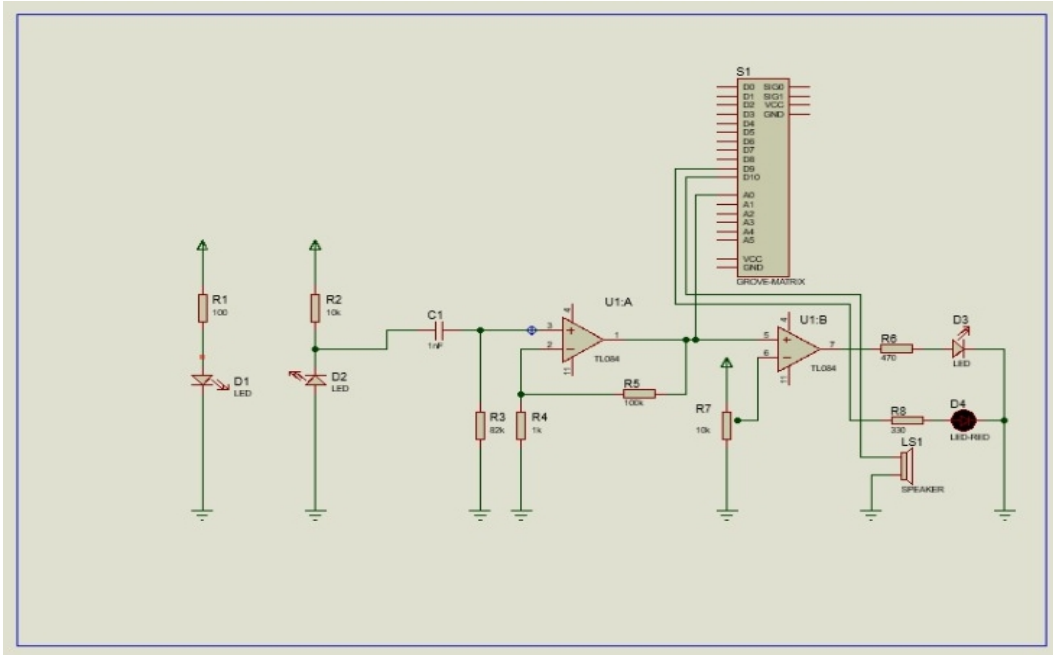


Fig 16. Circuito eléctrico elaboración hecha en proteus (elaboración propia).

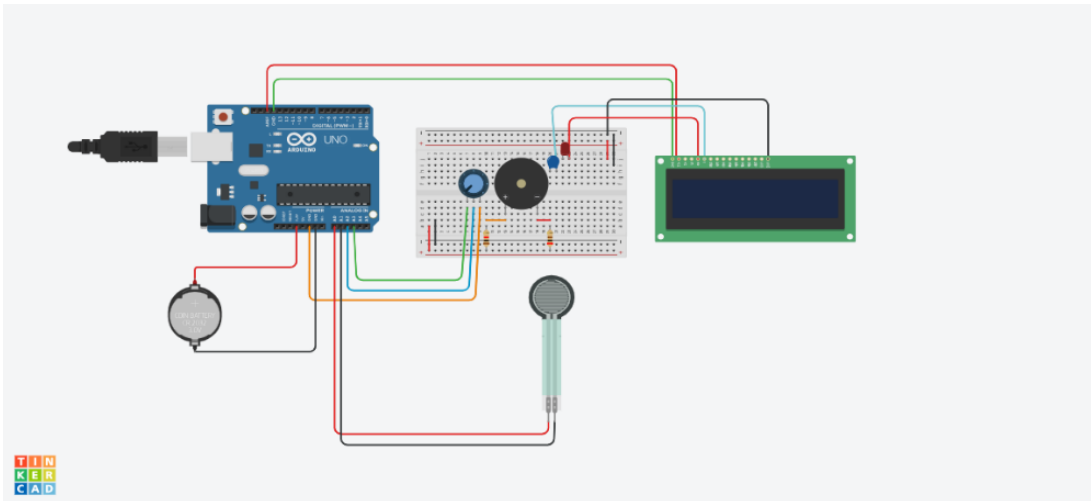


Fig17. Componentes del circuito hecha en Tinkerkard (Elaboración Propia).

Diseño de software

Descripción de software

A continuación, describiremos como se llevará a cabo la Conexión del software que nos permita la adquisición de la señal analógica que deseamos obtener para luego convertirla en digital y poder enviarla la nube de Arduino.

Programación en arduino.

A continuación, encontraremos una serie de pasos que estaremos programando en Arduino

- Identificar las librerías de Arduino que podemos utilizar.
- Declarar pines Analógico en el código.
- Declarar las variables y contantes en Void setup y Void loop.
- Establecer código para filtración de la señal.
- Realizar la conexión a la base de datos.
- Realizar la captura de las señales procedentes del sensor de pulso.
- Hacer el filtro de las señales para la atenuación de ruidos del exterior.
- Enviar la señal procesada y filtrada a la pantalla LCD.

Filtración de señal Pletismográfica

Para la programación del software en este caso utilizaremos Arduino los picos cardíacos en función del tiempo que van a tener una forma similar y que nos permita también observar el umbral entonces el comportamiento que debe tener el led si el valor que tiene en la señal de fotoplestimografica es más alto que el umbral porque se completa el circuito de esta forma se debe de detener este comportamiento debe de encender pero cuando esta más bajo que el umbral pues entonces el led debe de estar apagado que es la etapa donde vamos a la interfaz de Arduino lo primero para hacer es declarar las variables que vamos a utilizar para ello utilizaremos una variable tipo flotante porque al observar estas estas variaciones en decimales y voy a utilizar una variable que se llame el sensor.

le vamos a asignar el espacio del pin analógico en la salida del sensor de pulso cardíaco después otra variable de tipo float para poder conectar la patita del medio del potenciómetro la cual va a estar conectado al pin analógico número 1 una vez definido esto nuevamente vamos a definir otras variables de tipo flotante como por ejemplo una de lectura lectura 1 otra lectura 2 otra de montaje 1 y por último una de voltaje 2 .

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

SoftwareSerial espSerial(3, 2); // RX, TX con ESP8266
const int pulsePin = A0;
const int ledPin = 12;
const int buzzerPin = 7; // Pin del zumbador

// Botones de simulación
const int btnBradocardia = 4;
const int btnNormal = 5;
const int btnTaquicardia = 6;
```

Estableceremos las variables del código de Arduino estas se establecen para guardar y manejar información que el programa necesita mientras se ejecuta, permitiendo almacenar datos, realizar cálculos, tomar decisiones y controlar dispositivos de forma ordenada y flexible, en este caso por lo que no pide el circuito estableceremos variables y constantes .

```
// Variables BPM reales
unsigned long lastBeat = 0;
bool beatDetected = false;
const int numSamples = 8;
unsigned long intervals[numSamples];
int index = 0;

const int numBpmSamples = 10;
int bpmReadings[numBpmSamples];
int bpmIndex = 0;
int lastAvgBpm = 0;

unsigned long lastUpdate = 0;
const unsigned long updateInterval = 3000;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

A continuación también se podrá ver codificado la filtración de señal en el código de Arduino elimina el ruido y las fluctuaciones rápidas de las lecturas por ejemplo de sensores, lo que mejora la precisión y evita acciones erráticas o falsas activaciones. También permite estabilizar valores (menos parpadeo/oscilación), facilitar el procesamiento menos decisiones por lecturas transitorias

```
// Filtro de señal
float smooth = 520;
float threshold = 500;
float hysteresis = 12;
float alpha = 0.15;
```

El Arduino nos entrega por defecto dos funciones la primera void setup se nos permite configurar inicialmente el jardín este código se ejecuta una vez entonces hay que aprovecharlo para establecer algunas configuraciones del Arduino por ejemplo la velocidad de comunicación entre esta placa en la computadora que está en función de los audios la cantidad de bits por segundo

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  espSerial.begin(9600);
  pinMode(pulsePin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  pinMode(btnBradocardia, INPUT_PULLUP);
  pinMode(btnNormal, INPUT_PULLUP);
  pinMode(btnTaquicardia, INPUT_PULLUP);

  // Mensaje de inicio
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("Iniciando");
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("dispositivo...");
  delay(1500);

  // Calibración
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Calibrando...");
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("No mover dedo");

  long sum = 0;
  int samples = 0;
  unsigned long startTime = millis();
  while (millis() - startTime < 3000) {
    int val = analogRead(pulsePin);
    sum += val;
    samples++;
    delay(5);
  }
}
```

la siguiente función que nos entrega es la varias es la función void loop que es una función que todas las instrucciones que coloquemos dentro de ella se van a ejecutar hasta el infinito hasta que interrumpa vamos la acción del jardín es un ciclo un loop en inglés

```
void loop() {
  bool bradiPressed = (digitalRead(btnBradocardia) == LOW);
  bool normalPressed = (digitalRead(btnNormal) == LOW);
  bool taquiPressed = (digitalRead(btnTaquicardia) == LOW);

  // --- Control de simulación ---
  if (bradiPressed || normalPressed || taquiPressed) {
    simulationMode = true;

    if (bradiPressed) simulatedBpm = 50;
    else if (normalPressed) simulatedBpm = 75;
    else if (taquiPressed) simulatedBpm = 120;

  } else if (simulationMode) {
    simulationMode = false;
    simulatedBpm = 0;
    lastAvgBpm = 0;

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(4, 0);
    lcd.print("BPM: --");
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print("Sin lectura");
    delay(1000);
  }
}
```

Un código de Arduino debe contener la definición de variables y pines que indican qué componentes se usarán y cómo estarán conectados además incluye la función setup que se ejecuta una sola vez al iniciar el programa y sirve para configurar las entradas salidas y la comunicación serial y la función loop que contiene las instrucciones que se repiten de forma continua para controlar el comportamiento del sistema durante su funcionamiento

Programación

BPM | Arduino IDE 2.3.6

Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda

```
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4
5 SoftwareSerial espSerial(3, 2); // RX, TX con ESP8266
6 const int pulsePin = A0;
7 const int ledPin = 12;
8 const int buzzerPin = 7; // Pín del zumbador
9
10 // Botones de simulación
11 const int btnBradocardia = 4;
12 const int btnNormal = 5;
13 const int btnTaquicardia = 6;
14
15 bool simulationMode = false;
16 int simulatedBpm = 0;
17
18 // Variables BPM reales
19 unsigned long lastBeat = 0;
20 bool beatDetected = false;
21 const int numSamples = 8;
22 unsigned long intervals[numSamples];
23 int index = 0;
24
25 const int numBpmSamples = 10;
26 int bpmReadings[numBpmSamples];
27 int bpmIndex = 0;
28 int lastAvgBpm = 0;
29
30 unsigned long lastUpdate = 0;
31 const unsigned long updateInterval = 3000;
32
33 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
34
35 // Filtro de señal
36 float smooth = 520;
37 float threshold = 500;
38 float hysteresis = 12;
39 float alpha = 0.15;
40
41 void setup() {
42   Serial.begin(115200);
43   espSerial.begin(9600);
44   pinMode(pulsePin, INPUT);
45   pinMode(ledPin, OUTPUT);
46   pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
47
48   pinMode(btnBradocardia, INPUT_PULLUP);
49   pinMode(btnNormal, INPUT_PULLUP);
50   pinMode(btnTaquicardia, INPUT_PULLUP);
51
52   // Mensaje de inicio
53   lcd.init();
54   lcd.backlight();
55   lcd.clear();
56   lcd.setCursor(3, 0);
57   lcd.print("Iniciando");
58   lcd.setCursor(2, 1);
59   lcd.print("dispositivo...");
60   delay(1500);
61
62   // Calibración
63   lcd.clear();
64   lcd.setCursor(1, 0);
65   lcd.print("Calibrando...");
66   lcd.setCursor(2, 1);
67   lcd.print("No mover dedo");
68
69   long sum = 0;
```

```

69     long sum = 0;
70     int samples = 0;
71     unsigned long startTime = millis();
72     while (millis() - startTime < 3000) {
73         int val = analogRead(pulsePin);
74         sum += val;
75         samples++;
76         delay(5);
77     }
78
79     float baseLevel = (float)sum / samples;
80     threshold = baseLevel + 20;
81
82     lcd.clear();
83     lcd.setCursor(5, 0);
84     lcd.print("Listo!");
85     lcd.setCursor(2, 1);
86     lcd.print("Iniciando BPM");
87     delay(1500);
88
89     // Pantalla inicial
90     lcd.clear();
91     lcd.setCursor(4, 0);
92     lcd.print("BPM: --");
93     lcd.setCursor(3, 1);
94     lcd.print("Sin lectura");
95
96     for (int i = 0; i < numSamples; i++) intervals[i] = 600;
97     for (int i = 0; i < numBpmSamples; i++) bpmReadings[i] = 0;
98 }
99
100 void loop() {
101     bool bradiPressed = (digitalRead(btnBradycardia) == LOW);
102     bool normalPressed = (digitalRead(btnNormal) == LOW);
103     bool taquiPressed = (digitalRead(btnTaquicardia) == LOW);
104
105     // --- Control de simulación ---
106     if (bradiPressed || normalPressed || taquiPressed) {
107         simulationMode = true;
108
109         if (bradiPressed) simulatedBpm = 50;
110         else if (normalPressed) simulatedBpm = 75;
111         else if (taquiPressed) simulatedBpm = 120;
112
113     } else if (simulationMode) {
114         simulationMode = false;
115         simulatedBpm = 0;
116         lastAvgBpm = 0;
117
118         lcd.clear();
119         lcd.setCursor(4, 0);
120         lcd.print("BPM: --");
121         lcd.setCursor(3, 1);
122         lcd.print("Sin lectura");
123         delay(1000);
124     }
125
126     int displayBpm = simulationMode ? simulatedBpm : lastAvgBpm;
127
128     // --- Modo Real ---
129     if (!simulationMode) {
130         int signal = analogRead(pulsePin);
131         unsigned long now = millis();
132
133         smooth = (alpha * signal) + ((1 - alpha) * smooth);
134         threshold = (threshold * 0.98) + (smooth * 0.02);
135
136         bool digitalPulse = (smooth > threshold + hysteresis);
137
138         if (digitalPulse && !beatDetected && (now - lastBeat) > 300) {
139             beatDetected = true;
140             unsigned long interval = now - lastBeat;
141             lastBeat = now;

```

```

141 lastBeat = now;
142 intervals[index] = interval;
143 index = (index + 1) % numSamples;
144
145 unsigned long sum = 0;
146 for (int i = 0; i < numSamples; i++) sum += intervals[i];
147 int bpm = 60000 / (sum / numSamples);
148
149 bpmReadings[bpmIndex] = bpm;
150 bpmIndex++;
151
152 if (bpmIndex >= numBpmSamples) {
153   int sumBpm = 0, count = 0;
154   for (int i = 0; i < numBpmSamples; i++) {
155     if (bpmReadings[i] > 0) {
156       sumBpm += bpmReadings[i];
157       count++;
158     }
159   }
160   lastAvgBpm = sumBpm / count;
161   bpmIndex = 0;
162 }
163
164 // ♥ LED y buzzer al ritmo del pulso
165 digitalWrite(ledPin, HIGH);
166 tone(buzzerPin, 1000, 100); // Pitido corto (100 ms)
167 }
168
169 if (smooth < threshold - hysteresis) {
170   beatDetected = false;
171   digitalWrite(ledPin, LOW);
172 }
173 }
174
175 // --- Simulación de LED y buzzer en modo simulado ---
176 static unsigned long lastSimBeat = 0;
177 if (simulationMode && simulatedBpm > 0 && (millis() - lastSimBeat) >= (60000 / simulatedBpm)) {
178   lastSimBeat = millis();
179   // ♥ LED y buzzer sincronizados
180   digitalWrite(ledPin, HIGH);
181   tone(buzzerPin, 1000, 100); // Beep corto
182   delay(100);
183   digitalWrite(ledPin, LOW);
184 }
185 }
186
187 // --- Mostrar en pantalla ---
188 unsigned long now = millis();
189 if (now - lastUpdate >= updateInterval) {
190   lastUpdate = now;
191
192   lcd.setCursor(0, 0);
193   lcd.print("          ");
194   lcd.setCursor(4, 0);
195   lcd.print("BPM: ");
196
197   if (displayBpm > 0) {
198     if (displayBpm < 100) lcd.print(" ");
199     lcd.print(displayBpm);
200   } else {
201     lcd.print("--");
202   }
203
204   lcd.setCursor(0, 1);
205   lcd.print("          ");
206
207   if (simulationMode) {
208     if (simulatedBpm < 60) lcd.setCursor(3, 1), lcd.print("Bradycardia");
209     else if (simulatedBpm > 100) lcd.setCursor(3, 1), lcd.print("Taquicardia");
210     else lcd.setCursor(5, 1), lcd.print("Normal");
211   } else {
212     if (displayBpm == 0) lcd.setCursor(3, 1), lcd.print("Sin lectura");
213     else if (displayBpm < 60) lcd.setCursor(3, 1), lcd.print("Bradycardia");
214     else if (displayBpm > 100) lcd.setCursor(3, 1), lcd.print("Taquicardia");
215     else lcd.setCursor(5, 1), lcd.print("Normal");
216   }
217 }

```

Fig 18. Código de programación del circuito hecha en Arduino(Elaboración propia)

El Arduino nos entrega por defecto dos funciones la primera void se nos permite configurar inicialmente el jardín este código se ejecuta una vez entonces hay que aprovecharlo para establecer algunas configuraciones del Arduino por ejemplo la velocidad de comunicación entre esta placa en la computadora que está en función de los audios la cantidad de bits por segundo si y se inicializa con un serial punto begin inicializa el puerto serie con una tasa una velocidad de 9.600 bajos esto simplemente se coloca por defecto cuando se realiza algún tipo de programas una vez definido se procede a establecer cómo van a ser los pines que colocamos arriba el pin analógico 0 y el pin analógico 1 en este caso el pin analógico pero que es la variable que la guarda la variable sensor va a ser de tipo entrada y también la variable de tipo la variable potenciómetro que está en el pin analógico 1 pues también va a ser de entrada de acuerdo ahora la siguiente función que nos entrega es la varias es la función void loop que es una función que todas las instrucciones que coloquemos dentro de ella se van a ejecutar hasta el infinito hasta que interrumpa vamos la acción del jardín es un ciclo un loop entonces lo primero que hay que hacer es leer los datos que están en esos pines analógicos por eso colocaremos una variable llamada lectura 1 en donde le asignaremos la instrucción analoge read que nos permitirá leer los datos analógicos de quién de la variable sensor la variable sensor tiene la información del pin analógico 0 una vez leídos esos datos hay que entender que los datos en el espacio analógico que están en el mundo real que son leídos por el lhardy no son discretos.

una vez obtenidos estos datos hay que imprimir los entonces hay que utilizar el comando “serial.print” se puede imprimir los datos en la variable punto uno de acuerdo pero como se requiere visualizar ambas señales entonces pondremos un “serial.print” colocamos entre paréntesis estas comillas dobles la coma cierro las comillas y cierro paréntesis y nuevamente

colocamos una instrucción llamada “serfal.print” para imprimir la segunda variable de esta forma es como podemos visualizar dos variables al mismo tiempo a través de la orden ahora hay que establecer una tasa de en la que vamos a visualizar

Variación de tiempo : delay

La función delay en Arduino es una instrucción que detiene por completo la ejecución del programa durante un periodo determinado de tiempo, expresado en milisegundos. Durante ese intervalo, el microcontrolador no realiza ninguna otra tarea, ya que su ciclo principal queda bloqueado.

En términos más técnicos, cuando el programa ejecuta la función delay, el procesador entra en un estado de espera activa: internamente realiza un conteo de tiempo basado en el reloj del sistema hasta que transcurre el número de milisegundos indicado. Este proceso no libera recursos ni permite la ejecución paralela de otras rutinas; por tanto, cualquier lectura de sensores, actualización de variables o comunicación con otros dispositivos queda suspendida hasta que finaliza la espera.

El propósito de la función delay () es sincronizar o espaciar acciones en el tiempo, lo cual resulta útil en tareas sencillas donde no se requiere multitarea. Sin embargo, desde el punto de vista del rendimiento, representa un bloqueo del flujo de programa que limita la capacidad del Arduino para responder a eventos en tiempo real. Por ello, en proyectos más avanzados se prefieren métodos basados en el uso de temporizadores o funciones no bloqueantes, como millis, que permiten medir el paso del tiempo sin interrumpir la ejecución general del código.

Transmisión de Datos y Señal

Cuando usamos un Arduino con un módulo WiFi ESP8266 para enviar datos a un celular o dispositivo móvil , el flujo funciona así:

1. Captura de datos Sensor → Arduino:

Un sensor ejemplo: de temperatura, pulso, humedad está conectado a las entradas analógicas o digitales del Arduino, el microcontrolador toma las lecturas y las procesa en su programa .

2. Comunicación interna Arduino → ESP8266:

El Arduino envía los datos al módulo Wifi ESP8266 a través de comunicación serial (TX/RX).

El ESP8266 puede configurarse como un servidor web o como cliente que envía datos a un servidor en la nube.

3. Transmisión vía WiFi ESP8266 → Red local/Internet

El ESP8266 se conecta a la red WiFi de la casa o laboratorio Si funciona como servidor web, genera una dirección IP ejemplo: 192.168.1.50 donde publica los datos , Si funciona como cliente, manda los datos a una plataforma en la nube asi funciona algunas como por ejemplo: ThingSpeak, Firebase, Blynk.

Aplicación del Dispositivo

El sensor de pulso cardíaco para este caso, utilizaremos un sensor análogo que se conecta a una placa microcontroladora como Arduino, ESP32 o Raspberry Pi . Esta placa convierte la señal analógica del sensor variaciones de voltaje por el pulso en valores digitales que Python puede leer. Este aplicativo nos permitirá tener una mejor calidad para la comunicación la persona que está siendo censada por el dispositivo y la persona calificada ya sea un médico o profesional especialista en cardiología , esta persona en tiempo real podrá abrir su dispositivo Windows y observar la frecuencia cardíaca de la persona , para esto desarrollamos una aplicación con un lenguaje de programación Python el cual nos permite visualizar la frecuencia cardíaca y también nos arroja la alarma en caso de que haya una taquicardia o bradicardia lo cual es de mucha ayuda permitirá tener reacciones inmediatas. Lo único imprescindible para la utilización de nuestra aplicación con una red de acceso wi-fi pues sin este el dispositivo no obtendremos los datos en tiempo real.

Transmisión de datos

El microcontrolador envía los datos a la computadora mediante:

Puerto serial (USB) usando comunicación UART.

O por Wi-Fi / Bluetooth si es inalámbrico.

Python puede leer estos datos con librerías como:

```
import serial
```

```
arduino = serial.Serial('COM3', 9600)
```

Para la Lectura y procesamiento de la señal la aplicación en Python recibe los valores del sensor (por ejemplo, la intensidad del pulso) y los procesa para calcular el ritmo cardiaco (BPM). Esto se hace detectando los picos en la señal que corresponden a los latidos.

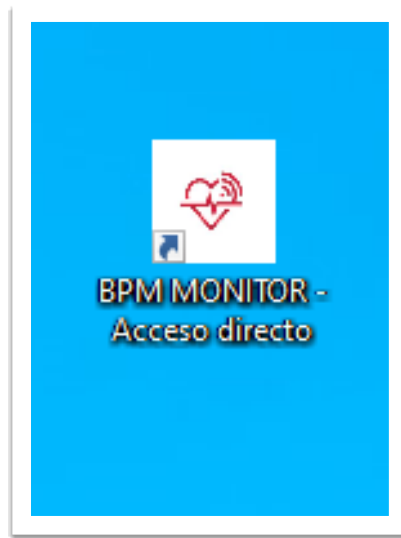


Fig. 19. Icono de la Aplicación del Dispositivo.

En la imagen anterior podemos ver el icono que aparecerá en la pantalla de nuestro computador, una vez ya descargado e instalado en Pc esta listo para ser utilizado, solo tenemos que darle seleccionar el icono y darle doble clic y se abrirá la pantalla principal de nuestro dispositivo donde se muestra la interfaz del dispositivo y se podrá observar en tiempo real como esta --- frecuencia cardiaca . también se podrá observar en varios monitore en tiempo real lo cual nos da una ventaja por si el examen debe ser evaluado por varios especialistas o debe estar siendo vigilado por distintas especialidades de centro de salud o si en caso de uso casero podrá ser visto por varias personas.

Guía de Funcionamiento de la Aplicación Web.

1. Una vez tenemos el equipo encendido el sensor de pulso cardíaco mide las variaciones de luz reflejada por la sangre al pasar por el dedo o el lóbulo de la oreja, generando una señal proporcional al ritmo cardíaco.
2. El módulo de transmisión wifi Esp8266 emite una red wifi que se llama **Pulso Monitor**
3. El microcontrolador de arduino recibe esa señal y realiza un procesamiento básico, como filtrado o conteo de pulsos por minuto (BPM).
4. Una vez tenemos encendido el Pc o laptop procedemos a conectarnos a la red wifi que emite el modulo que aparece de esta forma

Nombre de la Red: **PulsoMonitor**
Contraseña: 12345678

5. Seguido de esto abrimos el software de la aplicación en nuestro dispositivo y enseguida nos arroja una ventana donde se puede ver reflejado el conteo de los BPM
6. La **aplicación web** recibe los datos en tiempo real mediante **HTTP o MQTT**, los muestra en pantalla (por ejemplo, en un gráfico o medidor digital) y puede almacenar el historial de mediciones.

7. Desde la misma interfaz web, el usuario puede controlar ciertas funciones del Arduino, como iniciar o detener la lectura del sensor, cambiar la frecuencia de muestreo o encender indicadores (por ejemplo, un LED).

El Arduino puede actuar como:

- **Servidor web**, alojando la página directamente en el módulo WiFi.
- **Cliente web**, enviando los datos a un servidor externo o plataforma IoT como ThingSpeak, Blynk o Arduino IoT Cloud entre otras.

En la aplicación web se pueden mostrar:

- El valor actual del pulso cardíaco (BPM).
- Un gráfico en tiempo real del ritmo cardíaco.
- Botones de control para activar o pausar la lectura.
- Alertas si el pulso supera o baja de ciertos límites.

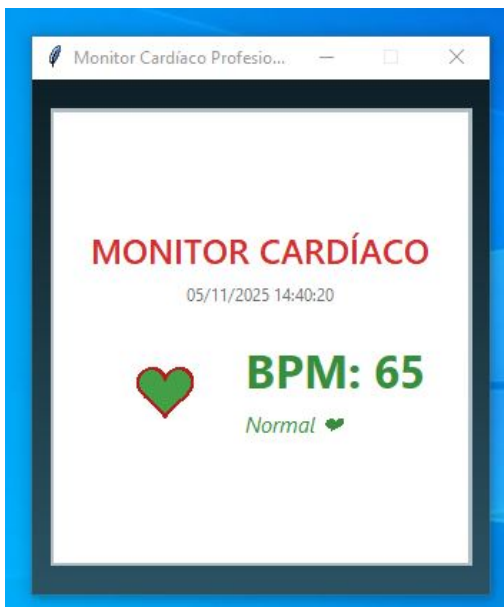
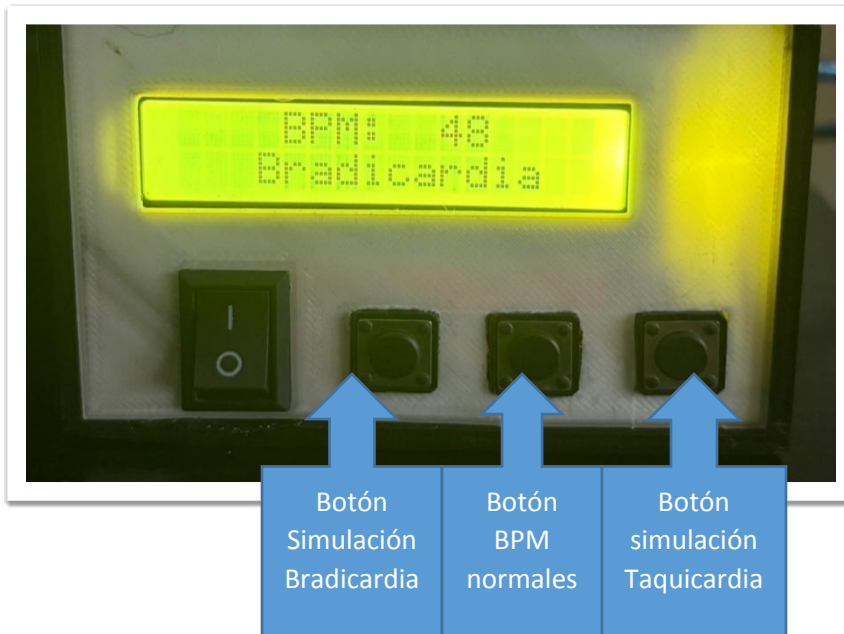


Fig. 20. Imagen de la Aplicación del Dispositivo (elaboración propia).

Modo Simulación

Nuestro dispositivo contará un modo de prueba o simulación en el cual la persona capacitada para utilizarlo, podrá comprobar si está arrojando los valores que se está censando, en la parte de adelante de la pantalla del dispositivo cuenta dos botones para simular la taquicardia y otro para simular la bradicardia con esto la persona podrá simular estas dos arritmias y comprobar el correcto funcionamiento del equipo.



Botón Simulación Bradicardia: Si presionamos este botón el dispositivo entrará en modo simulación de bradicardia con esto podemos comprobar el funcionamiento del dispositivo deberá arrojar valores inferiores a 60 bpm.

Botón simulación Taquicardia: Si presionamos este botón el dispositivo entrará en modo simulación de taquicardia con esto podemos comprobar el funcionamiento del dispositivo deberá arrojar valores superiores 100 bpm.

Botón BPM normales: Si se presiona este botón el dispositivo volverá a su función normal para medir frecuencia cardiaca normalmente.

Alimentación del Circuito

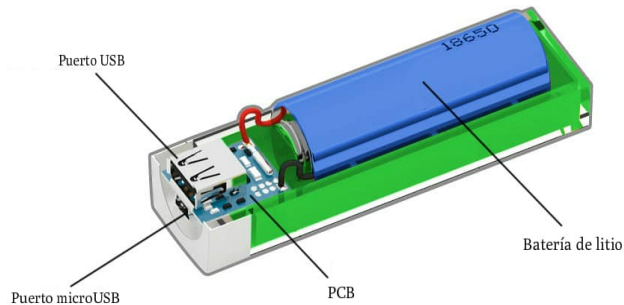


Fig 21. Puerto de Entrada de Alimentación del circuito (fuente: internet)

Una power bank de 3.5 V y 2600mAh actúa como una batería portátil que suministra energía eléctrica al circuito completo compuesto por un Arduino una pantalla LCD y un sensor de pulso cardiaco cuando se conecta la power bank al puerto USB del Arduino esta entrega una corriente continua de 5 voltios que permite encender la placa y distribuir la energía a través del pin de 5V y el pin GND del Arduino desde allí la alimentación llega a la pantalla LCD .

Esquema de Funcionamiento

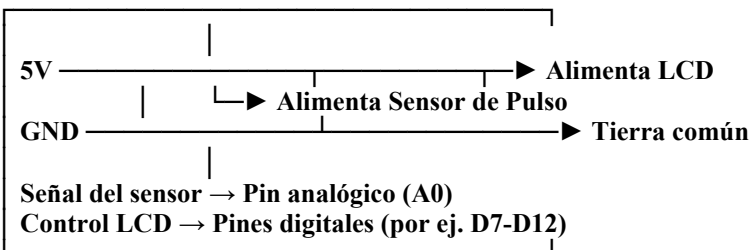
[Batería 3.5 V]



[Jack o Pin VIN del Arduino]

↓ (Regulador interno convierte 3.5V → 5V)

[Arduino UNO/Nano]



La alimentación funciona de la siguiente manera

1. Conexión a Arduino

- La power bank se conecta al puerto USB del Arduino mediante un cable USB común.
- Arduino recibe 5 V desde la salida de la power bank, igual que cuando está conectado a una computadora.
- Esto enciende la placa y entrega energía a los pines de salida (5 V y GND).

2. Alimentación del circuito

Una vez el Arduino está energizado:

- El pin de 5 V del Arduino distribuye energía a los demás componentes del circuito.
- El GND (tierra) se comparte entre todos los dispositivos la pantalla LCD , el modulo wifi y sensor de pulso .

3. Distribución de energía

- Pantalla LCD: recibe 5 V y GND para encender y mostrar información.
- Sensor de pulso cardiaco (como el sensor KY-039 o el Pulse Sensor): recibe 5 V (o 3.3 V, según modelo) y GND para medir la señal.
- Las señales de datos del sensor y la pantalla se conectan a los pines digitales o analógicos del Arduino.

Funcionamiento

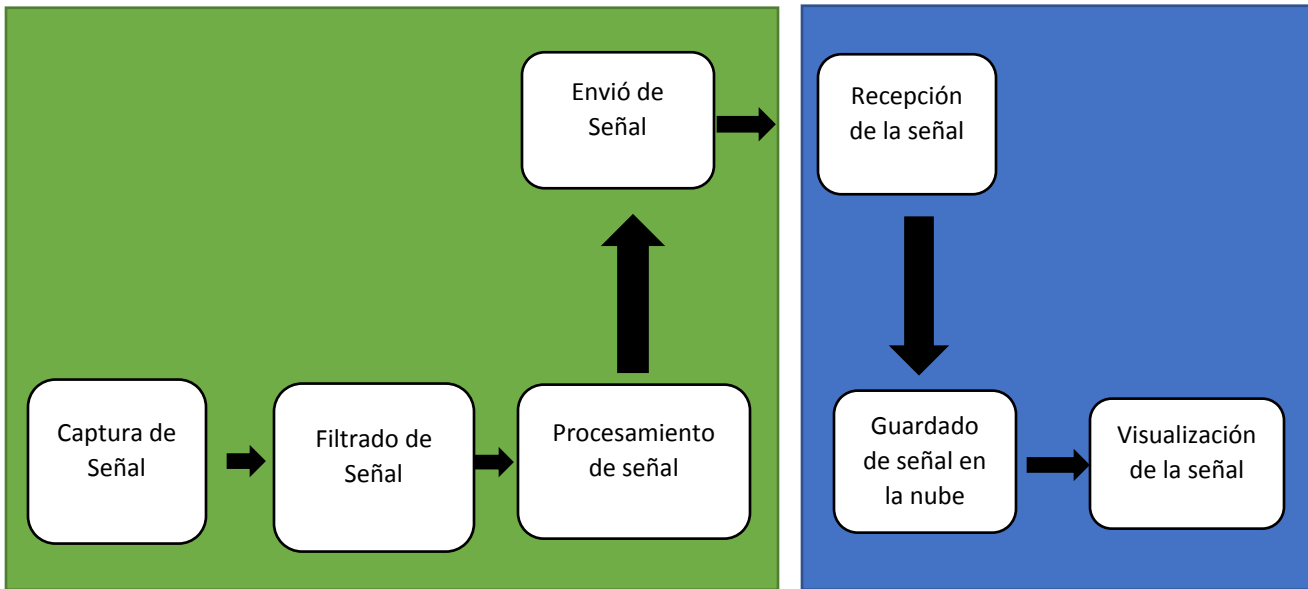


Figura 22. Guía de funcionamiento del Dispositivo (fuente: Elaboración Propia)

1. Verificar siempre que la batería del dispositivo se encuentre cargada para su correcto funcionamiento.
2. Se enciende el dispositivo por parte del médico o la persona encargada de Colocar el dispositivo.
3. Una vez encendido, el equipo se conectará automáticamente a la red wifi abierta más cercana, para luego ejecutar el programa y conectarse a la nube de Arduino.
4. La persona encargada debe colocar el dispositivo en la antemano y ajustarlo, colocar la parte superior del sensor en el dedo índice.
5. La persona presiona el botón de encendido y se inicia el proceso de tomar la frecuencia cardiaca
6. La Señal es adquirida por el microcontrolador y luego enviado al servidor

7. Una vez el archivo se guarde en la nube medico tome su computador entrará a la aplicación y podrá acceder a los archivos previamente ya subidos a la nube
8. El medico y/o persona calificada podrá observar si el paciente ha sufrido algún tipo arrítmica cardiaca.

DIAGRAMA DE BLOQUES

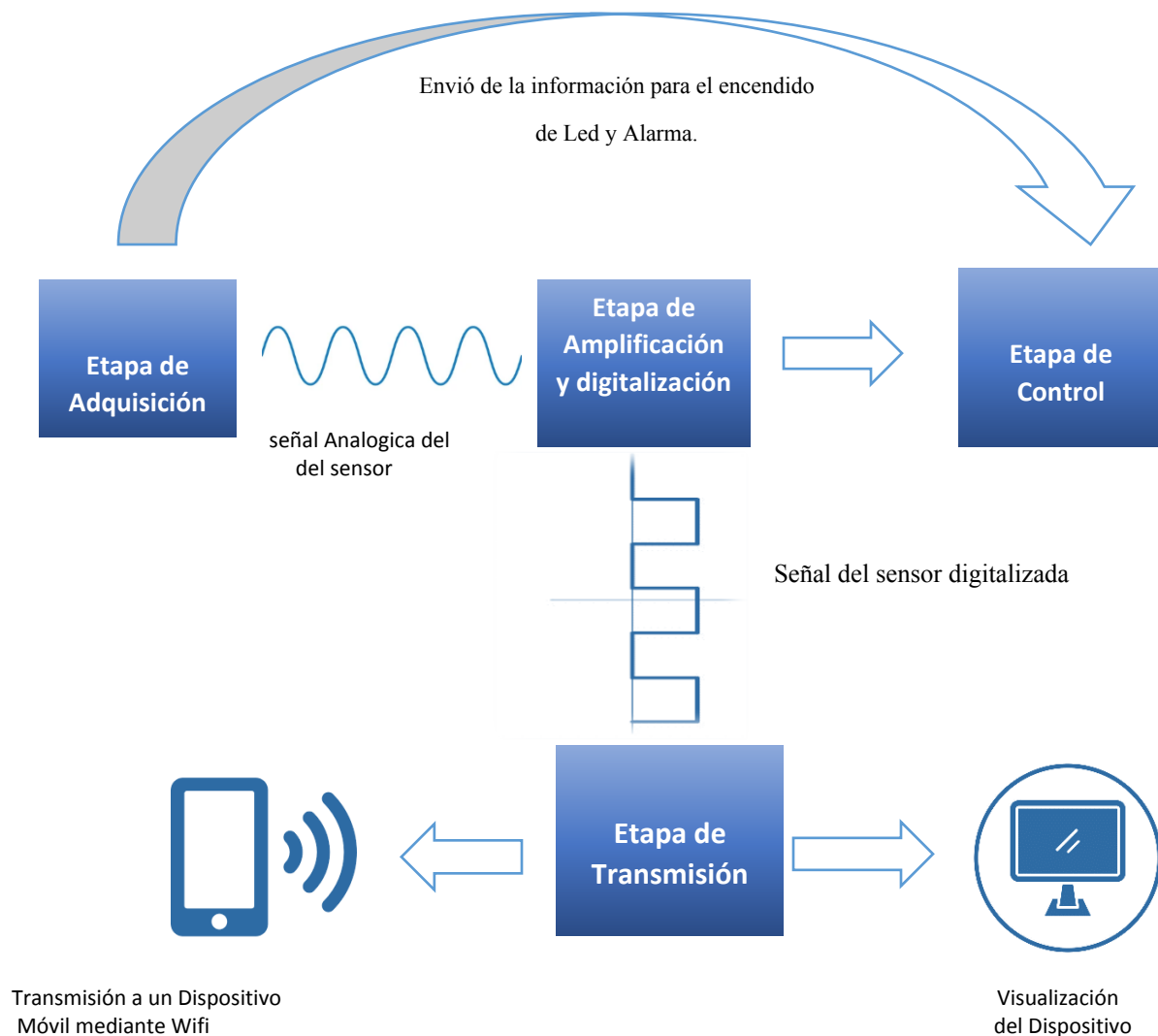


Fig23. Diagrama de bloques del Dispositivo (elaboración propia).

- **ALIMENTACION DEL CIRCUITO:** Este dispositivo estará alimentado por una batería de 9V
- **ETAPA DE ADQUISICION:** la adquisición se utilizara dos leds que es un emisor que vamos a utilizar un led emisor infrarrojo que es la parte del sensor principal lo cual va a adquirir la señal va a ser recibida y luego procesada para la siguiente etapa.
- **ETAPA DE TRANSMISION:** Es la etapa donde se transmite información o datos se utilizara unos componentes conocidos en este caso un modulo Wifi ESP8266.
- **ETAPA DE CONTROL:** es una etapa de filtrado hacemos un filtro de manera analógica a través de los componentes electrónicos vamos a utilizar unos filtros pasivos se utilizara un capacitor y una resistencia
- **ETAPA DE VISUALIZACION:** En esta etapa la señal llegara a una pantalla LCD que arrojará algún tipo de arritmia cardiaca
- **ALARMA:** La última etapa es la alarma este será un buzzer que emitirá un sonido fuerte una vez sea detectado la arritmia cardiaca por la pantalla Oled.

Resultados

DISEÑO DEL CHASIS

Para el diseño del chasis del dispositivo final utilizamos la plataforma digital Solidworks en la cual plasmamos unas medidas ideales donde entra específicamente todos los componentes a utilizar tales como la placa de conexión, la batería y el Arduino que son los componentes más grandes, las dimensiones principales de la caja son 10.5 cm (largo) x 6.5 cm (ancho) x 10 cm (alto). El diseño de la carcasa también contará con varios espacios entre ellos el interruptor, los pulsadores y contará con un orificio para colocar un velcro el cual permitirá que el dispositivo se pueda sujetar de la mano. este diseño es práctico y sencillo le permitirá a la persona que lo posea un fácil desplazamiento por su versatilidad. Continuación se mostraran las imágenes con las medidas exactas para el diseño del chasis.

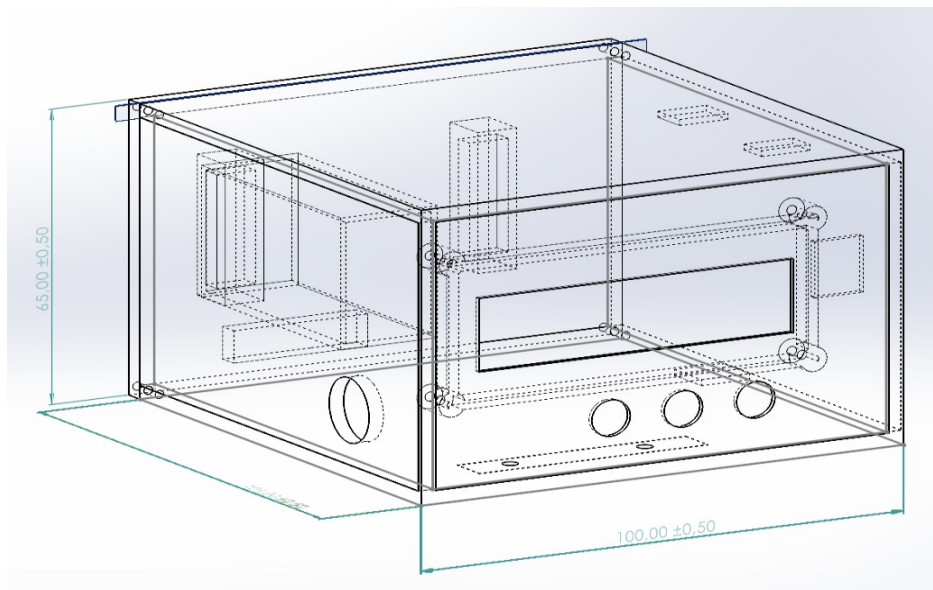


Fig. 24. Boceto del Chasis del dispositivo hecho en SolidWorks(Elaboración propia)

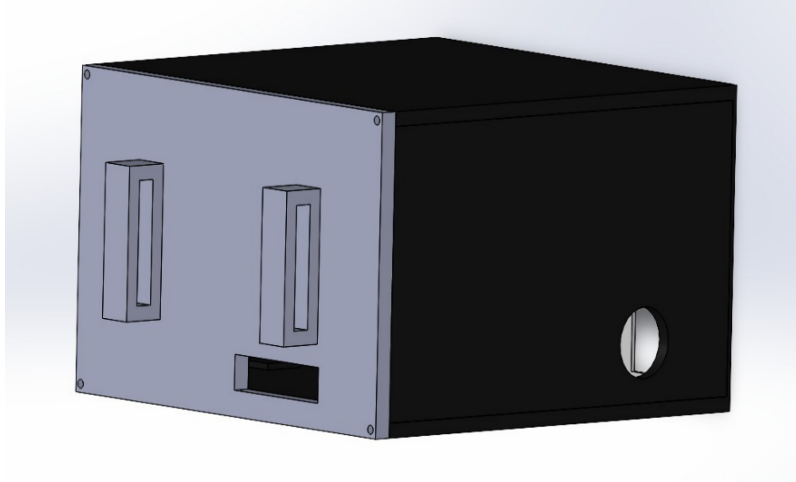


Fig.25 chasis del dispositivo parte posterior.

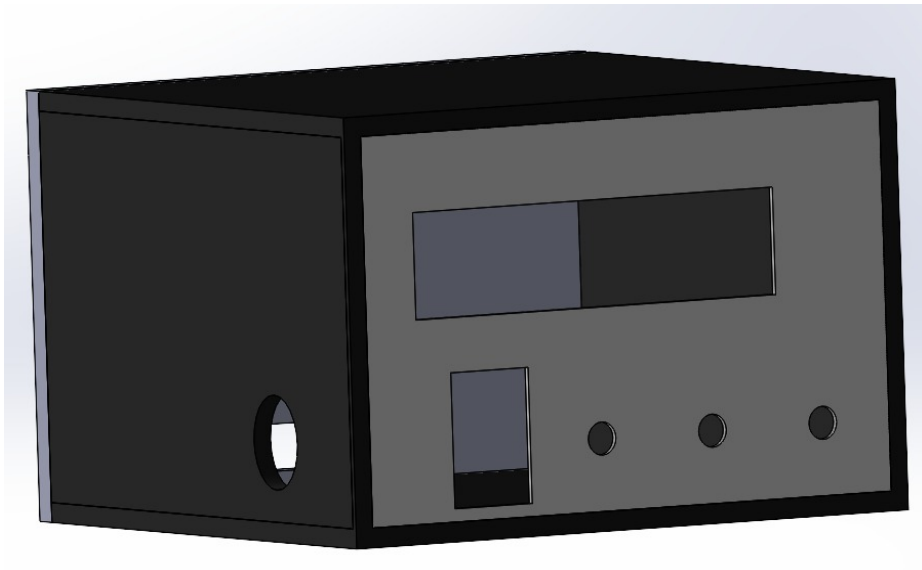
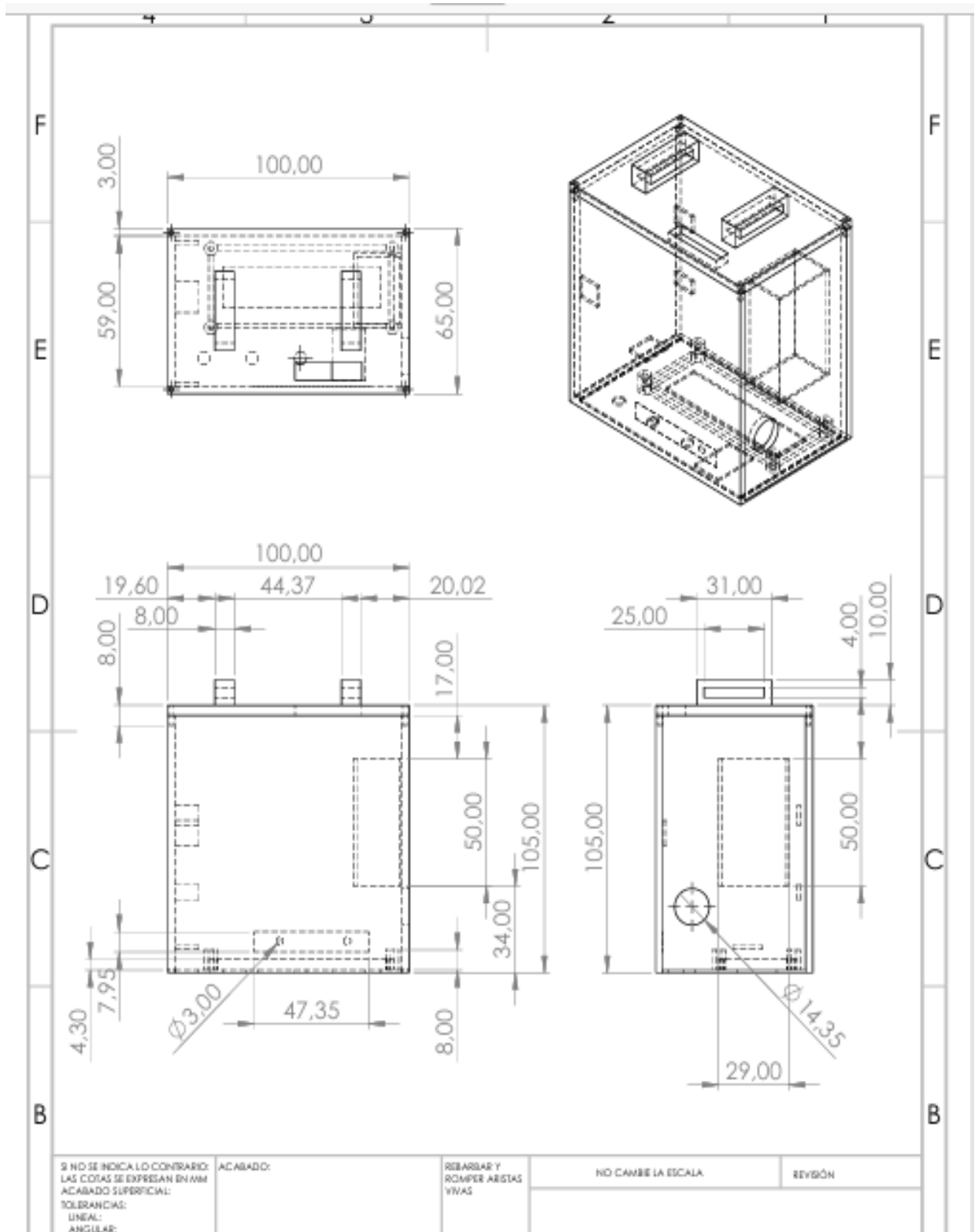


Fig.26 Chasis de Dispositivo parte frontal.

Planos del Chasis de Dispositivo



Resultado Final

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del equipo decidimos escoger un grupo de 10 personas para realizarles la medición de su frecuencia cardíaca y registrarlas en una tabla, con el fin de hacer una comparación de los datos arrojados, esta medición se le realizó a las 10 personas en diferentes horas del día y bajo diferentes temperaturas una de la tarde y una en la noche porque esto puede influir en el cuerpo de la persona . Fueron resultados normales y haciendo un análisis estadístico pudimos notar que las mujeres pulsaciones por minutos que los hombres lo cual es respaldado por estudios ya previamente establecidos por la ciencia.

Paciente	Edad	BPM (1ra prueba)	BPM (2da prueba)	BPM (3ra Prueba)
Giovanni	50	70	73	69
Antonio	53	85	83	85
Miguel	25	70	75	69
Kelly	22	85	88	83
Magali	59	80	79	82
Dubys	63	88	85	90
Maritza	68	77	80	78
Ricardo	20	65	68	69
Vanessa	22	70	71	72
Jesus	27	78	70	65

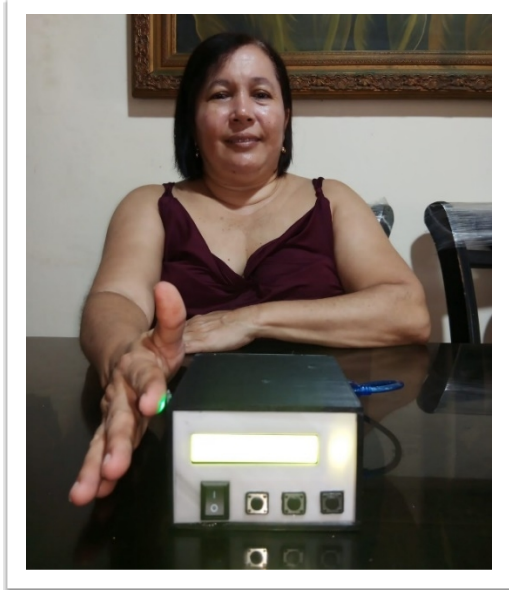


Fig.27 Dubys Balza medición en sensor en pulso.

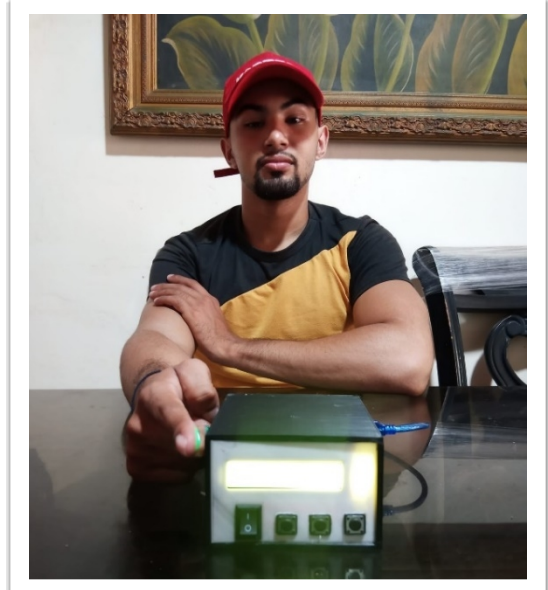


fig.28 Jesus Deavila medición en sensor de pulso.

En las siguientes imágenes se muestra a las misma personas pero la medición de la frecuencia cardiaca esta siendo realizasa por un tensiometro digital

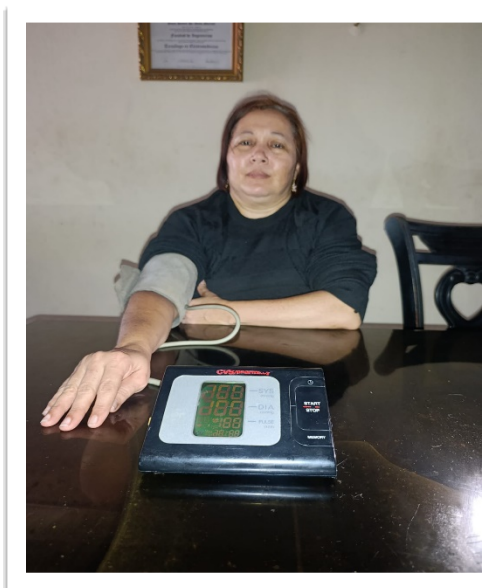


Fig.29 Dubys Marioti medición en tensiómetro Digital.



Fig.30 Jesus Deavila medición tensiómetro Digital.

	<i>Dispositivo Bpm</i>	<i>Tensiómetro Digital</i>
<i>Dubys balza</i>	<i>88</i>	<i>83</i>
<i>Jesus Deavila</i>	<i>78</i>	<i>74</i>

En la tabla anterior son una comparación la medición realizada por el dispositivo elaborado sensor de pulso cardíaco y un tensiómetro digital para comparar que las mediciones.

El estudio realizado por los dos dispositivos la frecuencia cardíaca en ambos casos no tiene valores muy diferentes Eso quiere decir el dispositivo elaborado está dando mediciones muy acertadas también cabe decir que estas mediciones fueron hechas varias veces y también en diferentes horarios del día con el fin de que las mediciones con el fin se tomaran en condiciones diferentes de nuestro cuerpo.

Alcances y limitaciones de la solución propuesta

Alcances

El proyecto propuesto presentará los siguientes alcances:

- Para tener acceso a los resultados del paciente podrá ser en cualquier lugar.
- Mejora la calidad de la consulta médica remota.

- Se prevé que puede reducir el tiempo de atención para Infartos o ataques cardiacos.
- Permite un seguimiento a los pacientes, al tener un registro guardado en la nube.
- Ahorro de tiempo para el médico, al no requerir su presencia física en el lugar de la

Consulta.

- Evita el contagio de enfermedades de alto riesgo como el Covid 19.
- Las dimensiones del equipo le permiten ser transportado muy fácilmente.

Limitaciones

- El dispositivo no es ideal para ser usado con pacientes neonatos debido a que las pulsaciones de ellos se manejan en rangos diferentes requiere una medición con un sensor diferente
- El equipo está limitado en algunas situaciones de medición, como medir la parte posterior del cuerpo, ya que puede ser necesaria la asistencia de otra persona.
- El equipo no cuenta con un desarrollo que pueda detectar cualquier tipo de arritmia cardiaca solamente las principales.

El equipo se debe estar revisando periódicamente que la fuente de alimentación en este caso batería no se encuentre descargada por el equipo no funcionaria



Fig.31 Imagen de Dispositivo Final



Fig.32 Imagen de Dispositivo Final

Precio y Costos del Dispositivo

MATERIALES	Precios en COP	Precio Aprox. en USD
Arduino uno	38,814	10 .01
Sensor de Pulso Cardiaco	27,500	7.08
Modulo Wifi ESP8266	15,456	3.98
Buzzer	5,000	1.29
Resistencias	2,073	0.53
Jumper	6,948	1.79
Power Bank (3.5)	18,888	6,35
Pantalla LCD 16x2”	28,897	7.42
Placa de Conexión	9,999	2.57
Chasis de Dispositivo	98,000	28.8
TOTAL:	241,654	75.5

Tabla 3. Listado de Precios de materiales del Dispositivo

Cronograma de Actividades

Actividades /	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			NOVIEMBRE		
SEMANA	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2	4S	1S	2S	
ASIGNADA												3S		
<i>Idea de Proyecto</i>														
<i>Planteamiento de problema y pregunta de investigación</i>														
<i>Marco teórico y estado del Arte</i>														
<i>Metodología de la investigación</i>														
<i>investigación sobre Materiales</i>														

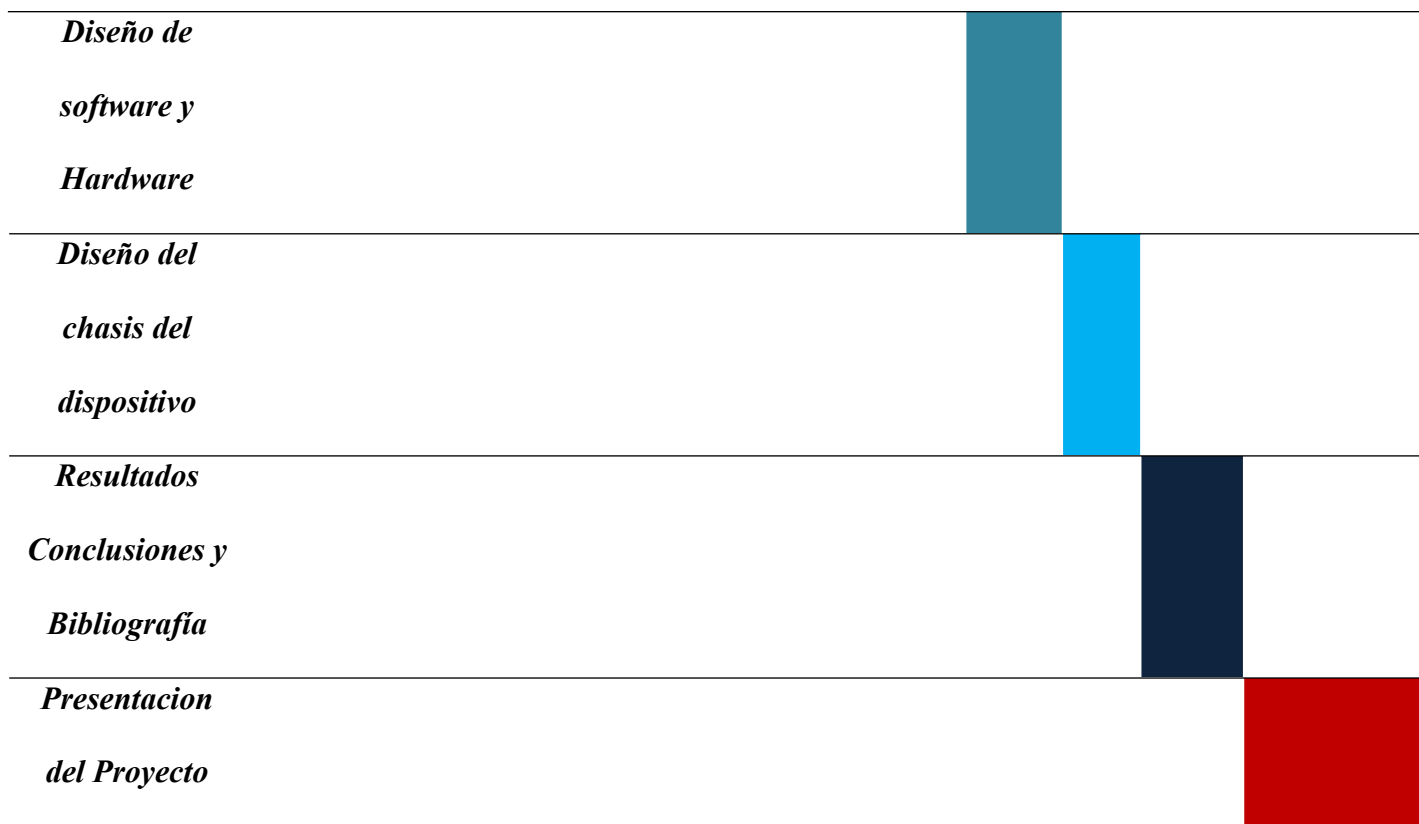


Tabla 4. Cronograma de Actividades

Conclusión

Desarrollar un Dispositivo médico que su principal intención sea detectar patologías de la taquicardia y bradicardia que puede estar en nuestro cuerpo silenciosamente es un proceso que puede conllevar mucho tiempo esfuerzo y dedicación de todo lo anteriormente visto podemos dejar claro de manera objetiva que en el diseño tuvimos que tener en cuenta una serie de puntos muy importantes, antes de construcción de nuestro dispositivo , para luego ponerlo a funcionar ; con estos pasos podemos obtener mejores resultados en la puesta en marcha del proyecto.

Los métodos de procesamiento de señales nos permiten resaltar las características de estas ondas que podemos de la cual podemos extraer información importante para la identificación de patologías. Las herramientas utilizadas en la interfaz de usuario son convenientes para los expertos que pueden participar activamente en el diseño de la interfaz en proyectos futuros, contribuir a la funcionalidad, el diseño más efectivo y ayudar a la mejor interpretación médica en el diagnóstico temprano de enfermedades cardíacas. Finalmente, está claro que las herramientas digitales disponibles hoy en día simplificarán la electrónica utilizada en el desarrollo de dispositivos médicos o biodispositivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- juan gallo soria - 2016 “diseño y construccion de un prototipo para el monitoreo inalambrico de pulso cardiaco en tiempo real con gps”
- Diaz Acevedo, Jhoger Alexander y Laura Tamayo - 2022 “ Diseño y Desarrollo de un Prototipo Medidor de Frecuencia Cardíaca Basado en Microcontrolador Para Detección de Arritmias”
- Osvaldo Arias Juarez - 2017 “diseño e implemetacion de un sistema de monitoreo para la medicion de pulso cardiaco y saturacion de oxigeno en la sangre “
- Jenny Alejandra Bustos Granados- 2024, Enfermedades cardiovasculares están afectando a más mujeres jóvenes que en décadas anteriores: Dane reveló preocupante estadística
- Filipoiu, F. M. (2013). Atlas of heart anatomy and development. Springer Science & Business Media.
- San Mauro, M. P. (2013). Anatomía cardíaca. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Alonso, M. B., Martín, A. R., Carnero, R. G., Santana, J. G., & de Haro Muñoz, J. (2010). Recomendaciones de buena práctica clínica en arritmias. SEMERGEN-Medicina de Familia, 36(4), e1-e14.
- Nyboer, J., Kreider, M. M., & Hannapel, L. (1950). Electrical impedance plethysmography: A physical and physiologic approach to peripheral vascular study. Circulation, 2(6), 811-821.
- Ripka, P., & Tipek, A. (Eds.). (2007). Modern sensors handbook. ISTE USA.
- Referencias Bibliográficas Analog Devices. (s.f.). www.analog.com. Obtenido de Datasheet del AD8232: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data->

sheets/ad8232.pdf Arduino Nano. (2020). arduino. Obtenido de Arduini Nano:
<https://arduino.cl/arduino-nano/> Arritmias. (2019).

- Texas Heart Institute. Obtenido de Categorías Arritmias:
<https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/arritmia/> Banda Ancha.
(27 de Octubre de 2016). Comisión Federal de Comunicaciones

- Obtenido de implementación de sistema para monitoreo de señales ECG, mediante el uso de un sensor inalámbrico y un dispositivo móvil con android:
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/15776/0529073.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Dorf, R., & J., S. (2015). Filtros. Circuitos Eléctricos, 8va edición, sección 13.5, https://tecdigital.tec.ac.cr/repo/rea/electronica/el-2114/un_5/55_filtros.html. Electronica Unicrom. (s.f.). unicrom.com. Obtenido de Monoestable con LM555:
<https://unicrom.com/multivibrador-monostable-con-temporizador-555/> Erasmus. (s.f.).
es.heart.erasmusnursing.net.

- Obtenido de Anatomía y fisiología del corazón:
<http://es.heart.erasmusnursing.net/content/1-0-anatomia-del-corazon/> Garcia, J. C. (08 de 10 de 2021). <https://amplificadores.info/>. Obtenido de Amplificador No Inversor:
<https://amplificadores.info/amp-op/restador>

