



**Autónoma**  
Universidad Autónoma del Perú

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
SISTEMAS**

**TESIS**

“PROTOTIPO DE UN SISTEMA INTELIGENTE, BASADO EN  
ARDUINO PARA MONITOREAR EL RITMO CARDIACO DE  
PACIENTES CON PROBLEMAS CARDIOVASCULARES EN TIEMPO  
REAL”

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS**

**AUTORES**

ARNAO HERACLITO ROSALES CLAUDIO

LUIS EDUARDO CHAMBI FURO

**ASESOR**

DR. JOSÉ LUIS HERRERA SALAZAR

**LIMA, PERÚ, JUNIO DE 2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, en especial a mis Padres, ya que sin la inspiración de mi padre y la ayuda de mi madre no hubiera sido posible saltar los obstáculos, para finalmente cumplir con uno de los objetivos.

Arnao Heraclito Rosales Claudio

Dedico esta tesis a mi familia ya que son mi motivo de superación constante y por haberme apoyado en todo momento, con sus valores, sus consejos. Los cuales me formaron en una persona de buenos principios.

Luis Eduardo Chambi Furo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestro asesor de tesis el Dr. José Luis Herrera Salazar, por el tiempo que nos dedicó y motivarnos en los temas de investigación.

Durante el desarrollo de las diferentes etapas de la tesis nos orientó cada vez que era necesario, siempre con buena actitud así como también incentivarnos a esforzarnos cada vez más, del cual nos llevamos buenos consejos tanto en lo académico, profesional y personal por ello consideramos que es una persona digna de imitar.

Además de ello quiero agradecer a todos los profesores consultamos y nos brindaron orientación durante el desarrollo de la tesis.

## RESUMEN

En el Perú desde hace muchos años se ha incrementado el número de personas que consumen comida rápida, fuman, estrés y teniendo una vida más sedentaria, debido a esto existe un crecimiento de personas con problemas cardiacos en los últimos años y a la vez el aumento de muertes por problemas con el corazón.

Debido a esto el propósito de nuestra investigación consiste en el desarrollo de un prototipo de sistema inteligente para el monitoreo del ritmo cardiaco usando tecnología GSM/ GPRS siguiendo la metodología en V, que permite la implementación de sistemas embebidos (Hardware/Software). En dicho estudio se utilizó un grupo experimental conformado por 30 pacientes ambulatorios, además de ello se empleó una investigación aplicada para dar solución a esta problemática, así mismo se analizó el desarrollo de aplicaciones con C++ para poder monitorear el ritmo cardiaco del paciente y en caso de tener alguna anomalía en el comportamiento de su ritmo cardiaco, el prototipo enviará una alerta por medio de una llamada y/o SMS a un familiar. Por otra parte, con la aplicación de dicha solución se redujo significativamente de 29.2 horas a 1.63 horas el tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco en un 96%, finalmente se concluye que la tecnología basado en arduino si permite el monitoreo del ritmo cardiaco en tiempo real.

Se debe tener en consideración que este estudio utiliza software y hardware libre, lo cual permite realizar nuevas investigaciones para mejorarlas futuras del prototipo.

**Palabras clave:** Alarma Inteligente, Hardware Libre, Metodología V, Tecnología GSM/ GPRS

## ABSTRACT

In Peru from many years ago, many people eat fast-food, smoke and have a work stress, due to these exist a growth of people deaths with heart problems.

Due to this purpose our investigation consists to development of an intelligent prototype system to allow monitoring to the heart rates using GSM / GPRS technology, following V methodology that allows the implement embedded systems like software and hardware. In this research we use an experimental group of 30 people, also of them we work with a apply investigation to give a solution to this problem, also we analyzed developed application with C++ to be able monitoring the heart rate to people, if the person who is being monitory with the device have an emergency heart rate, this device do a call and send a message to the doctor or another relatives to report the emergency, on the other hand with the application of this solution we reduce considerably from 29.2 hours to 1.62 hours to obtain the heart rate around 96%, finally we conclude that the technology based on Arduino allow monitoring the heart rate in real time.

For this research we consider a free software and hardware, because this allow to do a new investigations to improve in the future this device.

**Keywords:** Smart Alarm, Open Hardware, V Methodology, GPS / GSM technology

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

1.1 Realidad problemática .....	2
1.2 Tipo y nivel de la investigación .....	7
1.3 Justificación de la investigación .....	8
1.4 Objetivos de la investigación .....	9
1.5 Hipótesis de la investigación .....	10
1.6 Variables e indicadores .....	10
1.7 Limitaciones de la investigación.....	12
1.8 Diseño de la investigación .....	12
1.9 Técnicas e instrumentos para recolección de la información .....	13

### **CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL**

2.1 Antecedentes de la investigación .....	16
2.2 Marco teórico .....	18

### **CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

3.1 Estudio de factibilidad .....	43
3.2 Metodología para el desarrollo del prototipo.....	45

### **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

4.1 Población y muestra.....	60
4.2 Nivel de confianza .....	60
4.3 Resultados específicos .....	61
4.4 Análisis e interpretación de resultados .....	62

4.5 Contrastación de hipótesis .....	72
--------------------------------------	----

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones .....	81
------------------------	----

5.2 Recomendaciones .....	82
---------------------------	----

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Indicador presencia – ausencia.....	11
Tabla 2	Variable dependiente.....	11
Tabla 3	Variable Independiente: prototipo de un sistema inteligente.....	12
Tabla 4	Operacionalización de la variable dependiente.....	12
Tabla 5	Técnicas e instrumentos de investigación de campo.....	13
Tabla 6	Técnicas e instrumentos de investigación documental.....	14
Tabla 7	Valores de referencia pulsaciones en reposo por minuto.....	18
Tabla 8	Especificaciones técnicas del arduino uno.....	30
Tabla 9	Visión general.....	35
Tabla 10	Comparación de metodologías.....	40
Tabla 11	Backlog inicial.....	40
Tabla 12	Componentes de hardware.....	43
Tabla 13	Roles de equipo.....	44
Tabla 14	Costos del proyecto.....	44
Tabla 15	Requerimientos de la aplicación.....	46
Tabla 16	Requerimiento de la alarma inteligente.....	46
Tabla 17	Funcionalidades por orden de prioridad.....	47
Tabla 18	Desarrollo de la funcionalidad Rfa1, Rfa2, Rfa3.....	52
Tabla 19	Desarrollo de la funcionalidad Rfa1, Rfa2, Rfa3.....	53
Tabla 20	Revisión de Las funcionalidades Rfa1 y Rfa2 y Rfa3.....	54
Tabla 21	Desarrollo de la funcionalidad Rfa4.....	54
Tabla 22	Revisión de todas las funcionalidades de la alarma.....	55
Tabla 23	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp1.....	55
Tabla 24	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp2.....	56
Tabla 25	Revisión de las funcionalidades Rfapp1 y Rfapp2.....	56
Tabla 26	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp3.....	57
Tabla 27	Revisión final de funcionalidades de la aplicación.....	57
Tabla 28	Primera revisión del proyecto.....	58
Tabla 29	Segunda revisión del proyecto.....	58
Tabla 30	Resultados de la Pre prueba y Post prueba.....	61
Tabla 31	Resultados de Pre –prueba y Post- prueba para el indicador 1.....	62
Tabla 32	Resultados de Pre –prueba y Post- prueba para el I2.....	65



Tabla 33	Resultados de Pre –prueba y Post- prueba para el I3 .....	68
Tabla 34	Resumen de indicadores .....	72
Tabla 35	Valores de post- prueba.....	73
Tabla 36	Valores de pre- prueba.....	73
Tabla 37	Prueba Mann-Whitney del tiempo de monitoreo de ritmo cardiaco .....	74
Tabla 38	Valores de post- prueba.....	74
Tabla 39	Valores de pre- prueba.....	75
Tabla 40	Prueba t– Student del tiempo de atención médica remota.....	76
Tabla 41	Valores de post- prueba.....	77
Tabla 42	Valores de pre- prueba.....	77
Tabla 43	Prueba Mann-Whitney comunicación de anomalías en el ritmo cardiaco .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Principales causas de muerte en 2016 .....	2
Figura 2	Principales causas de muerte en el año 2000 .....	3
Figura 3	Mortalidad por enfermedades cardiovasculares .....	5
Figura 4	Procesos para monitorear el ritmo cardíaco (AS – IS).....	5
Figura 5	Proceso para monitorear el ritmo cardíaco (TO - BE) .....	6
Figura 6	Diagrama de subsistema del prototipo .....	21
Figura 7	Diagrama de módulos del sistema.....	21
Figura 8	Diagrama de módulos del sistema 2.....	23
Figura 9	Flujo de MVC .....	25
Figura 10	Componente de la placa Arduino Uno .....	28
Figura 11	Disposición física de la red .....	32
Figura 12	Diagrama de pines de módulo WIFI .....	33
Figura 13	Sensor MPX5100 .....	35
Figura 14	Metodología en V, adaptado de “Metodología en V” por UDT, 2008 .....	37
Figura 15	Diseño de prototipo diseñado con software fritzing .....	48
Figura 16	Diseño esquemático .....	49
Figura 17	Funcionamiento de la alarma inteligente. ....	50
Figura 18	Prototipo de la aplicación.....	51
Figura 19	Arquitectura de comunicación .....	51
Figura 20	Conectándose a la red.....	52
Figura 21	Realizando llamada de auxilio .....	53
Figura 22	Mensaje recibido .....	53
Figura 23	Botón físico alarma .....	54
Figura 24	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp1 .....	55
Figura 25	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp2 .....	56
Figura 26	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp3 .....	57
Figura 27	Estadística descriptiva KPI1 .....	63
Figura 28	Estadística descriptiva KPI1 .....	64
Figura 29	Estadística descriptiva KPI2 .....	66
Figura 30	Estadística descriptiva KPI2 .....	67
Figura 31	Estadística descriptiva KPI3 .....	70
Figura 32	Estadística descriptiva KPI3 .....	71

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación abarcó el desarrollo de un prototipo de monitoreo inteligente cuya función principal es que los pacientes que sufran de anomalías o problemas cardiacos puedan ser monitoreados y alertados en tiempo real donde quiera que el paciente o el interesado se encuentre. Por tal motivo, este prototipo tiene como finalidad el monitoreo mediante la lectura del ECG por medio del sensor AD8232. Para el desarrollo se está utilizando la metodología V, el cual brinda pasos para la elaboración de sistemas embebidos desde los requerimientos hasta la implementación.

La hipótesis que se demuestra es si la implementación del sistema inteligente influye en el monitoreo de ECG para adultos mayores siendo más fáciles para ellos enviar la lectura de su ECG al médico.

Para el desarrollo del prototipo se utilizó la metodología V, el cual se basa en las secuencias de pasos en el ciclo de desarrollo de un proyecto.

Con el propósito de hacer más entendible la presente tesis, ha sido dividida en cinco capítulos, cuyos contenidos son los siguientes:

**Capítulo I:** Planteamiento Metodológico: En este capítulo se definió los lineamientos principales de la investigación, se identificó la problemática que qué es un factor común tanto a nivel nacional e internacional, para la cual se propuso la implementación de un sistema de monitoreo inteligente

**Capítulo II:** El Marco Referencial: En este capítulo se revisó diferentes investigaciones donde se aplica la tecnología al servicio de la salud, además aquí se reunió los requisitos técnicos ya sean de software como de hardware que luego sirvieron como insumo para el desarrollo del proyecto, también debo señalar que se definición la metodología y arquitectura del prototipo.

**Capítulo III:** Desarrollo de prototipo de sistema inteligente: En este capítulo se trabajó en el desarrollo propiamente del prototipo, previa revisión de la factibilidad técnica

y económica siguiendo un cronograma de trabajo y la metodología V, es decir aquí se construyó el prototipo desde su concepción hasta su puesta a pruebas.

**Capítulo IV:** Análisis e Interpretación de los resultados: En este capítulo se definió la población y se trabajó con la muestra, es aquí donde se demostró estadísticamente los resultados específicos favorables para los indicadores planteados, finalmente se realizó la contratación de la hipótesis teniendo resultados positivos.

**Capítulo V:** Conclusiones y Recomendaciones: En este capítulo se realizó las conclusiones más relevantes y recomendaciones que pueden ayudar a mejorar el prototipo sobre todo a nivel de hardware. Además las referencias bibliográficas anexos y apéndices.

**CAPÍTULO I**  
**PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

## 1.1 Realidad problemática

### Nivel internacional

En el ámbito internacional las enfermedades cardiovasculares son la causa principal de muerte en todo el mundo, según la OMS (2017) indica que cada año mueren más personas por enfermedades cardiovasculares (ECV) que por cualquier otra causa.

Se calcula que en 2012 murieron por esta causa 17,5 millones de personas, lo cual representa un 31% de todas las muertes registradas en el mundo. De estas muertes, 7,4 millones se debieron a la cardiopatía coronaria, y 6,7 millones, a los factores de riesgo de accidente vascular cerebral (AVC). Más de tres cuartas partes de las defunciones por enfermedades cardiovasculares (ECV) se producen en los países de ingresos bajos y medios.

OMS (2017) afirma:

Que las defunciones registradas en el mundo en el año 2016, la misma organización tomando como referencia las 10 principales causas evaluada en el año 2000 afirma que el 54% se debieron a estas causas de un total de 56.4 millones.

Las principales causas en el año 2000 el estudio indica que la mortalidad en el mundo se debe a cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular, que ocasionaron alrededor de 7 millones de defunciones siendo las principales causas de mortalidad durante los últimos 15 años (p. 1).

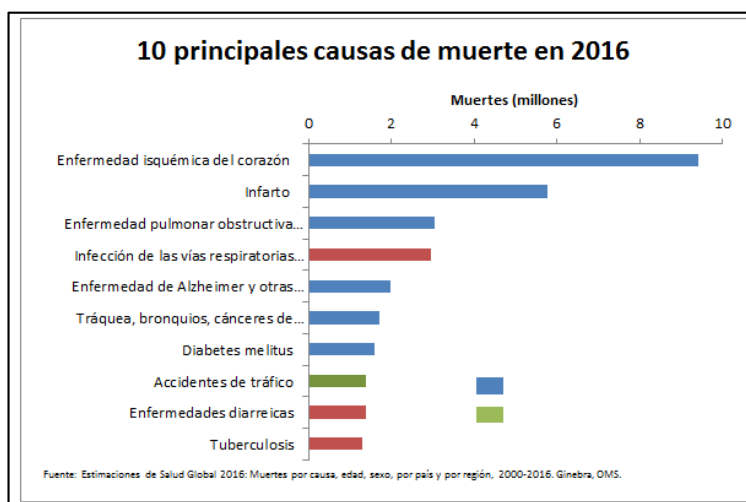


Figura 1. Principales causas de muerte en 2016.

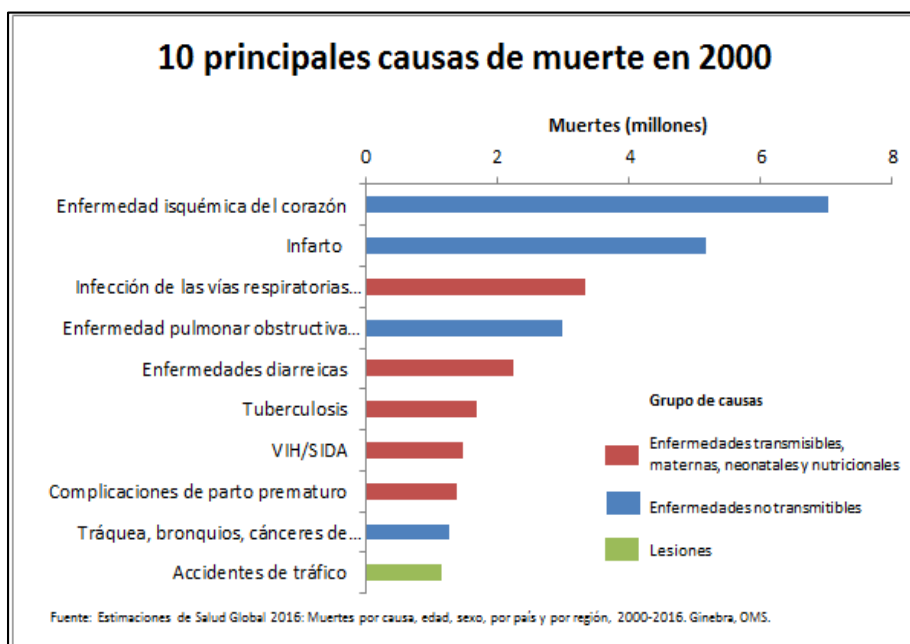


Figura 2. Principales causas de muerte en el año 2000.

## Nivel Latinoamérica

Según el estudio internacional INTERHEART publicado en la revista 'Circulation'. Es la más extensa que, hasta el momento, se ha realizado en América Latina; donde se registran una de las tasas de infarto más altas del mundo.

Pacientes de Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Guatemala y México participaron en este trabajo, en el que se comparó el caso de más de 1.200 individuos que habían sufrido un ataque al corazón con las condiciones y características de otros 1.800 que no presentaban ninguna enfermedad coronaria.

La investigación recientemente publicada en 'Circulation' también puso de manifiesto el importante papel que el estrés cumple en el riesgo cardiovascular de los iberoamericanos y los beneficios cardiovasculares que mostraban aquéllos que tomaban diariamente una alimentación rica en frutas y verduras y practicaban ejercicio de forma regular.

El estudio INTERHEART es un trabajo internacional que analiza el impacto de los factores de riesgo cardiovascular en las distintas partes del mundo. El modo en que esos factores se combinan en las diferentes poblaciones y las probabilidades de padecer un infarto

de miocardio que tienen los individuos en función de su lugar de origen son algunos de los objetivos que persigue esta investigación, que publica periódicamente sus resultados.

Los resultados del estudio demostraron que, en América Latina, los factores que más contribuyen a incrementar el riesgo de padecer un infarto son la obesidad abdominal, la hipertensión, el tabaquismo y los altos niveles de colesterol.

### **Nivel nacional**

Según reporta Andina (2016) explica que la Dra. Eloísa Nuñez Robles coordinadora de la Estrategia Sanitaria Nacional de Prevención y Control de Daños No Transmisibles del Ministerio de Salud (Minsa) señaló: “que las enfermedades cardiovasculares se encuentran entre las tres primeras causas de mortalidad en el país, Los ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares, enfermedades hipertensivas e insuficiencia cardíaca son las más frecuentes” (p. 1).

### **Descripción del problema**

En nuestro país, las enfermedades relacionadas con las enfermedades cardiovasculares se encuentran entre las tres principales causas de muerte, según lo indica el Ministerio de Salud.

Rojas (2019) sostiene que:

La Insuficiencia Cardíaca, Infarto de Miocardio, Fibrilación Auricular e Hipertensión arterial son las enfermedades cardíacas de mayor incidencia en el Perú, en donde se destaca que solo en el Perú se gastan S/. 2,900 millones al año por enfermedades cardiovasculares. (p. 1).

En los últimos años los índices de mortalidad debido a las enfermedades cardiovasculares se han incrementado notoriamente en países como el Perú, mientras que disminuyen lentamente en los países desarrollados. Los indicadores estadísticos nos muestran los grados de incidencia de estas enfermedades. Tal como se describe líneas arriba las enfermedades relacionadas al corazón cada vez son más frecuentes y generan grandes



gastos al país, esto tiende a suceder o incrementarse si no tomamos una cultura de prevención y vida sana. A partir de la problemática descrita, se plantea en los acápites siguientes un enunciado del problema:

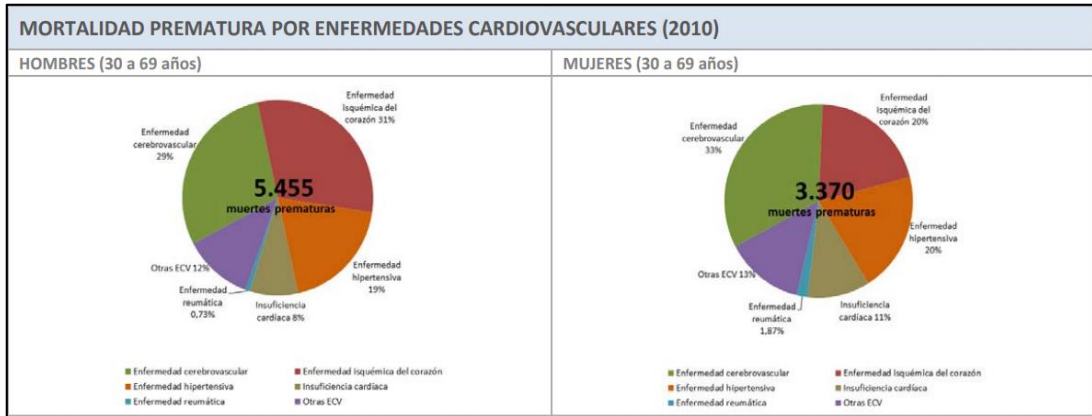


Figura 3. Mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

### Proceso para monitorear el ritmo cardiaco (AS – IS)

Para validar el proceso de monitoreo del ritmo cardiaco, se realizó un análisis en situ, siguiendo los procesos estándar que normalmente siguen todos los hospitales, para ello se tuvo que interactuar con diferentes actores tales como la caja, sala de espera y el consultorio del médico especialista, para finalmente tener el resultado.

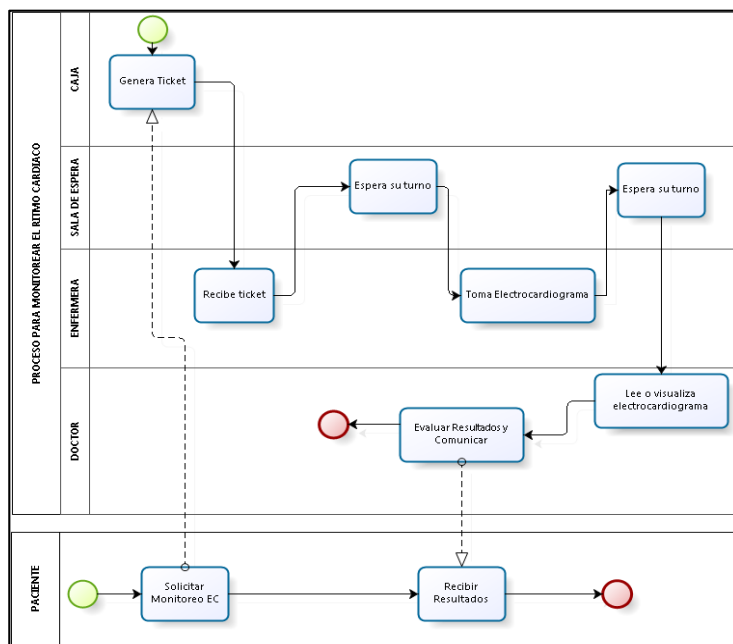


Figura 4. Procesos para monitorear el ritmo cardiaco (AS – IS).

## Proceso para monitorear el ritmo cardiaco (TO – BE).

El siguiente grafico esquematiza el proceso del monitoreo de ritmo cardiaco con el prototipo desarrollado.

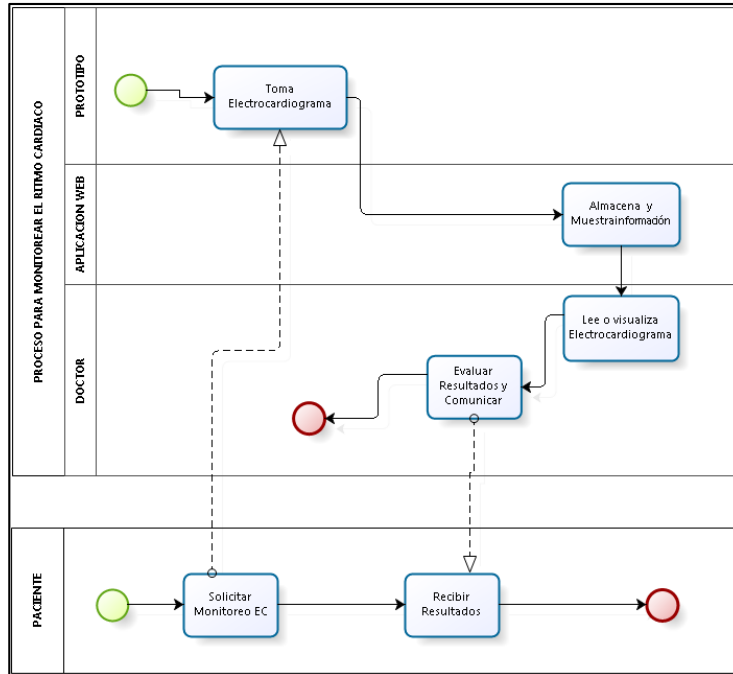


Figura 5. Proceso para monitorear el ritmo cardiaco (TO - BE).

## **Problema general**

¿En qué medida un prototipo de sistema inteligente, basado en Arduino, mejorará el proceso de monitoreo del ritmo cardiaco en pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real?

## **Problemas específicos**

- ¿En qué medida un prototipo de sistema inteligente basado en Arduino, reducirá el tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco?
- ¿En qué medida un prototipo de sistema inteligente basado en Arduino, reducirá el tiempo de atención médica remota?
- ¿En qué medida un prototipo de sistema inteligente basado en Arduino, reducirá el tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco?

## **1.2 Tipo y nivel de la investigación**

### **Tipo de la investigación**

#### *Aplicada*

La presente investigación parte de conocimientos teóricos y con la ayuda de las tecnologías existente podemos dar una solución práctica y útil que ayudará a dar solución a la realidad problemática relacionado con el monitoreo de ritmo cardiaco.

### **Nivel de la investigación**

#### *Explicativa*

Ya que tiene relacional causal; que no solo buscara describir un problema, sino que intentará encontrar las causas del mismo. Buscaremos explicar el impacto del prototipo de

sistema inteligente en el tiempo de monitoreo del ritmo cardiaco, en el tiempo de atención medica remota y el tiempo de registro de ritmo cardiaco.

### **1.3 Justificación de la investigación**

El desarrollo del prototipo para el monitoreo de pacientes ambulatorios surge de la necesidad de crear un dispositivo como alternativa para pacientes ambulatorios que requieren el seguimiento de la presión arterial en determinado momento, así mismo facilitar el acceso a la información a las personas involucradas.

En propósito de realizar el proyecto con estos fines, permite a personas con problemas cardiovasculares evitar el traslado a un centro médico para el control de la presión arterial y la obtención, visualización del efecto y avance del mismo.

El presente trabajo de investigación busca cubrir las debilidades que presentan los pacientes ambulatorios, tomando como base la prevención de enfermedades cardiovasculares utilizando un prototipo de monitoreo basado en tecnologías de arduino. En los estudios de prevención primaria o secundaria, la reducción en las concentraciones de colesterol se asocia a una menor incidencia de eventos y mortalidad cardiovascular. La reducción de la presión arterial también disminuye la incidencia de infarto agudo de miocardio y accidentes cerebrovasculares.

Para tener un riesgo leve de enfermedad cardiovascular, según las directrices de la Sociedad Americana de Corazón (AHA en sus siglas en inglés,) se requiere cumplir los siguientes criterios: tener una presión arterial inferior a 120/ 80 mmHg, una analítica de sangre con un colesterol total inferior a 200 mg/dl, una glucemia en ayunas inferior a 100 mg/dl y un índice de masa corporal (IMC) inferior a 25.

#### **Justificación tecnológica**

Para el desarrollo del sistema de monitoreo cardiaco se utilizará el módulo AD8232 para arduino que permite registrar la actividad eléctrica del corazón, es decir, obtener un electrocardiograma o ECG. El electrocardiograma (EKG o ECG) es una prueba diagnóstica no invasiva que evalúa el ritmo y la función cardiaca a través de un registro de la actividad

eléctrica del corazón y como medio de comunicación la red GPRS/GSM, el cual presenta las siguientes ventajas: tiene un menor consumo energético, un tiempo de respuesta instantáneo, permite la comunicación inalámbrica omnidireccional fiable y de dos vías, agilidad de canales para una mejor coexistencia con otras tecnologías inalámbricas de 2,4 GHz, permite una instalación y configuración sencilla. Es por estas tecnologías que despertó el interés para la realización del prototipo, poseen unas características que los hacen interesantes y muy útiles para el prototipo.

### **Justificación metodológica**

Esta tesis se justifica metodológicamente, para desarrollar el prototipo de monitoreo inteligente y vamos a utilizar la metodología en V, ya que es una metodología que se ajusta a nuestra necesidad debido que está orientada a pocos integrantes de un equipo una a cinco personas, esto sumado sus 4 etapas que contemplan una verificación y validación ayuda mucho a evitar errores en el desarrollo del prototipo.

### **Justificación practica**

El sistema de monitoreo cardiaco basado en el sensor AD8232 y una red GPRS/GSM lleva un paso más allá, que solo leer el Electrocardiograma (ECG) del paciente sino también permite almacenar dicha información y compartirla con su médico y en caso de presentarse algún comportamiento anormal el sistema inteligente lo detecta y toma una acción, realizando una llamada y enviando un mensaje de texto a los interesados.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

Determinar en qué medida un prototipo de sistema inteligente, basado en Arduino, mejorará el proceso de monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real.

## **Objetivos específicos**

- Reducir el tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco.
- Reducir el tiempo de atención medica remota
- Reducir el tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco.

## **1.5 Hipótesis de la investigación**

### **Hipótesis general**

Si se implementa un prototipo de sistema inteligente, basado en Arduino, mejora significativamente el proceso de monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real.

### **Hipótesis especifica**

- Si se implementa un prototipo de sistema inteligente basado en Arduino, se reduce el tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco.
- Si se implementa un prototipo de sistema inteligente basado en Arduino, se reduce el tiempo de atención médica remota.
- Si se implementa un prototipo de sistema inteligente basado en Arduino, reduce el tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco.

## **1.6 Variables e indicadores**

### **Variables**

Variable Independiente: Prototipo de un sistema inteligente.

Variable Dependiente: Monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares.

Variable Interviniente: Tecnología Arduino.

## Indicadores

Variable independiente: Prototipo de un sistema inteligente.

Tabla 1

*Indicador presencia – ausencia*

<b>Indicador: presencia – ausencia</b>	
<b>Descripción:</b>	
Será No:	Cuando aún falte implementar prototipo de un sistema inteligente o la aplicación desarrollada no cumpla con las expectativas del usuario.
Será Si:	Siempre que se desarrolle la aplicación web, en la que se espera apreciar mejoras en la parte en la que se identificó el problema.

Variable dependiente: Monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares.

Tabla 2

*Variable dependiente*

<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>
Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco.	Es el tiempo en segundos transcurridos en monitorear un ritmo cardiaco
Tiempo de atención médica remota.	Es el tiempo en segundos transcurrido, que tarda en obtener el ritmo cardiaco en un tiempo determinado por el personal médico.
Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco.	Es el tiempo en segundos transcurridos, que tarda en detectar la alteración en el ritmo cardiaco de un paciente y realizar el llamado de alerta.

## Operacionalización

Tabla 3

*Variable Independiente: prototipo de un sistema inteligente*

<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>
Presencia – Ausencia	No, Sí

Monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares.

Tabla 4

*Operacionalización de la variable dependiente*

<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Unidad de observación</b>
Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco	[8-360]	Horas	Cronómetro
Tiempo de atención médica remota.	[15-120]	Minutos	Cronómetro.
Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco	[30-172 800]	Segundos	Cronómetro.

### 1.7 Limitaciones de la investigación

Los investigadores tienen poco conocimiento de electrónica aplicada a tecnologías Arduino. El desarrollo del prototipo contará con las funciones básicas, que incluyen la obtención de los datos en una web y un botón de simulación del ataque cardiaco.

### 1.8 Diseño de la investigación

Experimental con post prueba

Dónde:

R Ge O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub>



- Ge = Grupo Experimental: conformado por el número representativo de pacientes ambulatorios.
- O1 = Datos de la Pre-Prueba para los indicadores de la variable dependiente antes de implementar el prototipo. Mediciones Pre-Prueba del grupo experimental.
- O2 = Datos de la Post-Prueba para los indicadores de la variable dependiente. Mediciones Post-Prueba del grupo de experimental
- X = Prototipo de sistema inteligente = Estímulo o condición experimental.
- R = Acción aleatoria de la muestra.

### **Descripción**

Para el caso se cotejará de manera intencional el grupo Ge que están conformados por los pacientes que participan en el experimento, a quienes se les aplicó un estímulo sistema Inteligente (X), posterior a ello se le aplica una prueba post a los indicadores de la variable dependiente (O1); en forma simultánea se les aplicará una prueba a los indicadores de la variable dependiente (O1). Se espera que los valores O2 sean mejores que los valores O1.

Cabe resaltar que ambos grupos están conformados de una manera intencional, pero representativa a nivel de estadísticas, tanto en ausencia y en presencia del sistema inteligente propuesto.

## **1.9 Técnicas e instrumentos para recolección de la información**

### **Técnicas e instrumentos de la investigación de campo**

Tabla 5

*Técnicas e instrumentos de investigación de campo*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación	Ficha de Observación

## Técnicas e instrumentos de la investigación documental

Tabla 6

*Técnicas e instrumentos de investigación documental*

Técnicas	Instrumentos
Revisión de:	Fichas Bibliográficas
• Libros	
• Tesis	
• Artículos	
• Documentos	
• Internet	

**CAPÍTULO II**  
**MARCO REFERENCIAL**

## 2.1 Antecedentes de la investigación

Para esto, presentaremos investigaciones realizadas sobre sistemas similares, que servirán como antecedentes para la presente tesis.

**Autor:** José Luis Villacís Mendoza.

**Título:** Plan Estratégico para la Implementación de un Sistema de Telemedicina Nacional.

**Tipo:** Tesis de Pre grado 2015.

Según Villacís para poder lograr implementar un sistema orientado a la telemedicina de su país, cuyo principal objetivo que la calidad, continuidad, coordinación y la suministración asistencial sanitaria mejore, manteniendo su compromiso para que se pueda mejorar cada día las prestaciones de servicios para con los ciudadanos, promoviendo excelencia, eficacia y eficiencia cuyos principales involucrados serían las entidades de salud públicas y privadas. Las organizaciones dedicadas a la investigación orientados al avance tecnológico como sistemas de información y telecomunicaciones es cada vez aumente el uso por los ciudadanos incluyendo a los médicos, haciendo más factible los desarrollos de proyectos en el ámbito de la telemedicina, pudiendo así ampliar las especialidades y servicios médicos a nivel nacional. Para poder lograrlo se necesitaría armar una mesa de trabajo entre los distintos sectores para dialogar y gestionar estas alternativas instaurando una arquitectura TIC en la que cada sector involucrado pueda intercambiar servicios.

Dicha investigación se relaciona con el proyecto de investigación en generar soluciones que mejoren la calidad de la vida del paciente utilizando las tecnologías de información.

**Autor:** Frans Armando Galarza Canchucaja.

**Título:** Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el distrito de Sicaya perteneciente a la ciudad de Huancayo.

**Tipo:** Tesis de Postgrado 2012.

Según Galarza menciona diseñar una red enfocada en la telemedicina para su distrito en Sicaya de Huancayo en Junín. Consistirá básicamente en unir el centro de salud de su distrito al hospital Daniel Alcides Carrión de Huancayo remotamente y así los pobladores de su distrito mejoren su atención médica. En su tesis se analiza la problemática hallado en su distrito de manera social y de manera tecnológica para que se pueda lograr transmitir la red de telemedicina haciendo el estudio de los dispositivos usados en su país en base a las diferentes tecnologías como el ancho de banda ideal para su red de telemedicina. Teniendo esto estudiado y analizado plantea diseñar dicha red en el centro de salud de su distrito ya que después de evaluar los precios y costos junto con los pro y contra que se obtendrán de la red de telemedicina se concluye que reducirá los costos a futuro y la calidad de atención mejorara proponiendo así que dicha red pueda ser implementada en otros lugares de similares características a su distrito.

Dicha investigación se relaciona con el proyecto de investigación en generar soluciones que mejoren la calidad de la vida del paciente utilizando las tecnologías de información.

**Autor:** Paula de Toledo Heras.

**Título:** Propuesta de un modelo de sistema de telemedicina para la atención sanitaria domiciliaria.

**Tipo:** Tesis de Postgrado 2016.

Según de Toledo los países desarrollados están teniendo como primer orden la atención medica de sus enfermos crónicos e indica que por sus diseños no están suficientemente preparados para tender la demanda de dichos enfermos, ya que están en aumento y su tiempo de vida también y su atención con los parámetros actuales no es factible a mediano plazo. Recientemente surgen iniciativas para que el tipo de atención a los pacientes crónicos haciendo uso de la tecnología de información y comunicación pueda facilitar la atención a dichos pacientes, generando paradigmas sobre la atención médica. Por ello propone un modelo de sistema enfocada en la telemedicina para la atención de pacientes crónicos en su domicilio, es facilitara el cuidado compartido en los enfermos crónicos. Para dicho modelo se seleccionó al lenguaje unificado de modelado (UML) por el nivel de abstracción que se modelar en base a los servicios del sistema de telemedicina cuyo modelo se validó experimentando en enfermos con déficit pulmonar obstruida crónica del hospital

clínico de Barcelona, permitiendo así validar así el buen funcionamiento del servicio de modelo propuesto cuyos pacientes y médicos pudieron identificar cambios al modelo propuesto así como la aceptación entre los pacientes y médicos.

Dicha investigación se relaciona con el proyecto de investigación en generar soluciones que mejoren la calidad de la vida de los pacientes crónicos y que además está centrado en el enfermo y su domicilio rompiendo esquemas de movilidad del paciente haciendo uso de las tecnologías.

## 2.2 Marco teórico

### Ritmo cardiaco

El ritmo cardiaco está relacionado con los latidos del corazón, es decir son los signos vitales más populares; pero a su vez son indicadores muy importantes de la salud del cuerpo humano. El ritmo cardiaco –frecuencia cardiaca - , es la forma de medir la aceleración o la no aceleración del corazón, de manera conceptual podemos indicar que es el número de veces que el corazón late durante un minuto.

### Ritmo cardiaco normal

Poder identificar cual es el rango normal del ritmo cardiaco es importante; pues, de esa manera podemos saber si nuestros órganos están recibiendo suficiente sangre para poder funcionar o si es necesario hacernos algún tipo de chequeo medico con la finalidad de detectar que está pasando con nuestra salud.

Tabla 7

*Valores de referencia pulsaciones en reposo por minuto*

---

<b>Hombres: valores de referencia pulsaciones en reposo por minuto</b>				
EDAD(AÑOS)	INADECUADO(PPM)	NORMAL(PPM)	BUENO(PPM)	EXCELENTE(PPM)
20-29	86 o más	70-84	62-68	60 o menos
30-39	86 o más	72-84	64-70	62 o menos
40-49	90 o más	74-88	66-72	64 o menos

50 o más                      90 o más                      76-88                      68-74                      66 o menos

Mujeres: valores de referencia pulsaciones en reposo por minuto

EDAD(AÑOS)	INADECUADO(PPM)	NORMAL(PPM)	BUENO(PPM)	EXCELENTE(PPM)
20-29	96 o más	78-94	72-76	70 o menos
30-39	98 o más	80-96	72-78	70 o menos
40-49	100 o más	80-98	74-78	72 o menos
50 o más	100 o más	84-102	76-82	74 o menos

### **Monitoreo del ritmo cardiaco**

Para monitorear el ritmo cardiaco podemos utilizar diferentes métodos, desde una manera manual hasta usando un equipo de electrocardiograma (ECG) que describiremos a continuación:

- Para el monitoreo manual debemos utilizar los dos primeros dedos de la mano y colocarlos en la muñeca, justo por debajo del pulgar con la palma hacia arriba, un pulso es equivalente a un latido. La cantidad de veces que late tu corazón en 20 segundos ese número se multiplica por 3 y el resultado será tu frecuencia cardiaca.
- Si queremos identificar cualquier problema cardiaco, podemos recurrir a la electrocardiografía que viene a ser un registro grafico que genera la lectura del musculo cardiaco mientras nos mantenemos quieto, este es un procedimiento ambulatorio que normalmente se colocan en el pecho, corazón y piernas, luego se conectan a la máquina de registro mediante electrodos de colores, el resultado del electrocardiograma (ECG) lo interpretará el doctor.
- Existe un monitor tipo Holter para monitorear la frecuencia cardiaca durante un periodo entre 24 a 48 horas que consiste en una grabadora conectada a las derivaciones del electrocardiograma (ECG) en el pecho, este dispositivo registra toda actividad, incluyendo cepillado de dientes , comer, ejercicios etc. Al final del periodo de registro se devuelve el monitor al hospital o doctor para su interpretación, con esta información se puede detectar arritmias cardiacas entre otras enfermedades del corazón.

## **Sistemas inteligentes**

Los sistemas inteligentes pueden ser un programa de computadora o una solución que agrupa componentes tanto de software como hardware, que cuenten con características similares al del ser humano o un animal, es decir puede analizar y tomar una decisión en base a sus experiencias, percepciones y conocimientos. Un sistema inteligente es aquella que puede ser capaz de percibir, razonar y actuar.

## **Sistema de información**

Según Moncada (2001) Un sistema de información se puede definir técnicamente como un conjunto de componentes interrelacionados que reúne (u obtiene), procesa, almacena y distribuye información para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización. Además de apoyar la toma de decisiones y el control en una organización. Además de apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control, los sistemas de información también ayudan a los administradores y trabajadores a analizar problemas, visualizar aspectos complejos y crear productos nuevos.

## **Sistema de información web**

Los sistemas de información web son un conjunto de páginas web relacionadas entre sí que usan recursos como imágenes, código, sonidos etc. Los sistemas de información han ido evolucionando con el pasar de los años empleado programas y entornos más complejos, la world Wide Web emplea un conjunto de recomendaciones éticas y tecnologías muy robustas que ofrecen fiabilidad y robustez a los usuarios.

## **Programación de aplicaciones web**

En el mundo del desarrollo de software podemos denominar aplicaciones web a toda aquella herramienta que los usuarios podemos utilizar accediendo a un servidor web a través de un navegador, es decir es aquel programa que se codifica en un lenguaje interpretable por los navegadores web, que su vez está estructurada normalmente en tres capas.



## Subsistema del prototipo y entorno relacionado.

En este capítulo se presenta el escenario bajo el cual se desarrolla el diseño del prototipo de monitoreo del ritmo cardiaco. En la figura 7 se puede apreciar que el sistema general consta de tres subsistemas principales:

- Subsistema de obtención de datos
- Subsistema de envío de datos
- Subsistema de recepción de datos



Figura 6. Diagrama de subsistema del prototipo.

El diseño de cada subsistema se lo realizará por módulos, considerando los requerimientos y características básicas para el funcionamiento del prototipo, como se muestra en la figura 8.

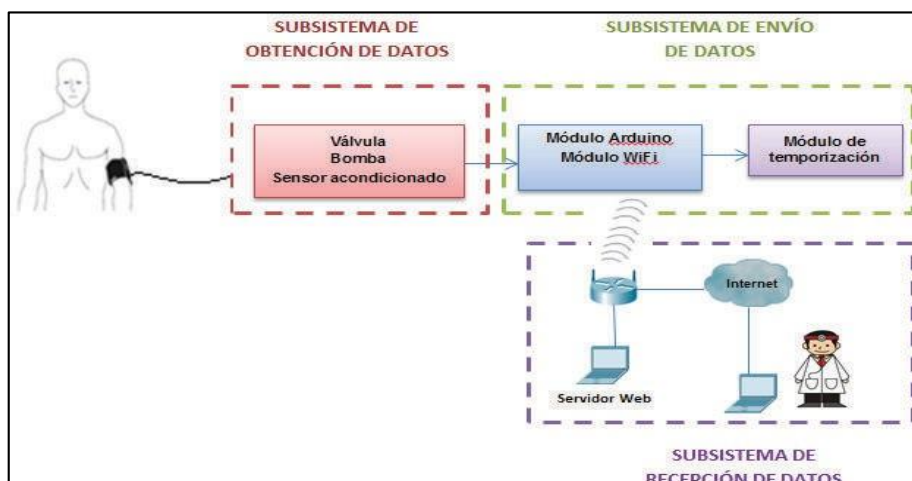


Figura 7. Diagrama de módulos del sistema.

## **Subsistemas de obtención de datos**

Este subsistema se encargará de la adquisición de datos está compuesto por el sensor AD8232 (Módulo acondicionado para medir la presión del ritmo cardiaco), la tecnología GPRS/GSM (modulo encargado de la llamada y envío de mensajes), el arduino uno (Encargado de integrar todos los componentes) y el SIM 9100(Encargado de hacer comunicación) el cual será el responsable de obtener las medidas y enviarlas al siguiente subsistema para su procesamiento.

El sensor del ritmo cardiaco viene acondicionado para emitir una señal digital por lo que no es necesario realizar la conversión analógica/digital en el subsistema de envío de datos.

## **Subsistema de envío de datos**

El usuario podrá visualizar remotamente e interpretar los datos obtenidos del sensor de presión arterial y ritmo cardiaco a través de una interfaz gráfica que se montará en un servidor web y de base de datos para almacenamiento de la información.

## **Arquitectura cliente –servidor**

Una arquitectura cliente-servidor es un ejemplo de un modelo de aplicación distribuida que permite intercambiar información, compartir recursos o servicios a través de la red Este modelo tiene dos componentes denominados cliente y servidor, y pueden ser ejecutados en entornos separados, es decir, en diferentes plataformas, sin que ninguno de ellos conozca su ubicación física.

El término cliente, también llamado “lado del cliente” se utiliza para referirse a una aplicación o programa que puede ser ejecutado por una persona, o también, dicha aplicación puede llevar a cabo tareas automáticas; de cualquier manera, es utilizado para realizar peticiones al servidor ya sea para acceder a información, o solicitar servicios o recursos.

El término servidor, también llamado “lado del servidor” hace referencia a ordenadores remotos que ejecutan aplicaciones para proveer la información, recursos o servicios, solicitados por el cliente.

Estos dos componentes son independientes de la arquitectura de red que se utiliza para intercambiar la información. En la figura 2.12 se ilustra de mejor manera el modelo cliente-servidor en aplicaciones. Como se observa, el cliente realiza una petición http al servidor, dicha petición viaja por el Internet, el servidor receipta la petición, la procesa y envía una respuesta que contiene información que el cliente ha solicitado. Esto es un ejemplo claro de una aplicación web.

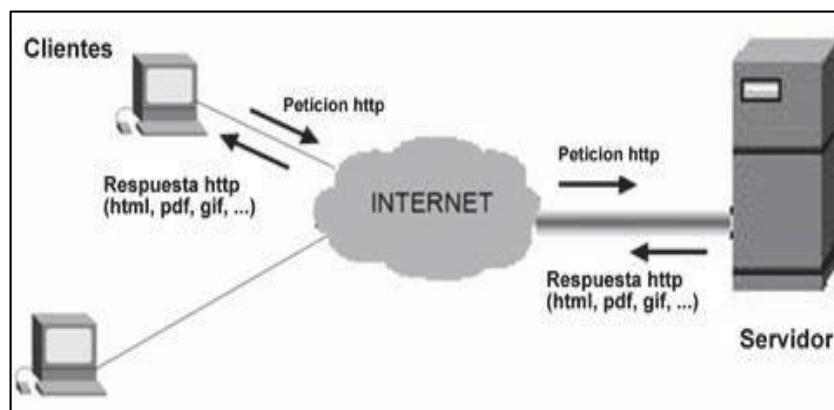


Figura 8. Diagrama de módulos del sistema 2.

### Patrón de diseño MVC

El patrón de diseño MVC, Modelo-Vista-Controlador, es una propuesta que permite separar el código que forma parte de la interfaz de usuario de una aplicación (también llamado lógica de presentación), del código que realiza el procesamiento y manipulación de la información, consultas a la base de datos, validación de datos, entre otros; también llamado lógica de la aplicación.

MVC separa el desarrollo de una aplicación web en tres capas: capa Modelo, capa Vista y capa Controlador.

### ***La capa Modelo***

El modelo es la capa donde se maneja la persistencia a la base de datos, manipulación de la información y la denominada lógica de negocio. Toda la información que necesita ser procesada, validada y almacenada se lo lleva a cabo en esta capa.

### ***La capa Vista***

La capa Vista se encarga de generar la interfaz de usuario con toda la información que se ha solicitado al sistema. Generalmente, genera contenido HTML, CSS y JavaScript.

### ***La capa Controlador***

Es la encargada de gestionar todas las peticiones que realiza el cliente. La capa controlador permite la interacción entre la capa Vista y la capa Modelo. Además se encarga de verificar que las peticiones realizadas por el cliente sean válidas, comprobando autenticación o autorización entre otras reglas de comprobación que el sistema pudiera disponer como por ejemplo la validación de datos enviados por el usuario.

### **Flujo de MVC**

En la figura 2.13 se muestra un ejemplo del flujo que generalmente se tiene en el patrón MVC. Cabe destacar, que dicho flujo, es un ejemplo relativamente básico y sencillo utilizado para entender el patrón MVC. Dicho flujo empieza cuando un usuario utiliza el denominado cliente, en este caso un navegador web.

Esto lo hace a través de una URL, cuando el usuario presionó algún enlace o envió información a través de un formulario.

- La petición es recibida en el servidor y manipulada por la aplicación a través del controlador. Éste se encarga de delegar la búsqueda de la información, en la base de datos, a través del modelo.

- El modelo se conecta a la base de datos y recupera toda la información, siempre y cuando exista, y la retorna al controlador.
- El controlador toma una decisión dependiendo de si recibió o no información, en cualquiera de los dos casos procesa un resultado y le envía a la vista.
- La vista se encarga de generar un contenido con interfaz visual para enviar al cliente.

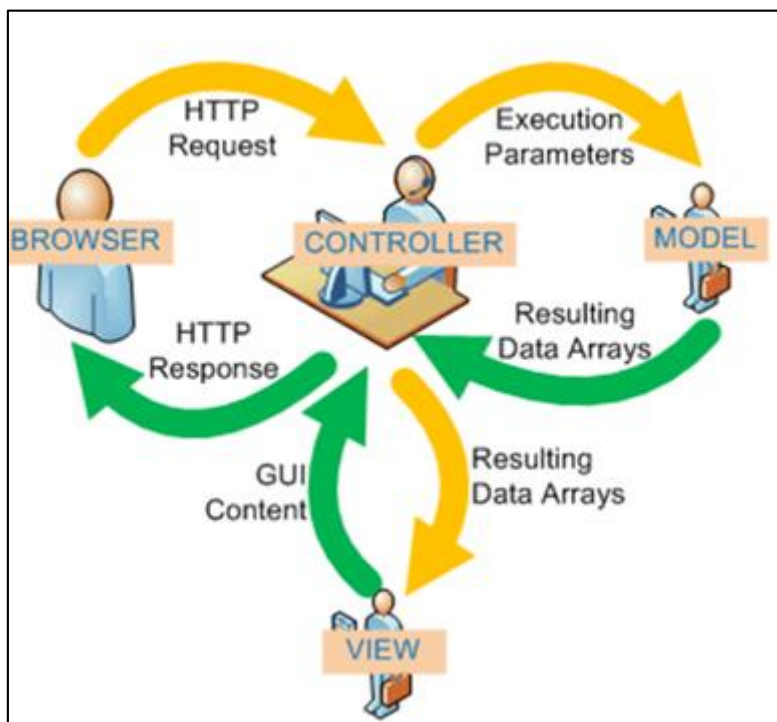


Figura 9. Flujo de MVC.

### Beneficios de usar MVC

Hay varias ventajas que se pueden mencionar sobre el uso del patrón MVC, sin embargo, se mencionarán tres ventajas, puesto que el estudio del patrón MVC ha sido de forma general sin entrar detalles del mismo.

La primera y principal ventaja de usar MVC sobre el diseño de aplicaciones web, es la separación de responsabilidades. Es claro que cada capa tiene una responsabilidad asignada y por lo tanto, la aplicación se vuelve mucho más fácil de programar.

Por ejemplo, las consultas a la base de datos estarán contenidas en la capa modelo; procesar las peticiones que el usuario realiza serán tareas encargadas en la capa controlador y finalmente, la capa vista será la encargada de generar el contenido visual que el usuario final verá en una página web.

La segunda ventaja está asociada implícitamente con la primera, y es que permite la escalabilidad de la aplicación web. Esto es porque provee separación de responsabilidades y por lo tanto permite que el sistema sea mucho más modular, es decir, que se puedan desarrollar pequeños módulos y acoplarlos al sistema sin mayores complicados.

Por último, la tercera ventaja, es que se evite lo que se llama el código spaguetti, es decir, diferentes lenguajes de programación en un solo archivo. Por ejemplo, mezclar PHP y HTML en un mismo archivo.

## **Herramientas de desarrollo**

### *Plataformas*

#### *Selección de la plataforma de microcontrolador*

Existen algunos tipos y modelos para el desarrollo de plataformas de microcontroladores de acuerdo a la solución que se requiere en cada proyecto, sin embargo por su estructura algunas son demasiado costosas y complejas.

#### *Características del microcontrolador*

Tomando en cuenta las características de las plataformas de microcontroladores investigadas, se eligió la Plataforma Arduino, ya que es la opción más robusta y cuenta con la mayor cantidad de documentación, además simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores, es más accesible y es de bajo costo.

La selección de la plataforma para el prototipo de monitoreo de presión arterial y ritmo cardiaco cumple con las siguientes características:

- Disponibilidad de puertos y pines para la conexión.
- Puertos de conexiones de pines de entradas y salidas digitales.
- Entorno Multi-Plataforma, sin limitaciones a un solo sistema operativo.
- Ambiente de programación simple.

Hardware ampliable y software de código abierto para que se puedan optimizar el uso de módulos.

### **Descripción general de la plataforma Arduino Uno**

Arduino Uno es una plataforma de código abierto, está desarrollado con lenguaje de programación processing y conformado por una placa que contiene un microcontrolador marca ATMEL.

El software de Arduino Uno es multi-plataforma, por lo que se puede desarrollar en diferentes sistemas operativos como: Windows y Linux; además el lenguaje puede expandirse y modificarse mediante librerías de C++ y lenguaje de programación AVR.

Se fundamenta en los microcontroladores ATEMGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280. Los módulos pueden optimizar su uso dependiendo el diseño del circuito ya que están publicados bajo licencia creative commons.

### **Hardware de la Placa Arduino Uno**

La plataforma Arduino Uno puede adquirirse directamente ensamblada, incluye una placa electrónica que usa solamente un microcontrolador, el cual ejecuta las instrucciones y lleva a cabo la comunicación. El lenguaje de programación y entorno de desarrollo de código abierto basado en Java, ayuda en la producción de proyectos multimedia de diseño digital, la licencia CC se utiliza cuando un autor da el derecho de compartir, utilizar y construir sobre una obra que han creado.

## Descripción de la Placa Arduino Uno

La figura 2.3 muestra la distribución de los componentes de la placa Arduino Uno y a continuación se detalla la función de cada uno de ellos.

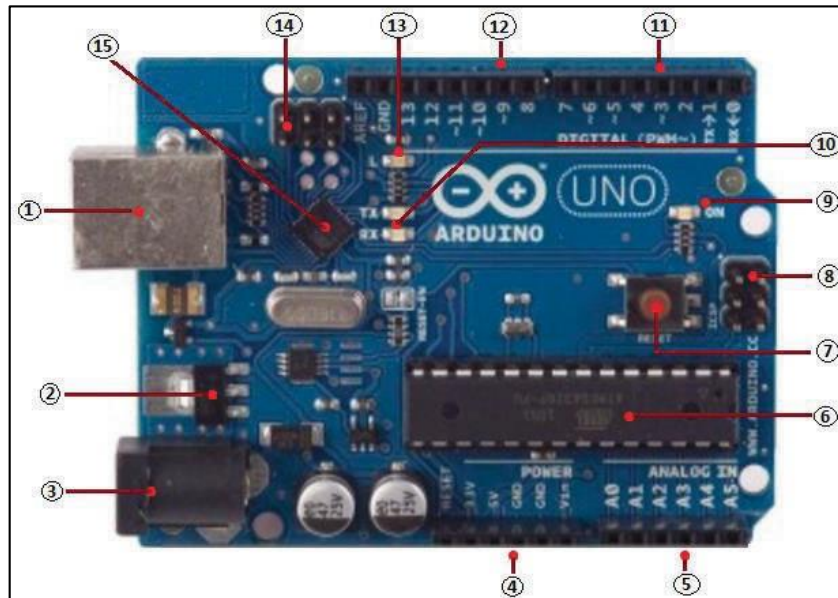


Figura 10. Componente de la placa Arduino Uno.

1. **Conector USB:** Provee una fuente de 5 VDC para alimentar al Arduino.
2. **Regulador de voltaje de 5 V:** Se encarga de convertir el voltaje ingresado por el plug 3, en un voltaje de 5 V regulado necesario para el funcionamiento de la placa y para alimentar circuitos externos.
3. **Conexión para fuente de alimentación externa:** Es el voltaje que se suministra.
4. **Puerto de conexiones:** Dispone de 6 pines de conexión con las funciones de RESET que permite resetear el microcontrolador al enviarle un cero lógico. Pin 3.3 V provee de una fuente de 3.3 VDC para conectar dispositivos externos. Dos pines GND para la salida de cero voltios. Pin Vin se usa para conectar la alimentación de la placa con una fuente externa o la alimentación por el puerto USB.



5. **Entradas análogas:** En este bloque de puertos se conectan las salidas de sensores análogos. Estos pines funcionan como entradas recibiendo voltajes entre 0 y 5 voltios.
6. **Microcontrolador:** Se usa el microcontrolador Atmega pero en montaje superficial.
7. **Reset:** Botón que permite resetear el microcontrolador haciendo que reinicie el programa.
8. **Pines de programación ICSP:** Son utilizados para programar microcontroladores en protoboard o sobre circuitos impresos sin tener que retirarlos de su sitio.
9. **Led ON:** Se enciende cuando el Arduino está activado.
10. **Leds de recepción y transmisión:** Se encienden cuando la tarjeta se comunica con el PC. El Tx indica transmisión de datos y el Rx recepción.
11. **Pines de entradas o salidas digitales:** La configuración de los puertos como entrada o salida debe ser incluida en el programa.
12. **Puerto de conexiones de 5 entradas o salidas adicionales:** Las salidas 9, 10 y 11 permiten control por ancho de pulso; la salida 13 es un poco diferente pues tiene conectada una resistencia en serie, lo que permite conectar un led directamente entre ella y tierra. Finalmente hay una salida a tierra GND y un pin AREF que permite ser empleado como referencia para las entradas análogas.
13. **Led pin 13:** Indica el estado en que se encuentra.
14. **Pines de programación ICSP:** Se utilizan para programar microcontroladores en protoboard o sobre circuitos impresos sin tener que retirarlos de su sitio.
15. **Chip de comunicación:** Permite la conversión serial a USB.

Tabla 8

*Especificaciones técnicas del arduino uno*

<b>Especificaciones técnicas</b>	
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de funcionamiento	5 V
Voltaje de entrada	7-12 V
Voltaje de entrada (límite)	6-20 V
Pines digitales I / O	14 (6 proporcionan salida PWM)
Pines digitales PWM I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC	20 mA
Corriente DC de 3.3 V	50 mA
Memoria flash	32 KB (0,5 KB son utilizados por el gestor de arranque)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	68,6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

### **Subsistema de envío de datos**

Este subsistema toma la información del ritmo cardiaco del subsistema de obtención de datos y los transmite inalámbricamente mediante un módulo WiFi al servidor para su almacenamiento.

El módulo Arduino Uno es el encargado de recibir la señal hexadecimal del módulo de obtención de datos, establece las condiciones de inicio y término de medida además de intervalos de tiempos de medición, para luego enviarlas al módulo WiFi que utiliza el protocolo SPI<sup>13</sup> para recibir los datos del Arduino Uno y en segunda instancia los envía inalámbricamente a la red de datos.

Además se incluirá un módulo de temporización, éste recibe la señal digital de los pulsadores para visualizar las acciones como subir, bajar, encender, y pausar el proceso de medición. Para esto se usará un display a color QVGA 2.2 TFT 240x320 que mostrará el tiempo y las acciones que se realizan en ese momento.

## **Subsistema de recepción de datos**

Los datos enviados inalámbricamente al servidor son gestionados a través de una página Web y una base de datos, donde el paciente tendrá acceso para visualizar su ficha médica.

## **Disposición de la red de comunicación**

Entre los equipos que permitirán la recepción de datos, se establecen los siguientes, los mismos que se muestran en la figura 2.11:

- Router inalámbrico.
- Servidor Web.
- Prototipo de medición.

La red de datos incluye el equipo y el servicio de Internet brindado por un proveedor de servicios; y un router inalámbrico para la conexión física al servidor 13 Protocolo síncrono que trabaja en modo full duplex para recibir y transmitir información, permitiendo que dos dispositivos pueden comunicarse entre sí al mismo tiempo y la comunicación WiFi del dispositivo, tomando en cuenta parámetros de frecuencia y seguridad.

El equipo de conexión que permitirá tener una red privada para la comunicación del dispositivo y el servidor debe contar con las siguientes características:

- Mínimo 2 puertos de red 10/100 Mbps
- Banda de frecuencia 2.4 GHz
- Compatibilidad con los estándares IEEE 802.11 b/g/n, IEEE 802.3
- Seguridad WPA/WPA2
- Alimentación eléctrica 5 VDC y 1 A

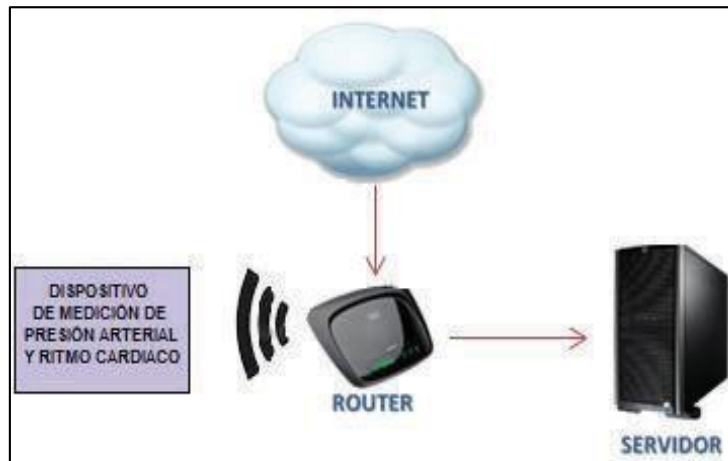


Figura 11. Disposición física de la red.

## Técnicas

### *Selección de módulo de comunicación*

Es importante considerar algunos aspectos para la selección del dispositivo como: la interfaz, los protocolos de comunicación, así como la disponibilidad del dispositivo en el mercado.

### *Características requeridas del módulo wifi*

El equipo a seleccionar debe ser compatible para trabajar con la plataforma Arduino Uno anteriormente escogida en la sección 2.2. Además, en razón de que el alcance planteado fue trabajar con WiFi, a través de estándar IEEE 802.11 b/g, proporciona la velocidad suficiente para transmitir los datos y exige banda de frecuencias de 2.4 GHz y cifrado: WEP y WPA2 Personal.

Se eligió el módulo WiFi Shield MRF24WB0MA ya que cumple con los requerimientos necesarios para el sistema y es compatible con la plataforma Arduino Uno.

### ***Descripción general del módulo wifi seleccionado***

El módulo Wifi Shield conecta el Arduino a Internet de forma inalámbrica, tomando en cuenta que todos los elementos de la plataforma hardware, software y documentación es de libre acceso y de fuente abierta. La figura 2.4 muestra el diagrama de pines del módulo WiFi.

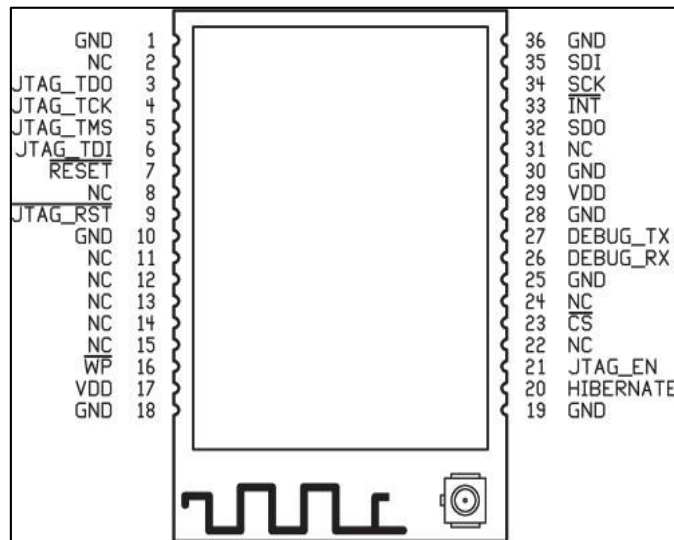


Figura 12. Diagrama de pines de módulo WIFI.

### ***Características técnicas del módulo WiFi***

Entre las características generales del módulo Wifi se pueden citar las siguientes:

- Compatible con IEEE 802.11b / g / n
- Dirección MAC única
- Velocidad de datos mínima: 1 y 2 Mbps
- Montaje superficial
- Opción de antena externa
- Alcance: hasta 400 m
- Individual tensión de funcionamiento: 2.7 V - 3.6 V (3.3 V típico)
- Rango de temperatura: -40 ° C a + 85 ° C Bajo consumo de corriente: Modo RX - 85 mA Modo TX - 154 mA
- Control de acceso CSMA / CA
- Soporta seguridad: WEP, WPA-PSK y WPA-2-PSK.
- Soporta: Infraestructura, ad hoc

### ***Selección del sensor a utilizar***

Según lo analizado para el presente proyecto es de interés medir parámetros como: presión arterial y ritmo cardiaco. Para la selección del sensor es necesario considerar varios aspectos como tiempo de respuesta, precisión y disponibilidad en el mercado.

### ***Características requeridas del sensor***

- El tiempo de respuesta será configurable en función de las aplicaciones que tenga el equipo, en este caso debe permitir tomar datos en el orden de segundos a minutos, para mantener constancia en la adquisición de muestras.
- Disponibilidad en el mercado.
- La precisión del sensor no debe superar el 5% para obtener una medida muy próxima al valor real.

### **Descripción del sensor de presión y ritmo cardiaco**

De los tipos de sensores descritos en el capítulo 1 se puede observar que el MPX5100 viene calibrado y compensado en temperatura, además que cuenta con acondicionador de señal de salida de 0-5 V.

### **Sensor MPX5100**

MPX5100 es un transductor monolítico de silicio; está diseñado para una amplia gama de aplicaciones y combina técnicas avanzadas de película delgada de metalización y procesamiento bipolar para proporcionar una señal de salida analógica precisa que es proporcional a la presión aplicada.

### **Especificaciones técnicas del Sensor MPX5100**

- Rango de Presión: 15 a 115 kPa
- Voltaje de alimentación: 4,75 – 5,25 VDC
- Corriente de alimentación: 10 mA
- Precisión: 2,5%

- Tiempo de respuesta: 1 ms
- Rango de tem
- Temperatura de 0 ° C a 85 ° C



Figura 13. Sensor MPX5100.

## Monitoreo

El monitoreo viene hacer el seguimiento rutinario de la información relevante tanto del progreso de las actividades y resultados. El monitoreo trata de responder la pregunta “¿Que estamos haciendo?” para detectar algún síntoma o anomalía en el funcionamiento de un sistema.

Tabla 9

*Visión general*

<b>Preguntas clave</b>	<b>Enfoque de monitoreo</b>
¿Cuándo se hace?	Continuamente.
¿Qué información se recopila?	La información disponible sobre los resultados o productos.
¿Con qué propósito?	Con el propósito de verificar que las actividades están siendo desarrolladas según lo planeado.
¿Quién lo hace?	El personal del proyecto como parte de su trabajo cotidiano.
¿Para qué se utilizan los resultados?	Para mejorar la calidad de la ejecución y ajustar la planeación. También sirve de insumo a la evaluación.

Las normas internacionales IMAS definen el monitoreo como:

La supervisión periódica de un proceso o la ejecución de una actividad que busca establecer si los insumos entregados, cronogramas de trabajo y otras acciones requeridas y resultados previstos se están desarrollando de acuerdo con el plan, con el objeto de tomar acción oportuna para corregir cualquier deficiencia detectada. (s.p.).

El monitoreo es el proceso de rastrear o medir lo que está sucediendo en un programa. El monitoreo combina el monitoreo interno que tiene por objeto verificar la ejecución del programa o proyecto con el monitoreo externo que tiene por objeto asegurar que el proyecto está siendo ejecutado de conformidad con los estándares nacionales y/o términos de acreditación. (UNICEF, 2005)

### **Descripción de los subsistemas del prototipo**

El sistema general consta de tres subsistemas principales: obtención de datos, envío de datos y recepción de datos.

### **Metodología V o de 4 niveles**

El Método-V es un modelo para desarrollo de software embebido; un método similar a la metodología en cascada haciendo este una representación gráfica del ciclo de vida del desarrollo de sistemas.

Este tipo de modelo se enfoca al desarrollo de software en un componente embebido para el proceso de desarrollo de sistemas integrados desde el punto de vista del software se presenta como la V - modelo clásico

El siguiente grafico representa el desarrollo del software con el modelo V:



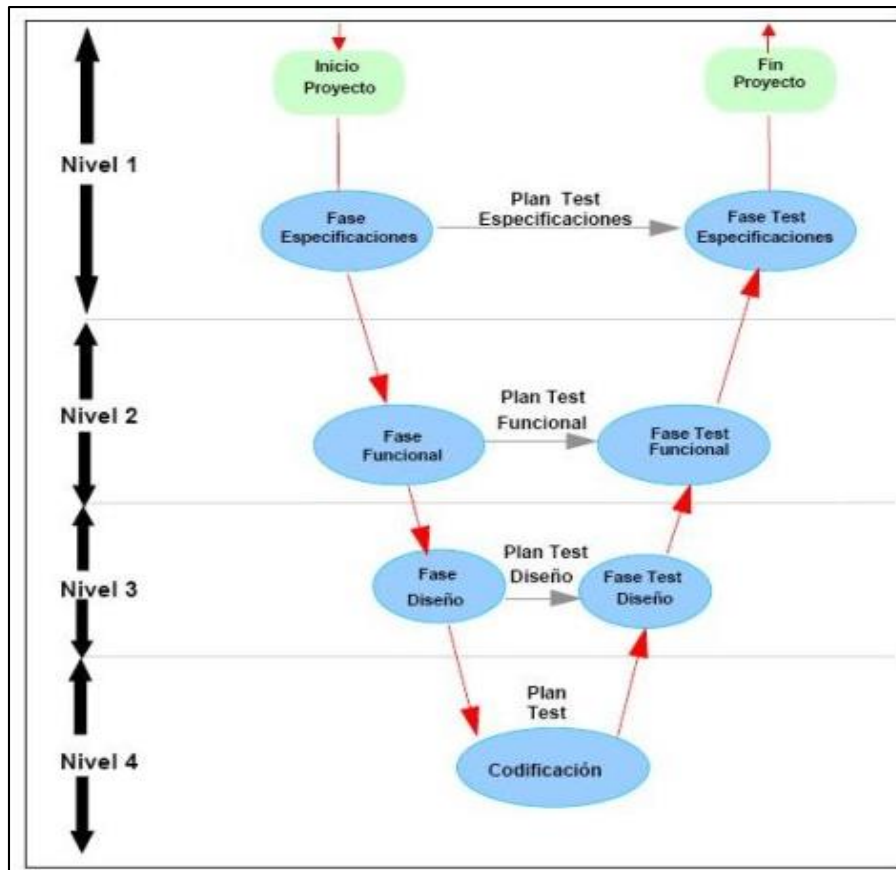


Figura 14. Metodología en V, adaptado de “Metodología en V” por UDT, 2008.

El modelo en v es un proceso que representa la secuencia de pasos en el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto. Describe las actividades y resultados que han de ser producidos durante el desarrollo del producto. La parte izquierda de la v representa la descomposición de los requisitos y la creación de las especificaciones del sistema. El lado derecho de la v representa la integración de partes y su verificación. V significa “Validación y Verificación”.

La figura anterior representa el Modelo en V, o Modelo de Cuatro Niveles, del ciclo de vida de un proyecto de desarrollo de software. El modelo representa, en forma de V, las relaciones temporales entre las distintas fases del ciclo de desarrollo de un proyecto.

El lado izquierdo de la V representa la descomposición de las necesidades y la creación de las especificaciones del sistema

El lado derecho de la V representa la integración de las piezas y por último su verificación y puesta en ejecución.

### ***Niveles del modelo V***

El nivel 1: Está orientado al “cliente”. El inicio del proyecto y el fin del proyecto constituyen los dos extremos del ciclo. Se compone del análisis de requisitos y especificaciones, se traduce en un documento de requisitos y especificaciones.

El nivel 2: Se dedica a las características funcionales del sistema propuesto. Puede considerarse el sistema como una caja negra, y caracterizarla únicamente con aquellas funciones que son directa o indirectamente visibles por el usuario final, se traduce en un documento de análisis funcional.

El nivel 3: Define los componentes hardware y software del sistema final, a cuyo conjunto se denomina arquitectura del sistema.

El nivel 4: Es la fase de implementación, en la que se desarrollan los elementos unitarios o módulos del programa.

### ***Fases del modelo V***

Fase1: Especificaciones. Se deben definir y documentar los diferentes requisitos del sistema a desarrollar, identificando los valores numéricos más concretos posibles.

Fase2: Diseño Global. También llamado diseño de alto nivel. Su objetivo es obtener un diseño y visión general de sistema.

Fase3: Diseño en Detalle. Consiste en detallar de una manera más detallada cada parte de la segunda fase.

Fase4: Implementación. En esta fase procederemos a materializar el diseño a detalle.

Fase5: Prueba de unidad. En esta fase se verifica cada módulo Hardware y Software de forma unitaria, comprobando su funcionamiento adecuado.

Fase6: Integración. En esta fase se integran los distintos módulos que forman el sistema. Como en el caso anterior, ha de generarse un documento de pruebas. Por una parte, se debe comprobar en todo el sistema el funcionamiento correcto, y por otra, en caso de tratarse con un sistema tolerante a fallos, debe verificarse que ante la presencia de un fallo persiste el funcionamiento correcto. Se comprueba el cumplimiento de los requisitos establecidos.

Test operacional del sistema: se realizan las últimas pruebas, pero sobre un escenario real, en su ubicación final, anotando una vez más las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

### ***Ventajas Modelo V***

Las ventajas que se pueden destacar de este modelo son las siguientes:

- El modelo en V hace más explícita la tarea parte de la iteración de las actividades del proceso.
- Las pruebas de cada fase ayudaran a corregir posibles errores sin tener que esperar a que sean rectificadas en la etapa final del proceso.
- Con las pruebas unitarias y de integración se consigue obtener exactitud en los programas.

### ***Inconvenientes***

Entre los inconvenientes y las críticas que se le hacen a este modelo está la siguiente: Al encontrarse errores luego de realizar las pruebas se pierde tiempo y dinero, ya que cada prueba se realiza luego de haber terminado la implementación.

En el caso de este modelo son, obviamente, más las ventajas que encontramos, hace el proceso más dinámico, con la opción de realizar pruebas que nos ayudarán a corregir posibles errores durante su fase de desarrollo además de poseer ventajas realmente notables

que lo convierten en un modelo más completo y robusto que nos ayudaran a obtener un sistema de mejor calidad.

Tabla 10

*Comparación de metodologías*

<b>Cuadro comparativo de metodologías</b>			
criterio	Metodología V	Metodología Scrum	Metodología de desarrollo XP.
Nivel complejidad	Normal	Normal	Dificil
Mayor Presencia en investigaciones	Si	No	No
Menor tiempo en elaboración de prototipos	Si	No especifica	No especifica
Acceso a la metodología	Si	Si	Si
Mayor información divulgada sobre la metodología	Si	Si	No

Se optó por la metodología en V debido a que es ideal para proyectos pequeños, además cuenta con solo tiene 4 etapas y se puede aplicar de manera práctica a los requerimientos específicos, funcionales y de diseño del prototipo.

Tabla 11

*Backlog inicial*

Id	Nombre de tarea	Actividades a realizar
0	Análisis para la elaboración de un prototipo enfocado a la telemedicina	Investigar como el uso de sistemas de información orientado a la medicina (Arduino y sus módulos compatibles)
1	Desarrollo de un prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino para monitorear el ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real	Investigar las tecnologías, funcionalidad de componentes y evaluación de precios. Adquisición de componentes y armado del prototipo:
2	Análisis de Funcionalidades	Definir el modelo y la interacción entre el prototipo y el sistema web (definir las tecnologías MySQL y PHP y CSS) Armar el prototipo en base a los componentes adquiridos.  - Arduino Mega con Alimentación de energía
3	Desarrollo de la funcionalidad Rfa1 y Rfa2 y Rfa3	- Arduino Mega con Modulo Wifi  - Arduino Mega con Modulo EGC  - Arduino Mega con Modulo GSM
4	Revisión de la funcionalidad Rfa1 y Rfa2 y Rfa3	Validar que el Aduino Mega pueda suministrar energía a todos los componentes sin apagarse.

		Validar que el Modulo EGC envíe información al Arduino Mega
		Validar que el Modulo WiFi transfiera los datos obtenidos por el Arduino Mega del Módulo EGC
		Validar que el Modulo GSM realice llamada a un nro. Celular y envíe un SMS.
5	Desarrollo de la funcionalidad de la alarma	Desarrollar lógica que permita realizar una llamada y envíe de SMS cuando el ritmo cardiaco del paciente sea mayor al normal. De manera auxiliar se agregó un botón que multiplique el valor ritmo cardiaco para simular un paro cardiaco.
6	Revisión de la funcionalidad de la alarma	Validar que no realice llamada o envío de sms mientras el ritmo cardiaco fuera normal.
7	Desarrollo de la funcionalidad Rfapp1 y Rfapp2	Validar que si realice la llamada y envío de sms cuando se presione el botón. Desarrollar la aplicación web php (visualización de los registros del almacenamiento de la tabla mysql y descargar en formato php como buscar por fechas) y la tabla de msyql que almacenara la información del ritmo cardiaco
8	Revisión de las funcionalidades Rfapp1 y Rfapp2	Validar que: - La aplicación web al detectar un valor fuera del límite almacena en la columna ATAQUE de la BD MySQL. - El módulo arduino al analizar que el valor está por fuera de límite, activara el módulo SIM9100 para que realice la alerta.
9	Revisión final del funcionamiento de la aplicación	Validar que el prototipo y la aplicación funcionen de manera integrada. Se presentó fallas al realizar la llamada Validar que el prototipo y la aplicación funcionen de manera integrada, Se detectó que el módulo GSM tiene la limitante de hacer llamadas en lugar donde haya cobertura.
10	Segunda revisión del proyecto	

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

### 3.1 Estudio de factibilidad

#### Factibilidad técnica

Sobre la factibilidad técnica es posible, dado que en el mercado podemos encontrar los equipos tanto de hardware como de software, esto hace que el proyecto pueda llevarse a cabo con el menor riesgo posible, de acuerdo a lo investigado previamente podemos concluir que nuestro proyecto es factible técnicamente, debido a que contamos con información para el desarrollo de la misma.

De modo tal, las tecnologías que se requiere para la construcción del prototipo de sistema inteligente son:

Tabla 12

*Componentes de hardware*

<b>Hardware</b>
Protoboard
Arduino Mega
Módulo Gps
Módulo Gsm
Relé 4 canales
Sensor de Vibración
Luces Led
Acelerómetro
Cables Jumper
Protectores Arduino
Interruptor
Batería 9v
Chip Teléfono
Recarga de Saldo
Laptop
Software
Fritzing
Arduino IDE
Android Studio

#### Factibilidad operativa

El proyecto es factible operativamente, puesto que los investigadores conocen las tecnologías y metodologías para el desarrollo del proyecto prevaleciendo el objetivo común,

además se cuenta con asesoría de profesionales de electrónica y el área de salud para en la realización del prototipo del sistema inteligente.

Tabla 13

*Roles de equipo*

<b>Responsable</b>	<b>Rol</b>
Arnao Rosales Claudio	Analista Funcional
Luis Eduardo Chambi Furo	Analista Programador

### **Cronograma de Actividades**

(Ver anexo 1)

### **Factibilidad económica**

El proyecto es factible económicamente, ya que la inversión que se está realizando es justificada. Esta inversión podría ser recuperada a largo plazo en una posible comercialización del producto.

Tabla 14

*Costos del proyecto*

	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (S/.)</b>
<b>Recursos Humanos</b>			
Arnao Rosales Claudio.	500	5 meses	2,500
Luis Eduardo Chambi Furo.	500	5 meses	2,500
<b>Recursos Materiales</b>			
Protoboard	18.00	2	36.00
Arduino Mega	90.00	2	90.00
Módulo Gps	160.00	1	90.00
Módulo Gsm	220.00	1	190.00
Relé 4 canales	22.00	1	22.00
Sensor de Vibración	15.00	1	15.00
Luces Led	0.40	10	4.00
Acelerómetro	20.00	1	20.00
Cables Jumper	15.00	2	30.00
Protectores Arduino	17.00	3	51.00
Interruptor	0.80	3	2.40
Batería 9v	5.00	2	10.00
Chip Teléfono	5.00	1	5.00
Recarga de Saldo	10.00	3	30.00
<b>Servicios</b>			



Movilidad	5.00	30	150.00
Conexión a Internet	80.00	3 meses	240.00
Bienes			
Impresión	20.00	3	60.00
Materiales de escritorio	40.00	---	40.00
Hardware			
Laptop	0,00	0,00	0,00
Software			
Fritzing	0,00	2	0,00
Arduino IDE	0,00	2	0,00
Android Studio	0,00	2	0,00
Costo			5,385.400
10 % de imprevistos			538.54
Total			5,923.94

### 3.2 Metodología para el desarrollo del prototipo

Fase1: Especificaciones: Aquí definiremos los requisitos del hardware y de la aplicación, donde asignaremos un valor prioritario a cada uno.

Fase2: Diseño Global: Se visualizaremos el diseño del prototipo elaborado con el software fritzing.

Fase3: Diseño en Detalle: Se detallará el funcionamiento del prototipo y como debería ser la aplicación.

Fase4: Implementación: Se dará inicio a desarrollar nuestro prototipo junto a la aplicación tomando los requerimientos en orden prioritarios.

Fase5: Prueba de unidad: se verificará el funcionamiento del prototipo.

Fase6: Integración: integraremos el prototipo a la aplicación para validar que cumplan con todas las funciones mencionadas en los requerimientos.

## Fase I: Definición de Especificaciones

### *Análisis de requerimientos de la aplicación*

Tabla 15

#### *Requerimientos de la aplicación*

<b>Requerimientos no funcionales</b>	
Rnfapp1	La aplicación web debe contar con una disponibilidad del 99,99% de las veces en que un usuario intente acceder.
Rnfapp2	La aplicación web debe ser desarrollada para las plataformas web.
Rnfapp3	La interfaz gráfica de la aplicación web debe ser de fácil navegabilidad para los usuarios.
Rnfapp4	La aplicación necesita que el chip del módulo SIM 9100 cuente con paquetes de Datos y saldo disponible para la realización de llamada y el envío de los SMS.
Rnfapp5	Se deberá utilizar HTML y PHP para el desarrollo de la aplicación.
Rnfapp6	La aplicación necesita como mínimo estar alojada en un host con IP pública.
Rnfapp7	Las interfaces de la aplicación deben ser amigables e intuitivas.
Rnfapp8	La aplicación debe ser fácil de analizar y modificar para corregir posibles fallas.
Rnfapp9	La aplicación debe contar con un dominio sencillo y de nombre corto.
Rnfapp10	El módulo Sim9100 cuente con un chip de telefonía móvil.
<b>Requerimientos funcionales</b>	
Rfapp1	La aplicación tendrá formulario de consulta de información por un rango de fechas.
Rfapp2	La aplicación tendrá un reporte de las capturas del electro cardiogramas del prototipo en un rango de tiempo( cada 60 segundos)
Rfapp3	El prototipo avisara al familiar y/o hospital que pueda brindar primeros auxilios ante un caso de emergencia cardiaca.
Rfapp4	El prototipo se comunicará mediante mensajes de texto (GSM) o llamada (GPRS) como alarma inteligente.

### *Análisis de requerimiento del prototipo (Arduino)*

Tabla 16

#### *Requerimiento de la alarma inteligente*

<b>Requerimientos funcionales</b>	
Rfa1	El sistema debe analizar las entradas obtenidas por el sensor de EC y ante una señal de alerta de un posible paro cardiaco, el prototipo enviara una llamada de alerta.
Rfa2	El sistema debe analizar las entradas obtenidas por el sensor de EC y ante una señal de alerta de un posible paro cardiaco, el prototipo enviara mensaje de texto.
Rfa3	El prototipo poseerá un botón físico para simular el paro cardiaco.

---

**Requerimientos no funcionales**

Rnfa1	El tiempo de respuesta del prototipo será de 10 segundos como máximo en al menos el 99.99% de las peticiones.
Rnfa2	No será posible el acceso al sistema de seguridad desde cualquier ordenador PC. Solo de los que cuenten con las credenciales de acceso.
Rnfa3	El sistema estará disponible el 99,9% del tiempo.
Rnfa4	El sistema debe contar con un módulo GSM.
Rnfa5	El sistema debe contar con un módulo WIFI.
Rnfa6	El sistema debe contar con un sensor EC
Rnfa7	El sistema debe estar conformado por 2 arduinos.

---

***Funcionalidades por orden de prioridad***

Tabla 17

***Funcionalidades por orden de prioridad***

---

<b>Funciones</b>	<b>Descripción</b>
Rfa1	El prototipo debe contar con 2 estados, activo (ON) o inactivo (OFF).
Rfa2	El prototipo debe analizar las entradas obtenidas por el sensor de EC y una señal de alerta de un posible paro cardíaco, solo cuando el prototipo este en estado ON.
Rfa3	El prototipo debe analizar las entradas obtenidas del EC y enviar una señal de alerta de un posible paro cardíaco, solo cuando este en estado ON.
Rfa4	El sistema debe contar con un banco de baterías debido a su movilidad y su funcionamiento.
Rfa5	El prototipo poseerá un botón físico para el encendido y apagado.
Rfapp6	El aplicativo avisara a los interesados cuando el paciente presente una alteración en su ritmo cardíaco siempre en cuando este en estado ON o activo.
Rfapp7	El aplicativo avisara al familiar del paciente cuando detecte una lectura cardíaca con anomalía.
Rfapp8	El prototipo se comunicará mediante mensajes de texto (GSM) o llamada (GPRS) como la alarma inteligente.

---

## Fase II: Diseño global

### *Diseño de Prototipo*

En la siguiente figura se muestran todas las conexiones entre los sensores y la placa Arduino donde se aprecia el diagrama esquemático:

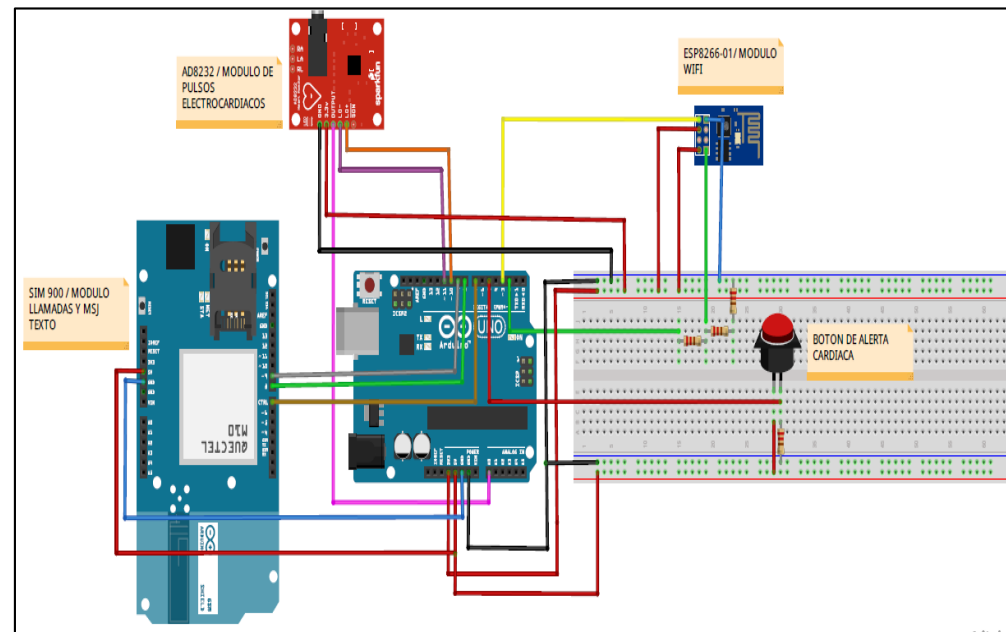


Figura 15. Diseño de prototipo diseñado con software fritzing.

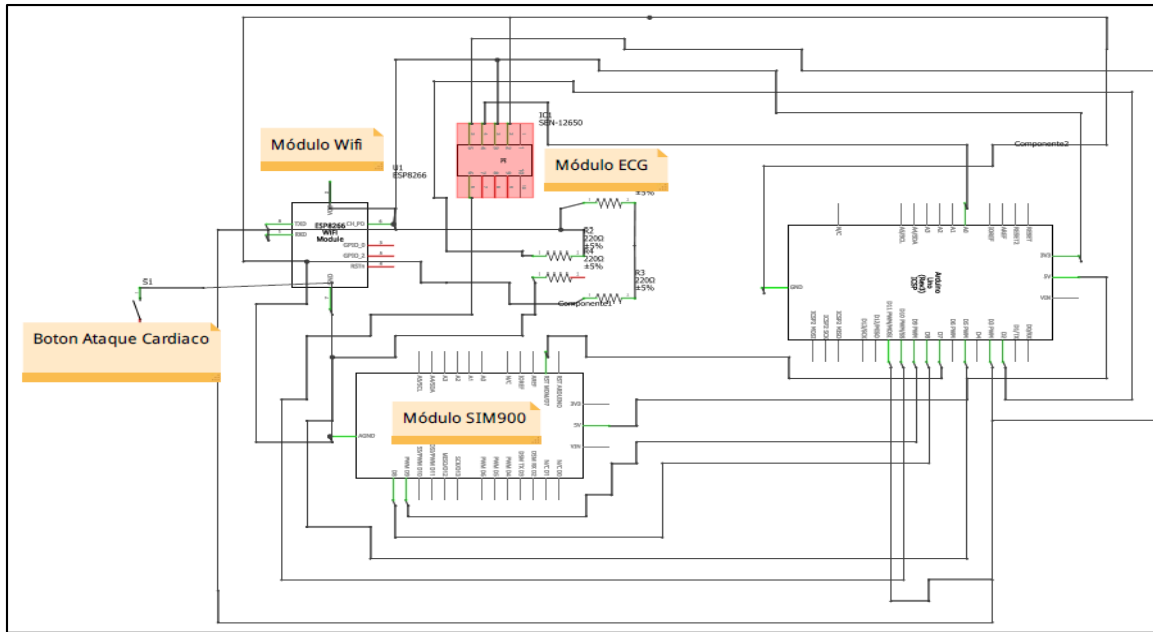


Figura 16. Diseño esquemático.

### Fase III: Diseño en detalle

#### *Funcionamiento del prototipo*

Ante cualquier anomalía crítica del corazón o alteración del ritmo cardiaco, la alarma inteligente envía una alerta a un familiar o centro médico o profesional de salud responsable del paciente.

En la siguiente figura se observa el funcionamiento de la alarma:

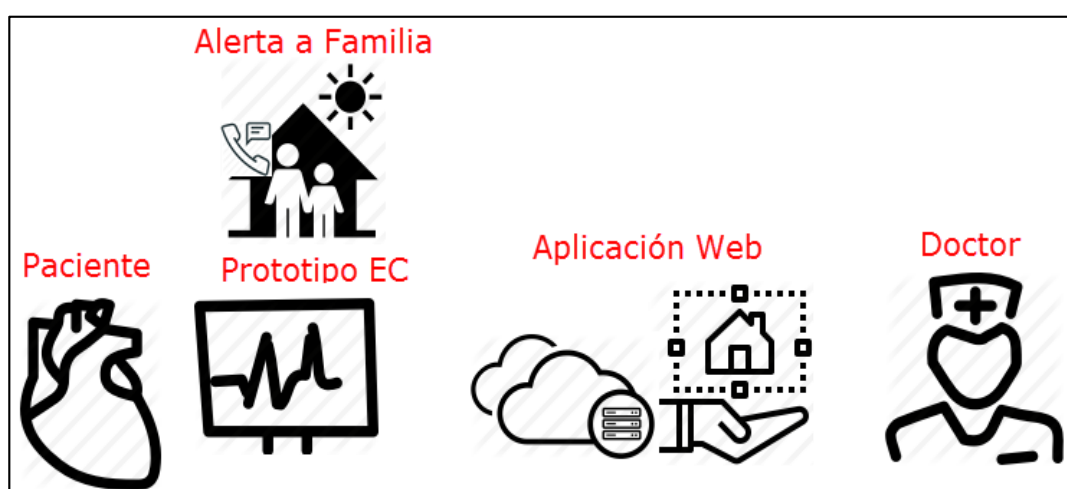


Figura 17. Funcionamiento de la alarma inteligente.

En la siguiente figura se muestra cómo debería ser la aplicación web.

- Cuenta con una ventada de inicio en la cual se muestra una breve descripción del prototipo.
- Cuenta con botón reporte de las lecturas de EC del paciente.
- Cuenta con dos controles DatePicker para elegir un rango de fechas.
- Cuenta con un reporte gráfico de líneas.



Figura 18. Prototipo de la aplicación.

### *Arquitectura de sistema*

En la siguiente figura se puede visualizar como es el proceso de la alarma inteligente durante la obtención de datos EC por medio de la red de telefonía móvil hacia el familiar o centro médico o profesional de salud responsable del paciente.

Se debe remarcar que la alarma reportara las incidencias siempre y cuando el prototipo cuente con la señal y saldo necesario.

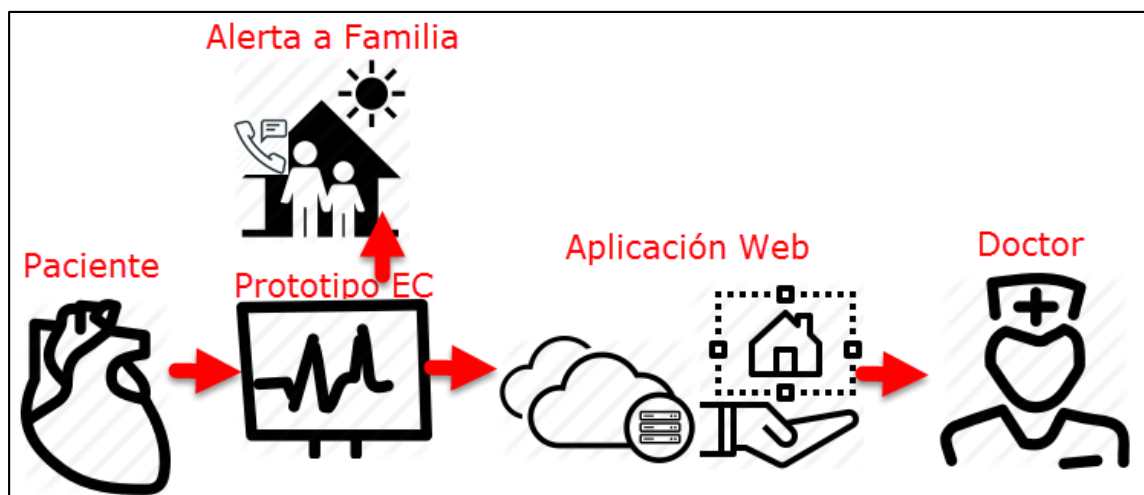


Figura 19. Arquitectura de comunicación.

## Fase IV: Implementación, Test de unidad, integración

### *Desarrollo de las Funcionalidades de Arduino*

Rfa1, Rfa2, Rfa3 El sistema debe analizar las entradas obtenidas por el sensor de electro cardiograma y una señal de alerta de un posible paro cardiaco mediante una llamada y/o mensaje de texto

Tabla 18

*Desarrollo de la funcionalidad Rfa1, Rfa2, Rfa3*

---

#### Descripción

---

Mensaje de obtención de datos del módulo de electro cardiograma.

Primero se activa el módulo wifi para poder enviar los datos obtenidos:

Cuando detecta un valor mayor al límite, el Arduino avisa al módulo SIM 9100:

El módulo SIM9100 enviara un mensaje SMS avisando que el paciente está sufriendo un paro cardiaco:

---

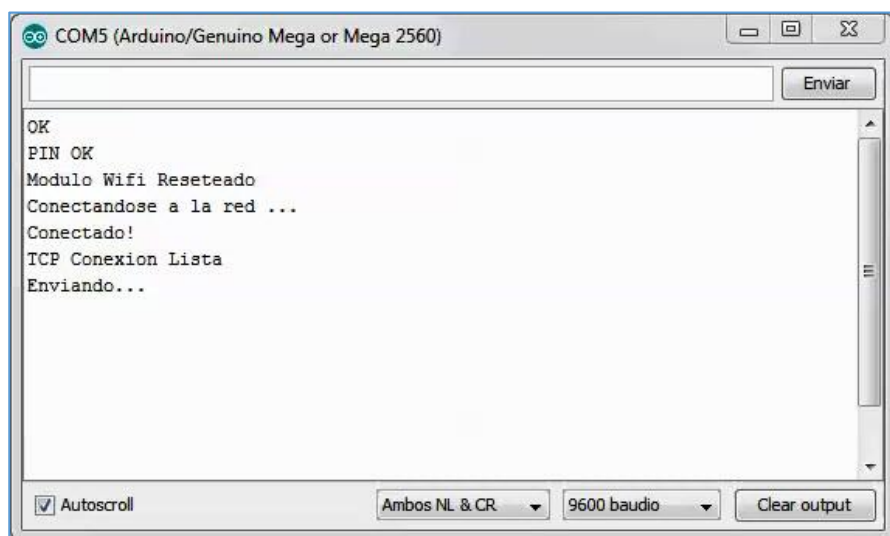


Figura 20. Conectándose a la red.



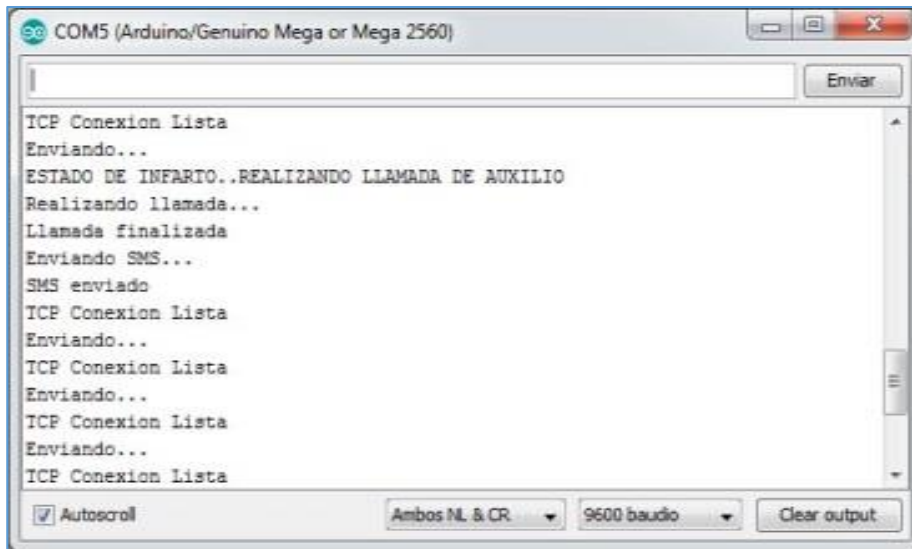


Figura 21. Realizando llamada de auxilio.



Figura 22. Mensaje recibido.

Tabla 19

*Desarrollo de la funcionalidad Rfa1, Rfa2, Rfa3*

---

**Descripción**

---

Tabla 20

Revisión de Las funcionalidades Rfa1 y Rfa2 y Rfa3

Código	Funcionalidad	Fecha: 08/10/2018 Nombre: Desarrollo del sistema de la alarma.		
		Por hacer	Haciendo	Hecho
RFA1	El sistema debe analizar las entradas obtenidas por el sensor de EC y ante una señal de alerta de un posible paro cardiaco, el prototipo enviara una llamada de alerta.			✓
FA2	El sistema debe analizar las entradas obtenidas por el sensor de EC y ante una señal de alerta de un posible paro cardiaco, el prototipo enviara mensaje de texto.			✓
RFA3	El prototipo poseerá un botón físico para simular el paro cardiaco.			✓

Rfa4 El sistema poseerá un botón físico para la simulación de un paro cardiaco al paciente.

Tabla 21

Desarrollo de la funcionalidad Rfa4

Botón físico alarma
El prototipo contiene un pulsador físico el cual permite multiplicar el dato obtenido por el sensor de electrocardiograma y así simular el dato como un problema cardiaco para activar el protocolo de alerta.

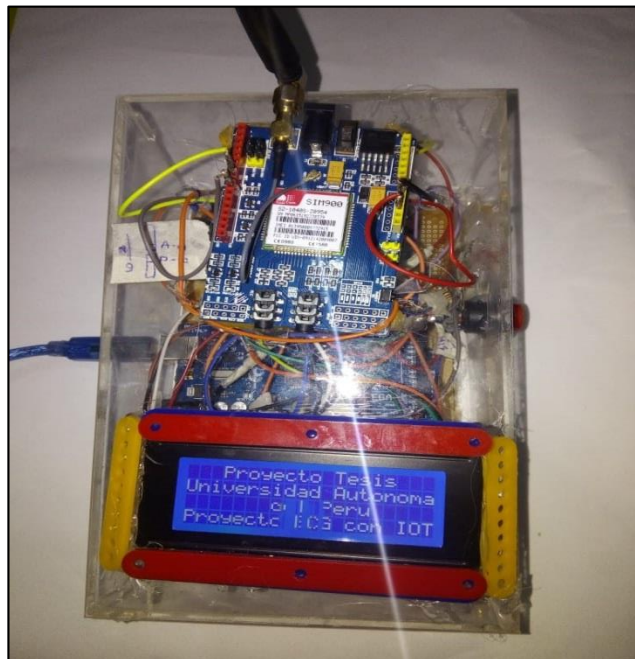


Figura 23. Botón físico alarma.

Tabla 22

Revisión de todas las funcionalidades de la alarma

Revisión 2	Fecha 05/011/2018	Nombre: Desarrollo del sistema de la alarma.	Por hacer	Haciendo	Hecho	Firma de Conformidad
Código	Funcionalidad					
Rfa1	El prototipo se conecta al wifi				✓	
Rfa2	El chip del módulo SIM9100 cuenta con saldo para realizar llamadas y envío de SMS				✓	
Rfa3	El prototipo tiene el botón pulsador para activar el protocolo de alarma				✓	
Rfa4	Al presionar el botón el prototipo realizar la llamada				✓	
Rfa5	Al presionar el botón el prototipo realizar la llamada				✓	

### Desarrollo de las Funcionalidades de la Aplicación

Rfapp1 La aplicación estará alojada en la nube para el acceso desde cualquier parte.

Tabla 23

Desarrollo de la funcionalidad Rfapp1

Acceder a la web
La aplicación web está desarrollada en PHP y MySQL



Figura 24. Desarrollo de la funcionalidad Rfapp1.

Rfapp2 La aplicación tendrá un link para descargar el historial del paciente en formato PDF.

Tabla 24

*Desarrollo de la funcionalidad Rfapp2*

**Descarga del historial**

El link procede a generar un archivo PDF en la cual contendrá el historial del paciente.


<b>REPORTE DE LECTURAS ELECTROCARDIOGRAMA</b>			
<b>Paciente: Luis Eduardo Chambi Furo</b>			
<b>Edad:30 .</b>			
<b>Telefono:+51 962 370 115</b>			
<b>Direccion:Villa el Salvador</b>			
		 <p><b>Autónoma</b> Universidad Autónoma del Perú</p> <p>PROTOTIPO DE UN SISTEMA INTELIGENTE, BASADO EN ARDUINO, PARA MONITOREAR EL RITMO CARDIACO DE PACIENTES CON PROBLEMAS CARDIOVASCULARES EN TIEMPO REAL</p>	
<b>FECHA Y HORA</b>	<b>ID</b>	<b>NORMAL</b>	<b>ATAQUE</b>
2019-03-28 09:48:12	265	777	222
2019-03-28 09:54:27	266	777	555
2019-03-28 12:20:06	267	100	239
2019-03-28 12:20:33	268	200	550
2019-03-28 13:50:31	269	100	23
2019-03-28 13:51:03	270	100	234
2019-03-28 13:51:47	271	100	234
2019-03-28 13:52:23	272	100	111
2019-03-28 13:53:23	273	100	120
2019-03-28 13:53:33	274	100	124

Figura 25. Desarrollo de la funcionalidad Rfapp2.

Tabla 25

*Revisión de las funcionalidades Rfapp1 y Rfapp2*

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre:</b>		
<b>3</b>	<b>17/12/2018</b>	<b>Desarrollo del aplicativo web.</b>		
<b>Código</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Por hacer</b>	<b>Haciendo</b>	<b>Hecho</b>
Rfapp1	La aplicación web estará alojada en la nube para un acceso mundial.			✓
Rfapp2	La aplicación tendrá un link para descargar el historial del paciente en formato PDF.			✓

Tabla 26

*Desarrollo de la funcionalidad Rfapp3*

---

**Comunicación entre el módulo de arduino y el módulo SIM9100**

---

El arduino analizara el valor obtenido por el electrocardiograma y en caso el valor este fuera del límite activara la alerta que será una llamada y/o mensaje de texto.

---



Figura 26. Desarrollo de la funcionalidad Rfapp3.

Tabla 27

*Revisión final de funcionalidades de la aplicación*

---

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre:</b>				
<b>10</b>	<b>Inicio: 19/12/2018</b>	<b>Desarrollo del aplicativo web.</b>				
Código	Funcionalidad		Por hacer	Haciendo	Hecho	Firma de conformidad
Rfapp1	La aplicación web al detectar un valor fuera del límite almacena en la columna ATAQUE de la BD MySQL.				✓	
Rfapp2	El módulo arduino al analizar que el valor está por fuera de limite activara el módulo SIM9100 para que realice la alerta				✓	

---

## Fase V: Test Operacional del sistema

Tabla 28

*Primera revisión del proyecto*

<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Prototipo de electrocardiograma para el monitoreo online</b>	
Lugar	Hospital de emergencia de Villa El Salvador	
Fecha	27/12/2018	
Actividad	Revisión del funcionamiento	
Personas convocadas a la reunión	Luis Eduardo Chambi Furo Arnao Rosales Claudio	
Personas que asistieron a la reunión	Luis Eduardo Chambi Furo Arnao Rosales Claudio	
¿Qué salió bien? (aciertos)	¿Qué no salió bien? (errores)	¿Qué mejoras vamos a implementar en la próxima revisión? (recomendaciones de mejora continua)
La obtención de datos del paciente	La conexión wifi demora en conectar	Contar con un Dominio

Tabla 29

*Segunda revisión del proyecto*

<b>Lugar</b>	<b>Hospital de emergencia de Villa El Salvador</b>	
Nombre del Proyecto	prototipo de electrocardiograma para el monitoreo online	
Fecha	29/12/2018	
Actividad	Revisión del funcionamiento	
Personas convocadas a la reunión	Luis Eduardo Chambi Furo Arnao Rosales Claudio	
Personas que asistieron a la reunión	Luis Eduardo Chambi Furo Arnao Rosales Claudio	
Lugar	Centro Medido Santa Rosa	
¿Qué salió bien? (aciertos)	¿Qué no salió bien? (errores)	¿Qué mejoras vamos a implementar al proyecto? (recomendaciones de mejora continua)
La descarga de historial del paciente	Demora en la descarga	Que la aplicación cuente con filtros de fecha

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN**  
**DE LA HIPÓTESIS**

## **4.1 Población y muestra**

### **Población**

Se identifica a todos los procesos de monitorio del hospital de emergencias de Villa El Salvador, con una edad mayor a los 50 con alguna enfermedad relacionada con el corazón, es decir pacientes de cardiología.

N = Indeterminado

### **Muestra**

Hernández, Fernández y Baptista (2010) sostienen: “La muestra es un subgrupo (...) un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p.103).

Para esta investigación se tomó una muestra de 30 procesos de monitoreo del Hospital de Emergencias de Villa El Salvador, ya que se trata de un valor representativo, estándar los cuales serán utilizados en varios procesos de la investigación.

N =30 Observaciones del proceso de monitorio del ritmo cardiaco a pacientes.

## **4.2 Nivel de confianza**

Para esta se consideró y se trabajó con un nivel de confianza del 95 %, por lo que tendremos un margen de error de 5%.



### 4.3 Resultados específicos

Resultado de Pre-prueba y Post-prueba para los Indicadores KPI<sub>1</sub>, KPI<sub>2</sub>, KPI<sub>3</sub>,

Tabla 30

*Resultados de la Pre prueba y Post prueba*

Días	KPI 1		KPI 2		KPI 3	
	Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco (horas)		Tiempo de atención médica remota (min)		Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco (seg)	
	KPI1-Pre	PKPI1-Post	KPI2-Pre	KPI2-Post	KPI3Pre	KPI3-Post
1	24	1	99	22	8000	65
2	24	1	50	15	7500	60
3	48	2	61	25	8500	45
4	24	1	74	17	8500	78
5	24	1	108	28	9850	45
6	24	3	73	24	7500	30
7	24	1	55	20	7500	49
8	24	1	80	28	9500	50
9	48	1	79	20	9800	70
10	24	1	100	30	8000	62
11	24	1	75	19	7500	90
12	36	2	52	17	8500	55
13	48	3	90	27	8500	85
14	24	2	53	20	9850	40
15	12	1	86	24	7500	50
16	24	1	109	29	7500	55
17	12	1	69	20	8500	61
18	36	2	83	17	8500	45
19	48	1	117	30	9850	36
20	24	2	86	25	7500	50
21	24	1	89	30	7500	65
22	36	1	90	25	9500	60
23	48	3	120	18	9800	45
24	24	3	98	31	8000	78
25	24	3	90	19	7500	45
26	48	2	59	20	8500	30
27	12	1	120	28	8500	49
28	24	1	90	17	9800	50
29	24	2	89	19	7500	70
30	36	3	80	30	7900	62

#### 4.4 Análisis e interpretación de resultados

KPI<sub>1</sub>, Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco

Tabla 31

Resultados de Pre –prueba y Post- prueba para el indicador 1

Pre-prueba	Post-prueba		
24	1	1	1
24	1	1	1
48	2	2	2
24	1	1	1
24	1	1	1
24	3	3	3
24	1	1	1
24	1	1	1
48	1	1	1
24	1	1	1
24	1	1	1
36	2	2	2
48	3	3	3
24	2	2	2
12	1	1	1
24	1	1	1
12	1	1	1
36	2	2	2
48	1	1	1
24	2	2	2
24	1	1	1
36	1	1	1
48	3	3	3
24	3	3	3
24	3	3	3
48	2	2	2
12	1	1	1
24	1	1	1
24	2	2	2
36	3	3	3
Promedio	29.2	1.63	
Meta planteada		3.0	
N° al promedio	17	24	30
% menor al promedio	56.6	80.0	100.0

- El 56.6 % del tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco en la Post-Prueba resultaron por debajo que su tiempo promedio.
- El 80.0 % del tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco en la Post-Prueba resultaron por debajo que la meta planteada.
- El 100.0 % del tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco en la Post-Prueba se encuentran por debajo del tiempo promedio en la Pre-Prueba

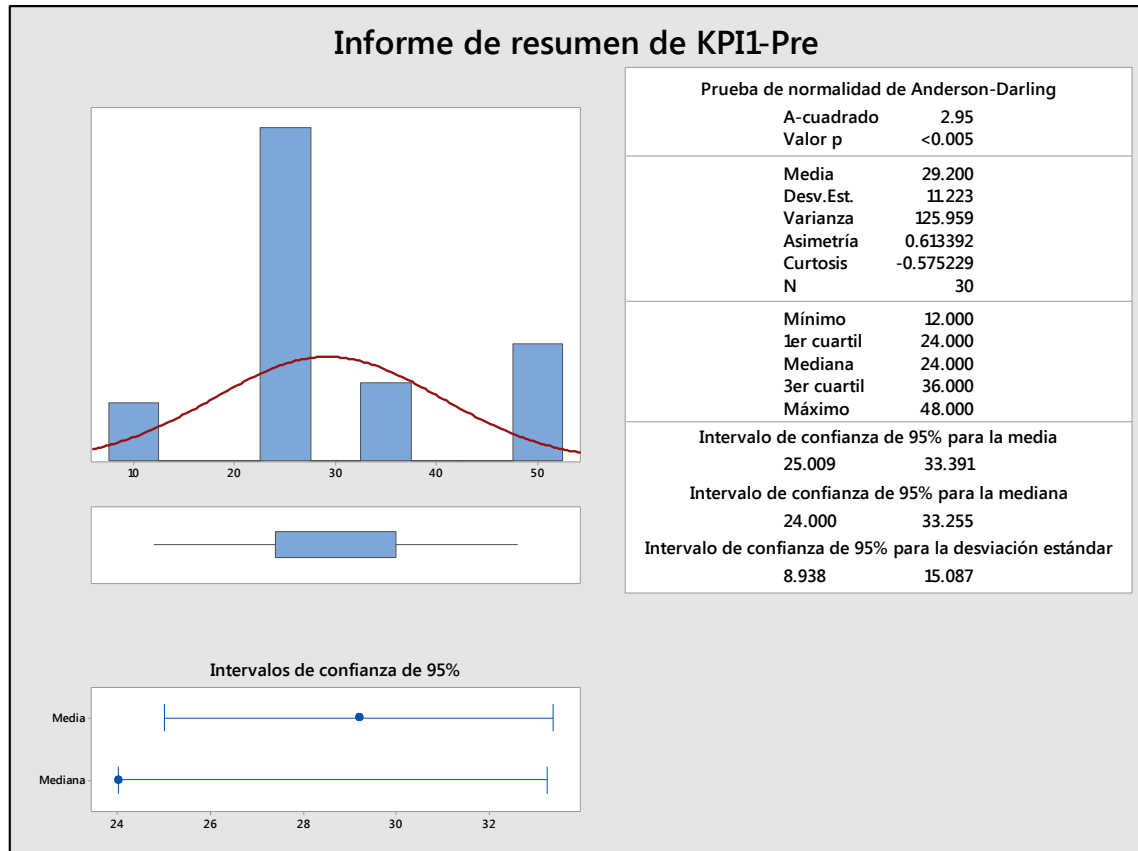


Figura 27. Estadística descriptiva KPI1.

- Los datos tienen un comportamiento normal, ya que el valor de  $p (0.005) < \alpha (0.05)$ , pero son valores muy próximos, esto se confirma al observarse que los intervalos de confianza de la Media y la Mediana se superponen.
- La distancia "promedio" de las observaciones individuales de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco con respecto a la media es de 11.2 horas, es decir valor nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.
- Alrededor del 95% de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, es decir, entre 25.0 y 33.3 horas.

- La Curtosis = -0.57 presenta un menor grado de concentración de los valores entorno a la media.
- La Asimetría = 0.61 indica que los datos se distribuyen de manera uniforme alrededor de la media.
- El 1er Cuartil (Q1) = 24 hora, indica que el 25% de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco es menor que o igual a este valor.
- El 3er Cuartil (Q3) = 36 horas, indica que el 75% de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco es menor que o igual a este valor.

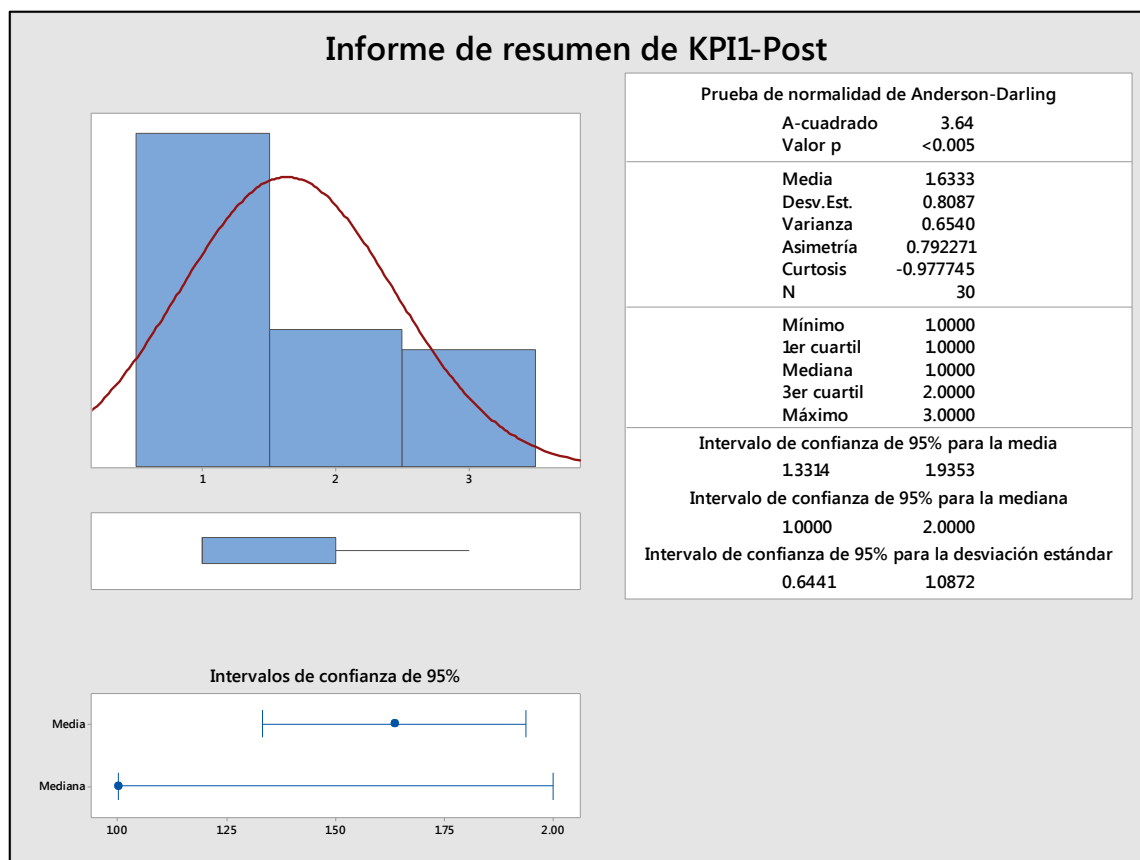


Figura 28. Estadística descriptiva KPI1.

- Los datos tienen un comportamiento no normal, ya que el valor de p ( $0.005 < \alpha$  ( $0.05$ ), pero son valores muy cercanos, lo cual se confirma al observarse que los intervalos de confianza de la Media y la Mediana se superponen.
- La distancia "promedio" de las observaciones individuales de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco con respecto a la media es de 0.8 horas, es decir valor nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.

- Alrededor del 95% de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, es decir, entre 1.33 y 1.93 horas.
- La Curtosis = -0.96 presenta un menor grado de concentración de los valores entorno a la media.
- La Asimetría = 0.7 indica que los datos se distribuyen de manera uniforme alrededor de la media.
- El 1er Cuartil (Q1) = 1.0 hora, indica que el 25% de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco es menor o igual a este valor.
- El 3er Cuartil (Q3) = 2.0 horas, indica que el 75% de los Tiempos para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco es menor que o igual a este valor.

**KPI<sub>2</sub>**, Tiempo de atención médica remota.

Tabla 32

*Resultados de Pre -prueba y Post- prueba para el I2*

<b>Pre-prueba</b>	<b>Post-prueba</b>		
<b>99</b>	22	22	22
<b>50</b>	15	15	15
<b>61</b>	25	25	25
<b>74</b>	17	17	17
<b>108</b>	28	28	28
<b>73</b>	24	24	24
<b>55</b>	20	20	20
<b>80</b>	28	28	28
<b>79</b>	20	20	20
<b>100</b>	30	30	30
<b>75</b>	19	19	19
<b>52</b>	17	17	17
<b>90</b>	27	27	27
<b>53</b>	20	20	20
<b>86</b>	24	24	24
<b>109</b>	29	29	29
<b>69</b>	20	20	20
<b>83</b>	17	17	17
<b>117</b>	30	30	30
<b>86</b>	25	25	25
<b>89</b>	30	30	30
<b>90</b>	25	25	25
<b>120</b>	18	18	18
<b>98</b>	31	31	31

<b>90</b>	19	19	19
<b>59</b>	20	20	20
<b>120</b>	28	28	28
<b>90</b>	17	17	17
<b>89</b>	19	19	19
<b>80</b>	30	30	30
<b>Promedio</b>	84.13	23.13	
<b>Meta planteada</b>		30	
<b>N° al promedio</b>	15	25	30
<b>% menor al promedio</b>	50	83.3	100

- El 50.0 % del tiempo de atención medica remota en la Post-Prueba fueron menores que su tiempo promedio.
- El 83.3 % del tiempo de atención medica remota en la Post-Prueba fueron menores que la meta planteada.
- El 100.0 % del tiempo para la atención medica remota en la Post-Prueba fueron menores que el tiempo promedio en la Pre-Prueba

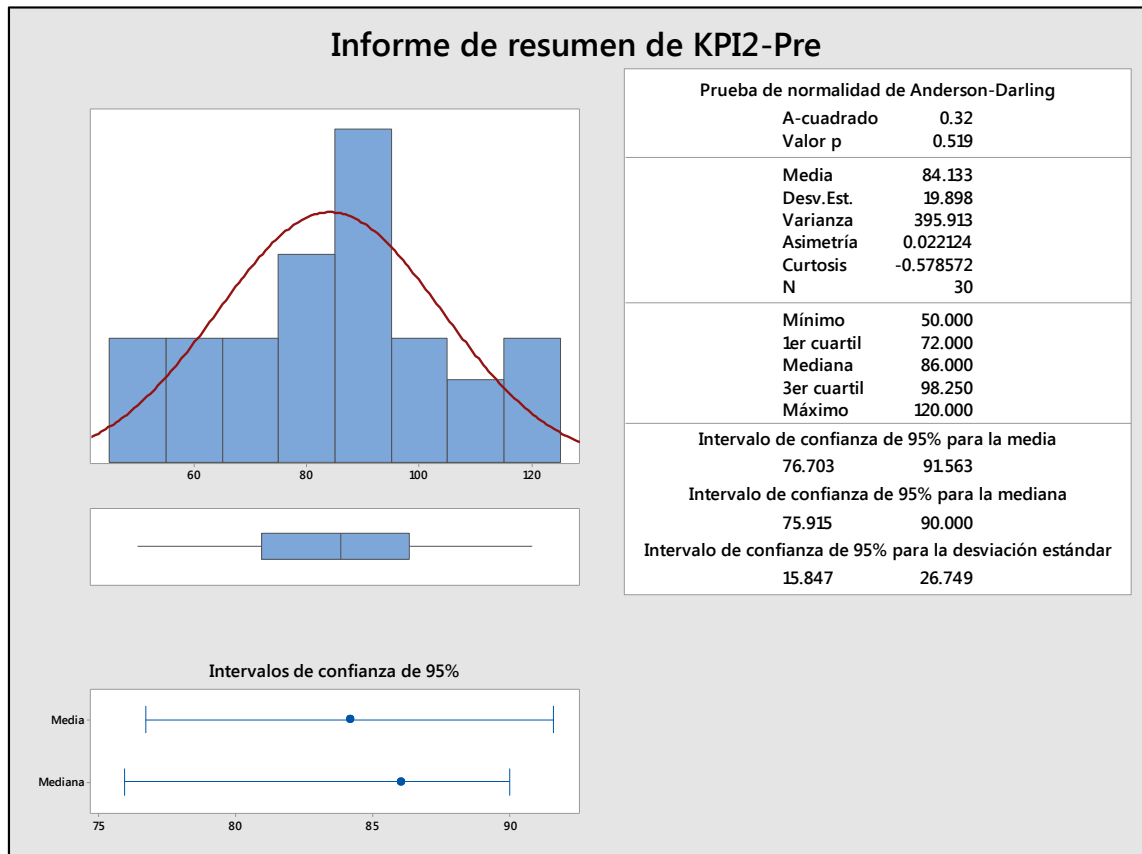


Figura 29. Estadística descriptiva KPI2.

- Los datos tienen un comportamiento normal, ya que el valor de  $p(0.005) > \alpha(0.05)$ , pero son valores muy cercanos, lo cual se confirma al observarse que los intervalos de confianza de la Media y la Mediana se superponen.
- La distancia "promedio" de las observaciones individuales de los Tiempos para la atención médica remota con respecto a la media es de 19.8 minutos, es decir valor nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.
- Alrededor del 95% de los Tiempos para la atención medica remota están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, es decir, entre 76.7 y 91.5 minutos.
- La Curtosis = -0.57 presenta un menor grado de concentración de los valores entorno a la media.
- La Asimetría = 0.02 indica que los datos se distribuyen de manera uniforme alrededor de la media.
- El 1er Cuartil (Q1) = 72.0 hora, indica que el 25% de los Tiempos para obtener atención médica remota es menor que o igual a este valor.
- El 3er Cuartil (Q3) = 98 horas, indica que el 75% de los Tiempos para obtener atención médica remota es menor que o igual a este valor.

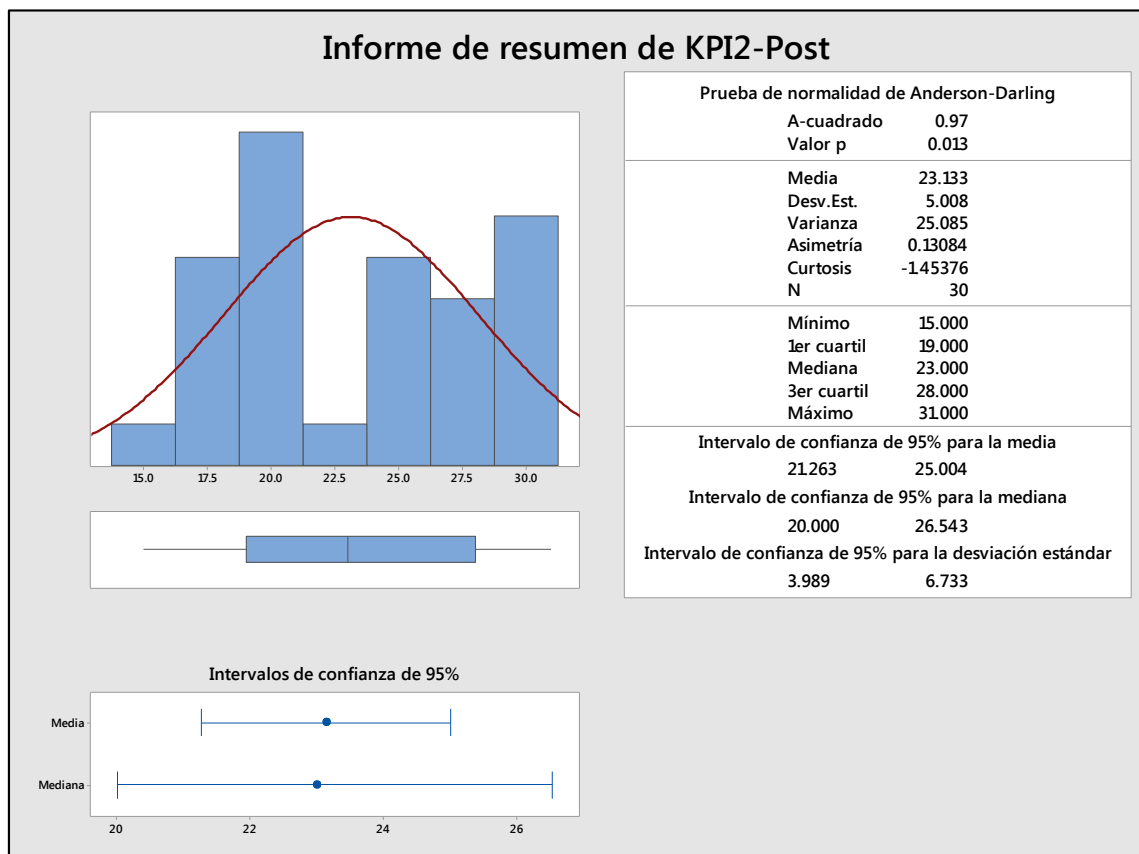


Figura 30. Estadística descriptiva KPI2.

- Los datos tienen un comportamiento normal, ya que el valor de  $p(0.005) < \alpha(0.05)$ , pero son valores muy cercanos, lo cual se confirma al observarse que los intervalos de confianza de la Media y la Mediana se superponen.
- La distancia "promedio" de las observaciones individuales de los Tiempos para la atención médica remota con respecto a la media es de 5.0 minutos, es decir valor nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.
- Alrededor del 95% de los Tiempos para la atención médica remota están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, es decir, entre 21.2 y 25.0 minutos.
- La Curtosis = -1.4 presenta un menor grado de concentración de los valores entorno a la media.
- La Asimetría = 0.13 indica que los datos se distribuyen de manera uniforme alrededor de la media.
- El 1er Cuartil (Q1) = 19.0 hora, indica que el 25% de los Tiempos para obtener atención médica remota es menor que o igual a este valor.
- El 3er Cuartil (Q3) = 28 horas, indica que el 75% de los Tiempos para obtener atención médica remota es menor que o igual a este valor.

**KPI<sub>3</sub>**, Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco.

Tabla 33  
Resultados de Pre -prueba y Post- prueba para el I3

Pre-prueba	Post-prueba		
<b>8000</b>	65	65	65
<b>7500</b>	60	60	60
<b>8500</b>	45	45	45
<b>8500</b>	78	78	78
<b>9850</b>	45	45	45
<b>7500</b>	30	30	30
<b>7500</b>	49	49	49
<b>9500</b>	50	50	50
<b>9800</b>	70	70	70
<b>8000</b>	62	62	62
<b>7500</b>	90	90	90
<b>8500</b>	55	55	55



<b>8500</b>	85	85	85
<b>9850</b>	40	40	40
<b>7500</b>	50	50	50
<b>7500</b>	55	55	55
<b>8500</b>	61	61	61
<b>8500</b>	45	45	45
<b>9850</b>	36	36	36
<b>7500</b>	50	50	50
<b>7500</b>	65	65	65
<b>9500</b>	60	60	60
<b>9800</b>	45	45	45
<b>8000</b>	78	78	78
<b>7500</b>	45	45	45
<b>8500</b>	30	30	30
<b>8500</b>	49	49	49
<b>9800</b>	50	50	50
<b>7500</b>	70	70	70
<b>7900</b>	62	62	62
<b>Promedio</b>	8428.33	55.83	
<b>Meta planteada</b>		85	
<b>N° al promedio</b>	17	28	30
<b>% menor al promedio</b>	56.6	93.3	100.0

*Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco.*

- El 56.6 % del tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco en la Post-Prueba fueron menores que su tiempo promedio.
- El 90.0 % del tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco en la Post-Prueba fueron menores que la meta planteada.
- El 100.0 % del tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco en la Post-Prueba fueron menores que el tiempo promedio en la Pre-Prueba.

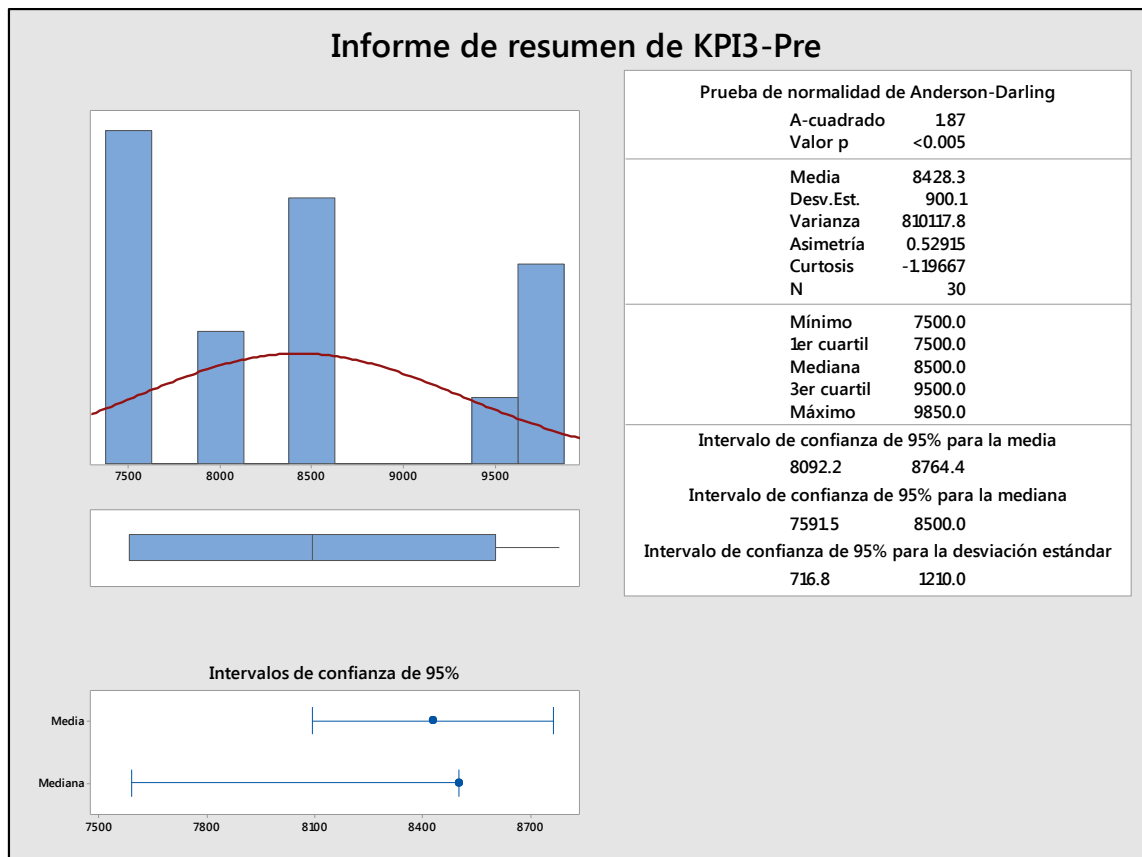


Figura 31. Estadística descriptiva KPI3.

- Los datos tienen un comportamiento poco normal, ya que el valor de  $p$  ( $0.005$ )  $< \alpha$  ( $0.05$ ), pero son valores muy cercanos, lo cual se confirma al observarse que los intervalos de confianza de la Media y la Mediana se traslapan.
- La distancia "promedio" de las observaciones individuales de los Tiempos para la atención médica remota con respecto a la media es de 9.0 minutos, es decir valor nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.
- Alrededor del 95% de los Tiempos para la atención médica remota están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, es decir, entre 8092.2 y 8764.4 segundos.
- La Curtosis = -1.19 presenta un menor grado de concentración de los valores entorno a la media.
- La Asimetría = 0.52 indica que los datos se distribuyen de manera uniforme alrededor de la media.
- El 1er Cuartil ( $Q1$ ) = 75.0 hora, indica que el 25% de los Tiempos para obtener atención médica remota es menor que o igual a este valor.

- El 3er Cuartil (Q3) = 95 horas, indica que el 75% de los Tiempos para obtener atención médica remota es menor que o igual a este valor.

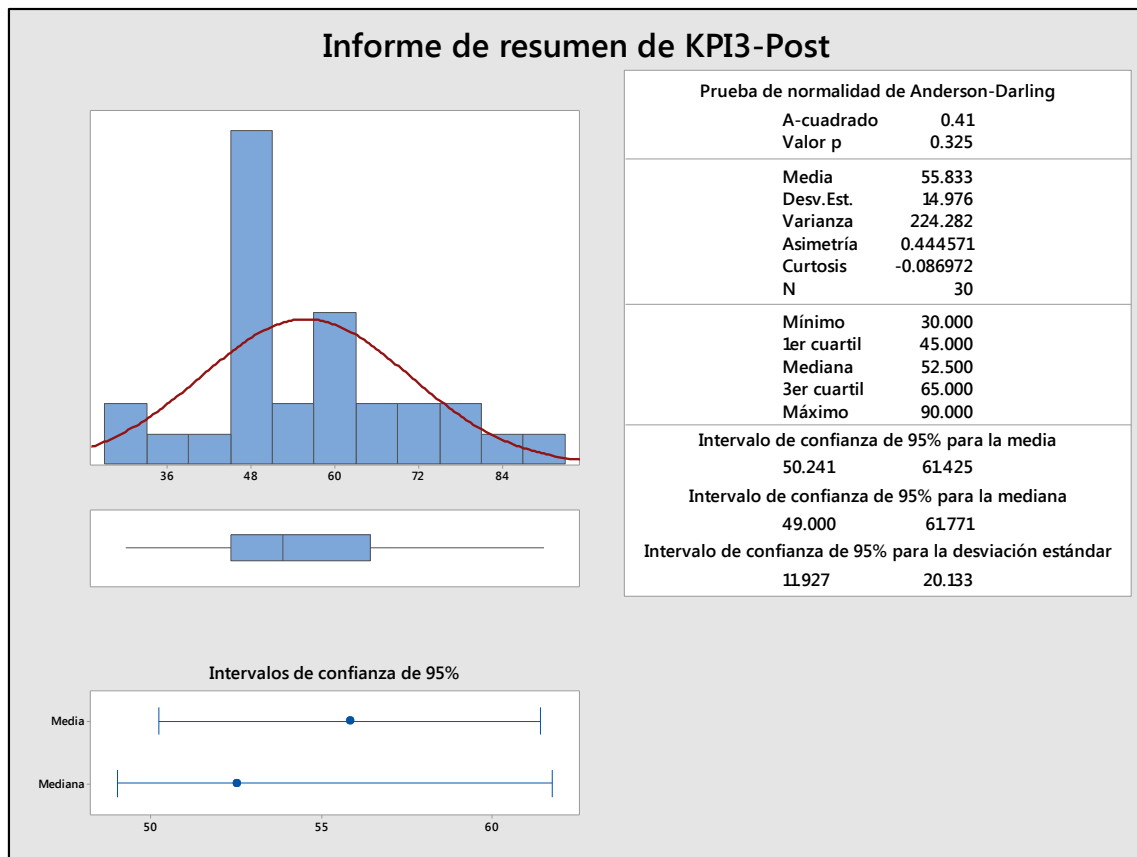


Figura 32. Estadística descriptiva KPI3.

- Los datos tienen un comportamiento normal, ya que el valor de  $p (0.005) > \alpha (0.05)$ , pero son valores muy cercanos, lo cual se confirma al observarse que los intervalos de confianza de la Media y la Mediana se superponen.
- La distancia "promedio" de las observaciones individuales de los Tiempos de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco con respecto a la media es de 14.0 segundos, es decir valor nos indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.
- Alrededor del 95% de los Tiempos de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco están dentro de 2 desviaciones estándar de la media, es decir, entre 50.2 y 61.4 segundos.
- La Curtosis = -0.08 presenta un menor grado de concentración de los valores entorno a la media.

- La Asimetría = 0.44 indica que los datos de los Tiempos de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco se distribuyen de manera uniforme alrededor de la media.
- El 1er Cuartil (Q1) = 45.0 segundos, indica que el .25. % de los Tiempos de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco es menor que o igual a este valor.
- El 3er Cuartil (Q3) = 65.0 segundos, indica que el 75.% de los Tiempos de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco es menor que o igual a este valor.

#### 4.5 Contrastación de hipótesis

A continuación, se presentan las medidas de los indicadores para la Pre-Prueba y Post-Prueba.

Tabla 34

*Resumen de indicadores*

<b>Indicador</b>	<b>Pre-prueba (Media : <math>\bar{X}_1</math>)</b>	<b>Post-prueba (Media : <math>\bar{X}_2</math>)</b>
<b>Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco</b>	29.2 horas	1.63 horas
<b>Tiempo de atención medica remota</b>	84.1 minutos	23.13 minutos
<b>Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco</b>	8428.3 segundos	55.83 segundos

#### **Contrastación para el $KPI_1$ :**

Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco. Se debe validar el impacto que tiene el uso del sistema inteligente en tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco , llevado a cabo en la muestra , hace una medición antes de utilizar el sistema inteligente (Pre-Prueba) y otra después de utilizar el sistema inteligente (Post-Prueba). La tabla contiene los tiempos en que se obtienen la frecuencia del ritmo cardiaco, para las dos muestras.

Tabla 35

Valores de post- prueba

<b>Post-prueba</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
	2	3	2	1	1	1	2	1	2	1
	1	3	3	3	2	1	1	2	2	3

Tabla 36

Valores de pre- prueba

<b>Pre-prueba</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>24</b>
	24	36	48	24	12	24	12	36	48	24
	24	36	48	24	24	48	12	24	24	36

Hi: El uso del sistema inteligente disminuye el tiempo para obtener el ritmo cardiaco. (Post-Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre-Prueba).

Solución:

***Planteamiento de la Hipótesis***

$\mu_1$ = Media del Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco. Pre-Prueba.

$\mu_2$ = Media del Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco Post-Prueba.

***Hipótesis alterna***

El prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino disminuye el tiempo de obtencion del ritmo cardiaco (Post Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre Prueba).

***Hipótesis nula***

Ho. El prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino aumenta el tiempo de obtencion del ritmo cardiaco (Post Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre Prueba).

$$H_a: \mu_2 < \mu_1$$

$$H_0: \mu_2 \geq \mu_1$$

Nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Mann-Whitney

Tabla 37

*Prueba Mann-Whitney del tiempo de monitoreo de ritmo cardiaco*

<b>Prueba</b>		
Hipótesis nula	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$	
Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1365.00	0.000
Ajustado para empates	1365.00	0.000

### ***Decisión estadística***

Como  $p < 0,05$ , se rechaza la  $H_0$ , los resultados proporcionan suficiente evidencia para desestimar la hipótesis nula ( $H_0$ ), y la hipótesis ( $H_a$ ) se acepta ya que la prueba resulto ser significativa.

### **Contrastación para el $KPI_2$ ,**

Tiempo de atención médica remota. Se debe validar el impacto que tiene el uso del sistema inteligente en tiempo para la atención médica remota, llevado a cabo en la muestra, hace una medición antes de utilizar el sistema inteligente (Pre-Prueba) y otra después de utilizar el sistema inteligente (Post-Prueba). La tabla contiene los tiempos de la atención médica remota, para las dos muestras.

Tabla 38

*Valores de post- prueba*

<b>Post-prueba</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
	19	17	27	20	24	29	20	17	30	25
	18	31	19	20	28	17	19	30	31	30

Tabla 39

Valores de pre- prueba

Pre- prueba	99	50	61	74	108	73	55	80	79	100
	75	52	90	53	86	109	69	83	117	86
	89	90	120	98	90	59	120	90	89	80

Hi: El uso del sistema inteligente disminuye el tiempo para la atención médica remota. (Post-Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre-Prueba).

Solución:

**Planteamiento de la Hipótesis**

$\mu_1$  = Media del Tiempo para la atención medica remota. Pre-Prueba.

$\mu_2$  = Media del Tiempo para la atención medica remota Post-Prueba.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

**Hipótesis alterna**

El prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino disminuye el tiempo de la atención medica remota (Post Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre Prueba).

**Hipótesis nula**

Ho. El prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino aumenta el tiempo de atención medica remota (Post Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre Prueba).

$\mu_1$  = Media del tiempo atención medica remota en la Pre Prueba.

$\mu_2$  = Media del tiempo atención medica remota en la Pos Prueba

$H_a: \mu_2 < \mu_1$

$H_0: \mu_2 \geq \mu_1$

Nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: “t” de Student

Tabla 40

*Prueba t– Student del tiempo de atención médica remota*

<b>Prueba</b>		
Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
16.28	32	0.000

### ***Decisión estadística***

Como  $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ , se desestima la  $H_0$ .

Los resultados de la prueba t de Student, aplicada porque los datos se distribuyen normalmente; demuestran que, como el resultado de la probabilidad tiende a cero en relación a la probabilidad asumida de 0.05, se desestima la hipótesis nula, porque el Tiempo de atención médica remota antes es mayor a al tiempo de atención médica remota después, luego de aplicar el prototipo de un sistema inteligente basado en arduino.

Por lo tanto el prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino, disminuye el tiempo de atención médica remota de manera significativa, mejorando el proceso de monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes cardiovasculares. Lo que se confirma con los resultados de la muestra.



### Contrastación para el KPI<sub>3</sub>,

Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco. Se debe validar el impacto que tiene el uso del sistema inteligente en tiempo para la comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco, llevado a cabo en la muestra, hace una medición antes de utilizar el sistema inteligente (Pre-Prueba) y otra después de utilizar el sistema inteligente (Post-Prueba). La tabla contiene los tiempos de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco, para las dos muestras.

Tabla 41

*Valores de post- prueba*

<b>Post- prueba</b>	<b>65</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>78</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>62</b>
	90	55	85	40	50	55	61	45	36	50
	65	60	45	30	49	50	49	50	70	62

Tabla 42

*Valores de pre- prueba*

<b>Pre- prueba</b>	<b>8000</b>	<b>7500</b>	<b>8500</b>	<b>8500</b>	<b>9850</b>	<b>7500</b>	<b>7500</b>	<b>9500</b>	<b>9800</b>	<b>8000</b>
	7500	8500	8500	9850	7500	7500	8500	8500	9850	7500
	8500	9850	7500	9500	9850	8500	8500	9800	7500	7900

Hi: El uso del sistema inteligente disminuye el Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco. (Post-Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre-Prueba).

Solución:

#### *Planteamiento de la Hipótesis*

$\mu_1$ = Media del Tiempo para la comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco. Pre-Prueba.

$\mu_2$ = Media del Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco Post-Prueba.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

### *Hipótesis alterna*

El prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino disminuye el tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco (Post Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre Prueba).

### *Hipótesis nula*

Ho. El prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino aumenta el tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco (Post Prueba) con respecto a la muestra a la que no se aplicó (Pre Prueba).

$\mu_1$ = Media del Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco en la Pre Prueba.

$\mu_2$ = Media del Tiempo de comunicación en caso de detectar anomalías en el ritmo cardiaco en la Pos Prueba.

$$H_a: \mu_2 < \mu_1$$

$$H_0: \mu_2 \geq \mu_1$$

Nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Mann-Whitney

Tabla 43

*Prueba Mann-Whitney comunicación de anomalías en el ritmo cardiaco*

<b>Prueba</b>		
Hipótesis nula	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$	
Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1365.00	0.000
Ajustado para empates	1365.00	0.000

### *Decisión estadística*

Como  $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ , se desestima la  $H_0$

Puesto que el valor- $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ , los resultados proporcionan suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) es cierta. La prueba resultó ser significativa.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

Se determinó, que con la implementación del prototipo de sistema inteligente dio como resultado la reducción significativa de 29.2 horas a 1.63 horas del Tiempo para obtener la frecuencia del ritmo cardiaco en un 96%, como se vio en .la tesis de Frans Armando Galarza Canchucaja.

Se concluyó, que, con el desarrollo del prototipo del sistema inteligente, el paciente tendrá una asistencia médica remota reduciendo el tiempo de 84.13 minutos a 23.13 minutos cuando el paciente lo requiera. Tal como se demuestra en la tesis de José Luis Villacís Mendoza.

Se determinó que el prototipo del sistema inteligente ayuda considerablemente a reportar problemas cardiovasculares reduciendo el tiempo de 8428.3 segundos a 55.83 segundos. Como se vio en la investigación de Paula de Toledo Heras.

Concluimos que Arduino facilitó el desarrollo del prototipo por la gran cantidad de información.

Concluimos que Arduino nos ayudó a ahorrar en la compra de sus componentes.

Concluimos que Arduino permitió tener una gran cantidad de opciones para desarrollar una aplicación con la cual integrarse.

## 5.2 Recomendaciones

Para mejorar precisión y tiempo en el monitoreo del ritmo cardiaco se recomienda usar un monitor holter, ya que es un aparato que brinda mucha confianza a los expertos en salud.

Considerar mejoras al prototipo construyendo las placas y usando chips integrados de diseño industrial, para reducir el ruido y/o señales malas del medio ambiente.

Se aconseja usar una operadora móvil que tenga la mayor cobertura nacional posible, para asegurarnos que las llamadas de emergencia puedan hacerse con el menor riesgo posible.

Se sugiere que cuando se implemente el prototipo sea colocado en el paciente y además este ubicado en un lugar que tenga cobertura a internet y buena señal de su operadora móvil.

Se recomienda poner a prueba otra tecnología como por ejemplo Raspberry Pi, debido a que es una plataforma más robusta que arduino, además trae otras funcionalidades embebidas como el módulo de WI-FI, GSM. Otras de las ventajas es que tiene más potencia de cálculo por ende se puede usar para procesar grandes volúmenes de datos.

Se recomienda mantener la información historia de los usuarios, ya que esto nos serviría de insumo para tener la historia de cada paciente y utilizar para fines médicos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## Tesis

De Toledo, P. (2014). *Propuesta de un modelo de sistema de telemedicina para la atención sanitaria domiciliaria* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://oa.upm.es/362/>

Galarza, F. (2012). *Diseño de una red de telemedicina para el monitoreo de pacientes en el distrito de Sicaya perteneciente a la ciudad de Huancayo* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1322>

Villacís, J. (2015). *Plan estratégico para la implementación de un sistema de telemedicina nacional* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4350/6298B412.pdf?sequence=1>

## Sitios Web

Academiaandroid. (11 de diciembre de 2014). *Android Studio v 1.0: características y comparativa co Eclipse* [mensaje en un blog]. Academiaandroid. Recuperado de <https://academiaandroid.com/android-studio-v1-caracteristicas-comparativa-eclipse/>

Aacsm. (23 de octubre de 2014). *Pulsaciones en reposo* [mensaje en un blog]. Aacsm. Recuperado de <https://www.aacsm.org/>

Andina. (30 de setiembre de 2016). *Enfermedades cardiovasculares son una de las tres principales causas de muerte en el país* [mensaje en un blog]. Andina. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=633276>

Androidcurso. (2017). *kernel Linux*. España. Androidcurso. Recuperado de <http://www.androidcurso.com/index.php/recursos/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/99-arquitectura-de-android>

Arduino. (13 de julio de 2018). *Definición de Arduino Uno, Modulo GSM SIM 900* [mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/Reference/Board>



- Baz, A., Ferreira, I., Álvarez, M. y García, R. (2014). *Dispositivos Móviles*. Recuperado de [http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía\\_movil.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/SIGC/pdf/telefonía_movil.pdf)
- Cenditel. (2018), *Metodología de desarrollo de Hardware libre*. Venezuela. Cenditel. Recuperado de <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/metodologia/>
- Rojas, R. (31 de marzo de 2019). Enfermedades del corazón son la segunda causa de muerte en el Perú. *Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/salud/enfermedades-del-corazon-son-la-segunda-causa-de-muerte-en-el-peru-878955/>
- Ruiz, E. (setiembre de 2015). *La importancia de prevenir las enfermedades del corazón* [mensaje en un blog]. Elenaruizdomingo. Recuperado de <http://elenaruizdomingo.com/la-importancia-de-prevenir-las-enfermedades-del-corazon/>
- Elmundo. (16 de marzo de 2017). *Las enfermedades cardiovasculares amenazan América Latina* [mensaje en un blog]. Elmundo. Recuperado de <https://www.elmundo.es/elmundosalud/2007/03/15/corazon/1173985330.html>
- Infotec. (noviembre de 2013). *Sistemas Embebidos: Innovando hacia los Sistemas Inteligentes*. España. SemanticWebBuilder. Recuperado de [http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es\\_mx/swb/Sistemas\\_Embebidos\\_Innovando\\_hacia\\_los\\_Sistemas\\_Inteligentes\\_](http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_)
- Infotec. (febrero de 2015). *Metodología de sistemas embebidos*. España. SemanticWebBuilder. Recuperado de [https://www.infotec.mx/es\\_us/infotec/Laboratorio\\_de\\_Sistemas\\_Embebidos\\_LabSE#s](https://www.infotec.mx/es_us/infotec/Laboratorio_de_Sistemas_Embebidos_LabSE#s)
- Maciónfarma. (2018). *Ritmo cardíaco: ¿Cuánto se puede hablar de un ritmo cardíaco “normal”?* [mensaje en un blog]. Naciónfarma. Recuperado de <https://nacionfarma.com/ritmo-cardiaco-cuando-se-puede-hablar-de-un-ritmo-cardiaco-normal/>

Medisur. (2015). *Accidentes del tránsito disparan alarmas en América Latina* [mensaje en un blog]. Medisur. Recuperado de <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/announcement/view/3999>

Organización de Estados Americanos. (febrero de 2013). *Observatorio de Seguridad Ciudadana de la OEA*. Recuperado de <http://www.oas.org/dsp/observatorio/database/indicatorsdetails.aspx?lang=es&indicator=36>

Organización Mundial de Salud. (2015). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2015*. Recuperado de [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/Summary\\_GSRRS2015\\_SPA.pdf?ua=1](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf?ua=1)

Organización Mundial de Salud. (2017). *Enfermedades cardiovasculares datos y cifras*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>

PAHO. (2010). *Perfil de enfermedades cardiovasculares*. Recuperado de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2014/PERU-PERFIL-ECV-2014.pdf>

Peruinforma. (17 de octubre de 2018). *Enfermedades cardiacas en cifras Perú* [mensaje en un blog]. Peruinforma. Recuperado de <http://www.peruinforma.com/enfermedades-cardiacas-cifras-peru/>

Planeta electrónico. (2018). *Planeta electrónico*. Recuperado de <https://www.planetaelectronico.com>

UDT. (13 de julio de 2008). *Metodología de desarrollo de software. El Modelo en V o de Cuatro Niveles* [mensaje en un blog]. UDT. Recuperado de <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>

Wikihow. (2014). *Como monitorear la frecuencia cardiaca* [mensaje en un blog]. Wikihow. Recuperado de <https://es.wikihow.com/monitorear-la-frecuencia-cardiaca>

Wordpress. (2012). Ventajas y desventajas del Modelo en V o de Cuatro Niveles [mensaje en un blog]. Wordpress. Recuperado de <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>

## **Libros**

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ª ed.). México: Mc Graw-Hill.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

**Título:** Desarrollo de un prototipo de un sistema inteligente, basado en arduino, para monitorear el ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real: estudio de caso

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	
¿En qué medida un prototipo de un sistema inteligente, basado en Arduino, mejora el monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real?	Determinar en qué medida un prototipo de un sistema inteligente, basado en Arduino, mejora el monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real.	Un prototipo de un sistema inteligente, basado en Arduino, mejora significativamente el monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares en tiempo real.	Variable Independiente  Prototipo de un sistema inteligente  Variable Dependiente  Monitoreo del ritmo cardiaco de pacientes con problemas cardiovasculares	Tipo de investigación  Aplicada nivel de investigación  Aplicativa  Diseño de investigación  Pre Experimental
			Variable Interviniente: Tecnología Aduino	UNIVERSO Todos los pacientes del hospital de emergencia de Villa el Salvador  MUESTRA 30 pacientes del hospital de emergencia de villa el Salvador  TIPO DE MUESTREO Intencional (No Aleatorio).





#### Anexo 4: Cronograma de actividades de acuerdo a la metodología V

<b>Id</b>	<b>Nombre de Tarea</b>	<b>Duración (Días)</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Completado %</b>
	Fase I: Definición de Especificaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>•Análisis de requerimiento de aplicación</li> <li>•Análisis de requerimiento del prototipo (Arduino)</li> </ul>	55	15/07/2017	08/09/2017	100
	Fase II: Diseño Global <ul style="list-style-type: none"> <li>•Diseño de prototipo</li> </ul>	6	01/10/2018	07/10/2018	100
	Fase III: Diseño en Detalle <ul style="list-style-type: none"> <li>•Funcionamiento del prototipo</li> <li>•Arquitectura del sistema.</li> </ul>	10	10/10/2018	20/10/2018	100
	Fase IV: Implementación, Test de unidad, Integración <ul style="list-style-type: none"> <li>•Desarrollo de las funcionalidades de arduino</li> <li>•Desarrollo de las funcionalidades de la aplicación</li> </ul>	10	22/10/2018	02/11/2018	100
	Fase V: Test operacional del sistema	20	01/01/2019	21/01/2019	100