

PLATAFORMA E-HEALTH BASADA EN ECG BAJO ESTÁNDAR HL7 PARA EL
MONITOREO Y TELE DIAGNÓSTICO, ORIENTADA A LA DETECCIÓN SISTEMÁTICA
DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES.

(Trabajo de Grado)

FRANCISCO LEONARDO PATARROYO BENAVIDES

Co- director

Mg. Ing. Carlos Enrique Montenegro

Director:

Ing. Jorge Eliecer Cárdenas Vargas, MsCs

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES Y REGULACIÓN TIC

BOGOTÁ, 2017

Dedico este proyecto a:

Mis padres Wilson Patarroyo Morales y Leonor Margot Benavides quienes fueron mis mentores en forjar en mí el conocimiento, pues en mi infancia y adolescencia fueron el mejor ejemplo de superación personal, familiar y profesional a través de la adquisición y transferencia del conocimiento

A Mónica Alejandra Castro Castro mi compañera emocional y racional, pues su apoyo fue incondicional y fue quien tuvo que lidiar con la escasez de tiempo y aun así su siempre conté con su apoyo en mi desarrollo académico, deportivo y profesional

A mis hermanas, María Paula Patarroyo e Ingrid Viviana Patarroyo que son mi motor de inspiración para que vean con un orgullo y claro ejemplo de superación

Al Ingeniero Jorge Eliecer Vargas por su gran apoyo y orientación para la culminación de este proyecto para lograr mi titulación

Finalmente, a todas las personas que estuvieron a mi alrededor familia y amigos, especialmente a Natalia Fajardo y Yolanda Benavides que aportaron un grano de arena en diferentes aspectos de mi vida personal para poder cumplir este sueño

AGRADECIMIENTOS

Esta producción es honor a mis padres Wilson Patarroyo Morales y Leonor Margot Benavides Chávez, que son mis grandes inspiradores e incentivadores para profundizar mis conocimientos, y ser una persona cada día más preparada, a Mónica Alejandra Castro mi gran acompañante en el sendero de la vida, pues sin su compañía y paciencia en el trasegar de este postgrado, no hubiera sido posible este sueño, a Ingrid Viviana Patarroyo y María Paula Patarroyo que son mi gran estímulo, pues soy el hermano mayor y quien debe indicarles cual es el ejemplo y el camino al triunfo, así mismo es importante un agradecimiento extensivo a la Ingeniera Sandra de la Peña que fue la gestora en la producción y desarrollo en la idea de un Electrocardiógrafo inalámbrico, al Ingeniero Jorge Eliecer Vargas, pues fue guía y orientador en la producción y alcance del proyecto, al Ministerio de las Tecnologías y las Comunicaciones, pues me brindaron la oportunidad de poder alcanzar mi sueño de ser magister, pues me brindaron la opción de acceder a un postgrado de manera gratuita. Por último, a la Universidad Santo Tomas de Equino y toda su planta de educadores en la Maestría de Telecomunicaciones y Regulación TIC pues sin la transferencia de conocimientos de cada uno de los docentes, esta producción no hubiese sido posible

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	i
ACRÓNIMOS	v
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO GENERAL DEL PROYECTO	5
1.1 <i>OBJETIVOS</i>	<i>5</i>
1.1.1 <i>Objetivo General:.....</i>	<i>5</i>
1.1.2 <i>Objetivos Específico:</i>	<i>5</i>
1.2 <i>ALCANCE</i>	<i>5</i>
1.3 <i>METODOLOGÍA.....</i>	<i>6</i>
1.4 <i>SITUACIÓN DE ENFERMEDADES CARDIACAS A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL.....</i>	<i>8</i>
LEGISLACIÓN EN COLOMBIA EN MATERIA TELESALUD	10
1.5 <i>Planes de desarrollo y fomento en Telesalud</i>	<i>12</i>
TELEMEDICINA EN COLOMBIA.....	16
1.6 <i>Estado actual de los planes del gobierno.....</i>	<i>19</i>
ELECTROCARDIOGRAFOS Y SISTEMAS DE MONITOREO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL	20
1.7 <i>Colombia</i>	<i>20</i>
1.8 <i>Centroamérica.....</i>	<i>21</i>
1.9 <i>Asia</i>	<i>22</i>
1.10 <i>Europa.....</i>	<i>23</i>

Estándares clave en informática sanitaria para el manejo de Información y manejo de datos.....	25
Estándar HL7.....	27
1.11 <i>Estructura de un documento clínico en estándar HL7.....</i>	27
1.12 <i>Mensajería HL7.....</i>	30
1.13 <i>IMPLEMENTACIÓN Y ULTIMAS APLICACIONES DE HL7 EN EL MUNDO....</i>	31
1.14 <i>EL IMPACTO DE INNOVACIÓN EN EL PROYECTO.....</i>	34
Plataforma E-health para sistematizar los resultados de señales electrocardiográficas, diagnóstico y seguimiento de enfermedades cardiovasculares	37
1.15 <i>BASE DE DATOS.....</i>	38
1.16 <i>INTERFAZ DE COMUNICACIÓN.....</i>	40
1.17 <i>SOPORTE WEB.....</i>	44
1.18 <i>RESPALDO Y REPLICACIÓN.....</i>	48
1.19 <i>CONSULTA EN LÍNEA.....</i>	49
1.20 <i>SERVICIO DE ANÁLISIS.....</i>	51
1.21 <i>SERVICIOS DE INFORMES</i>	54
Diseño del circuito de adquisición, acondicionamiento y transmisión de las señales electrocardiográficas.....	57
<i>Acondicionamiento de la señal.....</i>	57
<i>Filtrado Señal Electrocardiográfica:.....</i>	58
<i>Filtro Pasa Baja (150 Hz) Con Uaf42:</i>	59
<i>Conversión análoga a digital</i>	62
<i>Conexión de señales electrocardiográficas al SBC</i>	62
<i>Diseño del HAT (Hardware Attached on Top).....</i>	63

1.22	<i>Ensamble y prototipo final</i>	65
ANEXO A	.....	68
CONCLUSIONES	.....	71
1.23	<i>TRABAJOS FUTUROS</i>	74
REFERENCIAS	.....	77
LISTA DE figuras	.....	82
LISTA DE TABLAS	.....	84
LISTA DE ECUACIONES	.....	85

ACRÓNIMOS

MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas
EPS	Entidad Prestadora de Salud
IoT	Internet de las Cosas
PND	Plan Nacional de Desarrollo
ECG	Electrocardiográfica
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
HL7	Health Level Seven
CNSS	Consejo Nacional de Seguridad Social
POS	Plan Obligatorio de Salud
AVPP	Años de vida Potencialmente Perdidos
PNTIC	Plan Nacional Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
PDSP	Plan Decenal de Salud Pública
SGSSS	Sistema General de Seguridad Social en Salud
ENT	Enfermedades No Transmisibles
IPS	Institución Prestadora de Salud
SIGOB	Sistema de Gestión y Seguimiento a Metas de gobierno
SISMEG	Sistema de Seguimiento a Metas de gobierno
PDA	Asistente Personal Digital
MINTIC	Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

RESUMEN

Colombia a través del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014-2018 en su Objetivo Nro. 2, ordena mejorar las condiciones a la población colombiana y proporcionar el goce efectivo del derecho a la salud, basado en las estadísticas de los libros "Línea Base de Telemedicina en municipios priorizados" y "Análisis de Situación de Salud 2015", pues en ellos se plasman las necesidades en servicios y equipos biomédicos a distancia que tiene la población de zonas rurales y dispersas de las diferentes zonas del país de acuerdo a la cobertura de Internet a nivel nacional, de acuerdo a censos y análisis demográficos por parte del por parte del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) y Ministerio de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones(MinTIC).

Por lo mencionado anteriormente, en este proyecto se realiza un desarrollo tecnológico basado en el diseño de un electrocardiógrafo con conectividad inalámbrica y remota, así mismo la creación de una plataforma E-health bajo el estándar Health Level Seven (HL7), que favorece al especialista en tener la capacidad de visualizar una señal electrocardiográfica y de esta manera hacer monitoreo, diagnóstico y control tratamientos a los pacientes, que estén propensos o ya tengan anomalías cardíacas, para ser tratadas de forma oportuna y en tiempo real.

Palabras clave: Telemedicina, Comunicación Biomédica, Análisis asistido por computadora, cardiología, electrocardiografía

ABSTRACT

Colombia through the National Development Plan 2014-2018 in its Objective No.2, order to improve conditions for the Colombian population and provide effective enjoyment of the right to health, based on the statistics of the books "Telemedicine Baseline in priority municipalities "and" Analysis of the Health Situation 2015 ", since they represent the needs in remote biomedical services and equipment that the population of rural and dispersed areas of the different zones of the country have according to Internet coverage a national level, according to censuses and demographic analysis on the part of DANE and MINTIC.

For the aforementioned, this project is a technological development based on the design of an electrocardiograph with wireless and remote connectivity, characterized by its low cost and good quality, as well as the creation of an E-health platform under the HL7 standard. , which favors the specialist in having the ability to visualize an electrocardiographic signal and thus monitor, diagnose and control treatments to patients, who are prone or already have cardiac anomalies, to be treated in a timely manner and in real time

Keywords: Telemedicine, Biomedical communication, Power system analysis computing, Cardiology, Cardiography

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades del sistema circulatorio son el conjunto de anomalías y trastornos que afectan al corazón y los vasos sanguíneos. Están divididas en enfermedades cardíacas y enfermedades cardiovasculares, las primeras se refieren en específico a trastornos en el corazón y su sistema de vasos sanguíneos; las segundas hacen referencia a enfermedades del corazón que afectan el sistema de vasos sanguíneos (arterias, capilares, venas) en todo el organismo incluyendo cerebro, piernas y pulmones [1].

Las enfermedades cardiovasculares son y serán una de las principales causas de muerte. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se pronostica que en el año 2030 la primera causa de defunción en el mundo serán las enfermedades cardiovasculares, pues casi 23.6 millones de personas fallecen por dichas enfermedades [2]

En el caso de Colombia, se pudo determinar mediante diversos estudios por el Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud) y (DANE), que entre 1980 y 2013, las causas principales de mortalidad y morbilidad fueron las enfermedades cardiovasculares, siendo la primera causa en hombres y en mujeres. Aunque estas siguieron una tendencia descendente en el tiempo, pasando de 166,42 a 146,16 muertes por cada 100.000 habitantes, causaron el 29,92% (529.190) de las defunciones [3].

La atención oportuna y de calidad para las enfermedades de cardiovasculares, se encuentra limitada y con barreras al acceso para la población que se encuentra dispersa y en zonas rurales del país, pues corresponde al 23,56% (11.356.470) [3], lo anterior debido a la dispersión geográfica con la que cuenta el país, puesto que pues actualmente se presenta la dificultad de poder tener acceso rápido y eficaz a puestos de salud, ya que de los 3.662 km en tramos de carretera sin pavimentar en Colombia, el 51% se encuentra en mal estado [3] y son de difícil movilidad, las rutas vehiculares que transitan sobre el sector no son constantes y el servicio de transporte público o privada es de alto costo. En caso de tener los medios y la disponibilidad del servicio, no alcanza a ser oportuno para el paciente, pues el tiempo de llegada al centro de salud más cercano es demasiado tardío.

Por ende, el estado Colombia tuvo la obligación de incluir en el Plan Nacional de Desarrollo el objetivo No.2 “Mejorar las condiciones de salud de la población colombiana y propiciar el goce efectivo del derecho a la salud, en condiciones de calidad, eficiencia, equidad y sostenibilidad”, con el propósito de fomentar acciones para mejorar la salud pública con el fin de alcanzar la equidad y el desarrollo humano sostenible, afectando positivamente los determinantes sociales de la salud y mitigando los impactos de la enfermedad sobre los años de vida saludables[4], reduciendo las brechas en el acceso efectivo a los servicios, el mejoramiento a la calidad en la atención y a las condiciones de salud de la población [5].

Por otro lado, la Ley 1419 de 2010 dio fundamento legal al artículo 45 del PND “*Estándares, modelos y lineamientos de tecnologías de la información y las comunicaciones para los servicios al ciudadano.*” el cual propone dentro de sus literales la implementación de servicios de Telesalud, para la mejora de los trámites y servicios que el Estado ofrece al ciudadano, brindando servicios de salud a distancia, propiciando resultados eficaces, oportunos y eficientes en servicios de promoción, prevención, diagnóstico , tratamiento y rehabilitación a la población con limitación en el acceso[6].

Basado en la problemática de las enfermedades de cardiovasculares y la necesidad del gobierno en buscar políticas de salud basada en la aplicación de lineamientos TICs al servicio del ciudadano, este proyecto propone un electrocardiógrafo con Internet de las Cosas (IoT) de conectividad inalámbrica y remota, para ser implementado como un equipo biomédico, así mismo la creación de una plataforma E-health basada en el estándar HL7, que permita al especialista visualizar en tiempo real la señal electrocardiográfica de un paciente y de esta manera monitorear, prevenir, controlar y realizar tratamientos oportunos a distancia, a pacientes propensos a eventos cardiovasculares.

El dispositivo biomédico con conectividad remota asociado a una plataforma E-Health presenta beneficios al paciente, ya que permite diagnósticos y tratamientos oportunos evitando desplazamientos innecesarios, al médico, pues mejora la toma de decisiones y remisiones, disminuye la variabilidad diagnóstica y por último a las instituciones, pues abra mayor cobertura y oportunidad y por ende disminución de costos

MARCO GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto tiene por objeto diseñar un Electrocardiógrafo portátil con conectividad remota e inalámbrica, aplicando el innovador concepto del Internet de las Cosas. Dicho electrocardiógrafo debe estar asociado a una plataforma Web bajo el estándar HL7, que permita visualizar una señal electrocardiográfica (ECG) en tiempo real emitida desde el hogar del paciente a un especialista que se encuentre en un hospital, brindado herramientas al especialista para realizar monitoreo, diagnóstico y tratamiento de manera oportuna y eficaz a un paciente con problemas cardiacos

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 *Objetivo General:*

Desarrollar una plataforma E-health que le permita al profesional de la salud realizar tele consulta para detectar, diagnosticar y sistematizar enfermedades cardiovasculares.

1.1.2 *Objetivos Específico:*

1. Identificar estándares y protocolos de comunicación inalámbrica en servicios de salud pública, para la transmisión a distancia de señales electrocardiográficas.
2. Diseñar una plataforma E-health que permita sistematizar los resultados de señales electrocardiográficas, diagnostica y tratar enfermedades cardiovasculares en pacientes de regiones.
3. Crear un prototipo de circuito de adquisición, acondicionamiento y transmisión de las señales electrocardiográficas de forma inalámbrica bajo el estándar HL7, obtenidas por el método de las tres derivadas de Einthoven.

1.2 ALCANCE

Este proyecto busca diseñar e implementar una plataforma E-health, basado en el estándar HL7 que integra un ECG con conexión inalámbrica, para ser utilizada en el sector salud, orientada a la detección sistemática de enfermedades cardiovasculares en personas propensas entre los 40 y los 60 años, a través de un concepto conocido dentro de la bio-

ingeniería como telemedicina o E-health, con la finalidad de permitir al especialista analizar señales electrocardiográficas en lugares de acceso limitado a puestos de salud, y así poder realizar: monitoreo, diagnóstico y seguimiento del tratamiento, a personas que requieren asistencia a distancia.

Las señales electrocardiográficas serán transmitidas por un electrocardiógrafo caracterizado por su miniaturización electrónica que logre captar exclusivamente las 3 derivaciones de Einthoven. Finalmente se realizarán pruebas pilotos de monitoreo a pacientes con problemas cardíacos.

1.3 METODOLOGÍA

Por medio del análisis de las Líneas Base de Telesalud en Colombia, emitidas por el Ministerio de Salud y Protección Social, se determina con valores numéricos y estadísticos el uso necesario de electrocardiógrafos para ofrecer servicios de Tele salud, mediante comunicación inalámbrica, pudiendo de esta manera definir, limitar y determinar exactamente donde tendría utilidad un electrocardiógrafo con conectividad inalámbrica que envíe señales electrocardiográficas en tiempo real.

La metodología de desarrollo de software a utilizar en el proyecto será el modelo en V o de cuatro niveles, pues es aplicable al desarrollo de productos para las TIC, donde se identificará el cómo, cuándo y quién es el responsable del desarrollo del sistema, se describe en las actividades y resultados durante el desarrollo de la aplicación, en cuatro fases paralelas de verificación y validación [11], así:

- Fase de inicial y final: se realiza el análisis y especificaciones
- Fase funcional: Caracterización funcional del proyecto
- Fase de diseño: Componentes de hardware y software que componen la arquitectura final del sistema
- Fase de implementación: Pruebas pilotos en los usuarios finales

El desarrollo del proyecto consta de seis etapas:

1. Identificar estándares y protocolos aplicables a comunicación inalámbrica en servicios de salud pública y sanitaria para el intercambio electrónico de información

clínica adoptando mensajes, formatos, codificación y estructura interoperable con sistemas de información sanitaria.

2. Seleccionar el estándar de servicios en salud pública para intercambio electrónico de información sanitaria más apropiado para que cumpla con las recomendaciones técnicas como elemento estratégico basado especificaciones y criterios de planificación, diseño, implementación, operación y mantenimiento que se acople a los sistemas de información Colombia
3. Implementación de una tecnología basada en estándar de comunicación bajo protocolo HL7, que permitan la comunicación inalámbrica del electrocardiograma a un servidor Web
4. Desarrollo de interfaz que permita, basado en una plataforma web con protocolos de servicios de salud pública que permita al especialista realizar un tele diagnóstico en tiempo real con el paciente
5. Diseñar una plataforma E-health que permita la visualización y registro de señales electrocardiográficas, para que un médico pueda diagnosticar y tratar enfermedades cardiovasculares a distancia, así mismo poder sistematizar un resultado estadístico de los pacientes en las diferentes regiones del país que padecen las diferentes cardiopatías y de esta manera incentivar a las entidades gubernamentales para generar políticas en salud pública con el fin de mitigar los riesgos cardiovasculares en los sectores donde se evidencia un alto índice de cardiopatías .
6. Crear prototipo electrónico de un electrocardiograma que cumpla las funciones adquisición, acondicionamiento, procesamiento y transmisión inalámbrica de señales electrocardiográficas. Donde se emplean estrategias de diseño para evitar el ruido que puede afectar este tipo de señales que son susceptibles a cualquier fuente externa.

SITUACIÓN DE ENFERMEDADES CARDIACAS A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

Según la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades cardiovasculares causan cerca de 17 millones de muertes anuales y entre ellas las complicaciones de la hipertensión general los 9,4 millones de muertes. “Para 2008, en el mundo se habían diagnosticado con hipertensión aproximadamente el 40% de los adultos mayores de 25 años; el número de personas afectadas aumentó de 600 millones en 1980 a 1.000 millones en 2008”[7].

Hay que mencionar, además que para los años 2005 y 2014 la principal causa de muerte entre hombres y mujeres en Colombia fueron las enfermedades cardiovasculares, equivalentes a 146.16 muertes por cada 100.000 habitantes, siendo el 29,9,92 % (529,190) de las defunciones y el 16,13%(7.016.697) de todos los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) [3].

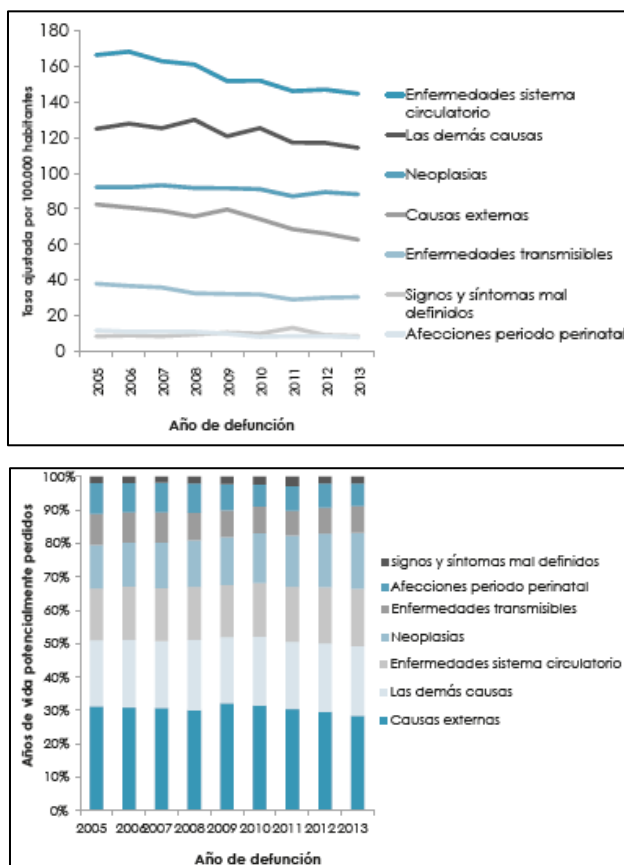


Figura 1. Tasas ajustadas de mortalidad y Años de Vida Potencialmente Perdidos según grandes

Fuente: Análisis de Situación de Salud en Colombia, 2015

Los departamentos más afectados en los índices mortalidad por causas cardiacas fueron el Meta, Norte de Santander, Tolima, Arauca y Quindío, teniendo en cuenta las diferentes modalidades en las que se presentan dichas enfermedades, como lo son isquemias, enfermedades cardio cerebrales, hipertensiones, entre otras. Así mismo, se puede evidenciar en la que han ido decreciendo con el pasar de los años en un 8,83% , en hombres como en mujeres.

Hay que mencionar, además que para el lapso del 2010 al 2014, el MinSalud intervino en tres frentes las enfermedades cardiovasculares[8]:

- Campañas al público sobre hábitos de vida saludable y autocontrol de riesgos
- Jornadas de asistencia técnica vía internet para los referentes técnicos en el tema a nivel territorial
- Reglamentó los lineamientos para las Cajas de Compensación Familiar (CCF) que consideren implementar programas de promoción y prevención, en el marco de la APS.

No obstante, a diciembre de 2014 el porcentaje de pacientes con hipertensión controlada alcanzó solo el 41,4% frente a una meta de 80%. Estas cifras son aún más preocupantes si se tiene en cuenta que en 2010 se observó un 61,7% de pacientes con hipertensión controlada[8].

LEGISLACIÓN EN COLOMBIA EN MATERIA TELESALUD

En Colombia la regulación en materia de Telesalud, inicio con la resolución 1043 de 2006, donde se estipulan las condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar sus servicios e implementar el componente de auditoría para el mejoramiento de calidad en la atención, por ende, en el Art No.1 se especifica en el literal A. Las Entidades Prestadoras de Salud (EPS) deben contar con capacidad tecnológica y científica en su estructura y procesos, suficiente para evitar riesgos que amenacen la vida o salud de los usuarios[9]. Simultáneamente, se dio origen a la Resolución No. 1448 de 2006, por la cual se definen las condiciones para habilitar las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina, definiendo “*las dos modalidades especiales prestadoras de servicios de salud*” y por ende la distinción de Institución Remisora y Centro de referencia, así mismo los campos de aplicación y la definición de telemedicina, y por primera vez se le da un significado al termino “Telemedicina”[10].

Posteriormente, es sancionada la Ley 1122 de 2007, la cual establece modificaciones en los Art. 26 y 27 del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), pues ordena a las entidades prestadores de salud publicas promover servicios de telemedicina para contribuir la prevención de enfermedades crónicas, capacitación y ***la disminución de costos y mejoramiento de calidad y oportunidad de prestación de servicios como es el caso de las imágenes diagnósticas [11]***, así mismo la creación y funcionamiento de Empresas Sociales del Estado, aprobando recursos equivalentes a \$8.000 millones de pesos para habilitar servicios de mediana y alta complejidad a través de telemedicina priorizando departamentos de caracterización especial como es el caso de Amazonas, Caquetá, Arauca, Choco, Putumayo, Guaviare, Guania, Vichada y Vaupés [12].

Igualmente, con el auge masivo de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el país, fue necesario sancionar ley 1341 de 2009 por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las TIC, y en el Art. 49 MinTIC autoriza a usar el Fondo de las TIC para el desarrollo de la Telesalud , con el objetivo de llevar conectividad a los lugares apartados desde sitios estratégicos para la prestación de servicios en la modalidad de telemedicina [13].

Además, en la Resolución 1448 del 19 de Enero de 2011, se establece que uno de los criterios para la articulación de redes integradas de servicios de salud, debe ser la coordinación de esquemas de **comunicación electrónica** y servicios de telemedicina, para garantizar la calidad, reducir complicaciones, optimizar recursos y lograr resultados clínicos eficaces y con costo efectivos[10].

Mas tarde, con la Resolución 1441 del año 2013, se definen los procedimientos y condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar los servicios y se crea el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud, para inspeccionar a las entidades que deseen utilizar la modalidad de telemedicina, pues la telemedicina no se cataloga como un servicio, por el contrario se determina como una modalidad prestara de servicios salud y se clasifica en tres tipos: Telemedicina para centros de referencia, Telemedicina para prestador remitior, Telemedicina para prestador remitior - Con TELE-UCI, así mismo se especifica un Manual de Estándares y Criterios por servicio para la modalidad de telemedicina y cada uno de sus tipos, donde se encuentra los parámetros de cada servicio y si deben ser síncronos o asíncronos[14]. A finales del 2013, mediante la Resolución 5521 se integra la modalidad de telemedicina al Plan Obligatorio de Salud (POS), con el fin de facilitar a la población que por diversas situaciones tiene limitaciones geográfico o de disponibilidad al acceso a la prestación de servicios salud oportuna[15].

En el año siguiente, se presentaron inquietudes sobre aspectos técnicos de la precitada resolución, por lo que se consideró del caso efectuar una revisión integral y sistemática de la misma, creando la Resolución 2003 de 2014, para realizar ajustes a los estándares que hacen parte de los componentes del Sistema Único de Habilitación del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud, y la adopción del Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud, donde se hacen mejoras a los estándares y criterios en materia de Telesalud[16]. Actualmente MinSalud realiza resoluciones periódicas para realizar ajustes dentro del manual, pero ya no son tan significativas, de hecho, se realizan resoluciones para ratificar la resolución 2003, la ultimo resolución fue la 1416 del 2016.

1.4 Planes de desarrollo y fomento en Telesalud

En marzo, el Consejo Nacional de Seguridad Social en Salud (CNSS) mediante el acuerdo 357, establece que para mejorar la atención de respuesta en servicios integrales en salud en situaciones de urgencia, emergencia o desastre es necesario fortalecer la dotación de equipos médicos, la red de comunicaciones, la red de transportes y el apoyo de servicios de telemedicina. Por ende, se distribuye y ejecuta en la vigencia del año 2007 el 80% del recurso “Eventos Catastróficos y Accidentes de Tránsito mejoramiento de la red nacional de urgencias”, equivalente a \$10.000.000.000 para la dotación de equipos médicos, servicios de urgencias, cuidado intensivo e intermedio, reanimación y de servicios de apoyo que para este caso eran los de telemedicina[17].

Por consiguiente, en Julio del mismo año es sancionada la Ley 1151 o Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, el cual estipula en sus artículos No.6 Literal 3.3 y No.126, las políticas y lineamientos para mejorar Sistema Protección Social, y ordena: “*Empresas Promotoras de Salud, EPS, del Régimen Subsidiado y Contributivo, dedicarán el 0.3% de la Unidad de Pago por Capitación a la coordinación y financiación de los servicios de Telemedicina con cobertura nacional, tanto para promoción de la salud como para atención de sus afiliados; los municipios y distritos, a través de la entidad nacional que los agremia, harán posible la prestación de este servicio. Asimismo, la Superintendencia Nacional de Salud verificará el cumplimiento de lo dispuesto en este artículo para autorizar o renovar el funcionamiento de las EPS, en particular al momento de verificar sus redes de servicio*”. De igual manera, ordena específicamente a los departamentos de Boyacá y Vichada hacer uso de equipos de telemedicina y reestructurar hospitales de la capital con el fin de que tengan servicios a distancia.

Si bien cierto, esta Ley busco impulsar servicios de salud asociados a recursos tecnológicos, Colombia para la fecha no contaba con la infraestructura necesaria para poder dar un soporte de conectividad a nivel nacional y por esta razón los artículos anteriormente mencionados fueron declarados inexequibles mediante Sentencias C-979 de 2010 y C-507 de 2008, respectivamente. Finalmente la ley 1151 de 2007 fue derogada en su totalidad mediante Sentencia C-461 de 2008[18].

Posteriormente, con la creación del Plan Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (PNTIC) 2008-2019, dentro de la matriz de ejes de acción en políticas TIC, un eje transversal es “la investigación, desarrollo e innovación” y un eje vertical es la salud, que dan origen a los componentes claves del uso de TIC en el sector salud (Figura 2), y de esta manera el fomento a proyectos en telemedicina, para crear ambientes favorables que estimulen el aprovechamiento de escenarios digitales y habilitar procesos de telemedicina síncrona y asíncrona, para diagnóstico y tratamiento de pacientes, así como la enseñanza y actualización del personal de la salud, con altos niveles de calidad, cubrimiento en servicios a todos los colombianos y acreditación de procesos a las Institución Prestadora de Salud (IPS) que integran servicios TIC para optimizar servicios en las IPS [12].

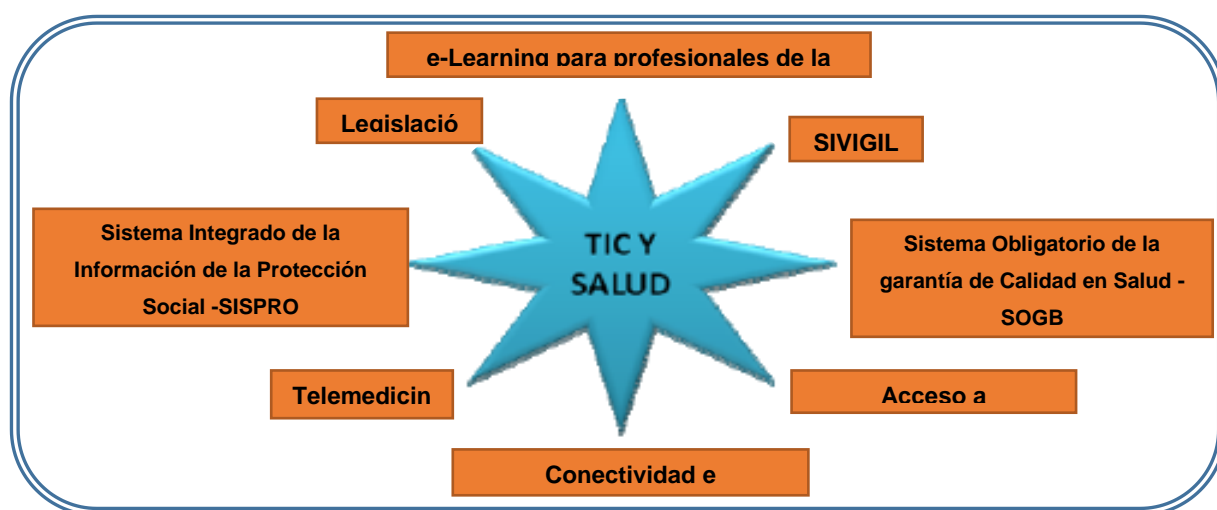


Figura 2. Componentes claves del uso de las TIC en el sector Salud

Fuente: Plan Nacional TIC 2008-2019

Mas aun, con Ley 1450 de 2011 “Plan Nacional de Desarrollo y Plan de Inversiones 2010-2014”, en los capítulos 2 y 5 se ordena la adopción de las TIC en los sectores salud y defensa. Para el primer sector, se busca mejorar los niveles de calidad y cubrimiento de servicios de salud, a partir de la fortalecimiento de infraestructura tecnológica, mediante investigación aplicada al desarrollo de contenidos TIC en telemedicina e implementación del registro clínico electrónico que permitan llevar un mejor servicio a estas regiones de difícil acceso para el caso del sector defensa se busca que a través de la Telesalud se brinde una intervención oportuna y más precisa para los heridos en el teatro de operaciones y durante su evacuación [19].

Para el desarrollo del PND 2010-2014 en materia de salud pública, fue necesario crear el Plan Decenal de Salud Pública (PDSP) 2012-2019, el cual tiene el propósito de afianzar el concepto de salud en un entorno donde la sociedad pueda acceder a un mejor nivel de bienestar como condición esencial para la vida. Por ende se establecen estrategias para promover los procesos de inclusión social de las personas con discapacidad y residentes en zonas dispersas, rurales y aisladas de Colombia, y dar garantía al aseguramiento y provisión de servicios de salud de manera efectiva, promoviendo el desarrollo de capacidades nacionales y locales para la innovación, uso y aplicación de acciones intersectoriales para el acceso TICS para mejorar el acceso y la atención de las ENT, incluye el impulso de la telemedicina, tele rehabilitación, educación en salud con el fin de tener cero barreras de acceso a la atención, mejoramiento de capacidad resolutive de las IPS y transporte efectivo[4].

Por otro lado, también se desarrolló el Proyecto Vive Digital Colombia 2010-2014, donde el gobierno propone ampliar y mejorar el acceso a los servicios de salud y protección social para los ciudadanos a través de la tecnología y prestar una atención veloz y eficiente para proteger la vida e integridad. Proyectando para el 2014, 260 poblaciones rurales con acceso a atención médica básica, de estas 90 poblaciones contarán adicionalmente con unidades de cuidado intermedio a través de la prestación de servicios de telemedicina beneficiando, también el Ministerio de Defensa propone un proyecto para que los soldados heridos cuenten con una atención más oportuna en el campo de batalla y en su evacuación, a través del tele diagnóstico y que todos los usuarios del sistema de salud de la Fuerza Pública cuenten con una atención completa y de calidad., proyectando para el 2014 se cubrirá el 100% de los 168 establecimiento de sanidad militar, logrando atender a más de 600.000 personas[20].

Actualmente, las metas y objetivos propuestos para el desarrollo de la telemedicina se encuentran plasmados en el PND 2014-2018, como lo refiere el objetivo No.2 “Mejorar las condiciones de salud de la población colombiana y propiciar el goce efectivo del derecho a la salud, en condiciones de calidad, eficiencia, equidad y sostenibilidad” [6]., y en su Artículo 45°. “Estándares, modelos y lineamientos de tecnologías de la información y las comunicaciones para los servicios al ciudadano”[5], donde se ordenan programas de inversión pública hospitalaria a mediano y largo plazo, para contribuir a la mejora de los

trámites, sostenibilidad de la infraestructura desplegada para el acceso y provisión de teleservicios que el Estado ofrece al ciudadano especialmente en zonas apartadas con población dispersa. Basado en la incorporación de TIC a los componentes de infraestructura física, equipos biomédicos, industriales y tecnológicos brindados en el marco regulatorio de la Telesalud.

TELEMEDICINA EN COLOMBIA

En vista que en Colombia para el año 2005 el DANE refleja de forma cuantitativa que en cada departamento un promedio del 6% de los hogares tiene barreras de acceso a los servicios de salud; los departamentos donde esta proporción es más alta son Chocó y Putumayo, con un 19% y 16% de hogares[3], evidenciando una desigualdad social en el acceso a la salud, por razones políticas, económicas, culturales, de diversidad geográfica y demográfica en ciertos sectores del país, que hacen que el servicio sea más desventajoso y discriminativo para ciertas poblaciones, donde es necesario implementar políticas públicas en salud, para un acceso igualatorio y de calidad (Tabla 1).

Tabla 1 Porcentaje de hogares con barreras de acceso a servicios de salud según departamentos

Departamento	Barreras de acceso a servicio de salud	Barreras de acceso a servicios para cuidado de la primera infancia
Chocó	19,43	35,19
Vichada	10,64	33,39
La Guajira	8,91	33,31
Córdoba	6,81	29,14
Amazonas	6,71	26,26
Guainía	7,41	26,09
Magdalena	7,32	25,67
Cesar	6,24	25,09
Caquetá	11,21	24,14
Putumayo	16,27	23,91
Cauca	13,91	22,82
Sucre	5,91	22,71
Nariño	11,47	22,30
Norte de Santander	8,00	21,45
Vaupés	8,65	20,93
Bolívar	5,12	18,75
Huila	7,51	18,75
Guaviare	5,92	18,74
Meta	7,80	17,26
Atlántico	4,28	16,86
Casanare	4,84	16,86
Tolima	7,87	16,82
Arauca	5,66	16,75
Santander	6,71	14,00
Antioquia	5,30	13,92
Boyacá	6,87	13,46
Risaralda	5,69	12,84
Caldas	6,13	12,76
Quindío	7,08	12,68
Valle del Cauca	5,45	12,67
Cundinamarca	4,38	12,60
Bogotá D.C.	4,29	9,19
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	1,90	8,66
Total general	6,28	15,79

Fuente: Análisis de Situación de Salud en Colombia, 2015

Por lo expuesto anteriormente, el gobierno de Colombia desde el año 2006 implementó políticas regulatorias para la adopción de métodos tecnológicos para brindar atención remota. Y es en el año 2009 donde se define la telemedicina como: *“la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportunidad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica”*[10]. Es por esta razón que la Telesalud se encuentra enfocada especialmente a las poblaciones en condiciones de difícil acceso.

Para lograr la apropiación social de las TIC en el sistema nacional de salud, es necesario contar como primer componente del Plan Nacional de Conectividad de Alta Velocidad (PNCAV) liderado por MinTIC, que contempla soluciones de conectividad alternativas a la fibra óptica, para llegar a 27 cabeceras municipales y 20 corregimientos, alcanzando así el 100% de cobertura en las cabeceras municipales. Con este componente se solucionará el déficit de 4% de municipios sin cobertura de internet, particularmente en zonas alejadas y de difícil acceso[19]. Y de manera consecuente proyectar para el año 2019 la interconexión de los colombianos, potencializando los servicios de atención a la salud, mejorando la inclusión social y la competitividad referente a la promoción y prevención de la salud con las siguientes características [12]:

- La prestación de servicios de atención médica para pacientes y para la rehabilitación.
- Un seguimiento eficiente del tratamiento para enfermedades crónicas.
- Hacer una gestión administrativa y financiera eficiente del sistema nacional de salud.

Así mismo, se puede inferir de [19], que Colombia actualmente debería tener el 43,1% de puntos de IPS públicas con servicios de telemedicina en zonas apartadas (Tabla 2), y de [12] que para la finalización del 2018, el porcentaje de instituciones en el sector de la salud con acceso a banda ancha debe estar al 100%, con equipos e infraestructura tecnológica que permitan el monitoreo regulatorio y la gestión de servicios en cada uno de los niveles del sector según el Sistema de Gestión y Seguimiento a Metas de Gobierno (SIGOB) (Tabla 3).

Meta intermedia	Línea base 2013	Meta a 2018
Percepción de acceso a los servicios de salud	46 %	50 %

Producto	Línea base 2013	Meta a 2018
Porcentaje de población afiliada al sistema de salud	96 %	97 %
Porcentaje de personas entre 18 a 25 años afiliadas al sistema de salud	95 %	99 %
Porcentaje de puntos de atención en IPS públicas con servicios de telemedicina en zonas apartadas o con problemas de oferta	34,5 %	43,1 %
Minutos de espera para la atención en consulta de urgencias para el paciente clasificado como Triage II	32,6	20
Días para la asignación de cita en la consulta con médico general y odontólogo general, respecto a la fecha para la que se solicita	3,92	3
Oportunidad en el inicio del tratamiento de leucemia en niños menores de 18 años (días)	12	5
Porcentaje de avance en la implementación del modelo de atención integral en salud para zonas con población dispersa	29,2 %	100 %
Guías de práctica clínica gestionadas con herramientas de implementación elaboradas	0	30
Porcentaje de casos de VIH detectados tempranamente	56,5 %	70 %
Hospitales públicos que adoptaron alguna de las medidas expedidas para mejorar su operación	0	955
Proyectos de infraestructura física o de dotación de las empresas sociales del Estado cofinanciados	0	37

Tabla 2. Metas del PND 2010-2014 para aumentar el acceso servicios.

Fuente: Plan Nacional de desarrollo 2010-2014

Tabla 3 Objetivos e indicadores guía del eje salud

Objetivo	Indicador Principal	2006	2007	Meta 2010	Meta 2019	Fuente
Proveer la información necesaria para toma de decisiones que apoye la elaboración de políticas, el monitoreo regulatorio y la gestión de servicios, en cada uno de los niveles del sector, suministrado información a todos los usuarios y a la población en general	Sistema integral de información de la protección social en funcionamiento en todo el sistema nacional de salud	N.D	N.D	50%	100%	PNTIC
Sector nacional de salud con infraestructura para TIC (conectividad y equipamiento)	Porcentaje de instituciones en el sector de la salud con acceso a banda ancha	N.D	28,40%	90,40%	100%	SIGOB
	Instituciones de Salud conectadas por Compartel	178	527	N.D	N.D	COMPARTEL

Fuente: ■ PNTIC ■ SIGOB ■ COMPARTEL

Fuente: Plan Nacional TIC 2008-2019

1.5 Estado actual de los planes del gobierno

En el 2008 se efectuó una primera fase con 60 instituciones en la modalidad de telemedicina-básica, en 2009 se incluyeron 30 IPS más y en 2010 entrarán 50 adicionales, para 140 IPS públicas, en lugares apartados de 29 departamentos del país[21] y en lo corrido del periodo 2010 a agosto de 2013, se pasó de 140 prestadores de servicios de telemedicina a 199 prestadores[22].

De acuerdo a las cifras cuantitativas derivadas por los sistemas de seguimiento y medición de metas e indicadores de planes del gobierno, como fue el SIGOB hasta el 2010 y el Sistema de Seguimiento a Metas de Gobierno (SISMEG) a partir de dicho año[23], para la finalización del primer cuatrienio del DNP 2010 -2014, se evidencia que la oferta de servicios de salud de calidad a poblaciones dispersas, entre 2013 y 2014 se incrementó en un 21% el número de sedes de las IPS con modalidad de telemedicina, pasando de 564 a 685 en los 32 departamentos. A diciembre de 2014, se tenía oferta de servicios especializados en el marco de la estrategia de telemedicina en 205 sedes de IPS públicas, 5 más que la meta establecida para el año[8].

Además, con la finalización del programa Compartel, mediante cursos virtuales gratuitos, utilizando e-learning se realizó una actualización médica a 875 IPS y 981 profesionales de la salud en los departamentos de Nariño, Cauca, Córdoba, Boyacá y Meta [12]. A la fecha más de 900 instituciones de salud cuentan con acceso a Internet provisto por el Programa Compartel, de las cuales 140 ofrecen la prestación de servicios de salud bajo la modalidad de telemedicina, permitiendo a través de las TIC, el acceso a la población de menores ingresos que reside en zonas apartadas, a dichos servicios con oportunidad, calidad y bajos costos[24].

ELECTROCARDIÓGRAFOS Y SISTEMAS DE MONITOREO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Es necesario mencionar que se han elaborado trabajos a nivel nacional e internacional con el fin de buscar soluciones y alternativas para el servicio de tele consulta referente al electrocardiograma, pues es un dispositivo que lleva el control y registro del espectro radioeléctrico emitido por el corazón, captando el ritmo cardiaco. El mecanismo de funcionamiento se realiza mediante el uso de electrodos en diferentes partes del cuerpo dependiendo de la señal a capturar, pues la ubicación de dichos electrodos determina las configuraciones eléctricas o llamadas derivaciones electrocardiográficas [25]. Su objetivo principal es el de poder determinar anomalías, irregularidades o arritmias en las frecuencias cardiacas emitidas por los latidos del corazón, pues una vez identificadas se pueden encontrar bloqueos de ramas, coronarios arteriales y auriculoventricular, así mismo la condición física del corazón y alteraciones electrolíticas de potasio, sodio, calcio y magnesio.

1.6 Colombia

Se empezó con diseños de electrocardiogramas portátiles con conectividad inalámbrica, haciendo uso de diferentes tecnologías en telecomunicaciones y pruebas pilotos en computadores que evidenciaron la transmisión de las señales ECG. Por lo anteriormente mencionado, en [26] se desarrolló el diseño de un prototipo de electrocardiógrafo portátil con dos modalidades de comunicación, la primera con un RS232 para modo de pruebas y calibración en un PC base y una modalidad de transmisión inalámbrica por radiofrecuencia de las derivaciones DI, DII y DIII mediante un método llamado wavelets, que permite realizar el tratamiento de la señal electrocardiográfica enviada hacia una estación base o módulo RX. El módulo RX cuenta con una aplicación computarizada que permite el tratamiento de la señal y la visualización de la señal ECG y por último un software especializado que permite determinar a un especialista alguna anomalía cardiaca, o mediante RF, pero se encontraba limitado bajo los parámetros de distancia y línea de vista, puesto que el dispositivo fue probado en ambiente cerrado. En modo RF sin línea de vista, podía transmitir la señal a una distancia máxima de 15 metros y con línea de vista sería de 80 metros máximo, de igual manera se evidencio la existencia de interferencia entre los puntos del

ECG y el módulo computacional, el cual generó variaciones en la visualización final de la señal.

Con las herramientas y aplicaciones que brinda LabView, en [27] se diseñó un electrocardiógrafo que capta dos derivaciones de las señales cardiacas, para captar y conseguir señales ECG con el uso de un microcontrolador PIC, y mediante un puerto USB las señales son transmitidas a un computador donde son procesadas y digitalizadas para visualizarlas en una interfaz gráfica, que permite visualizar la señal. Luego, en [28] se propone un sistema para enviar y recibir en tiempo real una señal ECG de un computador a otro. Para este fin, los autores utilizaron una tarjeta de adquisición NIUSB6008 de la National Instruments de LabView, dicho proyecto cuenta con una conexión alámbrica sobre una red LAN IP para la transmisión de datos. Para el procesamiento de datos cuenta con una interfaz de entrada analógica y una salida digital, la cual es configurada mediante códigos de programación y realiza todas las etapas de procesamiento internamente.

1.7 Centroamérica

Por otro lado, en [29] se diseñó un electrocardiógrafo de doce derivaciones más robusto electrónicamente que los anteriormente mencionados, pues tiene las etapas de pre-amplificación, amplificación y filtrado de las 12 derivaciones cardiacas, el circuito de adquisición cuenta con una memoria que almacena el registro de la señal ECG, para luego enviarlo a un PC mediante un puerto USB y así visualizar en el monitor y en una impresión del electrocardiograma, su gran ventaja es el valor económico con respecto a los electrocardiógrafos de doce derivaciones que se encuentran en el mercado, así mismo tiene un bajo consumo energético y además conserva los 3 canales simultáneos para captar la señal.

Los 3 proyectos anteriormente mencionados, transmitían y almacenaban los datos del electrocardiógrafo de forma alámbrica e inalámbrica, pero contaban con la desventaja de que no eran en tiempo real, y era necesario la movilización del paciente con una USB al hospital

1.8 Asia

Posteriormente en [30], [31] con el fin de miniaturizar el dispositivo, se propone un chip electrocardiógrafo de bajo costo, en forma de pulsera que sea aplicado en una red de hilos sensoriales al cuerpo para captar y transmite la señal ECG mediante el protocolo de comunicación IEEE 802.15.4 con un sistema ZigBee, adecuando un receptor de la señal RF. El módulo receptor tiene un circuito robusto para que se realice el procesamiento de la señal, usando un ADC, un simulador de una tarjeta de Labview para ser integrado en una tarjeta FPGA y poder adecuar la señal. Este proyecto fue desarrollado en un laboratorio y probado en el mismo, donde se evidencio la trasmisión de la señal.

Los proyectos a pesar de usar códigos, programas y dispositivos electrónicos más sofisticados contaban con la desventaja de no ser portátiles pues requieren una conexión por cable para la trasmisión de datos, el uso de Labview y su tarjeta de adquisición es de alto costo. En el caso del chip electrocardiográfico por usar el protocolo de comunicación IEEE. 802.15.4 requiere una proximidad del sensor a la antena receptora, limitando de alguna manera al paciente a estar cerca a la estación base RF receptora, el circuito integrado que capta la información y visualiza la señal en un computador es demasiado robusto y de un alto costo. Estos proyectos fueron probados en pacientes en ambientes indoor para medir la eficiencia y efectividad de los productos.

Por otro lado, en [32] se propone determinar la condición cardiaca de un usuario mediante el uso de una aplicación celular. Originando un proyecto con un sistema de salud móvil basado en Android, donde la señal ECG es captada en tiempo real, que diagnostica, visualiza y almacena la información en teléfonos móviles y en estaciones base.

Este proyecto presenta un algoritmo basado en el método Desing For Assembly (DFA) donde se alerte al paciente y en la estación base, a un médico; y presenta un circuito de adquisición de la señal ECG utilizando un Arduino Mega y un módulo Bluetooth para establecer la comunicación inalámbrica con el teléfono móvil o un puerto USB para la comunicación física con un computador, pero su diseño es poco ergonómico y de alto costo, así mismo tiene poca precisión en la toma de la señal ECG, y presenta las falencias que tiene el uso de Bluetooth.

1.9 Europa

Con el fin de robustecer la telemedicina, ya no se proponen diseños o prototipos de electrocardiógrafos que transmitieran las señales a un computador, adicionalmente se buscaba la forma de que los especialistas tuvieran acceso a la información mediante una plataforma web que les facilitará la visualización, el estudio y el análisis de la señal. Adicionalmente se iniciaron las primeras pruebas en ambientes outdoor en pacientes para evidenciar la factibilidad, viabilidad y pruebas de error en los productos finales.

Por esta razón, en [33] la tecnología bluetooth fue utilizada para la transmisión de señales ECG, donde se plantea una comunicación a una distancia corta que oscila entre los 10 y 20 metros para la transmisión de datos, los cuales son registrados en un servidor a través de un teléfono con tecnología GSM en un sitio remoto, el cual tiene como función transmitir la señal ECG a una unidad central. La Unidad Central virtualiza el sistema de atención con medicina general y cardiología para que la señal ECG transmitida pueda ser interpretada por los especialistas. Se utilizó en redes hospitalarias en 192 pacientes con enfermedades miocárdicas en su hogar, y se pudo evidenciar que, desde el hospital, los cardiólogos pudieron evidenciar sus cardiopatías en 50% de los pacientes con asertividad. Este proyecto cuenta con la desventaja que es necesaria una proximidad de 20 Mts del dispositivo a un celular, también está documentado que en muchas de las tramas de información enviadas desde el dispositivo ECG hacia el celular se perdía información que es importante para que el médico pueda dar un dictamen médico.

Cuatro años después, en [34] se desarrolló un proyecto con énfasis en tecnologías inalámbricas para solucionar emergencias de salud en tiempo real, con el uso de un Asistente Personal Digital (PDA), el cual almacena y transmite parámetros médicos como electrocardiogramas, presión arterial, y videos, enviándolos desde una ambulancia a una base de datos en un hospital donde se encuentre un médico, el cual pueda tener la interacción y consulta con el paciente. Se hizo una integración de tecnologías como Bluetooth, GPRS y WIFI, mediante el uso de un celular y una Tablet que logran la conectividad primaria con GSM/GPRS, en caso de que no exista dicho enlace, los datos se almacenarán en una Tablet que tenga la capacidad de conectividad Wifi logrado así una transferencia de datos en banda baja en tiempo real, y con dispositivos de bajo costo y de disponibilidad pública; en caso de que ser requerido un video en tiempo real, con el uso de

una cámara de video SD por intermedio de comunicación Bluetooth, se conectará a un teléfono inteligente que enviara los datos a la central hospitalaria por GPRS, posteriormente el video podrá ser visible para cualquier médico que esté en una red LAN asociada a la central[34].

Dicho sistema fue probado en pacientes durante emergencias, y se evidenció su utilidad, pues envía los parámetros en tiempo real, pero su desventaja es que el PDA está incorporado a la ambulancia y alimentado por la misma, la gran desventaja de este diseño es que no tiene portabilidad del sistema a un paciente fuera de la ambulancia ya que su alimentación es de corriente alterna y de 220 voltios.

Finalmente, los proyectos actuales en materia de transmisión y análisis de señales ECG, con fines Tele médicos, se redujeron a buscar algoritmos y códigos que permitieran el análisis en una plataforma web para el médico, buscando salvaguardar la información del paciente y la veracidad en la tele diagnóstica, buscando que la información fuera en tiempo real y la atención fuera inmediata. Sin importar el dispositivo electrónico que hiciera la captación y el procesamiento de la señal corporal.

Por esta razón, en [35] se propone un sistema de monitoreo cardiaco de forma inteligente, con un sensor ECG enlazado a un celular y a un servidor de soporte, que reciba la información y de forma continua analice la actividad cardiaca de los latidos del corazón, y mediante algoritmos pueda procesar, cifrar y determinar una arritmia. Dicho proyecto se enfatiza en salvaguardar la información privada del paciente pues detalla que en los anteriores proyectos no se da importancia a proteger la señal ECG durante la comunicación entre los sensores y el teléfono inteligente. Por ende, los autores proponen un algoritmo para que una vez se tenga la autenticación por el propietario del celular, se efectúe el procesamiento de la información emitida por los latidos del corazón o la señal ECG, y así determinar si existe o no anomalía cardiaca a una base datos. En caso de la detección de una arritmia, habrá una alarma inmediata en tiempo real al médico y al paciente.

En particular la desventaja del proyecto es asumen una señal enviada al celular, no se propone el diseño del sensor, la tecnología a emplear y electrocardiógrafo que va a adquirir la señal ECG, se realizaron pruebas y análisis de resultados de algoritmos de autenticación, para el tratamiento de la señal, basados en una señal ECG previamente guarda.

ESTÁNDARES CLAVE EN INFORMÁTICA SANITARIA PARA EL MANEJO DE INFORMACIÓN Y MANEJO DE DATOS

Es necesario recalcar que los estándares son reglas que especifican como se debe llevar un proceso [36] y son necesarios para establecer un uso adecuado en la gestión y análisis de datos de manera armónica entre la medicina con las ciencias de la información y la electrónica, por ende se crearon para concertar un lenguaje común de información entre el software, el modelo asistencial, el modelo financiero, el sistema de información, los profesionales de la salud y los pacientes[37]. Y de esta manera permitir el intercambio de información en las etapas de procesamiento, adquisición y almacenamiento de diagnósticos médicos e historias clínicas apreciadas desde diversos ámbitos hospitalarios y farmacéuticos, ya sea para atención, prevención y monitoreo, de enfermedades a distancia o dentro del centro de salud [38], respetando cuidadosamente el vocabulario y conjuntos de términos propios del saber de la salud y la medicina.

Al usar estándares en el ámbito medico los pacientes y profesionales de la salud pueden acceder oportunamente a sistemas informatizados con datos confiables y estructurados, lo que posibilita su procesamiento. De esta forma, a monitorear el desarrollo de las estrategias que llevan a cabo las políticas de salud definidas y, el médico podrá tomar decisiones debidamente fundamentadas en información completa y correcta de los pacientes[37]. Por consiguiente, es necesario mencionar que los estándares en materia de salud electrónica se encuentran divididos en dos grupos diferenciados por el intercambio y el uso de la información así: Estándares de mensajería y Estándares de terminología [39]. En la actualidad existen 9 estándares:

- HL7: Estándar de mensajería para el intercambio electrónico de datos de salud.
- HL7 RIM: Estándar de mensajería para el intercambio electrónico de datos de salud basada en el RIM.
- DICOM: (Digital Imaging and Communication in Medicine) es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para su manejo,
- SNOMED-CT
- ICD-10
- LOINC

- CCR
- CDA: (*Clinical Document Architecture*) Estándar de arquitectura de documentos clínicos electrónicos.

ESTÁNDAR HL7

Health Level Seven (HL7) es el último modelo de comunicaciones para interconexión de sistemas abiertos de medicina diseñado para mejorar el flujo de mensajería de información electrónica de carácter clínico, con el objetivo de unificar criterios a nivel mundial para asociar los servicios de salud asistenciales, administrativos y logísticos en una sola interface y dar interoperabilidad en el área de la salud [40]. Este estándar se caracteriza de los demás, porque la información es estructurada basada en una arquitectura con una sintaxis coherente para que los datos sean intercambiados con diferentes aplicaciones de software estableciendo modelos de mensajería electrónica[41].

Por otro lado el estándar HL7 permite la compatibilidad de funciones para el control de seguridad , identificación de usuarios, veracidad de disponibilidad, negociaciones de mecanismos de intercambio .Es importante mencionar que HL7 no es la creación de software o aplicativos, es la implementación de lineamientos y policías de tecnologías de la información en los procedimientos médicos para mejoras los procesos de comunicación , intercambio, integración , distribución y recuperación de información electrónica de salud que soporta la práctica clínica y de gestión, prestación y evaluación e servicios de salud[42]

1.10 Estructura de un documento clínico en estándar HL7

Dentro de los escenarios reales de interoperabilidad para cada dominio asistencial (admisión, laboratorio, radiología), HL7 incluye roles de las aplicaciones participantes (emisor - receptor), para eventos activadores y de dinámica en la interacción de objetos y la configuración de mensajes.[43] Dentro de los contenidos está relacionado la arquitectura de documentos clínicos electrónicos, este recibe el nombre de Clinical Document Architecture (CDA) o Arquitectura de Documentos Clínicos, por sus siglas en inglés[41]

Este estándar consiste en mantener e identificar con una estructura y semántica de un documento clínico basado en la Arquitectura de un Documento Clínico (CDA)., para garantizar la legibilidad y un destino final de un documento digital. Un CDA está compuesto por un encabezado y un cuerpo como se expresa en la Figura 3, donde el encabezado del documento es la identificación y clasificación, el cual es proporcionado mediante un método de autenticación, es decir la validación de datos entre un paciente y el médico o el proveedor

del servicio médico, dicho encabezado se encuentra entre el Documento Clínico y el cuerpo Estructurado. El cuerpo contiene el informe clínico o el contenido narrativo usando una terminología medica estandarizada, codificar aún más la narrativa clínica declaraciones encontradas en informes clínicos, el cuerpo no necesita ser estructurado, puede estar dividido en secciones de bloques narrativos o contenidos a representar[44]. donde se evidencia una parte del encabezado y su conexión entre el cuerpo del documento y las secciones del documento.

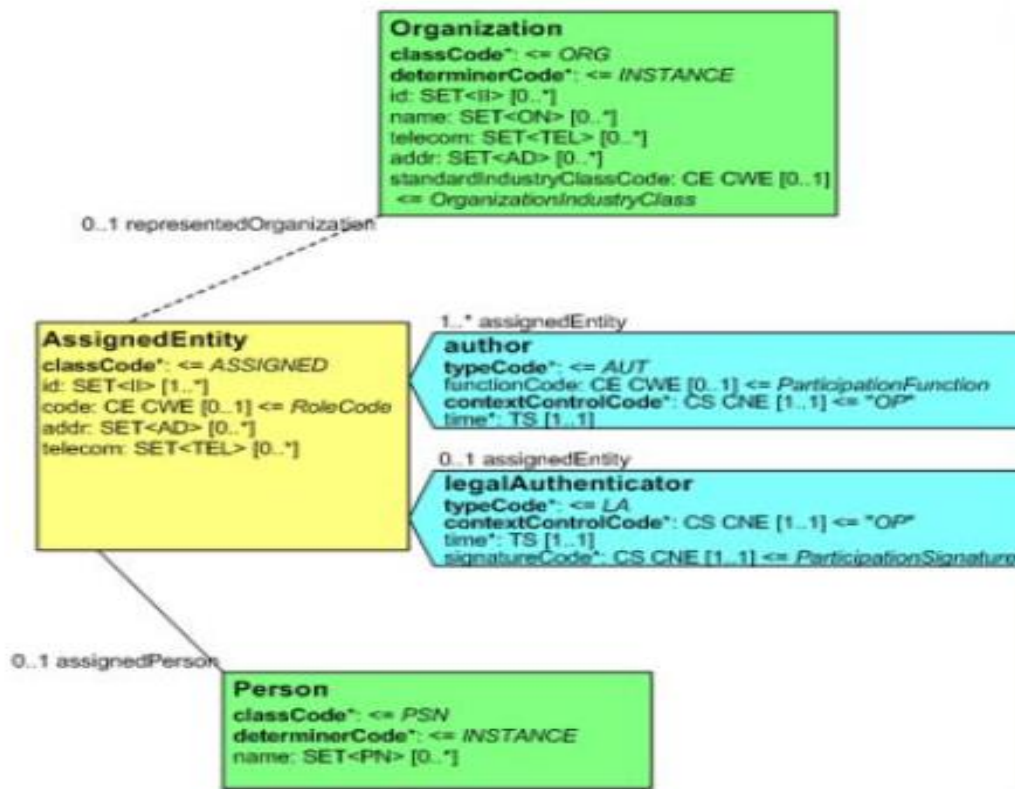


Figura 3 Clinical Document Architecture (CDA) versión 2 modelo de objeto que muestra una parte del encabezado y su conexión

Fuente: HL7 Clinical Document Architecture, Release 2

Dentro de la estructura existen entradas de sección llamadas <observation>, las cuales son opcionales y representan el enunciado clínico del bloque narrativo, también pueden representar elementos externos al CDA como imágenes, procedimientos pero que siempre

hagan referencia al contexto del bloque narrativo de la sección “ <externalobservation> “ como se muestra en la Figura 4[44]

```
<ClinicalDocument>
... CDA Header ...
<structuredBody>
  <section>
    <text>(a.k.a. "narrative block")</text>
    <observation>...</observation>
    <substanceAdministration>
      <supply>...</supply>
    </substanceAdministration>
    <observation>
      <externalObservation>...
    </externalObservation>
    </observation>
  </section>
  <section>
    <section>...</section>
  </section>
</structuredBody>
</ClinicalDocument>
```

Figura 4 Componentes principales de un documento CDA

Fuente: J Am Med Inform Assoc. 2006;13(1):30-39. doi:10.1197/jamia.M1888

Por otro lado, en la última versión de HL7 se encuentran códigos que dan a las entradas funciones más específicas, como se observa en la Figura 3, pues se identifica claramente la conexión de una sección del documento a una entrada de un CDA, pues se visualiza el un modelo basado en el consenso el dominio de la atención médica, compuesto de seis clases de " backbone "(actuar, participación, rol de la entidad, actividades), donde "Act" son las acciones que se ejecutan durante la atención médica , y se proporcionan órdenes médicas, sondeos y diagnósticos , el código "Participation" expresa el contexto de un acto como quién lo realizó, para quién se hizo, dónde se realizó; "Entity" representa las cosas físicas y los seres que son de interés para y tomar parte en la atención médica como es el caso del Hospital, clínica o EPS, " Role " establece los roles que las entidades juegan cuando participan en actos de atención médica es decir, paciente o familiar', ActRelationship " representa una relación entre dos actos, es decir, la situación por la cual el paciente recurrió al diagnóstico, por ejemplo monitoreo, indicación, malestar, etcy' RoleLink " representa una dependencia entre dos Roles. Por otro lado, cada entrada es representada por colores como lo son los actos según especialidad son de color rojo, las entidades son verdes, los roles son amarillo, y las relaciones de los roles son de color rosa.

Un CDA tiene la finalidad de definir de manera completa y efectiva la información referente a texto, imágenes, sonidos u otro contenido multimedia, donde la transferencia debe ser dentro de un mensaje, en un lenguaje XML [45], la última versión de HL7 V3 permite la incorporación sistematizada de nomenclatura de conceptos médicos de cada país, es decir con códigos de identificación para cada termino (SNOMED CT). Los CDA en HL7 no tienen un formato estandarizado de carácter obligatorio, pues este estándar se caracteriza por ser ricamente expresivo y flexible para ser lo suficientemente amplio para cubrir el dominio de la clínica. Si existen plantillas y guías, pero son limitantes en información siendo de carácter restrictivo en la validación de cierta información

1.11 Mensajería HL7

HL7 V3 está construida a partir de conocidos estándares de la industria, como son (UML) - Lenguaje Unificado de Modelado, (XML) -Lenguaje de Marcas Extensible. Todos sus elementos estructurales proceden de un núcleo compacto (RIM) -Modelo de Referencia de Información, lo que facilita su adaptabilidad y reusabilidad.

Anteriormente, se describo que es un CDA y su estructura, pero no se ha implementado la mensajería HL7, la recomendación en este proyecto es uso del protocolo RFC 2557 MIME Encapsulation of Aggregate Documents como es HTML, pues dicho estándar permite empaquetar el CDA y lo archivos que sean asociados, para transportar documentos médicos, mensajes de registro, almacenar y visualizar archivos multimedia. Este protocolo es el adecuado pues cuenta con varios formatos de documentos (lenguaje de marcado de hipertexto)[HTML 2], lenguaje de marcado extendido [XML], formato de documento portátil [PDF] y Lenguaje de marcado de realidad virtual [VRML]) que especifican documentos que constan de un recurso raíz y fue desarrollado para satisfacer requisitos de agregación de documentos HTML de múltiples recursos.[45], [46]

Los tipos de datos transportados en HL7 son característicos por tener poco contenido semántico intrínseco como son sellos, firmas digitales, pero por el contrario si tiene información ,muy extensa como es especificaciones de tiempo, expresiones medicas complejas, conceptos de descripción , coordinación de códigos, en algunos casos existen códigos de codificaciones con el fin de combinar terminología pre y post durante un CDA [47], se pueden observar en la Figura 5

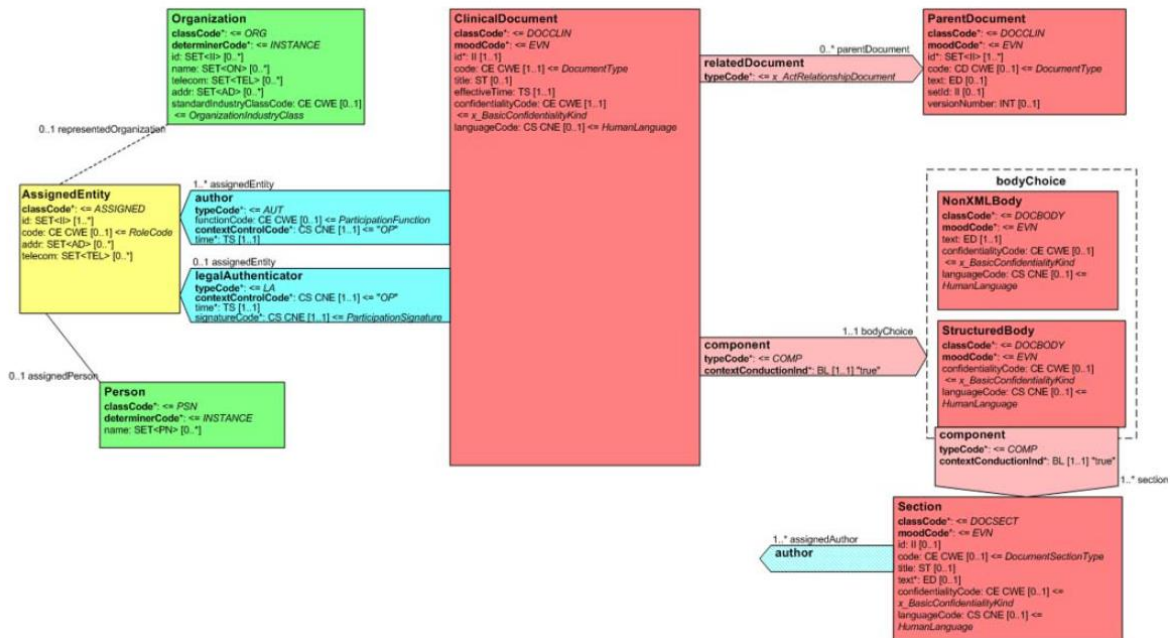


Figura 5 Clinical Document Architecture (CDA) Release 2 object model showing a portion of the header and its connection

Fuente: Selective retrieval of pre-and post-coordinated SNOMED concepts, 2002

En la actualidad este estándar es aplicado y funcional en países como estados Unidos, Finlandia, Grecia haciendo planes para la información emergente en redes de intercambio y es la base de la salud planificada Acto de Responsabilidad y Portabilidad de Seguros (HIPAA) donde se atienden resumen de destacar, nota de progreso, informe de procedimiento reclamaciones, derivaciones y procesos de autorización para un proceso de intercambio

1.12 IMPLEMENTACIÓN Y ULTIMAS APLICACIONES DE HL7 EN EL MUNDO

Actualmente el estándar HL7 ha sido implementado en Canadá, Estados Unidos, Japón, Australia y en algunas regiones de Europa. Sus primeras aplicaciones se dieron en 1987 con un comité integrado por los diferentes entes prestadores de salud, proveedores de tecnologías de equipos médicos y consultores en el Hospital de la Universidad de Pensilvania en Estados Unidos , cuyo objetivó era consolidar información clínica bajo el modelo OSI para prestar servicios de salud, dando origen a la primera versión de HL7,

donde se definió por primera vez su contenido y atribuciones como la estructura de control de transmisión, seguimiento de admisiones, altas y traslados de paciente[48]

En el año de 1990 se creó la versión 2.2 donde se agregaron características como la facturación y exámenes de laboratorio en San Francisco con la Universidad de California y la empresa Simborg pues fue donde se impulsó de manera masiva el desarrollo tecnológico del estándar HL7.

Finalmente, en el año 2015 se lanzó la versión V3, donde se cotejó el modelo de referenciación de información permitiendo la implementación de datos por terminología, la agregación de documentos electrónicos en sintaxis XML, se estableció un modelo de información y una metodología de estructuración

Actualmente países como Canadá están a la vanguardia y son innovadores constantemente en el desarrollo y mejoramiento del estándar HL7, logrando de interoperabilidad que permiten a los desarrolladores implementar interfaces con los sistemas de salud de manera eficiente y efectiva[49], creando plataformas como:

- Canadian URI Registry: El registro de URI canadiense agrupa los espacios de nombres de los identificadores y los sistemas de códigos. Al ingresar los metadatos FHIR NamingSystem, puede asignar automáticamente los OID a los URI y viceversa.
- FHIR Terminology Service API: Las API de FHIR permiten el intercambio automatizado de contenido y recursos de terminología clínica.
- HAPI FHIR: Una biblioteca simple pero poderosa para agregar mensajes FHIR a las aplicaciones.
- HAPI v2: Un analizador HL7 v2.x de código abierto y orientado a objetos desarrollado para la plataforma Java.
- Message Builder: API que fomentan la creación, el llenado y el acceso rápidos y fáciles a las solicitudes y respuestas de HL7v3.
- Registre FHIR Canadien: Un repositorio de perfiles FHIR recomendados para su uso en Canadá, incluidas extensiones, conjuntos de valores, URI y otros componentes útiles y de uso común

- Terminology Service API: Las API REST permiten el intercambio automatizado de contenido y recursos de terminología clínica.
- WebHook Notifications: Registre un WebHook para recibir una notificación cuando se publique nuevo contenido en Terminology Gateway

En Latinoamérica encontramos países como Argentina el cual implementó este estándar como integrador de los sistemas de información de la Historia Clínica electrónica entre el Laboratorio Central y los servicios del Paciente en el Departamento de Información Hospitalario del Hospital Italiano de Buenos Aires, desarrollando un sistema de consultas e impresión de resultados de exámenes complementarios en línea por intranet , permitiendo mantener la independencia de cada uno de los sistemas sin necesidad de estar ligados a una plataforma de hardware, utilizando un modelo tecnológico de Java Enterprise Bean para el desarrollo de la aplicación Web y clientes con tecnología JSP y Servlets, logrando evidenciar que resolvió un promedio de 180 consultas por minuto[50]. Por otro lado, Perú a través de la Asociación Peruano Japonesa (APJ) también creó la plataforma tecnológica BIZUIT confeccionada con mensajería HL7 con el fin de brindar servicios de salud a la comunidad solucionando problemas de integración en el módulo de admisión de pacientes al servicio de imagenología con los equipos y creando una ficha clínica electrónica para los estudios de laboratorio[51]

En Europa, el país pionero y caracterizado por la investigación en telemedicina y los estándares sanitarios es España el cual creó el sistema IHE (Interoperabilidad Historia Clínica Electrónica) para promover la solución a problemas de interoperabilidad entre equipos y sistemas de información en salud, proponiendo un perfil de integración “Compartir documentos entre organizaciones” basada en el modelo registro / repositorio conforme a la norma CDA de HL7 que da la facultad de integrar documentos escaneados hasta documentos digitales , de esta manera resolver aspectos como la identificación cruzada de pacientes, autenticación o registro de eventos de auditoría , mejorando la calidad de atención a los pacientes. Actualmente hacen uso de esta plataforma 72 empresas con 120 productos y se ha expandido de manera masiva alrededor de toda Europa mediante extensiones nacionales, esta plataforma permite transferencia de información en Radiología, Cardiología , Laboratorio, Anatomía, patología, Salud Ocular y Radioterapia Oncológica [52]

Desde luego, en el continente Asiático se realizaron plataformas basadas en HL7 para crear sistemas de información instantáneo que reportan resultados de anomalías de laboratorio en servicios críticos de los pacientes con sistemas de información de emergencia que contienen registró, diagnostico, proceso clínico farmacia, laboratorio, observación, radiología, magnética nuclear, terapia, programación, vigilancia de enfermedades, facturación, seguros, crédito , esta plataforma fue distribuida e implementada en el Hospital Nacional de la universidad de Taiwán [53], dando origen a las plataformas:

- HMAS como sistema de alerta de mensajes de atención médica
- HSMS siendo este un motor de servicio de mensajes cortos de atención médico
- DiHOSE que es un entorno de servicio orientado a la atención medica que procesa los comportamientos de intercambio de información y puede extenderse de manera flexible para los requisitos razonables del usuario,

1.13 EL IMPACTO DE INNOVACIÓN EN EL PROYECTO

Actualmente la necesidad del desarrollo de estándares que sirvan de base a interfaces entre sistemas surge a partir de la aparición de la tecnología de redes para la integración de programas de aplicación al área de salud que residen en computadoras funcional y técnicamente diferentes. Sin embargo, en Colombia las entidades de salud no utilizan estándares y protocolos para transferencia e intercambio de mensajería de historias clínicas yendo en controversia con el Plan Nacional de Desarrollo, por ende, este proyecto genera un impacto innovador en los temas relacionados en telemedicina y la transferencia e intercambiando información clínica, pues como se evidencia en el apartado anterior a nivel mundial son pocos los países que generan ideas o han desarrollado en plataformas E-health basados en estándar HL7, que permitan solucionar la necesidades en materia sanitaria y no se encontraron invenciones en aspectos de trasferencia de historia clínica para las cardiopatías en tiempo real, en su gran mayoría presentan procedimientos para acaparar los exámenes de laboratorios y otras especialidades.

Sin embargo en Colombia, algunas universidades como la Universidad Nacional, Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad del Cauca a través de sus centros de investigación de telemedicina, bioingeniería e ingeniería telemática, han sido pioneros en investigación en temas relacionados con telemedicina y en el año 2017 realizaron una

propuesta de un estudio de la implementación del estándar HL7 en las unidades móviles de la secretaría de salud de Cundinamarca, pero no desarrollan alguna plataforma o interfaz gráfica, y que generaran soluciones generales a una problemática.

Es por esta razón, que este proyecto brinda una herramienta para la resolución de necesidades en salubridad pública de enfermedades cardiovasculares, con un elemento diferencial y un aporte en innovación a la tele diagnóstica basado en estándar HL7, pues actualmente no se evidenciaron proyectos en desarrollo o desarrollados a nivel mundial que permitan a las entidades públicas las siguientes características:

- Ver en tiempo real en una plataforma señales electrocardiográficas de un paciente, que permita al médico generar un diagnóstico y que dicho diagnóstico pueda ser visualizado por un paciente mediante un dispositivo médico acceso al diagnóstico.
- Permite a la entidad prestadora de salud generar un informe detallado de la situación cardiovascular de los pacientes tratados, generando al detalle un documento que permita evidenciar un filtro por tipo de cardiopatía, edades, pacientes o por regiones, con el objetivo de generar una alerta a nivel nacional y ser generadores en políticas sanitarias para mitigar posibles riesgos cardiacos.
- Incorporación de Internet de las cosas en dispositivos médicos dentro de una plataforma Web, pues en los anteriores proyectos no permite este tipo de aplicaciones

Desde luego este proyecto también aporta en la transformación tecnológica del sector salud frente a los cuatro retos principales que en la actualidad se enfrenta Colombia [48], relacionados con:

- El surgimiento de nuevas necesidades para la gestión de la información.
- La meta de conectividad de las instituciones vinculadas con el sector contemplada en el Plan Nacional de Tecnologías de Información y Comunicaciones.
- La obligatoria aplicación de la historia clínica única electrónica antes del 31 de diciembre de 2013 (Ley 1438 de 2011) .
- La implementación de los lineamientos para el desarrollo de la Telesalud en Colombia (Ley 1419 de 2010)13 .

La tecnología de mensajería HL7 e interfaces de E-Health para este proyecto fue seleccionada por que brinda las siguientes características :

- Estandariza la Informática Medica no solo a nivel local, privado o público, sino que a nivel mundial y en todo tipo de aplicación medica
- Permite el apoyo en la toma de decisiones con diferentes especialistas de forma simultanea
- Aplicación útil para servicios de enfermería
- Permite generar Historias Clínicas computarizadas
- Soluciona Necesidades de Información Externas al ámbito hospitalario
- Una base de datos embebida que almacena mensajes y garantiza su entrega
- Direccionamiento controlado por eventos, de publicación/suscripción y basado en el contenido
- Da respuesta a las necesidades de los distintos servicios de salud, independientemente del nivel (hospitales, provinciales o municipales) o área (administraciones pacientes de laboratorio, farmacia, etc.)
- Es Abierto, HL7 es un estándar no propietario desarrollado por usuarios, proveedores de software y demás interesados en los sistemas de información para el área salud.
- Es reconocido en las Iniciativas de estándares internacionales
- Todos los actores del sistema pueden participar, permitiendo cubrir las necesidades cambiantes que en la actualidad tiene los sistemas de información en salud.
- Editor gráfico para transformar mensajes y datos
- Motor de reglas que permite realizar cambios en las interfaces HL7
- Servicio de prueba para validar componentes de la interfaz
- Muestra gráficamente las rutas y el contenido de los mensajes, para solucionar problemas con mayor facilidad
- Búsqueda y reenvío de mensajes, con búsqueda por interfaz, fecha/hora, tipo de mensaje y contenido
- Gestor de secuencias HL7 para garantizar que los mensajes se direccionen en la secuencia establecida por el emisor

PLATAFORMA E-HEALTH PARA SISTEMATIZAR LOS RESULTADOS DE SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS, DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

Este capítulo refiere el procedimiento, descripción y caracterización técnica programable para el diseño y construcción de esta plataforma E-Health, la cual fue basada en una metodología Simple DoClRS, pues propone un sistema computacional ideal para el control y seguimiento de datos en internet, para el caso del proyecto tiene como fin resolver problemas en la detección de enfermedades cardiovasculares en lugares remotos del país con conectividad a internet dentro de tiempos eficientes y de alta correlación de respuesta a los pacientes y así brindar un servicio satisfactorio. Dicha metodología propone un proceso, un modelo de atención, un protocolo a consensuar, herramientas de programación, modelos especiales basados en la XML, consultas funcionales sobre SQL, lenguaje de programación orientada por objetos en PHP versión 7.0.32 y javascript, HTML y css.

El diseño de la plataforma E-health tiene un diseño funcional, pertinente y robusto fundamento en una interacción clara, intuitiva y amigable entre los tres perfiles diferenciadores encargados de administrar, difundir y ver el diagnóstico, dichos perfiles son: Administrador, médico y paciente. La aplicación virtual se encuentra fundamentada en 7 procesos o subcapítulos (Figura 6) necesarios para la obtención, almacenamiento y transformación de la información para finalmente tener unos servicios en línea y de análisis que brinden al médico y al paciente herramientas de valoración intuitiva y oportuna. El acceso al dominio <http://soerm.xyz/clinica/index.php> tanto para el caso del médico y del administrador será desde cualquier sistema operativo ya sea para un computador, Tablet o celular, lo cual dará versatilidad y operatividad al médico para diagnosticar un paciente sin importar si se encuentra en el centro de salud y al administrador de alimentar la base de datos en el momento en que sea requerido.

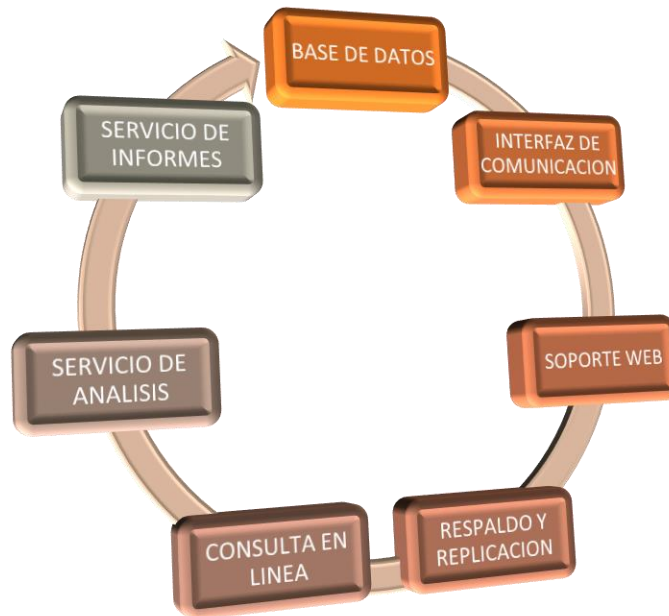


Figura 6 Construcción de aplicaciones Web con metodología DocIRS

Fuente: José Enrique González Cornejo, 2010

1.14 BASE DE DATOS

La construcción de la base datos está basada en el Modelo Entidad Relación, es decir, este modelo tiene en cuenta el diseño estructural de entidades, atributos y relaciones para llevar a cabo el conjunto de datos armónicos que no se repiten dentro de una base de datos.

Dentro de las Entidades se entienden como cosas u objetos que se diferencian claramente entre sí, un ejemplo claro de ellos son los datos requeridos en la asignación y recopilación de la información de un médico, paciente, entidades, empresas, etc. Que fueron requeridas para la ejecución optima del programa.

Los atributos son las propiedades que describen la entidad, estas son las encargadas y responsables de obtener los datos específicos que conforman y dan integridad al programa, ya que de ellos depende la extracción pura de los datos con los que interactúa el usuario final dentro del Modelo Vista Controlador (ver Figura 7), un ejemplo claro de ello lo podemos observar en la entidad Medico solicitando los siguientes datos:

- Documento
- Nombre
- Apellido
- Usuario
- Password

Por último, encontramos la relación la cual permite la comunicación entre varias entidades definidas y exigir que atributos se comparten entre sí, estas suelen ser las llaves principales de cada una de las entidades para relacionar los demás atributos de cada una de ellas, teniendo un control óptimo de los datos sin que se repitan en su almacenamiento. Cabe destacar que existen tres tipos de relaciones uno a uno, una muchos y muchos a muchos dependiendo el requerimiento exigido y comunicación entre las mismas

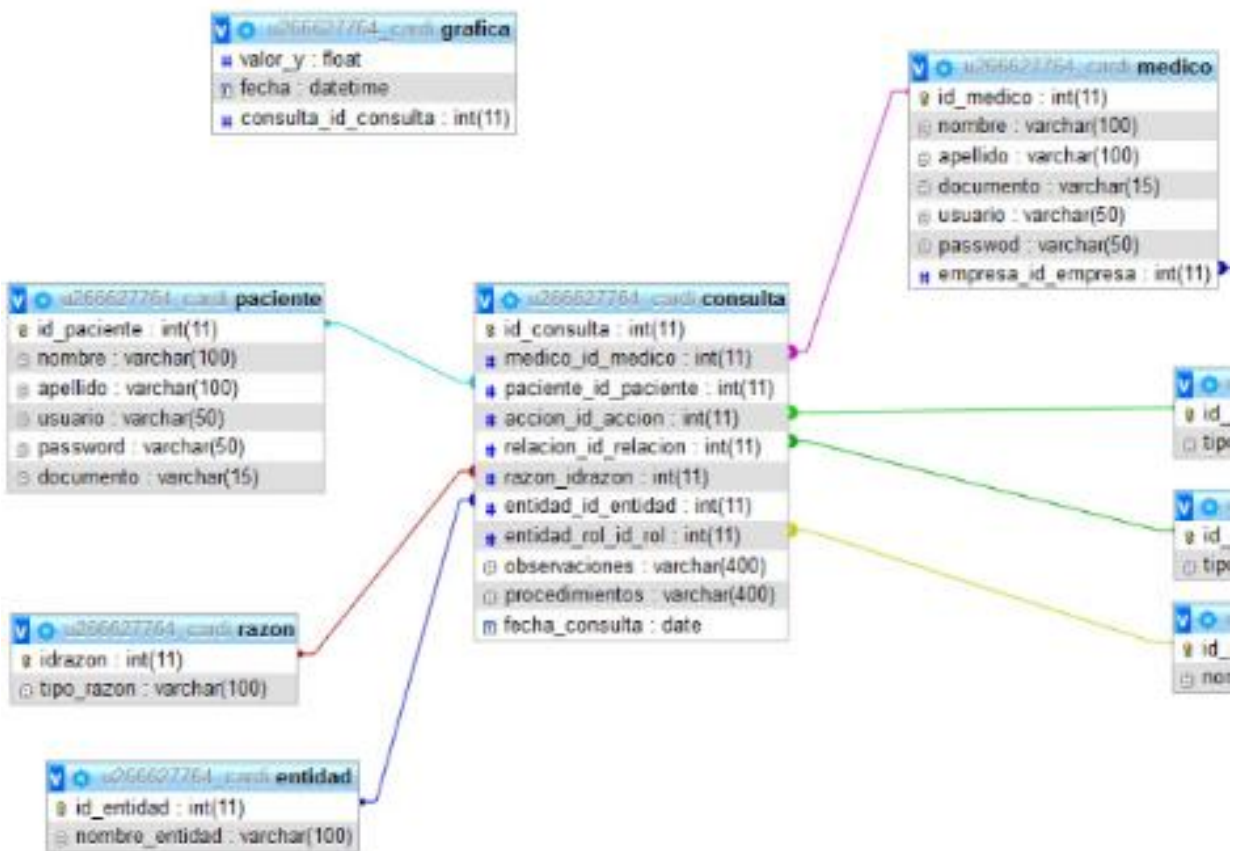


Figura 7. Tablas de Entidad - Relacion Plataforma E-HEALTH

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado se utilizó el software libre phpMyAdmin el cual es un software libre que permite administrar la base de datos de MySQL a través de la web, se pueden gestionar la base de datos, tablas, columnas, relaciones, índices, usuarios permisos mediante la interfaz de usuario, y realizar una verificación de los códigos utilizados en cyberduck sean los correctos, así mismo me permite un previsualización de la estructura de la base de datos y del funcionamiento operativo en la página web

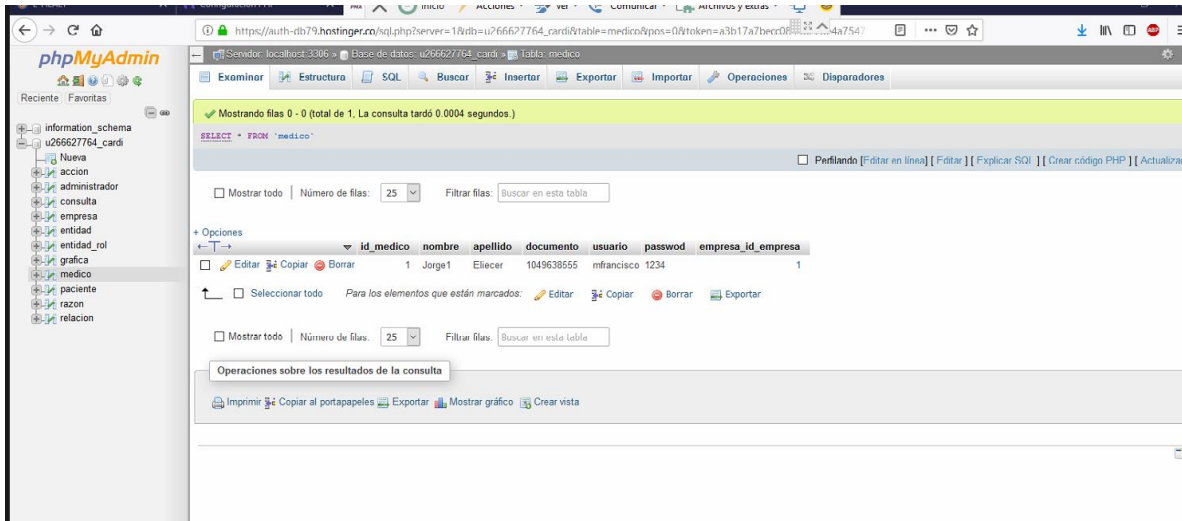


Figura 8. Software phpMyAdmin donde se evidencia el almacenamiento de información en la base de datos

Fuente: Elaboración Propia

El sistema gestor de base de datos que en este caso es PhpMyAdmin, es el encargado de interactuar con los datos de la base de datos manejando, almacenando, eliminando y editando los datos en tiempo real, con la posibilidad de usar herramientas específicas que facilitan el acceso a consulta y datos. Como ventaja principal el SGBD ofrece los servicios de diseñador posibilitando crear entidades y relaciones como también los informes pertinentes respecto a los datos albergados en ella.

1.15 INTERFAZ DE COMUNICACIÓN

Este proceso inicia desde el dispositivo médico, pues se generó un circuito de adquisición, acondicionamiento y procesamiento de las señales biológicas del cuerpo hasta convertirlas en una señal electrocardiográfica, posteriormente dicha señal es cargada en una base

datos, para que sea visualizada por un médico dentro de una página web de dominio público y finalmente en dicha página web se creó una interfaz o una plataforma E-Health con estándar HL7 para que le médico pueda diligenciar un formulario de diagnóstico para que el paciente lo pueda ver, leer y aplicar en caso de un procedimiento en su dispositivo médico en tiempo real.

Para tal fin después de ser acondicionada la señal en hardware y mediante una programación en QT CREATOR se efectúa la transferencia de datos a un servidor y transforma la captación de información en términos de voltaje versus tiempo transformado en una línea secuencial que permite ver una señal electrocardiográfica. Todo esto mediante una interfaz gráfica de usuario, la cual permite una aplicación de manejo intuitivo para el usuario aprovechando las características del display Touchscreen conectado a la Raspberry Pi V3. Para tal fin se utiliza el entorno de desarrollo integrado “QT Creator”, pues posee herramientas GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) que permite crear, desarrollar y simular forms para proyectos en lenguaje C++ permanente un widget, pues cuenta con una estructuras de diálogos funcionales que permiten herramientas sencillas y flexibles al momento de usar, y brinda un entorno de desarrollo más comprensible pues cuenta con una previsualización que da la seguridad de que lo realizado es lo que se espera.

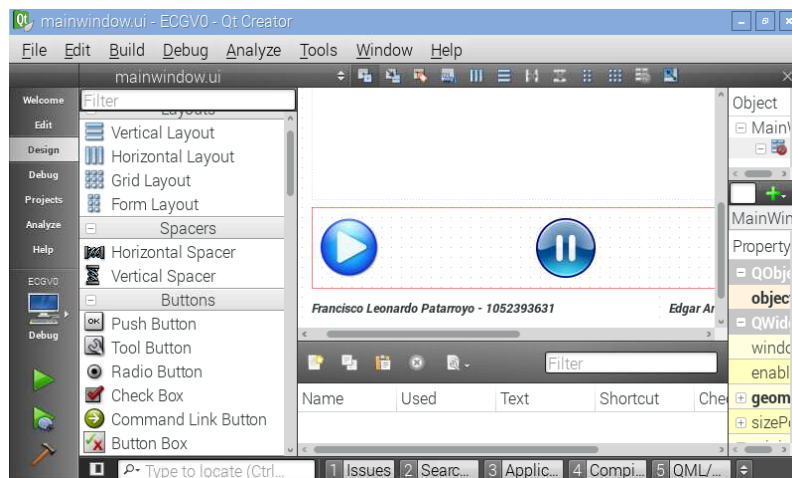


Figura 9. Interfaz de QT Creator en el aplicativo FORM

Fuente: Elaboración Propia

Para tal fin, se utilizó el protocolo SPI de comunicación entre el HAT (esclavo) y la Raspberry Pi (maestro), pues facilita el control del dispositivo electrónico digital, mediante

un bus periférico que consiste en señales de entrada, salida, pulsos de reloj y un chip selector, por ende, es un protocolo síncrono. Tiene las ventajas de tener una comunicación Full Duplex, una mayor velocidad de transmisión, la implementación en el HAT es sencilla, y su consumo de energía es menor que otros protocolos. La interfaz utilizada es SPI0, pues permite el acceso directo a la memoria, una transferencia de datos mayor velocidad la cual es necesaria para el desarrollo de ese tipo de proyectos por la velocidad digital de las muestras de la señal analógica producidas por el electrocardiógrafo. Las librerías que se utilizaron fueron la MCP3004 para la configuración del ADC y qCustomplot qué sirve un widget de QT C++ para trazado y visualización de datos, en gráficos en 2D con pertinente para visualizar la señal ECG en tiempo real, (Figura 10).

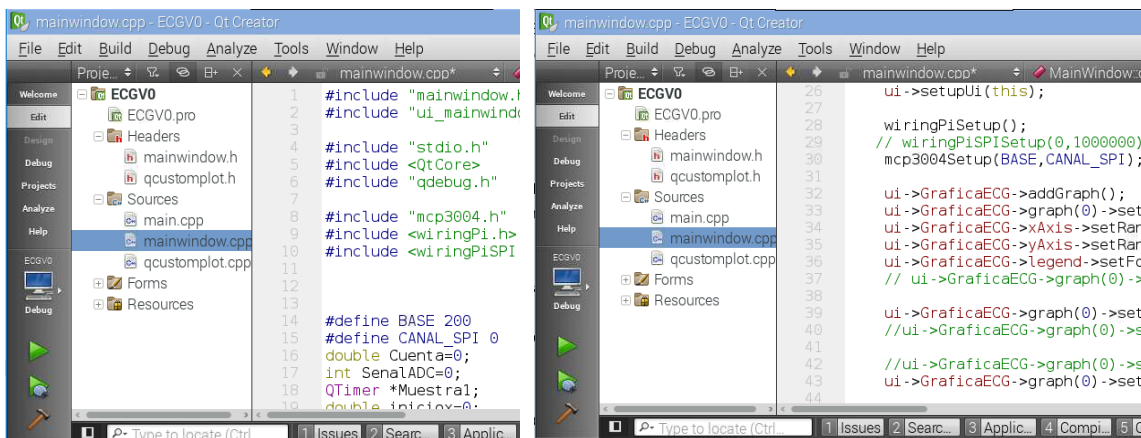


Figura 10. Visualización de las formas, inclusión de bibliotecas qCustomplot, aplicación de protocolo SPI e inclusión de líneas de código

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en la opción Sources, en el mainwindow se introdujeron unas líneas de códigos (ver Tabla 5) las cuales especifican las funciones de cada uno de los botones que fueron incrustados en el FORM, así mismo la visualización de una señal en el tablero, el voltaje en el eje de las ordenadas y el tiempo en el eje de las abscisas.

Como el proyecto consiste en la trasmisión de señales electrocardiográficas vía WIFI, para brindar la posibilidad de diagnóstico remoto por un especialista en cardiología que pueda monitorear o visualizar las señales en plataforma Web. Aprovechando las características de conectividad inalámbrica de la Raspberry pi 3 Modelo B (Wifi 802.11n, Bluetooth 4.1) la

cual no requiere hardware externo para conexión a internet, ya que todo esto se encuentra incluido en la SBC; se pretende utilizar la Raspberry PI como un dispositivo IOT Sensor o Sensor Web Server el cual, basándose en el nuevo término del internet de las cosas, permite al sensor enviar datos a internet, apoyado en plataformas gratuitas de visualización de datos tales como el ThingSpeak, IBM Quickstart y Plotly. Estas plataformas IoT también permiten soporte para dispositivos móviles o navegadores para Smartphone, permitiendo al especialista conocer el estado de un paciente desde su celular o PC.

Por tal efecto, en el programa se evidencia dentro de las líneas de código funciones para llamar una base datos, la cual tiene por objeto crear una conexión con un servidor el cual cargara en una base de datos matrices y las formas correspondientes para visualizar la señal ECG en el siguiente enlace <http://soerm.xyz/clinica/adminRazon.php> con dirección ip 192.254.233.235, donde se puede visualizar la señal ECG en tiempo real con un retardo de 30 segundos, es importante recabar que la velocidad de trasmisión de datos depende de la velocidad de envío de datos de la red WiFi, y de la calidad de conectividad, el código cuenta con una capacidad de enviar cada 10 milisegundos, 300 muestras de datos al servidor.

Para el funcionamiento de la página Web se crearon 2 archivos .HTML como se evidencia en la Figura 11 , el archivo titulado ecgv0.html tiene por objeto primero visualizar imágenes y rótulos en los ejes x y un eje y para que grafique los datos enviados por el archivo iframe.html; el archivo Iframe. HTML, es el encargado de enviar los datos a graficar pues es quien se enlaza con el servidor de manera automática y lee si existe alguna modificación en la base datos y enviara la información a ecgv0.html, para le caso contrario no enviara datos y por ende ecgv0.html no se notaran modificaciones en dicho archivo se gestiona el acceso del dispositivo desde una red Wifi al servidor siempre y cuando en el servidor se encuentre registrado la dirección de la IP PUBLICA de la red de donde se pretende que el dispositivo envíe la información, por último el archivo droid-sans-mono. Ttf es el que tiene configurado con el configurar el tipo de fuente ara visualizar las letras.



Figura 11. Archivos HTML y extensiones para crear interfaz WEB

Fuente: Elaboración Propia

1.16 SOPORTE WEB

La plataforma Web contará con una asignación de dominio siendo este <http://soerm.xyz/clinica/> y su dirección IP 31.220.20.103 apuntando los DNS al hosting designado para realizar la conexión entre los diferentes tipos de usuario , donde uno de ellos, el médico tendrá una interfaz gráfica llena de procesos que le permitan diligenciar una historia clínica y un formulario de diagnóstico en tiempo real para que el paciente a través del dispositivo médico pueda visualizar cuales son las observaciones y cuál es el procedimiento, dando un soporte legal para poder comprar medicamentos y realizar procedimientos con un enfermero en caso de ser necesario.

La configuración del soporte Web corresponde un modelo por objetos fundamento en una secuencia de objetos individuales siguiendo la metodología ágil de desarrollo SCRUM y la modelo vista controlador para el desarrollo de todo el soporte web. Para la ejecución y optimización de los archivos creados en la plataforma tenemos que cada uno de los archivos contienen programación orientada a Objetos y utilizando como lenguaje principal de programación PHP optimizando así la arquitectura y estilo, es decir, la existencia de múltiples y numerosas automatizaciones de procesos, con sus módulos, formularios, objetos, funciones y rutinas. No obstante, cada uno de ellos se construye a partir del mismo conjunto de planos, la plataforma E-Health cuenta con una definición de índices, clasificaciones, buscadores, integración con otros sistemas y portabilidad de los datos desde el sitio como se evidencia en la Figura 12.

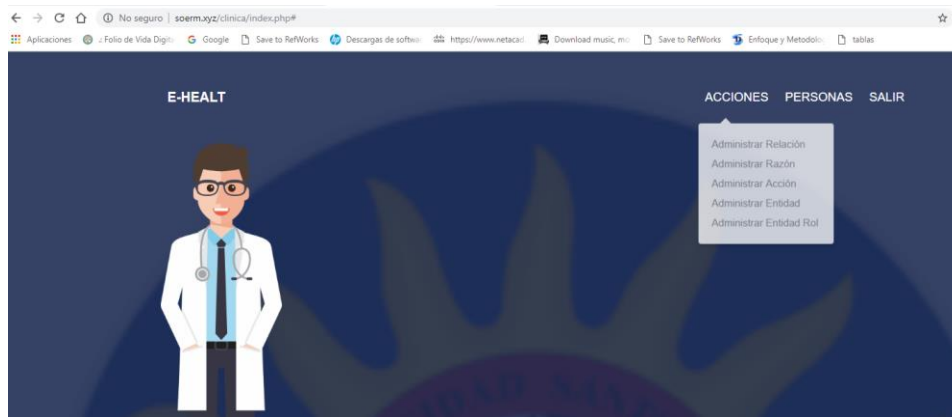


Figura 12. Soporte Web de la Plataforma E-Health para diligenciar formulario de diagnostico

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, el soporte web de la plataforma está basado en dos características:

- **Administración:** Es una arquitectura simple, que unifica criterios para dar una trazabilidad completa de los procesos. La componente de servicio administración, está dotado de aplicaciones que permitan monitorear, administrar, dar soporte paramétrico de reglas del estándar HL7, la mantención de la calidad de gestión del servicio, en áreas tales como seguridad, desempeño, y disponibilidad.
- **Integración:** Referente al consumo y suministración de servicios para la detección sistemática de enfermedades cardiovasculares, en esta característica se fortalece la gestión entre todas las instancias involucradas en los procesos. Este componente cuenta con las capas de Sistemas Operacionales: La capa de Componentes de Servicios pues el momento de la toma de la muestra de la señal electrocardiográfica y su transmisión WiFi hasta el médico donde se le brinda el servicio de monitoreo, cita médica, atención en tiempo real, etc, la capa de Procesos donde el médico y el paciente tiene que interactuar con la plataforma a sus diferentes niveles, para brindar la información necesaria para realizar un diagnóstico y por último la capa Presentación donde el paciente puede ver su diagnóstico médico y el médico almacena en los servidores el diagnóstico y lo carga en una historia clínica .

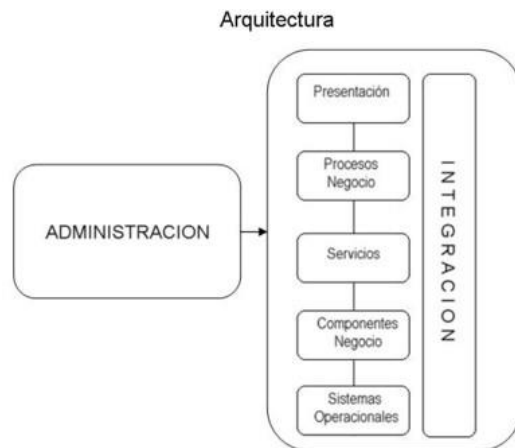


Figura 13 Arquitectura, características y componente del soporté web

Fuente: José Enrique González Cornejo 2010

La plataforma E-health estará soportada bajo tres perfiles que cumplen funciones diferentes así:

- **INVITADO PACIENTE:** Son las personas dueñas del dispositivo electrocardiográfico, que solo podrán manipular la trasferencia de la señal hacia el médico, y la visualización de esta en el dispositivo y podrán ver en un pdf su diagnóstico médico, pueden alimentar la base datos exclusivamente cuando usan el botón INICIAR, PARAR, IOT, ELIMINAR pues es él envió de datos de la señal electrocardiográfica al servidor

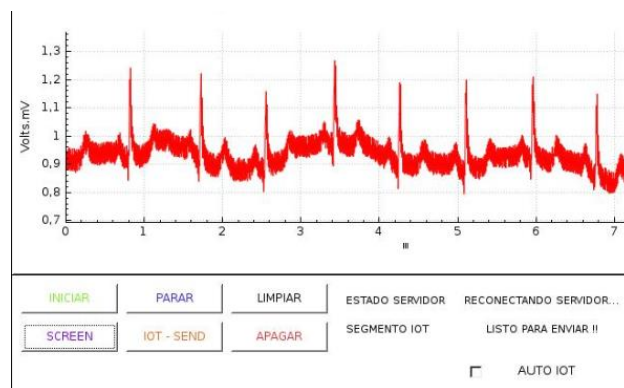


Figura 14. Interfaz del paciente en el dispositivo medico

Fuente: Elaboración Propia

- INVITADO MEDICO: Son todos aquellos especialistas en cardiología que tiene acceso a la plataforma web, que usan recursos de los diferentes ítems del estándar HL7 para brindar un diagnostico oportuno al paciente, pero no tiene la opción de agregar o eliminar información de la base de datos, en caso de ser necesario alimentar la base de datos con información debe comunicarse con el ADMINISTRADOR. Ejemplo:

E-HEALT
CONSULTA SALIR

INGRESAR CONSULTA

PACIENTE:

RELACIÓN:

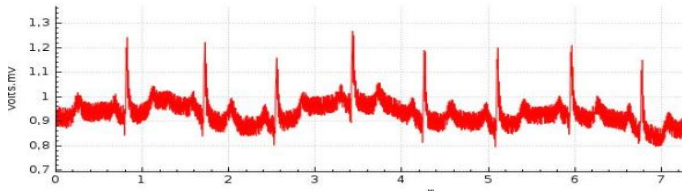
ACCIÓN:

RAZÓN:

ENTIDAD:

ENTIDAD ROL:

Electrocardiograma IoT



OBSERVACIONES:

PROCEDIMIENTOS:

Figura 15. Interfaz para que el medico genere el diagnostico
Fuente: Elaboración Propia

- **ADMINISTRADOR:** Es la persona idónea y única que tendrá atribuciones para asignar usuarios, agregar, modificar o eliminar información y parámetros en la base de datos de acuerdo con la necesidad requerida por el médico para que pueda diligenciar los diferentes campos de diagnóstico que exige el estándar HL7. Ejemplo:

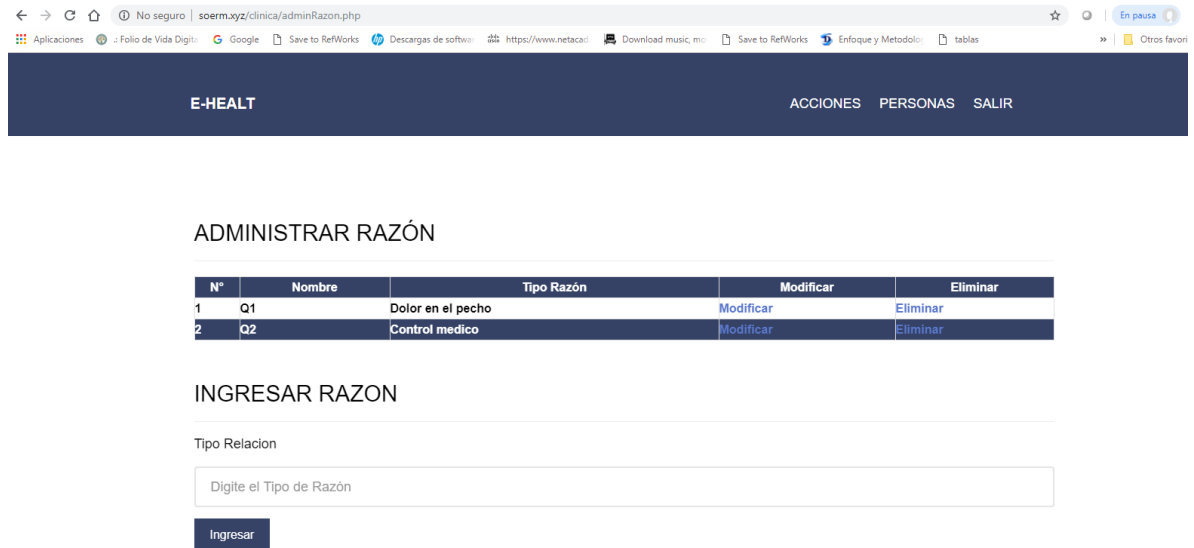


Figura 16. Interfaz del administrador para ingresar datos en la Plataforma E-Health en la opción RAZÓN

Fuente: Elaboración Propia

1.17 RESPALDO Y REPLICACIÓN

Los códigos HTML y PHP de la página web están configurados para que cada vez que el médico genere un diagnóstico con sus respectivas observaciones la información sea guardada en una historia clínica (base de datos) otorgando un diagnóstico de dicha consulta web en el Establecimiento de Sanidad, es decir continuamente se realizará un Backup de cada eventualidad cardiaca en que sea atendido al paciente, esto con el fin de guardar una copia de seguridad y evitar pérdidas de información, un eficiente almacenamiento y recuperación de datos, para que el establecimiento de sanidad y el paciente tenga disponibilidad de tener acceso a diagnósticos anteriores. La replicación de datos hace referencia a tener la información sanitaria actualizada en varios servidores en caso de presentar fallas técnicas en un solo servidor, con el objetivo de no almacenar toda la información en un solo servidor sino de garantizar la disponibilidad de la información

Es de resaltar que el proyecto tendrá de forma abierta en los códigos HTML la configuración para que la entidad sanitaria que requiera el uso de la plataforma pueda modificar el uso de sus servidores donde se va a almacenar, respaldar y replicar la información de acuerdo con la necesidad, pues quien tendrá dichas atribuciones será quien designen como administrador de la plataforma (ver.

Adicionalmente y por seguridad de la integración de la base de datos se protege los campos que pueden ser diligenciados por el personal que utiliza el programa obligando a que sean leídos como texto evitando así inyecciones SQL. Un punto principal para tratar es el siguiente archivo de configuración el cual realiza la conexión y es el controlador de todas las peticiones realizadas al sistema



```
1 <?php
2     class Configuracion{
3         function getHostName(){
4             return "localhost";
5         }
6
7         function getDataBase(){
8             return "u266627764_cardi";
9         }
10
11        function getUserName(){
12            return "u266627764_cardi";
13        }
14
15        function getPassword(){
16            return "cardi4";
17        }
18    }
19 ?>
```

Figura 17. Códigos en PHP para registrar Host, Servidor y acceso

Fuente: Elaboración Propia

1.18 CONSULTA EN LÍNEA

El diseño de la interfaz gráfica del dispositivo médico, tiene un diseño centrado en facilitar la interpretación propia del paciente desde el comienzo en que interactúa con el dispositivo y que su reacción sea favorable al momento en que tenga dolencias o enfermedades en el sistema circulatorio de tipo cardiaco y que desee tener una experiencia importante de tener confort en un servicio que le brinde el soporte para tener una consulta en línea y en tiempo

real para acceder a un diagnóstico oportuno a su malestar. Basado en esta problemática dentro de la interfaz gráfica del dispositivo electrocardiográfico se crearon unos botones para que el paciente tenga la opción de tener contacto en tiempo real con el médico y sea este quien le dé un diagnóstico y una solución a su consulta, donde le médico le facilite al paciente algún procedimiento a seguir y cuáles son las lecturas del electrocardiograma, por otro lado el paciente puede ver en tiempo real su electrocardiograma en caso de que en lugar donde se encuentre cuente con un especialista que le pueda brindar una lectura.

Para que la señal se visualiza de forma correcta, las líneas de código fueron programas para que indicarán la variación de voltaje en puntos y que los puntos fueran unidos por líneas. Finalmente, la interfaz que la paciente verá en la pantalla TFT y la cual él será el operador, tendrá los, por otro lado, se configuraron 5 botones así (Figura 18):

- INICIO: Permite inicializar programa para visualizar la señal ECG
- PAUSA: Suspende la ejecución del programa y parar la toma de la señal ECG
- BORRAR: Reinicia el programa y por ende la toma de muestras de la señal ECG
- IoT: Permite la trasmisión de datos via WiFi
- SCREEN: Permite en las situaciones que la conectividad Wifi del dispositivo tenga intermitencias o tenga demasiados retardos en él envió de tramas de datos hacia el servidor, está el botón SCREEN cuya función es enviar una muestra de la señal ECG en imagen hacia el servidor y no un video en tiempo real.
- CLÍNICO: Permite al paciente ver el resultado del médico de acuerdo con el diagnostico generado por la señal ECG

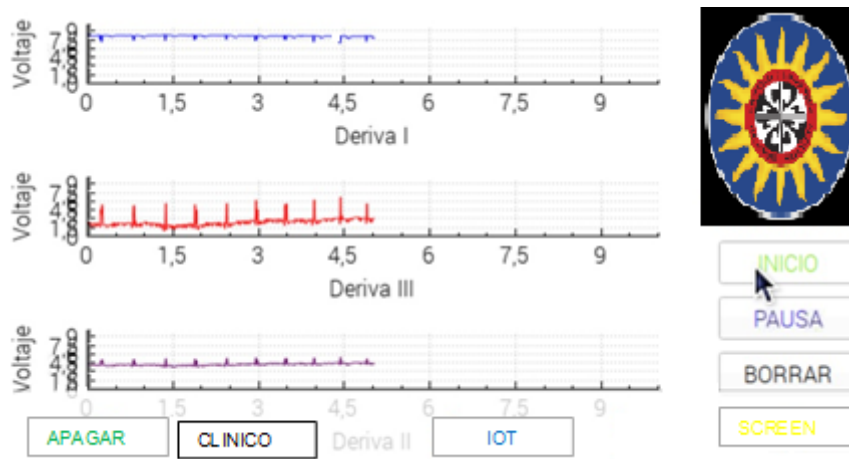


Figura 18. Interfaz en el dispositivo medico visualizada por el usuario
Fuente: Elaboración Propia

1.19 SERVICIO DE ANÁLISIS

El médico solo podrá visualizar señal electrocardiográfica captada en el paciente, su interfaz gráfica web es exactamente igual, pero sin las funciones de los botones de las cuales tiene atribuciones el paciente, pero tendrá un botón adicional llamado REPORTE (Figura 19), el cual será el enlace para conducir al médico a la plataforma E-Health donde se generará la historia clínica del análisis sistemático de la señal ECG, con los parámetros y lineamientos sugeridos en el estándar HL7 (Figura 20)

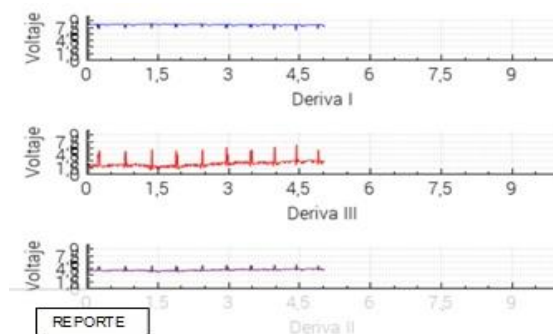


Figura 19 Interfaz de la señal ECG en la página WEB
Fuente: Elaboración Propia

ENCABEZADO	
ACCIÓN:	(Lectura de Señal electrocardiográfica por monitoreo, eventualidad cardiaca, orden médica, sondeo, diagnóstico, etc)
ENTIDAD:	(Nombre de EPS que realiza el diagnóstico) ROL: (Razón social de la empresa o especialidad)
RAZÓN:	(Relación de la historia Clínica y el paciente) RELACION: (Relación paciente-entidad, especificar si es medicina prepaga, u otra connotación)
MEDICO:	(nombre del médico y especialidad) ID MEDICO DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN
PACIENTE :	Nombre del paciente
CUERPO	
DECLARACIONES E INFORMES CLÍNICOS:	
IMAGEN ECG:	(se visualiza toma de la ECG sobre la cual se realizó el diagnóstico)
OBSERVACIONES:	(se especifican novedades encontradas dentro del diagnóstico)
PROCEDIMIENTOS:	(Si es necesario algún procedimiento a llevar a cabo, toma de medicamentos, controles, emergencias, etc)
FIRMA:	(Firma del Doctor)

Figura 20. Interfaz del reporte médico en estándar HL7 para el especialista y el paciente

Fuente: Elaboración Propia

Como la intención del Estándar HL7 es brindar un plataforma interoperable con diferentes instituciones y dispositivos mediante codificaciones para diligenciar una historia clínica digital, con características de un diseño pertinente y robusto que sea comprensible, de fácil uso, amigable, claro, intuitivo y con estándares de simple aprendizaje para el médico y el paciente, pues se construyó teniendo en cuenta el entendimiento del equipo con los procesos y comunicación al médico para adecuado lo más próximo a las necesidades, habilidades y objetivo del diagnóstico hacia un paciente. Desde luego esta aplicación permite el un eficiente almacenamiento en una base de datos que permiten el resguardo y recuperación de información cuando se desee

El médico cuando seleccione **REPORTE** en la interfaz gráfica (Figura 26), automáticamente se desplegará una interfaz web que permitirá al médico realizar la historia clínica, para que complete todos los Ítems establecidos en el Estándar HL7, cada Ítem tiene la opción para seleccionar opciones que se encuentren en la base datos y en el caso de que no se encuentre también consta con la opción para agregar nuevos ítems, es importante recabar que la plataforma se diseñó para que mediante letras combinadas sean comandos para llamar información almacenada en la base de datos, por ejemplo el médico FRANCISCO PATARROYO es M1, una situación de DOLOR EN EL PECHO es Q1, una vez el médico haya llenado toda la información requerida y parametrizada en cada ítem, podrá enviar su

reporte clínico y se genera una historia clínica como se evidencia en él, cumpliendo con el objetivo de brindar al cliente un plena satisfacción del servicio y brindar una solución al objetivo



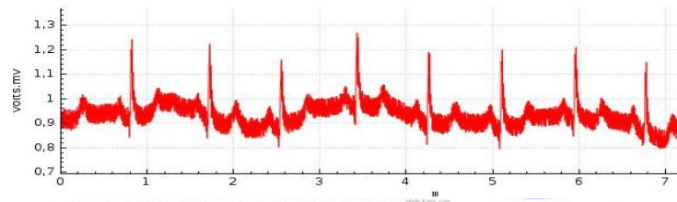
SANITAS

ACCION: MONITOREO
ROL: MEDICINA GENERAL
RELACION: MEDICINA PREPAGADA
MEDICO: JORGE I ELIECER
PACIENTE: JORGE MACIAS

RAZÓN: DOLOR EN EL PECHO
ID MEDIC: 1049638555
ID PACIE: 1014856675

DECLARACIONES E INFORMES CLINICOS:

Electrocardiograma IoT



OBSERVACIONES:

El pronóstico a largo plazo de la angina estable, aunque relativamente benigno comparado con las formas agudas de la cardiopatía isquémica, es variable y, por otra parte, los datos disponibles son muy escasos y dispares. Basándose en los resultados del electrocardiograma, las guías de la Sociedad Europea de Cardiología sobre el manejo de la angina estable consideran riesgo alto si una angina tiene un riesgo de mortalidad anual $> 2\%$; de bajo riesgo con una mortalidad anual $< 1\%$, y de riesgo intermedio con una del $1-2\%$.

PROCEDIMIENTOS:

Tomar 2 aspirinitas diarias cada 3 horas, salir a caminar durante 45 minutos en las horas de la mañana, en caso de un dolor severo en el pecho realizar electrocardiograma y enviar de forma inmediata al doctor para que sea monitoreado desde casa.


JORGE ELIECER

Figura 21. Diagnostico en formato PDF visible para el paciente en el dispositivo médico y en la interfaz Web del medico

Fuente: Elaboración Propia

Desde luego la creación, modificación y edición del documento pdf se realizó mediante un sistema de transferencia de archivos llamado cyberduck, con este, se crea y edita en línea el documento haciendo posible la relación con el Modelo vista controlador en su obtención de datos en pantalla.

```
1 <?php
2 // error_reporting(0);
3 require_once("../include/Clinica.php");
4 $OClinica= new Clinica();
5 $OClinica = $OClinica->getConsultaID($_GET['id_consulta']);
6 include("../include/fpdf/fpdf.php");
7
8 $pdf = new FPDF('L','mm','letter');
9 $pdf->SetTitle('Diagnostico de Consulta');
10 $width=170;
11 $width2=150;
12 $letra=12;
13 $pdf->AddPage();
14
15 $pdf->Image('../images/logo_usta.png',10,10,-400);
16
17 $pdf->SetFont('times','B',$letra);
18 $pdf->setXY(50,10);
19 $pdf->MultiCell(185,5,utf8_decode("CREACIÓN PDF"),0,'C');
20 // $pdf->setXY(50,15);
21 // $pdf->MultiCell(185,5,utf8_decode("CONSEJO DEPARTAMENTAL GESTIÓN DEL RIESGO"),0,'C');
22 // $pdf->setXY(50,20);
23 // $pdf->MultiCell(185,5,"INFORME SOLICITUDES OPAD",0,'C');
24
25 // $pdf->SetFont('times','',10);
26 // //datos informe
27 // $pdf->setXY(10,30);
28 // $pdf->MultiCell(255,5,"INFORME GENERAL DE SOLICITUDES DESDE EL ".$_GET['fecha1']." HASTA ".$_GET['fecha2'],0,'L');
29
30 // //SOLICITUD OPAD 17 CARACTERES POR LINEA
31 // //ASUNTO Y RESPUES 26 caracteres
32 // //ENCARGADO limite 30, limite y=190
33
34 // // $str = 'abcdef';
35 // // echo strlen($str);
36 // $letra=10;
37 // $pdf->SetFont('times','B',$letra);
38 // $x=10;
39 // $y=40;
```

Figura 22. Códigos en Ciberduck para generar diagnostico en o pdf

Fuente: Elaboración Propia

1.20 SERVICIOS DE INFORMES

Este servicio de informes nos permite visualizar un archivo en .pdf en .xlsx que evidencie el análisis de las diferentes posibles enfermedades cardiovasculares que se pueden detectar en un electrocardiograma, visualizando un relación del cruce de información sobre región, enfermedad cardiovascular, edad y pacientes, según la necesidad de la entidad que requiera realizar estadísticas de las diferentes patologías, y de esta manera brindar una herramienta que brinden un informe detallado para sistematizar basada en estadísticas en apoyo a la detección y prevención las enfermedades cardiovasculares en las regiones donde se encuentre un índice alto de persona que padezcan cardiopatías (Figura 25).

En este orden de ideas cuando el médico esté en el campo de observaciones, a través de un electrocardiograma, podrá sistematizar patologías relevantes que se pueden evidenciar sobre un paciente cuando se realiza el monitoreo con el dispositivo médico, la plataforma E-Health clasificará las patologías cardiacas en 3 aspectos: por Frecuencia, por Eje y por ritmo, teniendo en cuenta la Tabla 3, si las pulsaciones son inferiores se diagnostica bradicardia y si son superiores son taquicardias, posteriormente en cualquiera de esos casos se desplegará otro menú (ver Figura 24) donde tendrá la opción de elegir cualquiera como sea la subclasificaciones, para el caso del análisis por ritmo o por eje también tendrá la posibilidad de escoger las patologías (Figura 23) tiene la siguiente clasificación de las enfermedades en caso de encontrar algún hallazgo para clasificarlas



Figura 23. Clasificación de patologías Cardiacas por ritmo y por eje

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4 Variables Fisiológicas Vitales

PULSO O FRECUENCIA CARDÍACA

EDAD	RANGO (X MIN)	PROMEDIO (X MIN)
RECIÉN NACIDO	90 - 190	140
NEONATO	85 - 175	130
1 A 6 MESES	75 - 165	120
6 A 12 MESES	75 - 155	115
1 A 2 AÑOS	70 - 150	110
2 A 5 AÑOS	70 - 140	105
6 A 10 AÑOS	65 - 125	95
10 A 14 AÑOS	55 - 115	85
14 A 18 AÑOS	50 - 100	82

Fuente: Elaboración Propia

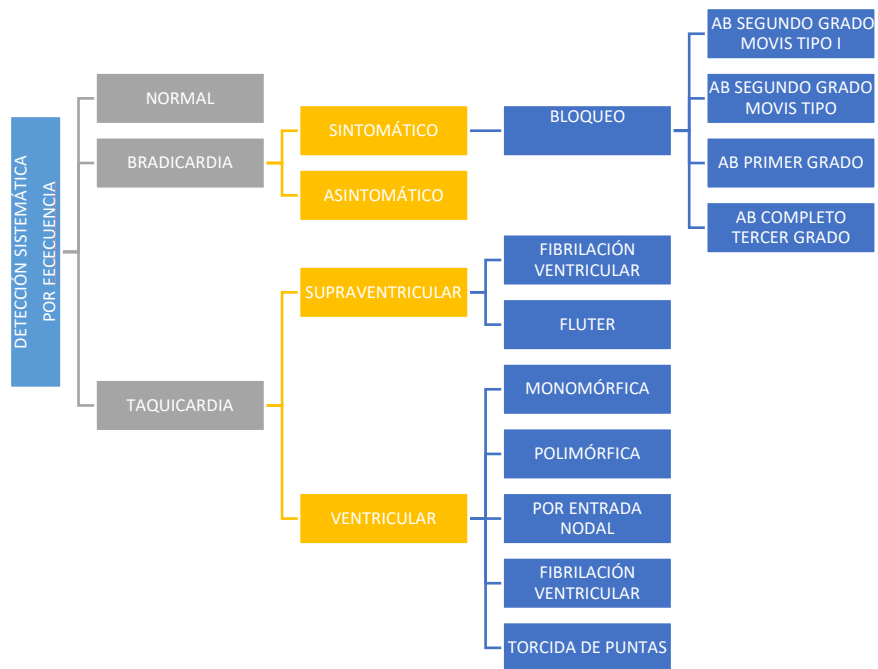


Figura 24 Clasificación de patologías por frecuencia o pulsos

Fuente: Elaboración Propia

INFORME DE CARDIOPATIAS POR DEPARTAMENTO						
Nombre	Edad	Ciudad	Departament	Cardiopati	Tipo	Clasificacion
Francisco Patarroyo	27	Duitama	Boyaca	Ritmo	Ritmo	Sinusal
Fabian Rios Malavaver	30	Tunja	Boyaca	Frecuencia	Sintomatico Bloqueo	AB Completo Tercer Grado
Fabio Ortiz	37	Sogamoso	Boyaca	Eje	Eje	Sugiere Hipertrofia
Nathaly Bohada	45	Sogamoso	Boyaca	Ritmo	Ritmo	Nodal
Catalina Rodriguez	37	Duitama	Boyaca	Eje	Eje	Desviado a la Izquierda
Jimmy Martinez	36	Sogamoso	Boyaca	Ritmo	Ritmo	Auriculo Ventricular
Alirio Montenegro	50	Sogamoso	Boyaca	Frecuencia	Taquicardia Supraventricular	Fibrilacion Ventricular
Wilson Patarroyo	55	Duitama	Boyaca	Frecuencia	Sintomatico Bloqueo	AB Segundo Grado Movis Tipo

Figura 25. Detección Sistemática basado en estadísticas tomadas en pacientes que han hecho uso de la Plataforma E-Health en apoyo a la prevención de enfermedades en del departamento de Boyacá

DISEÑO DEL CIRCUITO DE ADQUISICIÓN, ACONDICIONAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE LAS SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS

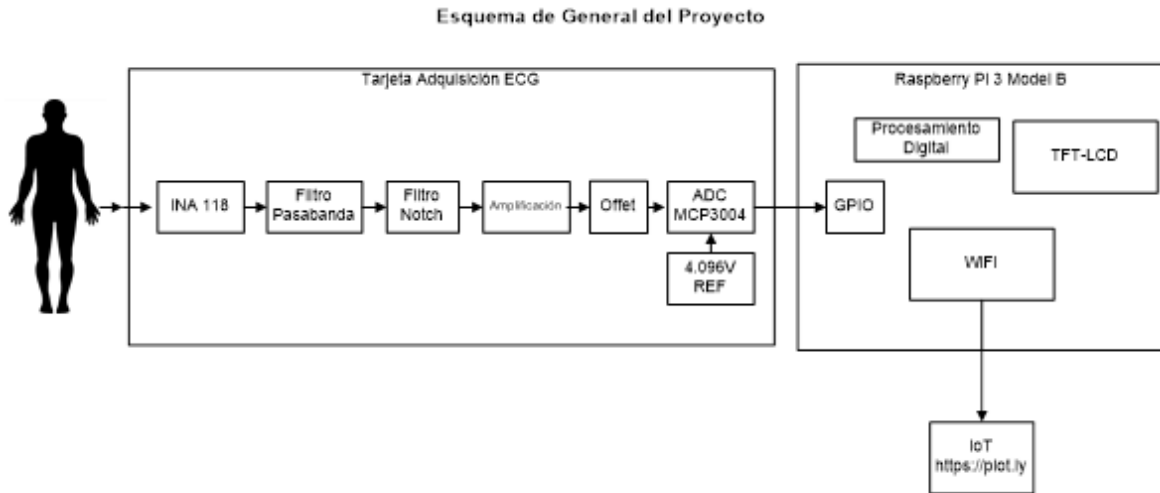


Figura 26. Esquema General del Proyecto

Fuente: Diseño de un sistema electrocardiográfico portátil orientado al apoyo de unidades militares en el área de operaciones y aplicaciones e-health, 2017

Las señales Bioeléctricas se miden mediante dispositivos llamados electrodos, encargados de convertir las corrientes de tipo iónico generado en el interior del tejido vivo en corrientes de tipo eléctrico que pueden ser medidas y acondicionado para análisis y tratamiento [54]. Debido a que la magnitud de las señales electrocardiográficas (menores de 15 mV) y a factores como el ruido ambiental, es necesario realizar una etapa de acondicionamiento, amplificación y procesamiento.

Acondicionamiento de la señal

Debido a la magnitud de las señales electrocardiográficas (menores de 15 mV) y a otros factores como el ruido ambiental, es necesario realizar una etapa de acondicionamiento de estas señales antes de procesarlas. Según las características de la señal ya mencionadas, es indispensable que pase por una etapa de amplificación debido a su amplitud, por lo tanto, esta es afectada en gran parte por el ruido. El amplificador diferencial (INA129) se utiliza en esta etapa gracias a que tiene una característica de eliminación de ruido, de este modo la selección de amplificador debe tener como característica principal un CMR (rechazo al

modo común) alto, los amplificadores de instrumentación tienen un CMR mayor que 100 siendo una buena opción en el desarrollo de esta etapa, otra característica importante es el comportamiento de estos amplificadores en el rango de frecuencias de 0 a 1 KHz ya que la señal de entrada es muy variable en ese rango[55].

La etapa de filtrado de la señal se divide en dos tipos de filtro, uno tiene la tarea de suprimir el ruido que produce la señal eléctrica es decir 60 Hz, este tipo de filtros es conocido como filtros de muesca (Notch Filter), y el otro filtro tiene que dejar pasar las frecuencias en el rango de 0.05 a 150 Hz. El perfecto funcionamiento de esta etapa determina la calidad de la señal electrocardiográfica a visualizar, porque no es una tarea fácil la atenuación del ruido. Después de atenuar las señales de ruido, el siguiente paso es una nueva amplificación con el fin de entregar una mayor amplitud de la señal, para de esta forma obtener una mayor resolución en el procesamiento de datos[55].

Filtrado Señal Electrocardiográfica:

Para delimitar las señales captadas por los transductores (electrodos) se utilizan filtros. Sabiendo que la señal electrocardiográfica tiene respuesta en el rango de 0.05 HZ hasta 200 Hz, pero para propósitos diagnósticos se tomará un rango de 0.05Hz a 150 Hz los filtros desempeñarán un papel importante en la adquisición de este tipo de señales bioeléctricas[56].

El diseño del circuito de adquisición consta de dos etapas de filtrado, una para la entrada diferencial LA-RA (brazo izquierdo- brazo derecho) Deriva I y la segunda para la entrada diferencial (LL-LA) (pierna izquierda- brazo izquierdo), las cuales realizan la misma función en paralelo, conformadas en primera instancia por un filtro Notch o rechaza banda para suprimir la frecuencia de 60 Hz de los componentes de la red eléctrica y un filtro pasa bajos para eliminar el componente en frecuencia mayores a 150 Hz; es de notar que se omite el filtro pasa altas con propósitos de simplificación de los componentes del diseño[55].

Se utilizaron filtros de topología SallenKey, ya que son los recomendados para este tipo de aplicación con respuesta en frecuencia Butterworth porque que presenta la respuesta más plana mientras más se acerca a la frecuencia de corte, este tipo de filtro presenta una banda de paso suave y un corte agudo. También es el filtro que presenta la respuesta más plana

mientras más se acerca a la frecuencia de corte, es por eso por lo que recibe el nombre de máximamente plana (Figura 27).

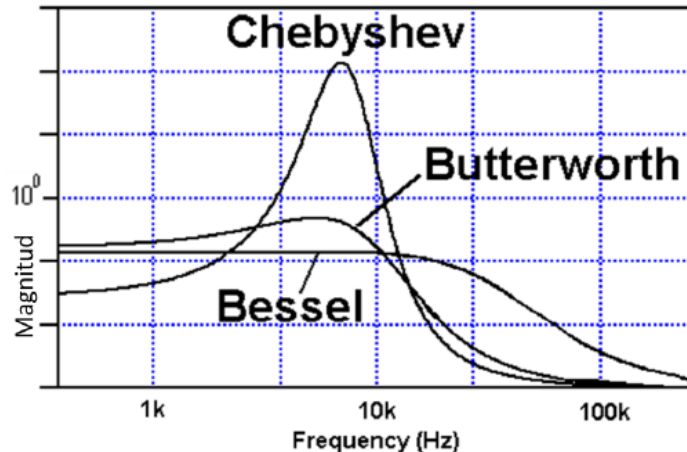


Figura 27 Grafica vs frecuencia de los diferentes tipos de filtro a una frecuencia de corte de 10 KHz
Fuente: Active Filter Design Techniques, 2008

Para esta etapa se ha establecido la utilización de filtros universales, dado que tiene mejores características que un filtro pasivo y debido a esto tiene un mejor comportamiento en la salida. Por tal motivo, el integrado UAF42 es la alternativa para el diseño de los filtros requeridos en esta etapa, ya que es un filtro activo universal configurable a través de resistencias externas, las cuales se pueden calcular mediante un software gratuito. Este utiliza un estado clásico variable de arquitectura análoga, con un amplificador inversor y dos integradores. Los integradores incluyen en el chip un capacitor de 1000 pF. El programa gratuito permite una fácil aplicación de muchos tipos de filtros; Butterworth, Bessel, y Chebyshev. Para los propósitos del proyecto se ha escogido un filtrado con respuesta Butterworth, por tener la respuesta más plana en la banda de paso.

Filtro Pasa Baja (150 Hz) Con Uaf42:

El componente UAF42 es una implementación monolítica de una topología de filtro analógico de estado variable, el cual proporciona un sesgo de entrada muy bajo de corriente, un menor costo y mayor confiabilidad. Por otro lado este componente está asociado a software que permiten y facilitan el diseño sistematizado de los filtros para los

cuales van ser usados, calculando el valor de los componentes asociado al apoyo con los tres tipos Butterworth, Chebyshev y Bessel, especificando el mejor rendimiento[57].

Con el fin de predecir la forma de las señales electrocardiográficas teniendo la descripción grafica generada entre la relacion de la señal del voltaje de entrada y de la salida lineal se define la función de transferencia para filtro pasa baja es:

Ecuación 1. Función de transferencia Pasa Bajo

Fuente: Datasheet UAF42

Al despejar la ecuación de transferencia para el filtro pasa bajo se puede obtener la ecuación de ganancia y el factor de calidad el cual sirve para ver el ancho de banda, pues son relevantes para identificar cuando un filtro con menor ancho de banda (mayor Q), será mejor que otro con más ancho, es más difícil hacer filtros de calidad (porque requieren una Q mayor) a alta, lo anterior es hallado con las siguientes expresiones:

Ecuación 2. Ganancia Filtro Pasa Bajo

Fuente: Datasheet UAF42

Ecuación 3 Factor de Calidad Filtro Pasa Bajo

Fuente: Datasheet UAF42

A través del software Filter UAF42, se estableció un filtro pasa baja con , con respuesta tipo Butterworth de segundo orden y se obtuvo el resultado de la Figura 28 En primera instancia se escogieron los capacitores que cumplen con la siguiente condición, por ende, los valores serán 100nf para C2 y 10nf para C1. Las constantes a y b se buscan en la tabla de Coeficiente de Butterworth, teniendo en cuenta el orden del filtro y el número de etapas[58], este caso se utilizan un filtro de segundo orden, por ende, el valor de las constantes será

, la frecuencia de corte por ser un filtro pasa bajo será y finalmente se hallaran los valores de R1 y R2 con Ecuación 4, obteniendo como resultado $R1=7.920\text{ K}\Omega$ y $R2=142\text{ K}\Omega$.

Ecuación 4. Cálculo para hallar las resistencias del amplificador pasa-bajo

Fuente: Active Filter Design Techniques

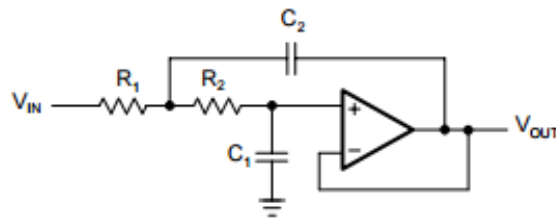


Figura 28 Second-Order Unity-Gain Sallen-Key Low-Pass Filter

Fuente: Active Filter Design Techniques, 2008

Para este tipo de filtro se empleó el integrado TL082, pues es un circuito integrado monolítico, es caracterizado por su alta velocidad y contiene dos amplificadores operacionales los cuales permitan hacer la conexión simultanea de las resistencias y condensadores [59] necesarios para los dos filtros pasa bajos de la derivada I y derivada II, ver Figura 29.

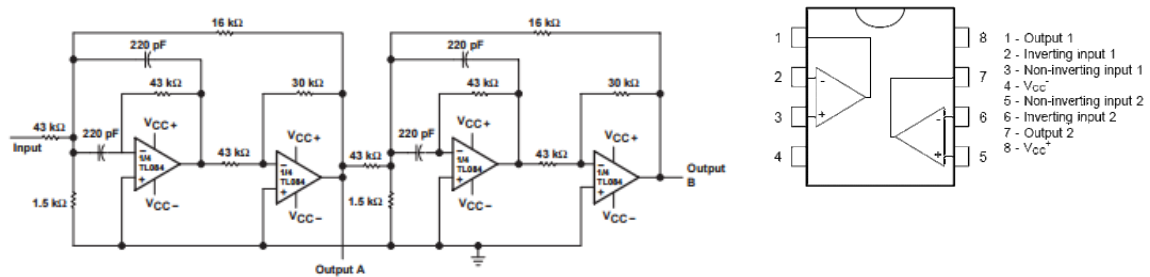


Figura 29 Estructura interna del integrado TL082

Fuente: Sensores y acondicionadores de señal, 2004

Conversión análoga a digital

Como la señal adquirida y acondiciona por el conjunto de filtros tiene una salida análoga, es necesario digitalizar la señal para que los puertos de la Raspberry Pi la puedan procesar y poder visualizarla en a la siguiente etapa que es la Interfaz Gráfica. Por ende, fue necesario utilizar el integrado MCP3008 ya que es un convertidor analógico-digital de 8 canales de aproximaciones sucesivas de 10 bits con circuitería integrada de muestreo y retención, que permite la conexión de 4 canales para la DERIVADA II y DERIVADA I, y convierte la señal analógica a una salida digital de 10 bits[55].

Conexión de señales electrocardiográficas al SBC

Un Single Board Computer (SBC) como lo dice su traducción en español es una tarjeta simple de computadora, la cual consiste en integrar en una sola plaqueta los componentes elementales para el funcionamiento de una computadora, dicha tarjeta cumple la finalidad de extinguir el uso de cables que, conectan los diferentes componentes exteriores de un computador de mesa, dando la facilidad de hacer uso exclusivo de los atributos requeridos para determinado ejercicio. Las aplicaciones de las SBC se evidencian en cajeros electrónicos, ordenadores industriales, equipos médicos y de automatización, entre otros. Para el caso del Electrocardiógrafo portátil, se usa una Raspberry Pi 3 Modelo V3 pues cumple las características de un ordenador capaz de realizar funciones de un PC de escritorio, ya que puede ser conectado a una pantalla donde se puede ser visualizada la información almacenada y procesada por parte de las señales electrocardiográficas, para el desarrollo del proyecto se utilizará una pantalla HDMI 5" 800x480 Display Backpack- With Touchscreen, en razón a que permite una visualización en alta a resolución[49].

Así mismo se usará un HAT (Hardware Attached on Top) o Hardware conectado en la parte superior para extender las capacidades de la Raspberry Pi y son automáticamente detectados, cuyo objetivo es insertar una placa en los pines GPIO de la Raspberry Pi, dicho HAT será el circuito integrado de filtros que condicionan y captan las señales electrocardiográficas para ser digitalizadas en el procesador de la RPI proyectadas en la pantalla TFT. Los puertos GPIO (pines de entrada y salida de propósito general) comunican la RPI con diferentes dispositivos como Arduino, otros computadores y sensores bajo los protocolos de comunicación I2C SPI y UART.

Diseño del HAT (Hardware Attached on Top)

Es importante recabar que los componentes a utilizar son encapsulados y superficiales, una vez obtenidos los cálculos, se procedió a utilizar el software EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor), pues es un software de diseño asistido por ordenador, el cual permite facilitar y simplificar el trabajo ingenieril, en razón a dentro de sus bibliotecas contiene una innumerable variedad de componentes, posibilidades y características que se prestan para la disposición dichos componentes, en caso de no ser posible encontrar algún componente, el software permite crear los componentes, una vez se tengan los Datasheet como e visualiza en la Figura 30.

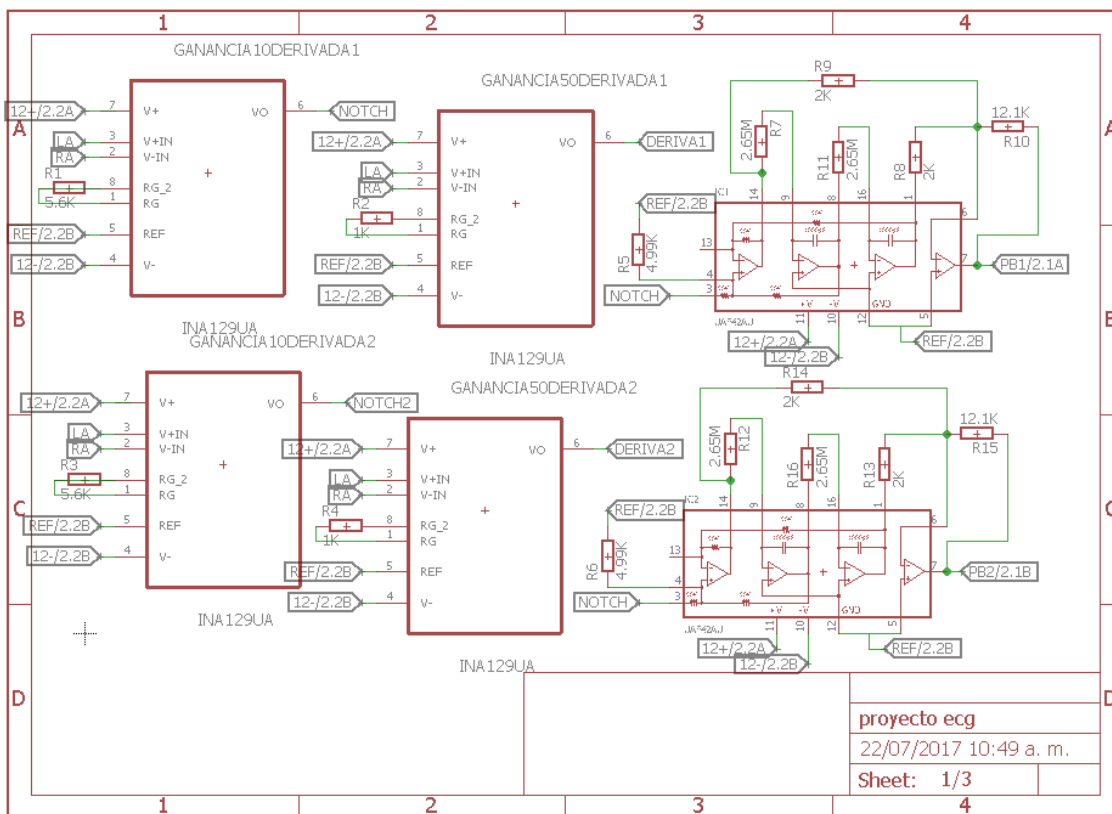


Figura 30 Montaje y conexión de componentes en Eagle

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizadas las pruebas del circuito de cada uno de los componentes en protoboard y evidenciar su perfecto funcionamiento se procedió a configurar la simulación y conexión

de los componentes en el software Eagle, el tamaño de largo y ancho de la placa deseado son las medidas de la Raspberry Pi V3 con la intención es hacerlo de una forma acorde y miniaturizada, para este fin el software permite la visualización en tridimensional (Figura 31).

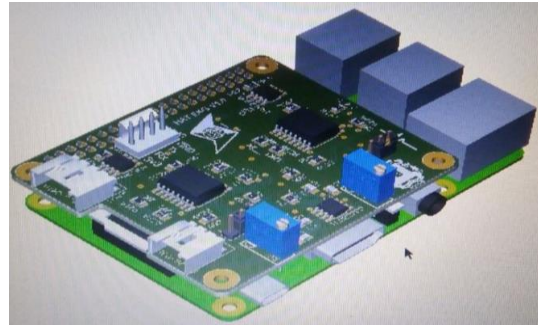


Figura 31 Visualización tridimensional del circuito
Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, ya consolidado el dispositivo con sus diferentes componentes y sus respectivas conexiones con el mismo software se genera el archivo para la impresión del circuito en una la PCB en doble capa y posteriormente soldar los componentes encapsulados, y acoplarlo a la Raspberry Pi V3.



Figura 32 PCB a doble capa con los componentes soldados
Fuente: Elaboración Propia

1.21 Ensamble y prototipo final

Una vez se ha finalizado el HAT, es necesario unir todos los componentes funcionales del dispositivo médico, para ello es necesario acoplar las baterías de recargables, al convertidor de voltaje, para posteriormente mediante alimentar la Raspberry Pi V3 y el HAT , y de esta manera visualizar la interface gráfica en la pantalla TFT táctil, la integración de dichos dispositivos se encuentra en la Figura 33.

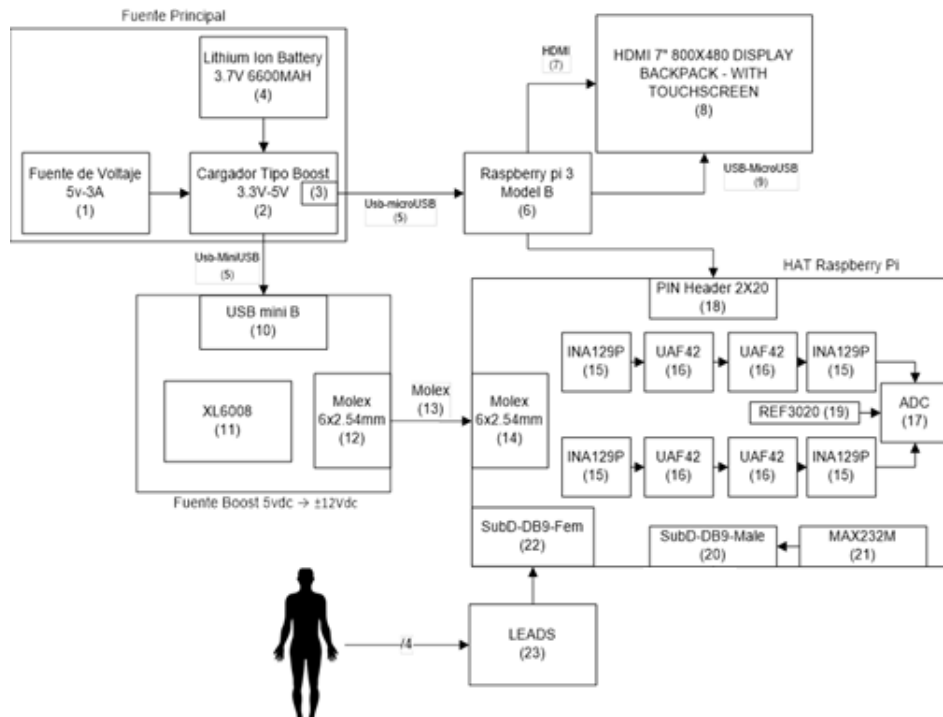


Figura 33. Componentes integrados del dispositivo médico

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, con el software SOLID EDGE que es un programa parametrizado de diseño asistido por computadora de piezas tridimensionales 3D, se realizó el modelado de las distintas piezas en conjunto del dispositivo médico con el fin de ensamblar todos los componentes electrónicos con su cableado dentro un cajón armónico, estético, versatilidad, miniaturizado y con un diseño confortable al usuario que hace uso del dispositivo médico como se observa en la Figura 34.

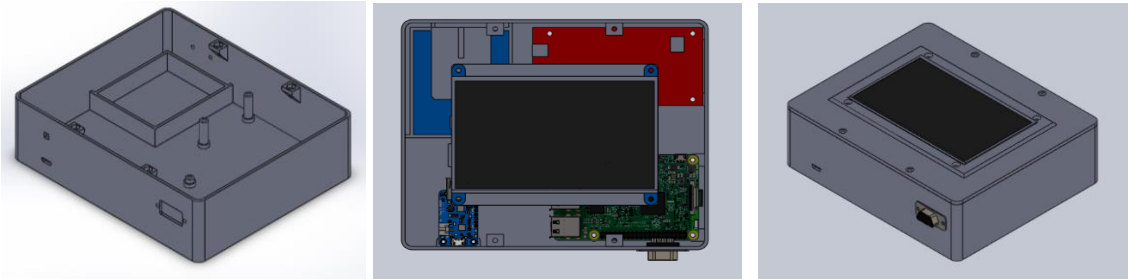


Figura 34. Diseño interior y exterior tridimensional del dispositivo medico con los diferentes componentes

Fuente: Elaboración Propia

Una vez se logró mediante el software la visualización del prototipo final con las medidas recomendables, con una impresora 3D se efectuó la impresión del modelado 3D generando una réplica de los diseños creados en Solid Edge, donde se evidencia un resultado positivo, favorable y exitoso de dos piezas (Figura 35):

- Una caja para ensamblar baterías, Raspberry Pi V3, fuente de alimentación y SBC
- Una tapa para ensamblar pantalla TFT y sellar el dispositivo medico



Figura 35. Impresión del diseño tridimensional final del dispositivo ensamblado

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO A

Tabla 5. Códigos para visualización de la Interfaz Grafica

<pre>#include "mainwindow.h" #include "ui_mainwindow.h" #include "stdio.h" #include <QtCore> #include "qdebug.h" #include "mcp3004.h" #include <wiringPi.h> #include <wiringPiSPI.h> #define BASE 200 #define CANAL_SPI 0 double Cuenta=0; int SenalADC=0; QTimer *Muestra1; double iniciox=0; double finx=3; MainWindow: MainWindow (QWidget *parent): QMainWindow(parent), ui (new Ui: MainWindow) { ui->setupUi(this); wiringPiSetup (); // wiringPiSPISetup (0,1000000); mcp3004Setup (BASE, CANAL_SPI); ui->GraficaECG->addGraph (); ui->GraficaECG->graph (0)- >setScatterStyle (QCPScatterStyle: ssDot); ui->GraficaECG->xAxis->setRange (iniciox, finx); ui->GraficaECG->yAxis->setRange (0,2000); ui->GraficaECG->legend->setFont (QFont("Helvetica",9)); // ui->GraficaECG->graph (0)->setLineStyle (QCPGraph: lsNone); ui->GraficaECG->graph (0)->setLineStyle (QCPGraph: lsLine); //ui->GraficaECG->graph(0)->setPen(pen); //ui->GraficaECG->graph (0)->setScatterStyle (QCPScatterStyle (QCPScatterStyle: ssCircle, QPen (Qt: black, 1.5), QBrush (Qt: white), 9)); ui->GraficaECG->graph (0)->setPen (QColor (0, 0, 255,255)); //ui->GraficaECG->legend->setVisible(true); ui->GraficaECG->xAxis->setLabel ("Tiempo en Segundos"); ui->GraficaECG->yAxis->setLabel("Voltaje"); Muestra1 = new QTimer(this); connect (Muestra1, SIGNAL (timeout ()), this, SLOT (GraficaMuestra ())); } MainWindow: ~MainWindow () { delete ui; Muestra1->stop (); } vid MainWindow: GraficaMuestra () { Cuenta=Cuenta+0.01; if (Cuenta>3) { iniciox=iniciox+0.01; finx=finx+0.01; } ui->GraficaECG->xAxis->setRange (iniciox, finx); SenalADC=analogRead (BASE + CANAL_SPI); qv_x. appends (Cuenta); qv_y. appends (SenalADC); plot (); if (Cuenta==10) { qv_x. clear ();</pre>	<pre> ui->GraficaECG->graph (0)- >setScatterStyle (QCPScatterStyle: ssDot); ui->GraficaECG->xAxis->setRange (iniciox, finx); ui->GraficaECG->yAxis->setRange (0,2000); ui->GraficaECG->legend->setFont (QFont("Helvetica",9)); // ui->GraficaECG->graph (0)->setLineStyle (QCPGraph: lsNone); ui->GraficaECG->graph (0)->setLineStyle (QCPGraph: lsLine); //ui->GraficaECG->graph(0)->setPen(pen); //ui->GraficaECG->graph (0)->setScatterStyle (QCPScatterStyle (QCPScatterStyle: ssCircle, QPen (Qt: black, 1.5), QBrush (Qt: white), 9)); ui->GraficaECG->graph (0)->setPen (QColor (0, 0, 255,255)); //ui->GraficaECG->legend->setVisible(true); ui->GraficaECG->xAxis->setLabel ("Tiempo en Segundos"); ui->GraficaECG->yAxis->setLabel("Voltaje"); Muestra1 = new QTimer(this); connect (Muestra1, SIGNAL (timeout ()), this, SLOT (GraficaMuestra ())); } MainWindow: ~MainWindow () { delete ui; Muestra1->stop (); } vid MainWindow: GraficaMuestra () { Cuenta=Cuenta+0.01; if (Cuenta>3) { iniciox=iniciox+0.01; finx=finx+0.01; } ui->GraficaECG->xAxis->setRange (iniciox, finx); SenalADC=analogRead (BASE + CANAL_SPI); qv_x. appends (Cuenta); qv_y. appends (SenalADC); plot (); if (Cuenta==10) { qv_x. clear ();</pre>
---	---

<pre> ui->GraficaECG->xAxis->setLabel ("Tiempo en Segundos"); ui->GraficaECG->yAxis- >setLabel("Voltaje"); Muestra1 = new QTimer(this); connect (Muestra1, SIGNAL (timeout ()), this, SLOT (GraficaMuestra ())); MainWindow: MainWindow (QWidget *parent): QMainWindow(parent), ui (new Ui: MainWindow) { ui->setupUi(this); wiringPiSetup (); // wiringPiSPISetup (0,1000000); mcp3004Setup (BASE, CANAL_SPI); ui->GraficaECG->addGraph (); ui->GraficaECG->graph (0)- >setScatterStyle (QCPScatterStyle: ssDot); ui->GraficaECG->xAxis->setRange (iniciox, finx); ui->GraficaECG->yAxis->setRange (0,2000); ui->GraficaECG->legend->setFont (QFont("Helvetica",9)); // ui->GraficaECG->graph (0)->setLineStyle (QCPGraph: lsNone); ui->GraficaECG->graph (0)->setLineStyle (QCPGraph: lsLine); //ui->GraficaECG->graph(0)->setPen(pen); //ui->GraficaECG->graph (0)- >setScatterStyle (QCPScatterStyle (QCPScatterStyle: ssCircle, QPen (Qt: black, 1.5), QBrush (Qt: white), 9)); ui->GraficaECG->graph (0)->setPen (QColor (0, 0, 255,255)); //ui->GraficaECG->legend- >setVisible(true); ui->GraficaECG->xAxis->setLabel ("Tiempo en Segundos"); ui->GraficaECG->yAxis- >setLabel("Voltaje"); Muestra1 = new QTimer(this); connect (Muestra1, SIGNAL (timeout ()), this, SLOT (GraficaMuestra ())); MainWindow: MainWindow (QWidget *parent): QMainWindow(parent), ui (new Ui: MainWindow) { ui->setupUi(this); wiringPiSetup (); // wiringPiSPISetup (0,1000000); </pre>	<pre> qv_y. clear (); Cuenta=0; finx=3; iniciox=0; plot (); } } void MainWindow: plot () { ui->GraficaECG->graph (0)->setData (qv_x, qv_y); ui->GraficaECG->replot (); ui->GraficaECG->update (); } void MainWindow: on_IniciaGrafica_clicked () { Muestra1->start (10); } void MainWindow: on_ParaGrafica_clicked () { Muestra1->stop (); } void MainWindow: on_LimpiarGrafica_clicked () { qv_x. clear (); qv_y. clear (); Cuenta=0; finx=3; iniciox=0; Muestra1->stop (); plot (); } void MainWindow: on_Apagar_clicked () { system ("sudo halt"); } </pre>
--	--

mcp3004Setup (BASE, CANAL_SPI); ui->GraficaECG->addGraph ();	
---	--

Tabla 6. Códigos ecgvo.html y Iframe. HTML respectivamente.

<pre> !DOCTYPE html> <html> <head> <title>ECGvO</title> </head> <body> <h1>Electrocardiógrafo IoT</h1>
 <! --width="800" height="600"--> <iframe width="600" height="300" src="iframe.html"></iframe> </body> <style type="text/css"> @font-face { font-family: "Droid"; src: url(droid-sans-mono.ttf); } h1{ font-family: "Droid"; position: inherit; padding-top: 2.5%; padding-bottom: 2.5%; clear: both; } img { width: 300px; height: 300px; float: left; } iframe { float: left;} </style> </html> </pre>	<pre> <!DOCTYPE html> <html> <body> <! --width="800" height="600"--> </body> </html> <script type="text/javascript"> setTimeout (function () { window. location. reload (); }, 500); </script> </pre>
---	---

CONCLUSIONES

La aparición de nuevas tecnologías de la información, así como estándares y acuerdos, permite la interoperabilidad entre aplicaciones de sistemas de salud en distintas partes del mundo. Este trabajo parte del uso de los estándares HL7 CDA para la edición de informes, debido a que la emisión de estos informes constituye una de las actividades médicas fundamentadas en un sistema informático capaz de adaptarse a los distintos ambientes y escenarios, permitiendo agilizar y estandarizar el proceso que se informatiza. Con la implementación de estos estándares se lograrían sistemas con fuertes características de estandarización, generalidad, flexibilidad, accesibilidad, bajas necesidades en infraestructura, perdurables en el tiempo e independientes al cambio de la tecnología.

En las organizaciones sanitarias donde la automatización y digitalización es cada día mayor, la integración de todos los sistemas ofrece innumerables ventajas a todos los actores implicados. Por un lado, mejorando la atención a los pacientes, facilitando el trabajo de los profesionales y permitiéndoles desarrollar con mayor calidad al tomar sus decisiones disponiendo de toda la información necesaria. Por otro lado, reduciendo los costes que esta atención supone para la sociedad en su conjunto. Es por eso por lo que este proyecto busca solucionar las necesidades y problemáticas del personal que tiene anomalías o situaciones cardiacas en condiciones especiales referidas en el contenido como lo es la distancia, la conectividad, lugares de acceso remoto a establecimientos de sanidad.

Se construyó un circuito de adquisición de señales electrocardiográficas de dos canales para captar dos derivaciones cardiacas (DI y DIII), para ello se tomaron en cuenta varias consideraciones de diseño para la simplificación del circuito impreso, uno de ellos fue omitir el filtrado pasa altas de 0,5Hz, ya que para varios autores esta frecuencia es casi despreciable y no afecta en gran medida la adquisición de la señal, además al realizar el cálculo del filtro pasa alto los condensadores y las resistencias no se encontraron con valores comerciales. Por otro lado, al realizar las sumas en paralelo o en serio podría generar ruidos e imperfecciones en la señal. Se tuvo en cuenta el procesamiento digital de señal para generar por software la derivación cardiaca (DII); dado que en investigaciones realizadas es preferible que un médico pueda hacer un análisis más completo del registro

ECG a través de las tres derivaciones (DI, DII y DIII) y siguiendo el cálculo del eje eléctrico de Einthoven $DII=DI+DIII$.

Teniendo en cuenta que la señal saliente de los electrodos contiene suficiente ruido que afecta considerablemente la lectura de la señal, se implementaron filtros análogos Butterworth de orden cuatro debido a la alta selectividad de esta familia de filtros, los resultados obtenidos expresaron una buena eliminación de aquellas interferencias no deseadas en la señal, es decir todas aquellas frecuencias que no pertenecieran a un ancho de banda estándar de un ECG (0.05Hz a 150 Hz), a pesar de que el proceso de filtrado de la señal entre 0.05Hz y 150 Hz fue lo más preciso posible, no se eliminaron algunos ruidos, pero con herramientas digitales mediante técnicas de procesamiento digital de señales se terminó de eliminar los componentes de ruido aún presentes en la señal, el cual se diseñó mediante líneas de código en Matlab que fueron adheridas a las líneas de código del programa en Qcreator de la Raspberry Pi que permiten visualizar de manera detallada y precisa el complejo QPRS de la señal ECG del paciente.

Por otro lado, la señal electrocardiográfica recibida y digitalizada en el dispositivo médico evidencia claramente en el electrocardiograma y el comportamiento de la actividad eléctrica del corazón, comprendida por los periodos de activación de las aurículas, los periodos de inactividad eléctrica, activación de los ventrículos y la repolarización ventricular. Esta representación es una de las mejores aproximaciones para identificar cualquier tipo de alteración o perturbación para el estudio y análisis en la detección de enfermedades coronarias, con la cual un cardiólogo o personal capacitado en la detección de enfermedades cardiovasculares puede decidir el buen funcionamiento del corazón o la presencia de arritmias

Desde luego la importancia de este proyecto fue fusionar la construcción de un módulo de adquisición, acondicionamiento y procesamiento digital de señales electrocardiográficas, portátil con un estándar sanitario basado en un modelo de comunicaciones para interconexión de sistemas de medicina diseñado para mejorar el flujo de mensajería de información electrónica de carácter clínico que brinda la posibilidad de que el paciente pueda interactuar con el sistema y pueda visualizar la actividad eléctrica de su corazón. El dispositivo permite visualizar la señal en una pantalla TFT gráfica en caso de no tener conexión a un computador. Los resultados obtenidos son muy buenos, pues al ser

comparado con resultados de un electrocardiógrafo, las señales ECG son muy similares y un médico puede dar un diagnóstico oportuno y real. Los resultados obtenidos al compararlos con los trabajos, realizados a nivel nacional son satisfactorios pues obtuvimos errores de entrenamiento y validación menores al 15%.

Así mismo se creó una interfaz gráfica mediante programación avanzada sobre la plataforma de Qt Creator propia de la Raspberry pi con la finalidad de poder visualizar a través de una pantalla TFT interconectada las señales electrocardiográficas captadas del paciente, añadiéndole el estándar HL7 para mejoras en tratamiento de información en materia sanitaria. Se desarrolló un ambiente IOT con el fin de integrar de manera más amigable el dispositivo y así poder ver la señal captada en tiempo real en cualquier dispositivo.

En la creación de la interfaz gráfica se implementó el Estándar HL7 con la finalidad de brindar una comunicación del especialista al paciente, cumpliendo lineamientos mundiales para la transmisión de información en materia de salud.

Aportes del proyecto con respecto a los anteriores:

- Bajo consumo.
- Menor número de componentes electrónicos.
- Dimensiones físicas miniaturizadas
- Comunicación Wifi
- Tres canales simultáneos.
- Ancho de banda para sistemas de electrocardiografía de diagnóstico.
- Alimentación de 5V.
- Implementación de un Estándar Sanitario para la transmisión de datos en materia de salud
- Pertinencia y significación para el negocio en materia de Telemedicina
- Calidad y utilidad en los contenidos multimedia de la aplicación
- Mejora en la calidad del servicio y asistencia al paciente
- Calidad en el diseño de la aplicación

- En el proceso de interacción con los servidores conectados en red (en Internet o Intranet) no sólo el volumen de información de respuesta es grande, sino también la rapidez de respuesta a la consulta es cada vez más veloz

Finalmente este proyecto no solamente tiene un servicio de análisis para el electrocardiograma para darle un diagnóstico final al paciente con observaciones y procedimientos, también genera un servicio de informes que permita a entidades sanitarias y gubernamentales solicitar información sistematizada de enfermedades cardiovasculares con el análisis de datos que relacione, pacientes, regiones del país, edad y enfermedades cardiovasculares y de esta manera tener estadísticas claras de las dolencias patológicas y generar políticas para mejores prácticas alimenticias, deportivas o detectar causas de porque existen más enfermedades en lugar que en otro

Con la ejecución de este proyecto se puso en práctica los conocimientos adquiridos en la Maestría en Telecomunicaciones y Regulación TIC, haciendo uso y aprovechamiento de las herramientas de telecomunicaciones, conceptos fundamentos jurídicos y gestión de la innovación, aplicación de ingeniería de software, mediante un software aplicado al nuevo concepto de interconexión digital basado en el Internet de las Cosas, Telemedicina con estándar HL7, entre otros. Así pues, se idearon estrategias para encontrar una solución al problema de estudio; planificación, investigación, pruebas y exploración de las posibles opciones para alcanzar un objetivo: crear una plataforma e-health basada en ECG bajo estándar HL7 para el monitoreo y tele diagnóstico, orientada a la detección sistemática de enfermedades cardiovasculares con el fin de beneficiar a la población que se encuentra en lugares apartados del país que dispongan conectividad a internet, sin olvidar que los avances en tecnologías y comunicaciones también favorece a la comunidad en general, en aplicaciones de telemedicina.

1.22 TRABAJOS FUTUROS

Los avances de la tecnología son cada vez mayores en el área de la telemedicina, lo que requiere tener instrumentos de medición cada vez más precisos, pequeños y económicos en cuanto a características de funcionamiento, toma y registro de las lecturas, fácil manejo en la operación, capaz de ser portátil, esto no sólo incrementa su eficiencia si no también su funcionalidad para el paciente como el operador del equipo. Este trabajo permitirá a

futuro realizar parametrizaciones de las señales ECG más profundas y tener de esta forma un sistema de tele- monitoreo de parámetro como: ritmo cardíaco y amplitud onda R, con aplicaciones de procesamiento digital de imágenes asociada con inteligencia artificial.

Por otro lado, la implementación de este proyecto en las áreas rurales mejorará la calidad de vida de campesinos con dolencias cardíacas, pues los pacientes podrán realizar otras actividades personales durante el proceso de toma de muestras del ECG portátil, por fuera del consultorio del especialista. Así mismo se evitarían largos movimientos desde el casco rural hacia el casco urbano, al ser una plataforma virtual permite que varios especialistas puedan ver de forma simultánea las señales de un solo paciente, dando opiniones robustas y calificativas para hacer un diagnóstico más verídico y oportuno. El índice de mortalidad y por atenciones de emergencia referidos por eventos cardíacos, se pronostica que será más bajo pues la atención con este dispositivo será más oportuna y con más calidad, evitando muertes o emergencias atendidas de forma tardía en puestos de salud.

Es importante resaltar, que si el proyecto tiene un impacto positivo, será un potencial generador de conocimiento, porque se buscará la manera de optimizar el dispositivo para interconectar pacientes con los especialistas en diferentes áreas de la salud, es decir, no solo evidenciar a través de un ECG enfermedades cardiovasculares, sino por el contrario, integrar componentes electrónicos y sensores que captan y digitalizan más señales biológicas (pulmonares, musculares, glucosa, salinidad, entre otras) para pronosticar más enfermedades, para que en tiempo real y a distancia se les pueda dirigir un diagnóstico y un tratamiento, y mediante aplicaciones de procesamiento digital se haga efectiva la detección automática e inteligente de enfermedades cardiovasculares o la predicción de eventualidades cardíacas en tiempo modo y lugar.

A través de métodos de levantamiento de información con el uso e implementación del dispositivo y la plataforma E-Health se puede identificar una aproximación contextual, estudios de campo por grupos e individual (encuestas, cuestionarios y entrevistas) para identificar percepción del cliente, y adaptar el diseño para que sea más satisfactoria la experiencia del usuario final.

Lo anterior, logrará que en un futuro los dispositivos médicos sean de inteligencia artificial y tengan la capacidad de medicar, diagnosticar y monitorear, sin la necesidad de un médico o especialista. En concordancia con lo anterior, este proyecto permite la globalización apoyada en la información y la comunicación de tecnologías de acción a distancia pues acaba con las fronteras internacionales para que un especialista de cualquier parte del mundo pueda inspeccionar un paciente desde otro país, dando la facilidad al paciente de elegir quien sea su especialista o que simultáneamente pueda recibir las apreciaciones de varios especialistas.

En otro ámbito también se puede realizar la integración en un solo dispositivo médico varios y diferentes estándares médicos que sean escalables e interoperables con otros estándares, con el fin de dar una herramienta óptima que pueda adecuarse a las múltiples capacidades los diferentes estándares sanitarios, pues cada uno cumple misiones y objetivos diferentes, o quizás crear un nuevo estándar que cumpla con la integración de todas estas características para dar más fiabilidad y confianza en el proceso de toma de diagnóstico decisiones médicas

REFERENCIAS

- [1] *Enfermedades Cardiovasculares*. Available: <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Enfermedades-cardiovasculares.aspx>.
- [2] L. A. Gómez, "Las enfermedades cardiovasculares: un problema de salud pública y un reto global," *Biomedic*, vol. 31, (4), pp. 469-473, 2011.
- [3] Víctor Hugo Álvarez *et al*, "Análisis de Situación de Salud en Colombia," *Ministerio De Salud Y Protección Social Y Dirección De Epidemiología Y Demografía*, pp. 63-130, 2015. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-2015.pdf>.
- [4] Alejandro Gaviria Uribe *et al*, "Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021; La salud en Colombia la construyes tú Ministerio de Salud y Protección Social," marzo 15, 2013.
- [5] Carmen Elisa Villamizar Camargo and Adriana Paola Forero Ospina, Eds., *Plan Nacional De Desarrollo: Todos Por Un Nuevo País 2014- 2018*. Bogotá, D.C., Colombia: Imprenta Nacional de Colombia, 20142.
- [6] Carmen Elisa Villamizar Camargo and Adriana Paola Forero Ospina, Eds., *Plan Nacional De Desarrollo: Todos Por Un Nuevo País 2014- 2018*. Bogotá, D.C., Colombia: Imprenta Nacional de Colombia, 20141.
- [7] World Health Organization, "Información general sobre la hipertensión en el mundo," *Geneva: World Health Organization*, 2013.
- [8] Simón Gaviria Muñoz *et al*, "Balance de Resultados: Enfoque Nacional 2014;" *Dirección De Seguimiento Y Evaluación De Políticas Públicas*, pp. 76-77, 2015. Available: <https://sinergiacydnp.gov.co/Sinergia/Archivos/8d715944-d367-4c1a-9436-2e9fa8730317/Balance%20de%20Resultados%20Nacional%202014.pdf>.
- [9] Diego Palacio Betancourt, "Resolución 001043 de 2006," abril 3 , 2016.
- [10] Diego Palacio Betancourt, "Resolución 1448 de 2006," mayo 8 , 2006.
- [11] Alberto Carrasquilla Barrera and Diego Palacio Betancourth, "Ley 1122 de 2007;" enero 9, 2007.
- [12] Ministerio de Comunicaciones, "Plan Nacional TIC 2008-2019," Marzo , 2008.
- [13] Esteban Piedrahita Uribe *et al*, "Ley 1341 de 2009," Julio 10, 2009.
- [14] Ministerio de Salud y Protección Social, "Resolución 1441 de 2013," mayo 6, 2013.

- [15] Alejandro Gaviria Uribe, "Resolución 5521 de 2013," diciembre 27, 2013.
- [16] Ministerio de Salud y Protección Social, "Resolución No. 00002003 de 2014," mayo 28, 2014.
- [17] Luis Fernando Correa Serna, Oscar Iván Zuluaga Escobar and Diego Palacio Betancourt, "ACUERDO 357 DE 2007," 2007. Available: <http://legal.legis.com.co/>.
- [18] Nancy Patricia Gutiérrez Castañeda *et al*, "LEY 1151 DE 2007," Julio 24, 2007.
- [19] Juan Mauricio Ramírez Cortés *et al*, "Plan Nacional de desarrollo 2010-2014 "Más empleo, menos pobreza y más seguridad"," junio 16, 2011.
- [20] Anonymous "Plan Vive Digital 2010-2014," febrero 11, 2011.
- [21] Juan Mauricio Ramírez Cortés, Tatiana Milena Mendoza Lara, Olga Lucía Acosta Navarro, José Leibovich Goldenberg, Juanita Parra Pulido, Daniel Mitchell Restrepo, Óscar Leonardo Cadena Plata, Juan Sebastián Tobón Bruggisser, Johanna Castelblanco Muñoz María Fernanda Téllez, "Plan Nacional de desarrollo 2010-2014 "Más empleo, menos pobreza y más seguridad"," 2011.
- [22] Mauricio Perfetti del Corral, Carlos Felipe Prada Lombo and Eduardo Efraín Freire Delgado, "Indicadores de uso de TIC de los colombianos en el año 2016," *Departamento Administrativo Nacional De Estadística*, 2017. Available: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/indicadores-basicos-de-tic-en-hogares>.
- [23] S. I. Martínez Porras, "Sistemas De Seguimiento Y Evaluación En Colombia,¿ Herramientas De Evaluación O De Legitimación?:(Monitoring and Evaluation Systems in Colombia, Tools of Evaluation Or Legitimation)." , Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- [24] Anonymous "Lineamientos de política para la continuidad de los Programas de acceso y servicio universal a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones," Jun 28 , 2010.
- [25] F. J. Barrera Hernández and J. Castañón García, "Diseño De Un Electrocardiógrafo Para El Laboratorio De Bioacústica De La Esime Zacatenco." , Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2012.
- [26] W. H. Rojas V. *et al*, "Análisis y supervisión de la señal cardiaca con transmisión inalámbrica de datos," *Scientia Et Technica*, vol. 3, (35), pp. 151-156, 2007. Available: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4803800>.
- [27] Cesar Augusto Quinayas Burgos, "ECG Portátil," *Revista Colombiana De Física*, vol. 44, (3), pp. 267-270, 2012. Available: <http://fisica.udea.edu.co/rcf/ojs/index.php/rcf/article/view/440311/pdf.html>.

- [28] William Camilo Forero Martínez *et al*, "Transmisión y recepción de señal ECG por comunicación IP," *Revista De Ciencia Y Tecnología Del Ejercito*, pp. 4-55, 2015. Available: https://issuu.com/ejercitonacionaldecolombia/docs/revista_ditec_08_edicion/47.
- [29] J. Y. Transito Trujillo, "Electrocardiógrafo De Doce Derivaciones, Bao Consumo Y Comunicado Por USB." , Instituto Politécnico Nacional, 2007.
- [30] L. Wang *et al*, "Implementation of a wireless ECG acquisition SoC for IEEE 802.15. 4 (ZigBee) applications," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 19, (1), pp. 247-255, Marzo 11, 2014.
- [31] J. E. Gaxiola-Sosa *et al*, "A portable 12-lead ECG wireless medical system for continuous cardiac-activity monitoring," *2nd Middle East Conference on Biomedical Engineering*, pp. 123-126, Abril 7, 2014.
- [32] K. Choo *et al*, "Android based self-diagnostic electrocardiogram system for mobile healthcare," *Technology and Health Care: Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine*, vol. 23 Suppl 2, (s2), pp. S442, 2015. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26410510>. DOI: 10.3233/THC-150980.
- [33] S. Khor *et al*, "Telemedicine ECG-telemetry with bluetooth technology," in *Computers in Cardiology 2001*, Agosto 6, 2002, pp. 585-588.
- [34] G. Bailo *et al*, "A telemedicine application project in emergency handling," *World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin, USA*, pp. 16-19, 2005. Available: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2005malta/papers/499-403.pdf>.
- [35] J. Son *et al*, "Privacy-Preserving Electrocardiogram Monitoring for Intelligent Arrhythmia Detection," *Sensors*, vol. 17, (6), pp. 1360, Jun 12, 2017.
- [36] E. H. Shortliffe and J. J. Cimino, *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. (3rd ed.) New York: Springer: Springer Science & Business Media, 2013.
- [37] S. Indarte and P. Pazos Gutiérrez, "Estándares e interoperabilidad en salud electrónica: Requisitos para una gestión sanitaria efectiva y eficiente," pp. 10, 2011. Available: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/3938>.
- [38] F. Suarez-Obando and J. Camacho Sánchez, "Estándares en informática medica: generalidades y aplicaciones," *Revista Colombiana De Psiquiatra*, vol. 42, (3), pp. 295-302, 2013. Available: <http://www.redalyc.org/html/806/80629821009/>.
- [39] F. J. Carrasco, "Los 9 estándares clave en informática sanitaria (I): mensajería y manejo de datos," 2013. Available: <https://www.caduceus.es/blog/2013/12/los-9-estandares-clave-en-informatica-sanitaria-i/>.

- [40] X. Pardell. (Jun 13.). *El estándar HL7 - Apuntes de Electromedicina Xavier Pardell*. Available: <http://www.pardell.es/el-estandar-hl7.html>.
- [41] D. González López, L. M. Álvarez Barreras and A. Fernández Orozco, "Implementación de estándares DICOM SR y HL7 CDA para la creación y edición de informes de estudios imagenológicos," *Revista Cubana De Informática Médica*, vol. 6, (1), pp. 71-86, 2014.
- [42] Liora Alschuler *et al*, "First international conference on the HL7 clinical document architecture," in *On the HL7 Clinical Document Architecture*, October 7-9, 2012.
- [43] Y. M. Rodríguez, L. V. Izaguirre and Y. F. Solorzano, "Concepción del módulo de pacientes para el Sistema de Información Radiológica alas RIS," *Revista Cubana De Informática Médica*, vol. 6, (2), pp. 169-183, 2014.
- [44] R. H. Dolin *et al*, "HL7 clinical document architecture, release 2," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 13, (1), pp. 30-39, 2006. Available: <https://academic.oup.com/jamia/article/13/1/30/781314>.
- [45] World Wide Web Consortium, "World Wide Web Consortium (W3C) Extensible Markup Language (XML) 1.0," *Http://Www.W3.Org/TR/REC-Xml*, 1998. Available: <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210.html/>.
- [47] R. H. Dolin, K. A. Spackman and D. Markwell, "Selective retrieval of pre-and post-coordinated SNOMED concepts." in *Proceedings of the AMIA Symposium*, 2002, pp. 210.
- [48] R. A. González Melo, T. Navarrete and A. Lucero, "Estudio De La Complementación Del Estándar HL7 En La Unidades Móviles Del Proyecto De Telemedicina De La Secretaría De Salud De Cundinamarca." , Universidad Piloto de Colombia, 2016.
- [49] *Health Level Seven International (HL7)*. Available: <https://infocentral.infoway-inforoute.ca/fr/collaboration-fr/communautes/health-level-seven-international-hl7>.
- [50] A. Gómez *et al*, "Implementación de mensajería HL7 en un sistema de consulta de resultados de laboratorio," pp. 2-5, 2003.
- [51] (Feb 16.). *El Policlínico es un departamento de la Asociación Peruano Japonesa (APJ) que se dedica a brindar servicios de salud a la comunidad en general*. Available: <http://www.bizuit.com/Implementaciones/CasosdeExito/Salud/Asociaci%C3%B3nPeruanaJaponesa/tabid/155/Default.aspx>.
- [52] P. de Toledo, J. C. Albillos and J. Quiles, "Los estándares en Sistemas de Información Sanitarios en Europa: la visión de IHE," pp. 2-5, 2015. Available: https://www.researchgate.net/profile/Paula_De_Toledo/publication/242190384_Los_estandares_en_Sistemas_de_Informacion_Sanitarios_en_Europa_la_vision_de_IHE/links/00463529473a77cd26000000.pdf.

[53] P. Cheng, F. Lai and J. Lai, "A Service-Oriented Healthcare Message Alerting Architecture in an Asia Medical Center: A Case Study," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 6, (6), 2009. DOI: 10.3390/ijerph6061870.

[54] Roció Arias García, "Sistema De Adquisición, Recepción Y Envío De Señales Electrocardiográficas (EMG)." , Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica, 2010.

[55] F. Patarroyo, A. Hernández and S. De La Peña, "Diseño De Un Sistema Electrocardiográfico Portátil Orientado Al Apoyo De Unidades Militares En El Área De Operaciones Y Aplicaciones E-Health." , Escuela de Comunicaciones Militares, 2018.

[56] A. Ariza Nadjar, "Elaboración De Un Libro Texto Y Material De Laboratorio Para La Optativa Introducción a La Ingeniería Biomédica." , Universidad Pontificia Bolivariana, 2013.

[57] Burr-Brown Corporation, *Universal Active Filter UAF42*. (5th ed.) Oxford University Press, 2018.

[58] T. Kugelstadt, *Active Filter Design Techniques*. Boston: Newnes, 2009.

[59] R. P. Areny, *Sensores Y Acondicionadores De Señal*. (4th ed.) Cataluña: Marcombo, 2004.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tasas ajustadas de mortalidad y Años de Vida Potencialmente Perdidos según grandes.....	8
Figura 2. Componentes claves del uso de las TIC en el sector Salud.....	13
Figura 3 Clinical Document Architecture (CDA) versión 2 modelo de objeto que muestra una parte del encabezado y su conexión.....	28
Figura 4 Componentes principales de un documento CDA.....	29
Figura 5 Clinical Document Architecture (CDA) Release 2 object model showing a portion of the header and its connection.....	31
Figura 6 Construcción de aplicaciones Web con metodología DoClRS.....	38
Figura 7. Tablas de Entidad - Relacion Plataforma E-HEALTH.....	39
Figura 8. Software phpMyAdmin donde se evidencia el almacenamiento de información en la base de datos.....	40
Figura 9. Interfaz de QT Creator en el aplicativo FORM.....	41
Figura 10. Visualización de las formas, inclusión de bibliotecas qCustomplot, aplicación de protocolo SPI e inclusión de líneas de código.....	42
Figura 11. Archivos HTML y extensiones para crear interfaz WEB.....	44
Figura 12. Soporte Web de la Plataforma E-Health para diligenciar formulario de diagnostico.....	45
Figura 13 Arquitectura, características y componente del soporte web.....	46
Figura 14. Interfaz del paciente en el dispositivo medico.....	46
Figura 15. Interfaz para que el medico genere el diagnostico.....	47
Figura 16. Interfaz del administrador para ingresar datos en la Plataforma E-Health en la opción RAZÓN.....	48
Figura 17. Códigos en PHP para registrar Host, Servidor y acceso.....	49
Figura 18. Interfaz en el dispositivo medico visualizada por el usuario.....	51
Figura 19 Interfaz de la señal ECG en la página WEB.....	51
Figura 20. Interfaz del reporte médico en estándar HL7 para el especialista y el paciente.....	52
Figura 21. Diagnostico en formato PDF visible para el paciente en el dispositivo médico y en la interfaz Web del medico.....	53

Figura 22. Códigos en Ciberduck para generar diagnostico en o pdf	54
Figura 23. Clasificación de patologías Cardiacas por ritmo y por eje	55
Figura 24 Clasificación de patologías por frecuencia o pulsos	56
Figura 25. Detección Sistemática basado en estadísticas tomadas en pacientes que han hecho uso de la Plataforma E-Health en apoyo a la prevención de enfermedades en del departamento de Boyacá	56
Figura 26. Esquema General del Proyecto	57
Figura 27 Grafica vs frecuencia de los diferentes tipos de filtro a una frecuencia de corte de 10 KHz.....	59
Figura 28 Second-Order Unity-Gain Sallen-Key Low-Pass Filter	61
Figura 29 Estructura interna del integrado TL082	61
Figura 30 Montaje y conexión de componentes en Eagle	63
Figura 31 Visualización tridimensional del circuito	64
Figura 32 PCB a doble capa con los componentes soldados.....	64
Figura 33. Componentes integrados del dispositivo medico.....	65
Figura 34. Diseño interior y exterior tridimensional del dispositivo medico con los diferentes componentes	66
Figura 35. Impresión del diseño tridimensional final del dispositivo ensamblado	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de hogares con barreras de acceso a servicios de salud según departamentos.....	16
Tabla 2. Metas del PND 2010-2014 para aumentar el acceso servicios.	18
Tabla 3 Objetivos e indicadores guía del eje salud	18
Tabla 4 Variables Fisiológicas Vitales.....	55
Tabla 5. Códigos para visualización de la Interfaz Grafica.....	68
Tabla 6. Códigos ecgvo.html y Iframe. HTML respectivamente.	70

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Función de transferencia Pasa Bajo	60
Ecuación 2. Ganancia Filtro Pasa Bajo	60
Ecuación 3 Factor de Calidad Filtro Pasa Bajo	60
Ecuación 4.Cálculo para hallar las resistencias del amplificador pasa-bajo	61