

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de:

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

TRABAJO DE TITULACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, ANÁLISIS Y
CONTROL DE SEÑALES BIOMÉDICAS**

Autor:

Erika Zuleima Córdova Hernández

Tutor: Mgs. José Luis Jinez

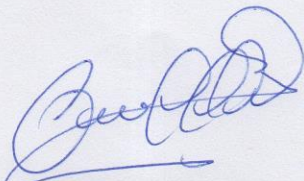
Riobamba – Ecuador

Año 2018

Los miembros de Tribunal de Graduación del proyecto de investigación con el título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE SEÑALES BIOMÉDICAS** presentado por: **Erika Zuleima Córdova Hernández** y dirigida por: **Mgs. José Luis Jinez Tapia**.

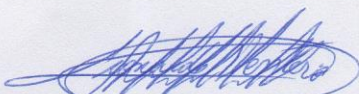
Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite el presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:



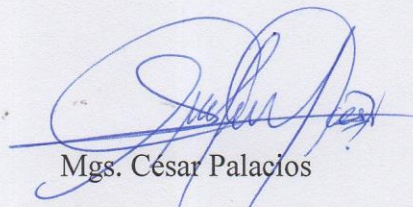
Mgs. Cristian Rocha

Presidente del Tribunal



Dr. Leonarito Rentería

Miembro del Tribunal



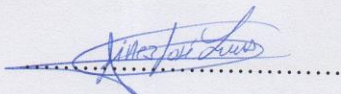
Mgs. César Palacios

Miembro del Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

En calidad de tutor del tema de investigación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE SEÑALES BIOMÉDICAS. Realizado por la Srta. Erika Zuleima Córdova Hernández, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, considero que reúnen los requisitos y méritos suficientes para ser sustentada públicamente y evaluada por el jurado examinador que se designe.

Riobamba, Agosto 2018



Mgs. José Luis Jinez Tapia

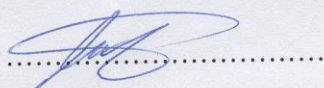
C.I 060289900-7

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Erika Zuleima Córdova Hernández, expreso ser responsable de los métodos, y resultados realizados en el proyecto de investigación titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE SEÑALES BIOMÉDICAS. Bajo la dirección del Mgs. José Luis Jinez, en calidad de tutor y los derechos le corresponden a la Universidad Nacional de Chimborazo.

Riobamba, Agosto 2018



Erika Zuleima Córdova Hernández

C.I 091929880-2

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres Marco y Mónica que guiaron mi camino con mucho esfuerzo y dedicación para llegar a ser una persona de bien, que me ensañaron a no darme por vencida y cumplir mis metas propuestas, que pese a los malos momentos siempre estuvieron apoyándome y brindándome su amor y apoyo para continuar y culminar con mi formación académica.

A mis queridos hermanos Kelvin y Alisson que confiaron en mí y me brindaron su apoyo en todo momento de mi carrera universitaria.

A mi querido Miguel que me brindó su apoyo incondicional, consejos para no rendirme y seguir adelante.

Erika Córdova

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi fortaleza durante toda mi carrera universitaria, por ser mi luz en momentos de obscuridad y no decaer ante los obstáculos de la vida.

A mis queridos padres Marco y Mónica, por ser un pilar fundamental en mi vida, gracias por las palabras de aliento brindadas cada día que hicieron que siga luchando por mis sueños, por confiar en mí y estar a mi lado siendo un soporte brillante para seguir adelante, por los valores inculcados, por la perseverancia, por las malas noches que pasaron y por el esfuerzo que dedicaron para guiarme por el buen camino, por ser mi compañía durante mis estudios universitarios.

A mis apreciados hermanos Kelvin y Alisson que compartieron conmigo momentos de felicidad y tristeza, y me brindaron su hombro para desahogarme y aliviarme del estrés.

A mí querido Miguel que me brindó su apoyo incondicional en todo momento, y me dio palabras de aliento para seguir adelante y poder cumplir con todas mis metas propuestas.

Agradezco el apoyo a mi tutor Ing. José Jinez quien me oriento con sus conocimientos para poder realizar este trabajo.

Erika Córdova

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I	9
1. OBJETIVOS	11
1.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPITULO II.....	12
2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. ANTECEDENTES	12
2.2. TELEMEDICINA	12
2.3. SEÑALES BIOMEDICAS	13
2.4. ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)	13
2.4.1. TRASTORNOS DEL RITMO CARDIACO	13
2.4.1.1. TAQUICARDIA	14
2.4.1.2. BRADICARDIA	14
2.4.1.3. ARRITMIA SINUSAL	14
2.5. PRESION ARTERIAL.....	15
2.5.1. MÉTODO DE AUSCULTACIÓN DE KOROTKOFF	15
2.5.2. PRESIÓN SISTÓLICA	16
2.5.3. PRESIÓN DIASTÓLICA.....	16
2.5.4. ALTERACIONES DE LA PRESIÓN ARTERIAL.....	16
2.5.4.1. HIPERTENSIÓN.....	16
2.5.4.2. HIPOTENSIÓN.....	16
2.6. TEMPERATURA CORPORAL Y SUS RIESGOS	17
2.6.1. HIPERtermia MALIGNA	17
2.7. ANTECEDENTES ELECTRÓNICOS	18
2.7.1. ARDUINO NANO	18

2.7.2. WIFI ESP8266.....	18
2.7.3. PANTALLA SK-GEN4-32DT.....	19
2.7.4. SENSOR DE PULSO CARDIACO	19
2.7.5. SENSOR LM35.....	20
2.7.6. SENSOR AMT1001	20
2.7.7. SENSOR FPN-07PG	21
2.7.8. SIM900	22
2.7.9. RELOJ RTC DS3231 TIEMPO REAL.....	22
2.7.10. SENSOR INFRARROJO	22
2.7.11. SOFTWARE LUA	23
CAPITULO III	24
3. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	24
3.1.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA	24
3.1.2. INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA.....	24
3.2. METODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	24
3.2.1. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL	24
3.3. TÉCNICAS.....	24
3.3.1. OBSERVACIÓN.....	24
3.4. INSTRUMENTOS	24
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	25
3.6. POBLACIÓN	25
3.7. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS	25
3.7.1. DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN RITMO CARDIACO ...	26
3.7.2. DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN PRESIÓN ARTERIAL	29
3.7.3. DISEÑO DEL MÓDULO DE TEMPERATURA	30
3.7.3.1. TEMPERATURA CORPORAL	30
3.7.3.2. TEMPERATURA AMBIENTE.....	31
3.7.4. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA PANTALLA	
SK-GEN4-32DT	33
3.7.4.1. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	35
3.7.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE POSOLOGÍA.....	36

3.7.6. COMUNICACIÓN GSM	37
CAPITULO IV.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
CAPITULO V	48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. CONCLUSIONES.....	48
5.2. RECOMENDACIONES	48
6. BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del sensor AMT1001	21
Tabla 2. Posología del paciente 1	39
Tabla 3. Registro de datos del Ritmo Cardíaco del paciente 1	39
Tabla 4. Registro de datos de la temperatura corporal del paciente 1	40
Tabla 5. Registro de datos de la presión sistólica y diastólica del paciente 1	41
Tabla 6. Posología del paciente 2	41
Tabla 7. Registro de datos del Ritmo Cardíaco del paciente 2.....	42
Tabla 8. Registro de datos de la temperatura corporal del paciente 2	43
Tabla 9. Registro de datos de la presión sistólica y diastólica del paciente 2	44
Tabla 10. Ritmo Cardíaco de una mujer adulta mayor	44
Tabla 11. Temperatura Corporal de una mujer adulta mayor.....	45
Tabla 12. Presión Arterial de una mujer adulta mayor	45
Tabla 13. Ritmo Cardíaco de un hombre adulto mayor	46
Tabla 14. Temperatura Corporal de un hombre adulto mayor	46
Tabla 15. Presión Arterial de un hombre adulto mayor	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taquicardia.....	14
Figura 2. Bradicardia	14
Figura 3. Arritmia Sinusal. La parte izquierda se muestra cuando el paciente respira de manera normal, la parte derecha cuando el paciente respira profundo.....	15
Figura 4. Método de auscultación.....	15
Figura 5. Microcontrolador Arduino Nano.....	18
Figura 6. Modulo Wifi ESP8266.....	18
Figura 7. Pantalla Grafica SK-GEN4-32DT	19
Figura 8. Sensor Pulso Cardiac.....	19
Figura 9. Sensor Pulso Sensor LM35	20
Figura 10. Sensor AMT1001	21
Figura 11. Sensor FPN-07PG	21
Figura 12. Módulo SIM900.....	22
Figura 13. RELOJ RTC DS3231	22
Figura 14. Diodo infrarrojo y Fototransistor	23
Figura 15. Conexión de Diodo Infrarrojo y Fototransistor.....	23
Figura 16. Diagrama de Bloques General del Sistema de Medición.....	25
Figura 17. Diagrama de conexión del ESP8266 a la PC	26
Figura 18. Programa para cargar el firmware al wifi ESP8266.....	26
Figura 19. Conexión del ESP8266 TTGO a la PC	27
Figura 20. Transmisión y Recepción de datos del ritmo cardiaco.....	27
Figura 21. Implementación del módulo de Ritmo Cardiac	28
Figura 22. Diagrama de Bloques del módulo del ritmo cardiaco	28
Figura 23. Diagrama de Bloques del módulo de la presión arterial	29
Figura 24. Circuito del módulo de presión arterial en Proteus	29
Figura 25. Implementación del módulo de Presión Arterial	30
Figura 26. Diagrama de Bloques del módulo de la temperatura corporal y Ambiente	31

Figura 27. Circuito del módulo de temperatura en Proteus.....	32
Figura 28. Implementación del módulo de Temperatura	32
Figura 29. Plataforma 4D System	33
Figura 30. a) Interfaz de contraseña, b) Configuración de Reloj	34
Figura 31. a) Interfaz de configuración Receta 1, b) Receta 2	34
Figura 32. Interfaz de la base de datos del sistema	34
Figura 33. Interfaz de creación de archivos.....	35
Figura 34. Documento .txt PUNTEROS almacenado en la microSD.....	35
Figura 35. Interfaz del almacenamiento de RECETAS.....	36
Figura 36. Diseño de Banda Transportadora	36
Figura 37. Diagrama del conexión del sistema de posología	37
Figura 38. Esquema de conexión del GSM con Arduino	38
Figura 39. Diagrama del envío de mensajes de emergencias	38
Figura 40. Modelo del mensaje de Alarma.....	38
Figura 41. Mensaje de emergencia del Ritmo Cardíaco.....	42
Figura 42. Elaboración del módulo de medición de Ritmo Cardíaco	52
Figura 43. Elaboración del sistema de posología, envío de SMS de emergencia	53
Figura 44. Implementación de todos los módulos en el chasis	53
Figura 45. Sistema de monitoreo, análisis y control de señales biomédicas	54
Figura 46. Medición de señales realizada a paciente hombre adulto mayor	54
Figura 47. Medición de señales realizada a paciente mujer adulta mayor	55
Figura 48. Monitoreo de Ritmo Cardíaco a Paciente	55
Figura 49. Base de datos del Sistema	56
Figura 50. Documento almacenado en la microSD de la pantalla.....	56

RESUMEN

El presente proyecto realiza el control, medición y monitoreo de las señales biomédicas en pacientes adultos mayores y en personas con discapacidad parcial, que debido a su condición de salud requieren de un gran cuidado y una adecuada dosis de medicamentos, dicho consumo si no se respeta las indicaciones contenidas en la receta médica, puede causar afecciones o contradicciones en su organismo.

El monitoreo del paciente se realiza mediante módulos para realizar el control de señales biomédicas como son: presión arterial, pulso cardiaco y temperatura corporal. Los resultados obtenidos se visualizan en una pantalla gráfica, a la vez estos resultados se almacenan en una base de datos, en el caso de que exista alguna complicación en alguna de estas señales biomédicas el sistema envía mensajes de alerta al doctor de confianza o a la persona encargada del paciente, mediante la red GSM.

Este proyecto cuenta con un sistema de posología para el paciente de acuerdo con las indicaciones definidas por el médico tratante, el cual se encarga de controlar la hora de ingesta de los medicamentos, su estructura básica y de fácil manejo brinda comodidad y apoyo instantáneo para el consumo del mismo.

Este sistema presenta una estructura fácil de manejar, debido a su diseño e interfaz gráfica que hace que su interacción con los módulos de medición sea llevada a cabo sin complicaciones y con éxito.

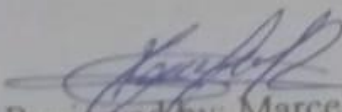
ABSTRACT

This thesis presents a control, measurement and monitoring system for biomedical signals in elderly patients and in people with temporary disability, which due to their health condition require a great care and quantity of medicines, said consumption if the indications are not respected, can cause conditions or contradictions in the body.

Patient monitoring is done through the use of modules for the control of biomedical signals such as: blood pressure, heart rate and body temperature. The results obtained will be displayed on a graphic screen, in turn the results can be observed in a database, in case there is any complication in any of these biomedical signals the system sends warning messages to the trusted doctor or the person in charge of the patient, through the GSM network.

This project has a posology system for the patient according to the indications defined by the treating physician, which is responsible for controlling the time of intake of medicines, its basic structure and easy to use provides comfort and instant support for the patient consumption of it.

This system has an easy to handle structure, due to its design and graphical interface that makes its interaction with the measurement modules carried out without complications and with success.


Reviewed by: Marcela González R.
English Professor



INTRODUCCIÓN

En la última década las enfermedades ocasionadas por factores ambientales han incrementado de forma exponencial, debido a esta situación varios habitantes de los diferentes países recurren a un consumo excesivo de medicamentos para poder contrarrestar los síntomas producidos en su organismo y poder mantener una buena salud.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud las personas que tienen un alto consumo de medicamentos debido a diferentes enfermedades o patologías, sufren una alteración en su condición física como por ejemplo en el ritmo cardiaco, la temperatura corporal, la presión arterial, los niveles en glucosa en la sangre, niveles de oxígeno (cooking hacks).

Se requiere un continuo monitoreo, análisis y control remoto de los signos vitales (señales biomédicas) del paciente para verificar si se encuentra dentro de los parámetros establecidos, de acuerdo a la información que nos proporcionen dichas señales se podrá detectar lesiones o problemas más graves a tiempo como por ejemplo en el caso de la temperatura corporal puede producirse fiebre (temperatura alta) o la hipotermia (baja temperatura), hipertensión (presión arterial alta) produce enfermedad renal crónica, dolores de cabeza, náuseas, vómito y la hipotensión (presión arterial baja) produce mareos, debilidad del cuerpo, desmayos.

Tomar 5 o más medicamentos de forma regular, con frecuencia hace más daño que beneficio, las probabilidades de que haya interacciones farmacológicas y efectos secundarios aumentan dramáticamente a medida que sube la cantidad de medicamentos adquiridos (CareFirst, 2016).

El éxito de un tratamiento depende en gran medida de que se respeten las dosis y las horas de su toma, multitud de estudios ponen de manifiesto que alrededor del 50% de los tratamientos se abandonan o se hacen de forma incorrecta. De respetarlas depende que muchas patologías se curen y no incrementar los riesgos en la salud de las personas

(Diario de Leon.es, 2016).

El presente proyecto de investigación viene estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se presentan los objetivos que se va a desarrollar en este proyecto, en el capítulo 2 se detalla las definiciones, funcionamiento y utilización de los elementos empleados en este proyecto, definiciones de las señales biomédicas, y como perjudican en la salud humana cuando existen complicaciones de las mismas, en el capítulo 3 se presenta el diseño y construcción de cada módulo de medición, la metodología implementada y diagramas de flujo que indican la estructura del sistema , en el capítulo 4 se dará a conocer los resultados que se obtuvo de las pruebas realizadas y el capítulo 5 cuenta con las conclusiones a las que se llegó y las recomendaciones adecuadas para poder manejar el sistema de medición.

El proyecto está enfocado en recolectar y almacenar toda la información (señales biomédicas) y procesarlas para determinar en tiempo real las condiciones físicas del paciente y brindarle un apoyo inmediato mediante la telemedicina en forma remota hacia el exterior, en este caso puede ser un familiar o el médico de cabecera, dicha información será enviada mediante un sistema GSM.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseño e implementación de un sistema de medición, análisis y control de señales biomédicas.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar e implementar un sistema para controlar la posología del paciente de acuerdo a las indicaciones del médico.
- Monitorear la temperatura corporal y temperatura ambiente donde se encuentra el paciente.
- Monitoreo del ritmo cardiaco mediante un electrocardiograma (ECG).
- Monitoreo de la presión arterial del paciente.
- Procesar toda la información para la visualización de forma remota vía GSM.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Los signos vitales son mediciones de las funciones del cuerpo humano tales como: presión arterial, ritmo cardíaco, temperatura corporal y frecuencia respiratoria, las mismas que son monitoreadas por profesionales médicos por medio de dispositivos electrónicos que permiten visualizar datos, para poder detectar problemas de salud.

Se han desarrollado muchos proyectos con el fin de poder compactar en un solo dispositivo, medidores de los signos vitales para brindar comodidad a los usuarios, en el Instituto Politécnico Nacional se realizó un Sistema de Monitoreo de signos Vitales, este sistema realiza el monitoreo de la presión arterial, temperatura corporal y su respectiva visualización de los datos en un LCD (TÉLLEZ & ESCALONA, 2013).

La Escuela Politécnica Nacional realizó un Monitor Portátil de signos vitales con un PDA (Personal Digital Assistant), en el cual miden la presión arterial, frecuencia cardíaca, y temperatura corporal la programación se realiza en el Software Labview para la obtención y visualización de datos (SALAZAR, 2006).

Los beneficios que se obtiene al utilizar este sistema es que el paciente puede monitorear sus señales biomédicas sin complicación, visualizar sus datos en una pantalla con interfaz gráfica y a la vez almacenar sus valores en un base de datos y en caso de emergencia se enviara mensajes de alarmas por red GSM.

2.2. TELEMEDICINA

La telemedicina se ha calificado como una disciplina científica entre la medicina y la tecnología. De esta forma ha estado influenciada en gran medida por el incesante desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

De acuerdo con Medicare.gov, la web oficial del gobierno estadounidense para la atención médica, la telemedicina:

Busca mejorar la salud de un paciente, permitiendo la comunicación interactiva en tiempo real entre el paciente, y el médico o profesional a distancia. Esta comunicación

electrónica conlleva el uso de equipos de telecomunicaciones interactivos que incluyen, equipos de audio y video.

La Telemedicina está dirigida para apoyar a profesionales de salud en todos sus niveles para el diagnóstico y tratamientos de enfermedades y patologías, se orienta a apoyar y mejorar las capacidades del profesional médico en las diversas instituciones para brindar una mejor calidad de vida a los pacientes en los servicios de salud (Vergeles-Blanca).

2.3. SEÑALES BIOMÉDICAS

Las señales biomédicas son todas aquellas señales utilizadas en el diagnóstico o investigación médica que se originan en el cuerpo humano como son: pulso, oxígeno en sangre (SPO2), flujo de aire (respiración), temperatura corporal, electrocardiograma (ECG), glucómetro, respuesta galvánica de la piel (GSR - sudoración), presión arterial (esfigmomanómetro) y posición del paciente (acelerómetro).

Las personas adultas son las más propensas a sufrir cambios en su organismo debido a su avanzada edad, y el consumo excesivo de medicamentos provocan alteraciones en sus señales biomédicas siendo las más peligrosas el ritmo cardiaco, la temperatura corporal y la presión arterial, los cambios anormales de estas señales son las causas principales de la muerte de varias personas en el mundo.

2.4. ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

El electrocardiograma es un examen que mide la actividad eléctrica del corazón, la frecuencia cardiaca y el ritmo cardiaco, el electrocardiograma en una persona sana muestra un trazo particular, cuando ese trazo presenta anomalías el medico puede deducir que existe un problema, cuando se produce un ataque cardiaco la actividad eléctrica del corazón cambia y eso queda registrado en el ECG (Prieto).

2.4.1. TRASTORNOS DEL RITMO CARDIACO

Conocidos también como alteraciones del ritmo cardiaco o arritmias, producido por alteraciones en los latidos del corazón de una manera rápida, lenta o anormal. Estos pueden ser: Taquicardia, bradicardia, arritmia sinusal.

2.4.1.1. Taquicardia

Conocida como frecuencia cardiaca rápida se define como más de 100 latidos/min en personas adultas. Algunas causas de la taquicardia es el aumento de la temperatura corporal (fiebre) y enfermedades toxicas del corazón, la frecuencia cardiaca aumenta aproximadamente 18latidos/min por cada grado Celsius.



Figura 1. Taquicardia

2.4.1.2. Bradicardia

Conocida como frecuencia cardiaca lenta se define como menos de 60 latidos/min. La estimulación vagal causa bradicardia debido a que produce la liberación de acetilcolina en las terminaciones vagales del corazón, produciendo efectos tan potentes que incluso puede parar el corazón durante 5 a 10s.



Figura 2. Bradicardia

2.4.1.3. Arritmia Sinusal

Se puede producir por diversas enfermedades circulatorias que afectan principalmente a la intensidad de las señales de los nervios simpáticos y parasimpáticos que llegan al nódulo sinusal del corazón, basados en la respiración del paciente las señales de rebosamiento aumentan o disminuyen el número de impulsos que se transmiten a través de los nervios simpáticos y vagos del corazón (Hall, 2016).

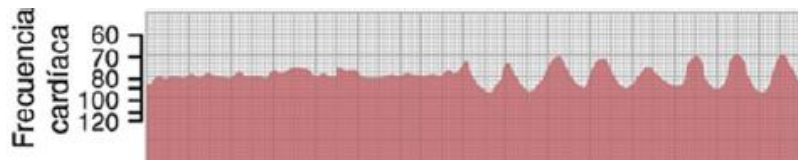


Figura 3. Arritmia Sinusal. La parte izquierda se muestra cuando el paciente respira de manera normal, la parte derecha cuando el paciente respira profundo.

2.5. PRESION ARTERIAL

La Presión arterial mide la fuerza ejercida por la sangre contra una unidad de superficie de la pared de un vaso, se mide en milímetros de mercurio (mmHg).

2.5.1. Método de auscultación de Korotkoff

Para medir la presión arterial por el método de auscultación, este método consiste en poner sobre la arteria antecubital el estetoscopio y se infla un manguito en la parte superior del brazo. La presión del manguito debe sobrepasar a la presión sistólica mientras esta presión sea mayor la arteria braquial se encuentra colapsada hasta que no exista ningún chorro de sangre por lo cual no se oirán ruidos de Korotkoff. Entonces se empieza a reducir gradualmente el manguito y la sangre comienza a fluir cuando la presión del manguito decae sobre la presión sistólica se comienza a escuchar los ruidos secos en la arteria en sincronía con los latidos del corazón. El nivel de presión que indica el manómetro en cuanto se comienza a escuchar el ruido es la presión sistólica. Mientras la presión del manguito va descendiendo ira cambiando la calidad de los ruidos de Korotkoff que adquieren una calidad amortiguada y se acerca a los valores de la presión diastólica (HALL, 2016).

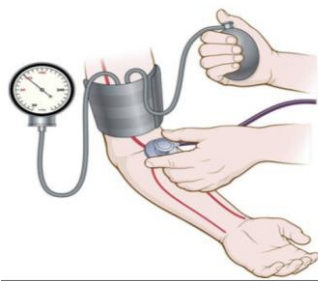


Figura 4. Método de auscultación

2.5.2. Presión Sistólica

Es la presión máxima que se alcanza en la sístole. Los valores normales se encuentran entre 100 y 140 mmHg.

2.5.3. Presión Diastólica

Es la presión mínima de la sangre contra las arterias que ocurre en la diástole. Los valores normales se encuentran entre 60 y 90 mmHg.

2.5.4. ALTERACIONES DE LA PRESIÓN ARTERIAL

2.5.4.1. Hipertensión

Conocida como presión alta es un trastorno donde los vasos sanguíneos tienen una tensión alta, esto puede provocar enfermedades cardiovasculares y a su vez un riesgo de hemorragia intracerebral, hemorragia subaracnoidea y angina estable, cualquier persona puede sufrir de esta grave enfermedad, sin embargo hay personas que tienen mayor probabilidad de desarrollarlo:

Edad: mientras una persona va envejeciendo mayor es la probabilidad de sufrir de una presión alta.

Género: los hombres tienen mayor probabilidad de sufrir de presión alta después de los 55 años de edad, mientras que las mujeres después de la menopausia (National Institute on Aging).

2.5.4.2. Hipotensión

También conocida como presión baja, puede traer malestares como: debilidad, mareos desmayos. Algunas causas son: no beber suficientes líquidos, tener un grado de deshidratación, pérdida de sangre, trastornos médicos, o demasiada cantidad de medicamentos.

2.6. TEMPERATURA CORPORAL Y SUS RIESGOS

La temperatura corporal depende del equilibrio entre la producción de calor y la pérdida de éste, en condiciones normales la temperatura se encuentra entre 36 a 37°C. La temperatura se regula a partir de 3 mecanismos:

- Termorreceptor, ubicado en la piel.
- Efectos termorreguladores, basados en la sudación y la vasodilatación periférica.
- Área de control localizada en el cerebro.

El fracaso del centro termorregulador a temperaturas iguales o superiores a 41°C, conduce a la denominada hipertermia, la cual se caracteriza por un fallo en los mecanismos de pérdida de calor. El aumento descontrolado de la temperatura origina varias lesiones orgánicas, por lo que la hipertermia involucra un importante riesgo para la salud.

Si la temperatura es de 41°C o se produce un incremento de 1°C cada 2 horas, se habla de hiperpirexia, cuyo origen puede ser la fiebre o la hipertermia.

2.6.1. Hipertermia maligna

Su aparición puede tener lugar después de administrar relajantes musculares o puede darse en individuos predispuestos. En el 50% de los casos, el mecanismo de herencia es autosómico dominante.

La sintomatología de la hipertermia maligna incluye:

- Alteración en la regulación del calcio que produce daños a nivel muscular.
- Aumento de CO₂ y del consumo tisular de oxígeno, lo que eleva la temperatura progresivamente hasta más de 42 °C.
- Hipotensión, arritmias, cianosis, acidosis metabólica e insuficiencia respiratoria rabiomiólisis y coagulación intravascular diseminada por fallo multiorgánico
- (ÁMBITO FARMACÉUTICO, 2007).

2.7. ANTECEDENTES ELECTRÓNICOS.

2.7.1. ARDUINO NANO

Tiene menor tamaño que un Arduino Uno, por lo que es más fácil de manejarlo, cuenta con un IDE gratuito. Se puede conectar varios dispositivos como sensores, actuadores, motores, servomotores, leds, etc, cuenta con entradas analógicas y digitales, puerto serial Rx, Tx, se lo puede alimentar mediante USB y su frecuencia de trabajo es de 16MHz. Es utilizado para diversos proyectos de electrónica (arduino).



Figura 5. Dispositivo Arduino Nano.

2.7.2. WIFI ESP8266

Es un módulo inalámbrico diseñado para conectarse a redes wifi, puede trabajar como punto de acceso o como estación. Contiene un microcontrolador ESP8266 para el módulo ESP-01, 16 pines GPIO para la conexión de sensores, actuadores, alimentación de 3V- 3,6V, Antena Wifi, LEDs que informan el encendido del dispositivo, la transmisión y recepción de datos, memoria flash, su consumo es de 200mA y el rango de operación de -40°C a 125°C. Para la programación se puede utilizar el IDE de Arduino y Lua (programarfacil).

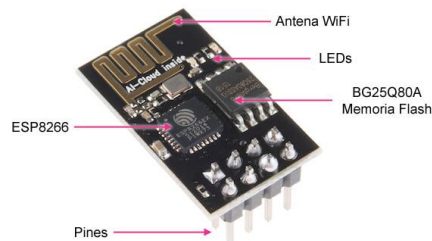


Figura 6. Modulo Wifi ESP8266.

2.7.3. PANTALLA SK-GEN4-32DT

Es un módulo integrado que cuenta con una pantalla LCD, con touch capacitivo, el mismo que ofrece una gran variedad de funciones, las características del procesador Diablo 16 incluyen 16 puertos GPIO, PWM, Serial Rx - Tx, I2C, SPI, entradas Analógicas, alimentación de 5V, microSD ubicada en la parte posterior de la pantalla, en ella se puede almacenar imágenes, videos, películas y registro de datos. Este módulo es compatible con Workshop4 IDE y con sus 4 diferentes entornos de desarrollo. La serie de módulos SK-GEN4-32DT ha sido diseñada para minimizar el impacto de los circuitos relacionados con la visualización y proporcionar una plataforma adecuada para la integración en un producto (4D SYSTEMS, 2017).

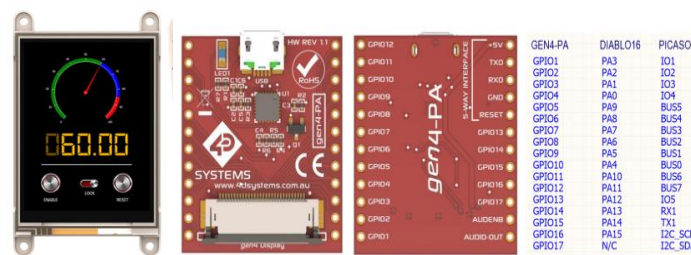


Figura 7. a) Pantalla Grafica SK-GEN4-32DT. b) Puerto GPIO

2.7.4. SENSOR DE PULSO CARDIACO

Es un dispositivo de plug-and-play que permite medir la frecuencia cardiaca, cuenta con un sensor de ritmo cardiaco óptico, una etapa de amplificación y un filtro para el ruido, lo cual hace que su señal de salida sea estable y confiable. Este sensor tiene 3 pines GND, VCC, Señal, el consumo de corriente es de 20mA y para su funcionamiento solo debe de estar en contacto con el cuerpo humano y tener una alimentación de 5V o 3V, puede conectarse a Arduino o a cualquier uC (coldfire electronica).



Figura 8. Sensor Pulso Cardiaco

2.7.5. SENSOR LM35

El sensor LM35 es un dispositivo de precisión de temperatura con un circuito integrado que tiene una tensión de salida lineal a la temperatura centígrada, este sensor no requiere de ninguna calibración. Los cambios de temperatura son lineales con un factor de escala de 10mV, es decir, que por cada 1°C se tendrá una variación de 10mV. Este sensor cuenta con 3 pines, GND, VCC, Señal, el rango de temperatura es desde -55°C a 150°C, alimentación de 5V. Para el cálculo de voltaje en la entrada analógica se aplica la fórmula (Instrumens, 2017) .

$$Temperatura = Valor * 5/1024$$

Y para transformar de voltios en grados:

$$Temperatura = Valor * 5 * \frac{100}{1024} ^\circ C$$

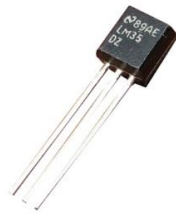


Figura 9. Sensor LM35

2.7.6. SENSOR AMT1001

Es un sensor analógico que mide valores de temperatura y humedad utilizando una resistencia (Direct Industry).

Especificaciones:

Modelo	AMT1001
Voltaje de operación	4 ~ 5.5 VCD
Salida	0.6 ~ 2.7 VCD
Consumo de corriente	2 mA
Medición humedad	20 ~ 90% RH con presión 5%
Medición temperatura	0 ~ 50 °C con presión ± 0.5 °C
Tiempo de respuesta	10 s
Peso	15 g
Dimensiones	59 x 27 x 13 mm

Tabla 1. Especificaciones del sensor AMT1001



Figura 10. Sensor AMT1001

2.7.7. SENSOR FPN-07PG

Es un sensor Dual-In-line-Package (DIP) o SMD, es fácil de montar, son monitores de presión arterial de uso en el hogar. Sensor analógico que permite obtener valores de presión, el rango de presión va desde -48.26 a 48.26 (kPa), corriente de excitación máxima: 3mA, temperatura de funcionamiento: 0 a 80°C, humedad de funcionamiento: 30 a 80%RH y alimentación de 5V (willow).



Figura 11. Sensor FPN-07PG

2.7.8. SIM900

El módulo GSM / GPRS RS232 está construido con SIMCOM Make SIM900 Quad-band. El motor GSM / GPRS funciona en frecuencias de 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz. Es de tamaño compacto y fácil de usar. El módem está diseñado con nivel RS232 que le permite conectar directamente el puerto serial de la PC, el consumo es de 1.5mA y es compatible con Arduino. La velocidad en baudios puede ser configurable desde 9600-115200 a través del comando AT (Prometec).



Figura 12. Módulo SIM900

2.7.9. RELOJ RTC DS3231 TIEMPO REAL

Puede trabajar con Arduino o Raspberry, sus funciones de reloj incluye segundos, minutos, horas, días, fecha, mes y año. Alimentación de 3,3V o 5V, comunicación I2C, tiene su propia batería, por lo tanto la hora no se reiniciara al momento de que el Arduino o la Raspberry no tengan alimentación (sensorae).



Figura 13. Reloj RTC DS3231

2.7.10. SENSOR INFRARROJO

Los sensores infrarrojos son los más utilizados para realizar proyectos electrónicos, vienen en diferentes presentaciones dependiendo del proyecto en el cual se va a trabajar. Los elementos claves en un sensor infrarrojo son: el diodo infrarrojo (emisor) y el fototransistor (receptor). Entre los diodos infrarrojos se tiene el que se parecen a un led

normal de color púrpura y el fototransistor de igual manera pero de color negro. La conexión del diodo es como la de un led normal y para el fototransistor se realiza la conexión como un transistor normal (Hardware Hacking).

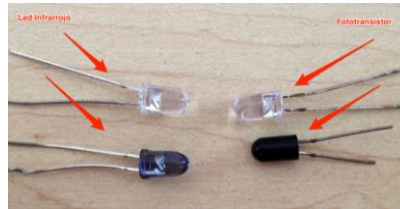


Figura 14. Diodo infrarrojo y Fototransistor

La conexión de estos elementos electrónicos se la realiza como muestra la Figura 15.

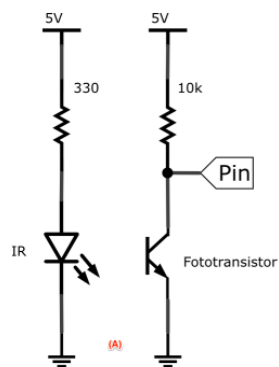


Figura 15. Conexión de Diodo infrarrojo y Fototransistor

2.7.11. SOFTWARE LUA

Lua significa “Luna” en portugués, no se trata de un acrónimo, ni abreviatura es un sustantivo, es decir, su nombre. Es un lenguaje poderoso, eficiente, liviano e integrable. Admite programación de procedimientos orientada a objetos y descripción de datos. Combina sintaxis de procedimiento simple con poderosas construcciones de descripción de datos basadas en matrices asociativas y semántica extensible (Lua).

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE ESTUDIO

3.1.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Se utiliza para describir la realidad de eventos, situaciones, grupos de personas que se pretende analizar, en este tipo de investigación se debe deducir el análisis y los procesos que involucran al mismo.

3.1.2. INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA

Se busca explicar las causas y dar una interpretación del porqué del objeto de estudio, estableciendo conclusiones y explicaciones de la situación.

3.2. METODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.2.1. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL

- Diseñar la interfaz gráfica para brindar comodidad y facilidad en el uso de los módulos de medición.
- Implementar una base de datos en tiempo real para el almacenamiento y observación de datos del paciente.

3.3. TÉCNICAS

3.3.1. OBSERVACIÓN

En este proyecto se empleó la técnica de la Observación que consiste en capturar de forma detallada las acciones, hechos o situación de cualquier fenómeno de acuerdo a los objetivos planteados con anterioridad, se toma en cuenta componentes para este proyecto como el monitoreo de la presión arterial, el monitoreo del ritmo cardiaco y el monitoreo de la temperatura corporal cuyos datos son visualizados en una pantalla en tiempo real.

3.4. INSTRUMENTOS

Para realizar este proyecto los instrumentos a utilizar son los siguientes: software de diseño, papers, revistas, libros, datasheets, páginas web, tesis y materiales electrónicos.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6. POBLACIÓN

La población para este proyecto es un grupo de personas adultas mayores y personas con discapacidad parcial que pertenecen a la provincia de Chimborazo.

Personas adultas mayores correspondientes a edades entre los 70 a 80 años los mismos que consumen gran cantidad de medicamentos específicamente para tratamientos de la presión arterial y ritmo cardiaco.

3.7. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

El sistema de monitoreo, análisis y control de señales biomédicas está conformado por: módulo de medición del ritmo cardiaco, módulo de medición de la presión arterial, módulo de medición de la temperatura corporal y ambiente del lugar, pantalla para visualización y almacenamiento de datos, sistema de posología del paciente, y un sistema de alarmas cuando hay variación extrema en los datos del paciente.

ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

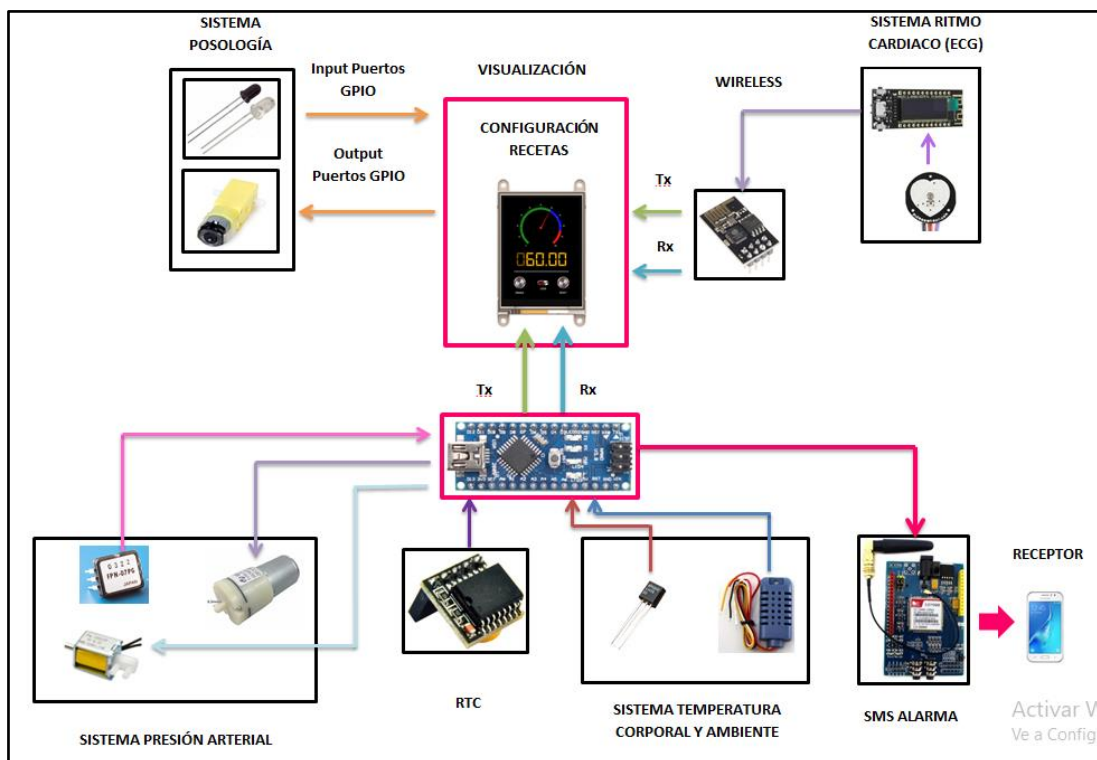


Figura 16. Diagrama de Bloques general del sistema de medición de señales biomédicas.

3.7.1. DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN RITMO CARDIACO

El primer paso a realizar fue seleccionar el sistema operativo con el que se va a trabajar después de una investigación sobre el módulo wifi se llegó a la conclusión que puede ser programado por LUA o ARDUINO, en este proyecto se va a utilizar los 2 software, el ESP8266 trabaja normalmente con comandos AT, pero para el sistema no es factible, por ello al ESP8266 servidor se le va a eliminar el firmware y se le carga otro firmware propio de LUA para poder realizar de esa manera la programación. Para la conexión del ESP8266 a la PC se la realiza como se muestra en la Figura 17.

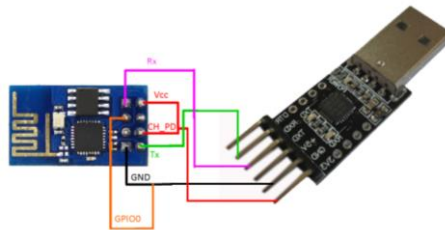


Figura 17. Diagrama de conexión del ESP8266 a la PC mediante un adaptador convertidor USB Serial.

Se utilizó el programa nodemcu flasher para cargar el nuevo firmware al ESP8266, cuando se abra el programa hay que indicar el puerto COM al que está conectado, después en la opción Config se señala el fichero del nuevo firmware y después se da clic en Flash(E) para escribir el Firmware en el ESP8266.

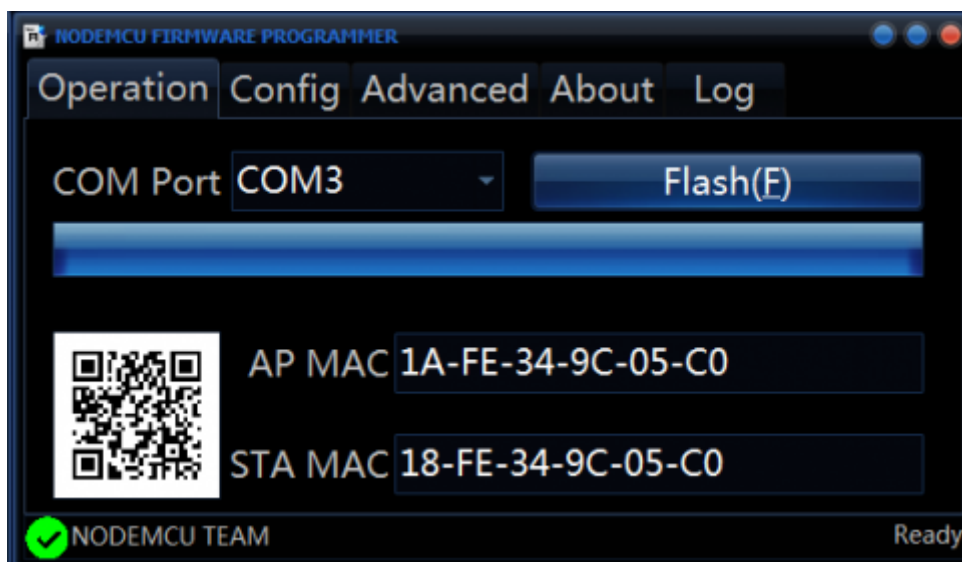


Figura 18. Programa Nodemcu Flasher para cargar el nuevo firmware al wifi ESP8266

Por otra parte para la programación del otro módulo ESP8266 TTGO cliente se lo realiza en ARDUINO no es necesario eliminar el firmware que tiene ya que es propio de Arduino para empezar con la programación se lo conecta con un cable USB directamente a la PC.



Figura 19. Conexión del ESP8266 TTGO a la PC con cable USB

Transmisión y Recepción de datos

Para la comunicación entre estos módulos se realiza por medio de direccionamiento IP, a el servidor se le asigna una IP para este proyecto se utilizó la 192.168.10.1, esta IP es colocada en el cliente con una clave, y un puerto en este caso se utilizó el 8266, parámetros importantes para poder realizar la comunicación wireless.

Para la trasmisión de datos desde el cliente al servidor se lo realiza por medio del puerto, mientras esté disponible todos los datos obtenidos por el sensor de pulso cardiaco serán enviados desde el cliente al servidor y a la vez el servidor envía estos datos por medio de comunicación serial a la pantalla para su respectiva visualización.

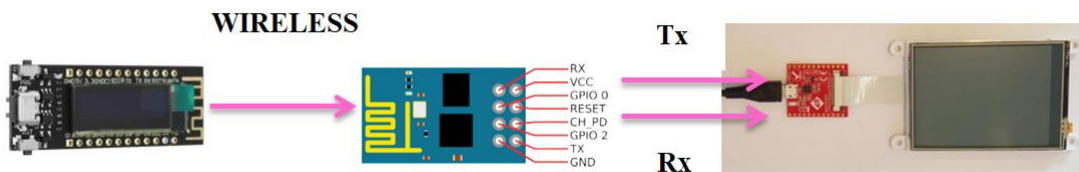


Figura 20. Transmisión y Recepción de datos del ritmo cardiaco

Implementación

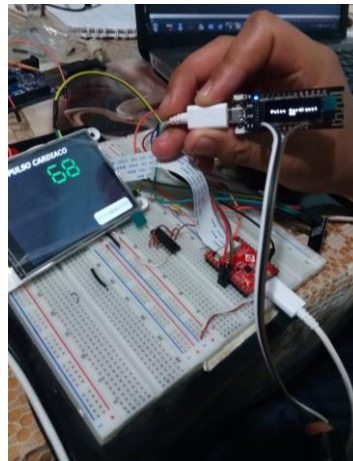


Figura 21. Implementación del módulo de Ritmo Cardíaco

Diagrama de bloques

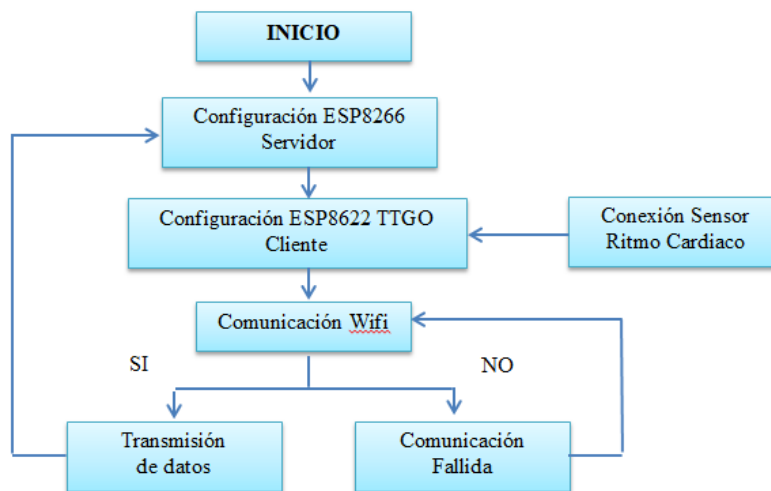


Figura 22. Diagrama de Bloques del funcionamiento del módulo del ritmo cardíaco.

Se requiere hacer el monitoreo del pulso cardíaco del paciente por un largo tiempo por ello se utilizó el wifi ESP8266 porque permite el acceso a cualquier microcontrolador a una red y no requiere de conexión cableada al sistema lo que da facilidad y comodidad al paciente al momento de realizar la medición.

3.7.2. DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN ARTERIAL

Se utilizó el sensor FPN-07PG ya que debido a su estructura es muy sensible que permite medir niveles de presión de manera confiable.

El funcionamiento del módulo inicia cuando el Arduino envía una señal para que se encienda el motor y a través de la bomba inflar el manguito con aire ubicado en la parte superior del brazo, hasta que el sensor que está conectado al ADC del Arduino detecte el valor de presión establecido y el motor se apague, poco a poco la bomba deja salir el aire del manguito y por medio del sensor se obtendrá los valores de presión, el primer pulso que detecte el sensor será la presión sistólica y el último pulso que detecte será la presión diastólica.

Diagrama de bloques del funcionamiento

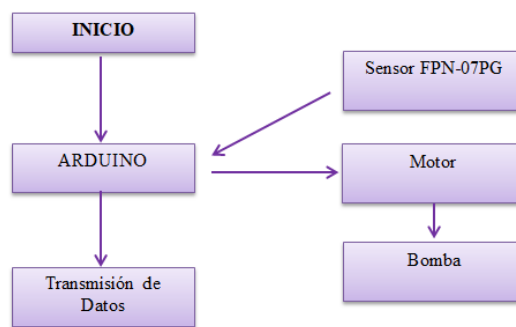


Figura 23. Diagrama de Bloques del funcionamiento del módulo de la presión arterial.

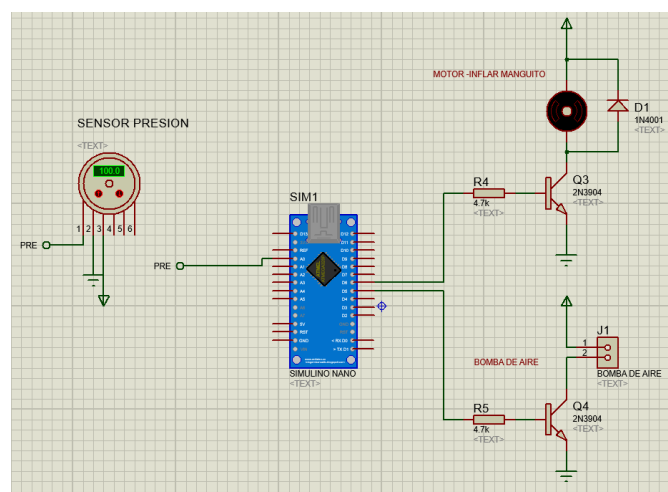


Figura 24. Circuito del módulo de la presión arterial en Proteus.

Implementación

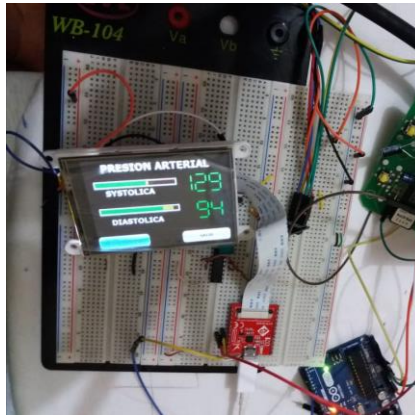


Figura 25. Implementación del módulo de la presión arterial visualización de datos en la pantalla.

Comunicación Transmisión de datos

Para el envío de datos de la presión arterial desde el Arduino a la Pantalla 32DT se lo realiza por el puerto serial, primero se pregunta si el puerto serial está disponible, pregunta con la palabra “MEDIR” y se procede a enviar una cadena que consta de caracteres, “S” para enviar la presión sistólica y “D” para enviar la presión diastólica y cuando termina la comunicación se envía la cadena “FINAL” para detener el proceso.

3.7.3. DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL Y TEMPERATURA AMBIENTE.

3.7.3.1. TEMPERATURA CORPORAL

Se utilizó el sensor LM35 que es el más utilizado para realizar mediciones de temperatura corporal debido a que su valor de salida lineal es en grados Celsius y da un valor eficiente y confiable.

Para el cálculo de la temperatura corporal en una persona se utilizó el siguiente arreglo matemático teniendo en cuenta que su salida es lineal con un factor de escala de 10mV, es decir, que por cada 1°C se tendrá una tensión de 10mV:

$$termometro = ((577.23 * val)/1024) * 10;$$

La señal del sensor LM35 está conectada a un pin del Arduino por el cual se va a obtener los valores de temperatura que envía el sensor.

3.7.3.2. TEMPERATURA AMBIENTE

Para los valores de temperatura ambiente se utilizó el sensor ATM1001 es el más utilizado para obtener variaciones de temperatura ambiente debido a su estructura y soporte compacto. Se utilizó el siguiente arreglo matemático para la obtención de los valores correspondientes. Para la implementación de este sensor es necesario conectar una resistencia de 10kΩ a la salida de temperatura y de ahí conectar a un ADC del Arduino.

$$Temp = \log(10000.0 * ((1024.0/ambiente - 1)));$$

$$Temp = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * Temp * Temp)) * Temp)$$

$$Temp = (Temp - 273.15) * 10;$$

Diagrama de bloque:

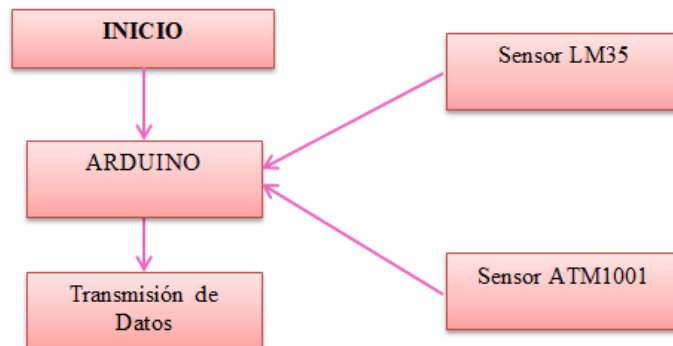


Figura 26. Diagrama de Bloques del módulo de la temperatura corporal y Ambiente.

3.7.4. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA PANTALLA SK-GEN4-32DT

Para realizar la interfaz donde se van a visualizar los datos se utilizó el software 4D SYSTEM que es compatible con la pantalla que se va a utilizar. Por medio de comandos y cuttoms propias del software se pudo realizar las diferentes interfaces para visualizar los datos obtenidos de los módulos de medición. Se utilizó la pantalla SK-GEN4-32DT por su gran capacidad de memoria, porque se va separando un espacio de memoria para cada implemento, como son el ESP8266, el Arduino y la programación de la misma Pantalla.

La pantalla principal cuenta con 6 iconos: Pulso Cardiaco, Presión Arterial, Temperatura, Información, Registro, Configuración. Al tocar cualquiera de los iconos les va a transportar a otras ventanas donde se puede visualizar cada parámetro como se indica en la Figura 18.

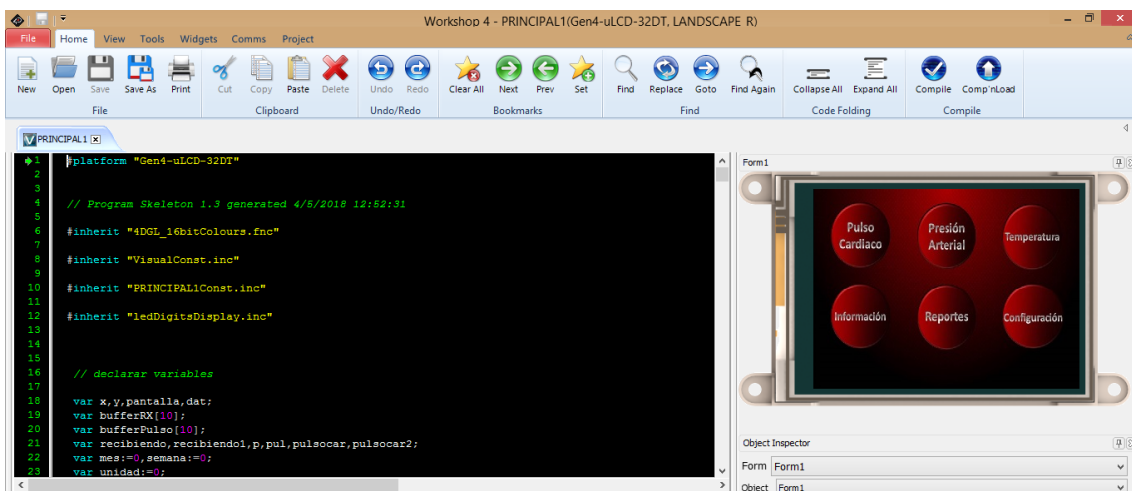


Figura 29. Plataforma 4D System

El sistema cuenta con una clave de usuario para seguridad, una vez ingresada la contraseña el paciente podrá acceder a la configuración de reloj y la opción de eliminar los reportes que se van a almacenar en este dispositivo, esto se realizó por seguridad al sistema debido al mal uso del mismo, ya que con ese reloj podrá establecer el horario de posología del paciente y para evitar errores en cuanto al tiempo solo el usuario que conozca la contraseña podrá realizar cualquier cambio como se indica en la Figura 30.

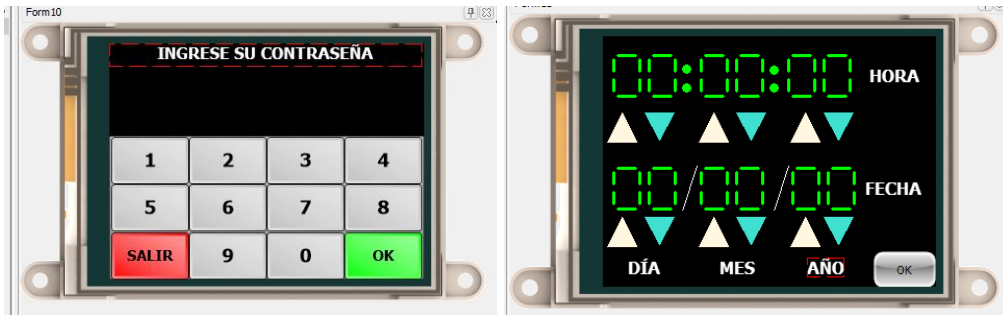


Figura 30. a) Interfaz de contraseña, b) Configuración de Reloj

El sistema de posología para el paciente cuenta con 2 interfaces de almacenamiento de recetas, en el cual se indica la hora a la que comienza el tratamiento, el tiempo de espera de cada medicación como se indica en la Figura 20.

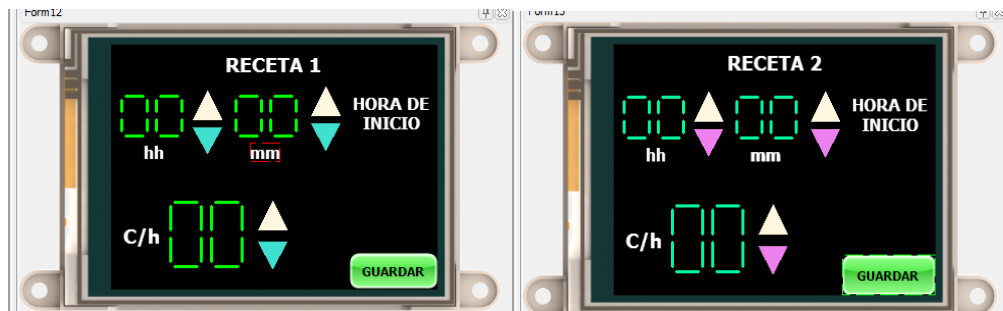


Figura 31. a) Interfaz de configuración Receta 1, b) Receta 2

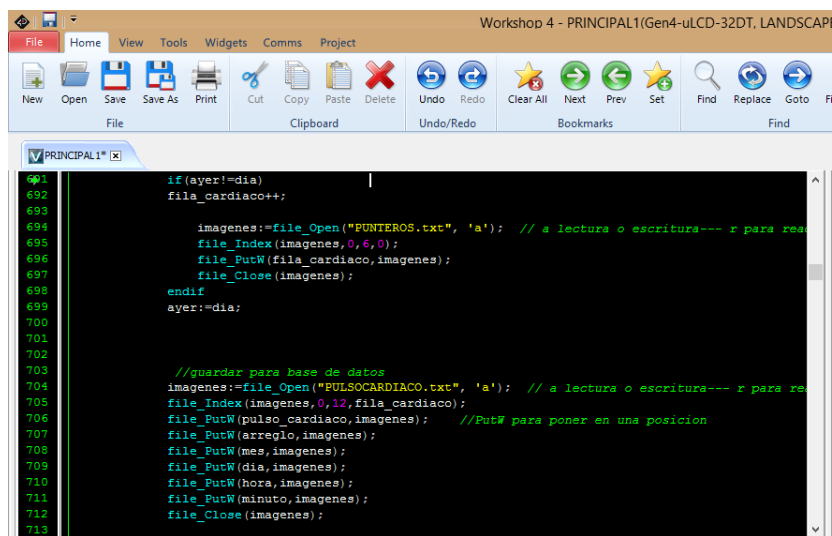
El sistema cuenta con una base de datos para cada parámetro de medición, en el cual se va almacenando cada dato con fecha y hora a la que se realizó el monitoreo, los datos van a estar almacenados en la memoria microSD que tiene la pantalla como se indica en la figura. 21.



Figura 32. Interfaz de la base de datos del sistema.

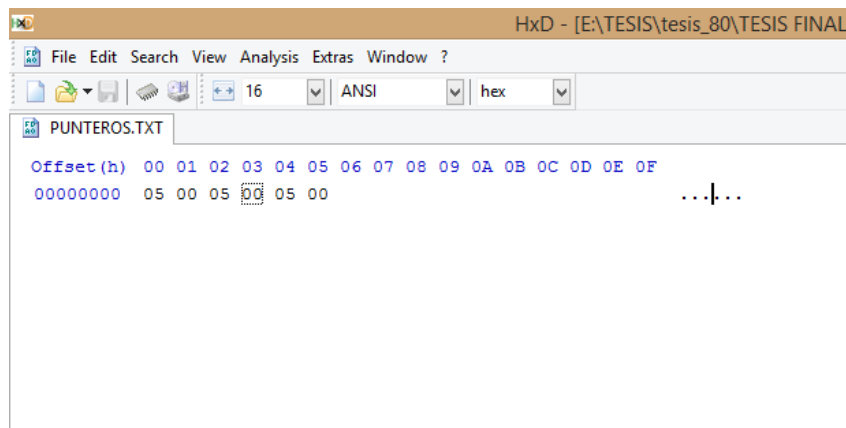
3.7.4.1. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Para la implementación de la base de datos se realiza la creación de 4 documentos .txt, PUNTEROS, PRESIÓN, TEMPERATURA, PULSOCARDIACO en los cuales se almacena cada uno de los valores anteriormente medidos, en el caso de Punteros.txt se almacena el número de datos de cada módulo de medición. Estos documentos son guardados en la microSD. El almacenamiento de los datos se hará en tiempo real y el paciente puede mirar sus registros realizados en el día en cada una de las interfaces de la pantalla. Los datos en los archivos creados se irán almacenando por posiciones como se indica en la figura 33 y figura 34.



```
691 if(ayer!=dia)
692     fila_cardiaco++;
693
694     imagenes=file Open("PUNTEROS.txt", 'a'); // a lectura o escritura--- r para rea
695     file Index(imagenes,0,6,0);
696     file PutW(fila_cardiaco,imagenes);
697     file Close(imagenes);
698 endif
699 ayer=:dia;
700
701
702
703 //guardar para base de datos
704 imagenes=file Open("PULSOCARDIACO.txt", 'a'); // a lectura o escritura--- r para rea
705 file Index(imagenes,0,12,fila_cardiaco);
706 file PutW(pulso_cardiaco,imagenes); //PutW para poner en una posicion
707 file PutW(arreglo,imagenes);
708 file PutW(mes,imagenes);
709 file PutW(dia,imagenes);
710 file PutW(hora,imagenes);
711 file PutW(minuto,imagenes);
712 file Close(imagenes);
713
```

Figura 33. Interfaz de creación de archivos



```
HxD - [E:\TESIS\tesis_80\TESIS FINAL]
File Edit Search View Analysis Extras Window ?
16 ANSI hex
PUNTEROS.TXT
Offset(h) 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F ...|...
00000000 05 00 05 00 05 00
```

Figura 34. Documento .txt PUNTEROS almacenado en la microSD

También se tiene un documento llamado RECETAS1.txt donde se almacena los datos de las 2 recetas, en el mismo se puede ver la hora, el tiempo de espera y el estado de la receta Activada o Desactivada como se indica en la figura 24.



Figura 35. Interfaz del almacenamiento de RECETAS.

3.7.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE POSOLOGÍA

El sistema de posología cuenta con 2 bandas transportadoras cada una con 6 pozuelos, en cada una de la bandas se encuentran colocados 2 sensores infrarrojos en la parte delantera y en la parte posterior está ubicado un motor.



Figura 36. Diseño de banda transportadora

Para la automatización de este sistema, la señal del fototransistor está conectada a un puerto GPIO de la pantalla, y a la salida se encuentra un motor conectado a otro puerto GPIO el mismo que realiza el movimiento respectivo de las bandas.

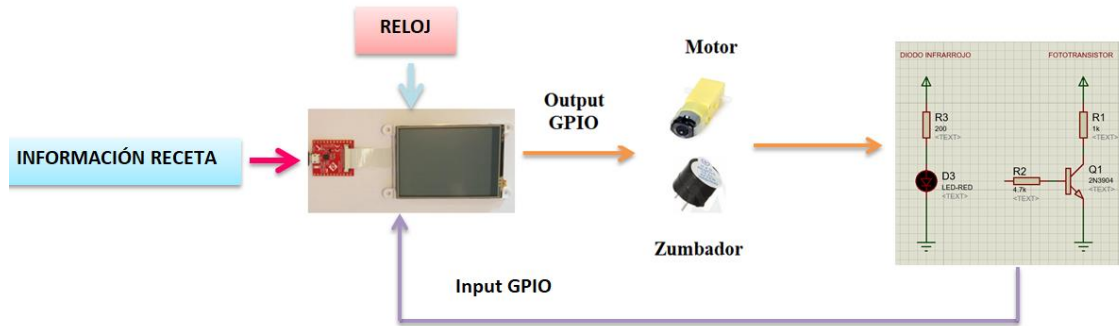


Figura 37. Diagrama del conexión del sistema de posología

Este sistema funciona de la siguiente manera, una vez almacenada la información de cada receta, es decir, cuando se cumpla el tiempo transcurrido la pantalla envía una señal al motor, el mismo que mueve a las bandas, el sensor infrarrojo detecta el pozuelo y envía una señal a la pantalla para que se detenga el motor.

Para manejar este sistema primero se debe dirigir a la interfaz gráfica de almacenamiento de la información de la receta, acto seguido debe colocar las pastillas en cada una de las bandas las mismas se encuentran ubicadas en las compuertas ubicadas en la parte superior de la caja. La persona encargada coloca el medicamento en los pozuelos, son hasta 3 pastillas las cuales puede colocar durante el tiempo que la persona encargada vea favorable durante todo el día, la persona encargada podrá recargar la dosis cuando los pozuelos se encuentren vacíos.

Se utilizó bandas transportadoras con pozuelos para que el manejo del sistema sea fácil de realizar, a la vez se redujo el número de pozuelos debido a que la toma de un medicamento puede ser de 3 veces al día y para evitar que haya problemas de higiene con la medicación al estar en contacto con el medio exterior. Con ello la persona encargada del paciente no se preocupara por la dosis diaria que debe medicarse el paciente.

3.7.6. COMUNICACIÓN GSM

ENVIÓ DE MENSAJES DE ALARMAS

Para realizar el envío de SMS de alarmas se utilizó el elemento electrónico GSM SIM900 cuya velocidad de transmisión es de 9600 baudios, cuando ocurra variaciones bruscas en los valores de medición del paciente, se enviaran mensajes al doctor o a la

persona encargada para que esté al tanto de la situación en la que se encuentre el paciente. La programación se la realizó en el IDE de Arduino, donde se va a colocar los datos a enviar y el número del remitente ya sea a su doctor o a la persona encargada del mismo. La conexión se realizó de acuerdo al esquema que se observa en la Figura 38.

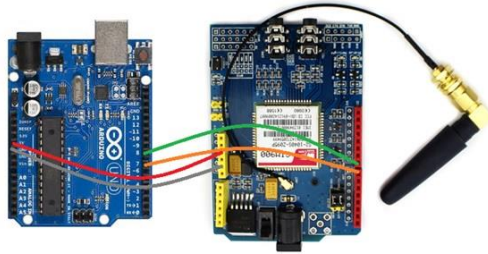


Figura 38. Esquema de conexión del GSM con Arduino.

El mensaje enviado a la persona encargada o al médico de confianza consta de todos los parámetros de las señales biomédicas, especificando cuál de ellas es la que se encuentra fuera de rango.



Figura 39. Diagrama del envío de mensajes de emergencias.

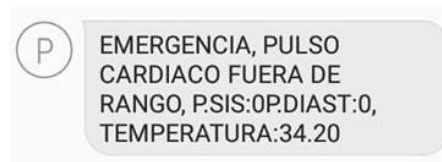


Figura 40. Modelo del mensaje de Alarma.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos del sistema. Se tomaron de 2 personas de diferente edad y diferente posología. Los datos fueron recopilados durante 1 semana para ver los cambios que sufren las señales biomédicas en su organismo.

PACIENTE 1: Aguedita Maroto

Este paciente no consume mucha medicación, debido a la edad las personas toman medicamentos para poder mantener estable su presión arterial y el ritmo cardiaco o para enfermedades como la osteoporosis, artritis y artrosis.

POSOLOGÍA PACIENTE		
MEDICAMENTO	HORA	TIEMPO DE ESPERA
Presión	09:16	24h
Huesos	12:00	24h

Tabla 2. Posología del paciente 1

Los valores de referencias de pulsaciones en reposo por minuto en mujeres adultas son:

- Excelente: 74 pul/min o menos
- Bueno: 76 a 82 pul/min
- Normal: 84 a 102 pul/min
- Inadecuado: 104 o más pul/min

Se puede observar que los niveles del ritmo cardiaco se encuentran estables y no presentaron ningún problema o alteración durante su monitoreo.

REGISTRO RITMO CARDIACO		
FECHA	HORA	PUL/min
2018/07/13	11:00	82
2018/07/13	13:10	80
2018/07/14	12:19	75
2018/07/14	17:00	77
2018/07/15	08:30	80
2018/07/15	14:30	82
2018/07/16	09:15	84
2018/07/16	14:20	75
2018/07/17	10:40	79
2018/07/17	16:00	78

Tabla 3. Registro de datos del Ritmo Cardiaco del paciente 1

En la recopilación de datos de la temperatura corporal no se pudo observar ningún problema en el usuario, los valores de sus datos se encontraban dentro del rango normal de dichos parámetros de temperatura.

REGISTRO TEMPERATURA CORPORAL		
FECHA	HORA	°C
2018/07/13	11:12	36,0
2018/07/13	13:20	36,5
2018/07/14	12:24	37,0
2018/07/14	17:10	36,9
2018/07/15	08:40	37,3
2018/07/15	14:45	36,5
2018/07/16	09:25	36,6
2018/07/16	14:30	36,8
2018/07/17	10:50	36,9
2018/07/17	16:10	37,1

Tabla 4. Registro de datos de la temperatura corporal del paciente 1

Los valores de referencias de la presión arterial es de:

Presión Sistólica (PS)

- Optima: <120 mmHg.
- Normal: 120 a 129 mmHg.
- Normal Elevada: 130 a 139 mmHg.
- Hipertensión: <140 mmHg.

Presión Diastólica (PD):

- Optima:<80 mmHg.
- Normal: 80 a 84 mmHg.
- Normal Elevada: 85 a 89 mmHg.
- Hipertensión:<90 mmHg.

Como ultimo paso se registro los datos de la presion arterial y se noto un pequeño cambio en un valor de la presion sistolica, dando a conocer que se debe de tener un control completo en las personas mas si son adultas mayores porque debido a la edad pueden sufrir alteraciones en su organismo.

REGISTRO PRESIÓN ARTERIAL			
FECHA	HORA	P. SISTOLICA	P. DIASTOLICA
2018/07/13	11:25	130 mmHg	80 mmHg
2018/07/13	13:30	131 mmHg	85 mmHg
2018/07/14	12:35	127 mmHg	80 mmHg
2018/07/14	17:22	125 mmHg	88 mmHg
2018/07/15	08:50	129 mmHg	86 mmHg
2018/07/15	14:56	128 mmHg	83 mmHg
2018/07/16	09:36	125 mmHg	84 mmHg
2018/07/16	14:44	127 mmHg	82 mmHg
2018/07/17	11:01	130 mmHg	80 mmHg
2018/07/17	16:27	136 mmHg	78 mmHg

Tabla 5. Registro de datos de la presión sistólica y diastólica del paciente 1

En la tabla se muestran parámetros de un paciente hombre adulto mayor, datos de referencia tomados de los equipos especialistas médicos, y los otros datos del sistema de monitoreo de señales biomédicas.

PACIENTE 2: Felipe Chávez

Normalmente este paciente toma de 3 a 4 pastillas al día, una cantidad significativa que puede provocar problemas en la salud.

POSOLOGÍA PACIENTE		
MEDICAMENTO	HORA	TIEMPO DE ESPERA
Presión	09:16	24 h
Hidrocefalia	07:45	24h
Corazón	08:25	24h

Tabla 6. Posología del paciente 2

Los valores de referencias de pulsaciones en reposo por minuto en hombres adultos es de:

- Excelente: 66 pul/min o menos.
- Bueno: 68 a 74 pul/min.
- Normal: 76 a 88 pul/min.
- Inadecuado: 90 o más pul/min.

Se puede observar los datos obtenidos del ritmo cardiaco en algunos días hubo una pequeña variación en este parámetro, pero no sobrepasó los niveles establecidos por lo que no fue necesario los llamados de emergencia.

RESGISTRO RITMO CARDIACO		
FECHA	HORA	PUL/min
2018/07/18	09:20	90
2018/07/18	13:30	90
2018/07/19	07:30	72
2018/07/19	12:00	75
2018/07/20	08:20	80
2018/07/20	14:15	82
2018/07/21	07:00	86
2018/07/21	13:40	76
2018/07/22	09:40	75
2018/07/22	14:50	73

Tabla 7. Registro de datos del Ritmo Cardíaco del paciente 2

Se observó que un día el paciente sufrió de un cambio en su nivel de ritmo cardíaco sobrepasando los valores pre- establecidos como normales, en ese momento se envió el mensaje de alarma a la persona encargada del paciente notificándole que el paciente se encuentra con anomalías en su señales biomédicas.



Figura 41. Mensaje de emergencia del Ritmo Cardíaco

El usuario no experimento cambios anormales en su temperatura corporal

REGISTRO TEMPERATURA CORPORAL		
FECHA	HORA	°C
2018/07/18	09:16	36,6
2018/07/18	13:40	36,2
2018/07/19	07:45	36,0
2018/07/19	12:10	36,8
2018/07/20	08:25	37,2
2018/07/20	14:30	37,1
2018/07/21	07:09	37,0
2018/07/21	13:45	36,5
2018/07/22	09:50	36,0
2018/07/22	15:00	36,0

Tabla 8. Registro de datos de la temperatura corporal del paciente 2

Los valores de referencias de la presión arterial es de:

Presión Sistólica (PS)

- Optima: <120 mmHg
- Normal: 120 a 129 mmHg
- Normal Elevada: 130 a 139 mmHg
- Hipertensión: <140 mmHg

Presión Diastólica (PD)

- Optima:<80 mmHg
- Normal: 80 a 84 mmHg
- Normal Elevada: 85 a 89 mmHg
- Hipertensión:<90 mmHg

Datos que se obtuvo de la presión arterial, los valores obtenidos de la presión sistólica son altos debido al consumo excesivo de medicamentos.

REGISTRO PRESIÓN ARTERIAL			
FECHA	HORA	P. SISTOLICA	P.DIASTOLICA
2018/07/18	09:20	123 mmHg	77 mmHg
2018/07/18	13:45	134 mmHg	83 mmHg
2018/07/19	07:50	131 mmHg	74 mmHg
2018/07/19	12:15	128 mmHg	78 mmHg
2018/07/20	08:30	136 mmHg	75 mmHg
2018/07/20	14:40	134 mmHg	76 mmHg
2018/07/21	07:16	135 mmHg	74 mmHg
2018/07/21	13:50	132 mmHg	73 mmHg
2018/07/22	10:00	130 mmHg	74 mmHg
2018/07/22	15:10	130 mmHg	75 mmHg

Tabla 9. Registro de datos de la presión sistólica y diastólica del paciente 2

PACIENTE 1

En la tabla se muestran parámetros de una paciente mujer adulta mayor, datos de referencia tomados de los equipos especialistas médicos, y los otros datos del sistema de monitoreo de señales biomédicas.

REGISTRO RITMO CARDIACO			
FECHA	PUL/min REFERENCIA	PUL/min MEDIDA	
2018/07/13	82	82	
2018/07/13	80	80	
2018/07/14	78	75	
2018/07/14	78	77	
2018/07/15	80	80	
2018/07/15	80	82	
2018/07/16	82	84	
2018/07/16	76	75	
2018/07/17	80	79	
2018/07/17	78	78	

Tabla 10. Ritmo Cardíaco de una mujer adulta mayor

RESGISTRO TEMPERATURA CORPORAL		
FECHA	T.REFERENCIA	T.MEDIDA
2018/07/13	36,0°C	36,0°C
2018/07/13	36,3°C	36,5°C
2018/07/14	36,8°C	37,0°C
2018/07/14	36,6°C	36,9°C
2018/07/15	37,0°C	37,3°C
2018/07/15	36,4°C	36,5°C
2018/07/16	36,6°C	36,6°C
2018/07/16	36,6°C	36,8°C
2018/07/17	36,9°C	36,9°C
2018/07/17	37,0°C	37,1°C

Tabla 11. Temperatura Corporal de una mujer adulta mayor

RESGISTRO PRESIÓN ARTERIAL				
FECHA	P.S	P. S	P.D	P.D
	REFERENCIA	MEDIDA	REFERENCIA	MEDIDA
2018/07/13	128 mmHg	130 mmHg	90 mmHg	90 mmHg
2018/07/13	129 mmHg	131 mmHg	84 mmHg	85 mmHg
2018/07/14	125 mmHg	127 mmHg	88 mmHg	90 mmHg
2018/07/14	124 mmHg	125 mmHg	88 mmHg	88 mmHg
2018/07/15	125 mmHg	129 mmHg	86 mmHg	86 mmHg
2018/07/15	126 mmHg	128 mmHg	82 mmHg	83 mmHg
2018/07/16	125 mmHg	125 mmHg	82 mmHg	85 mmHg
2018/07/16	127 mmHg	127 mmHg	80 mmHg	82 mmHg
2018/07/17	128 mmHg	130 mmHg	82 mmHg	80 mmHg
2018/07/17	133 mmHg	136 mmHg	77 mmHg	78 mmHg

Tabla 12. Presión Arterial de una mujer adulta mayor

PACIENTE 2:

RESGISTRO RITMO CARDIACO			
FECHA	PUL/min REFERENCIA		PUL/min MEDIDA
2018/07/18	81		90
2018/07/18	88		90
2018/07/19	70		72
2018/07/19	74		75
2018/07/20	78		80
2018/07/20	80		82
2018/07/21	86		86
2018/07/21	74		76
2018/07/22	75		75
2018/07/22	70		73

Tabla 13. Ritmo Cardíaco de un hombre adulto mayor

RESGISTRO TEMPERATURA CORPORAL			
FECHA	T.REFERENCIA		T.MEDIDA
2018/07/18	36,4°C		36,6°C
2018/07/18	36,2°C		36,2°C
2018/07/19	36,1°C		36,0°C
2018/07/19	36,6°C		36,8°C
2018/07/20	37,0°C		37,2°C
2018/07/20	36,9°C		37,1°C
2018/07/21	37,0°C		37,0°C
2018/07/21	36,3°C		36,5°C
2018/07/22	36,0°C		36,0°C
2018/07/22	36,0°C		36,0°C

Tabla 14. Temperatura Corporal de un hombre adulto mayor

RESGISTRO PRESIÓN ARTERIAL				
FECHA	P.S REFERENCIA	P. S MEDIDA	P.D REFERENCIA	P.D MEDIDA
2018/07/18	120 mmHg	123 mmHg	74 mmHg	77 mmHg
2018/07/18	130 mmHg	134 mmHg	80 mmHg	83 mmHg
2018/07/19	129 mmHg	131 mmHg	72 mmHg	74 mmHg
2018/07/19	126 mmHg	128 mmHg	76 mmHg	78 mmHg
2018/07/20	134 mmHg	136 mmHg	72 mmHg	75 mmHg
2018/07/20	130 mmHg	134 mmHg	74 mmHg	76 mmHg
2018/07/21	132 mmHg	135 mmHg	72 mmHg	74 mmHg
2018/07/21	130 mmHg	132 mmHg	70 mmHg	73 mmHg
2018/07/22	130 mmHg	130 mmHg	72 mmHg	74 mmHg
2018/07/22	130 mmHg	130 mmHg	74 mmHg	75 mmHg

Tabla 15. Presión Arterial de un hombre adulto mayor

Se observa que el margen de error no es muy alto, por ello se constata que el equipo funciona correctamente.

$$e = \frac{|x_{ref} - x_{me}|}{x_{ref}} * 100$$

e = Error (%).

x_{ref} = valor de referencia.

x_{me} = valor medido.

$$e = \frac{|120 - 123|}{120} * 100$$

$$e = \frac{|-3|}{120} * 100$$

$$e = 2,5\%$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema de monitoreo, análisis y control de señales biomédicas de bajo costo, con un diseño sencillo e interfaz amigable, para poder ser utilizado desde el hogar.
- Gracias al sistema propuesto las personas siguen el tratamiento y toman el medicamento a la hora correcta sin olvidarlo y tienen más probabilidad de contrarrestar la enfermedad y no sufrir de cambios bruscos en sus signos vitales.
- Al monitorear las señales biomédicas en personas con alto consumo de medicamentos se puede controlar la condición de salud lo que ayuda en caso de que estas señales sufran algún tipo de alteración enviar un SMS de alarma a la persona encargada para que conozca la situación actual del paciente.
- La base de datos implementada en el sistema ayuda al análisis de los parámetros de cada una de las señales biomédicas del paciente esto ayudaría a mantener controlado al usuario y así poder manejar las anomalías que existen en su organismo.
- El sistema representa la base para muchos sistemas de dosificación de medicamentos que pueden usarse en telemedicina y en la ayuda, no solamente a personas de tercera edad o discapacitados, sino en sectores rurales en donde los doctores no pueden estar disponibles todo el tiempo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los pacientes deben de encontrarse en reposo al momento de la toma de sus signos vitales con el dispositivo debido a que si se realizó alguna actividad que requiere de esfuerzo puede dar lectura de datos erróneos.
- Se recomienda utilizar nuevas tecnologías como el internet de las cosas ya que facilita la comunicación entre sistemas y brinda fiabilidad y confianza al momento de transferir los datos.

- Se recomienda realizar un monitoreo diario a los pacientes con enfermedades relacionadas al corazón debido a que las causas más frecuentes de muertes a nivel mundial se debe a la falta de información y mal tratamiento de las mismas.

Trabajo Futuro

El trabajo desarrollado constituye la base para futuros trabajos en el área de la telemedicina, dando lugar a sistemas más completos que pueden ser implementados en zonas rurales las cuales se comunican con los médicos de los centros de salud cercanos en tiempo real.

Se propone en una siguiente modificación eliminar la intervención de la mano humana en la colocación del medicamento en el dispositivo, reemplazando por un sistema automático de dosificación basado en pequeños contenedores de pastillas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ÁMBITO FARMACÉUTICO*. (07 de 2007). Recuperado el 08 de 05 de 2018, de *ÁMBITO FARMACÉUTICO*:
file:///C:/Users/MARCO/Downloads/13108301_S300_es%20(1).pdf
- CareFirst*. (11 de 01 de 2016). Recuperado el 17 de 03 de 2018, de CareFirst:
<http://carefirst.staywellsolutionsonline.com/RelatedItems/85,p03963>
- Diario de Leon.es*. (28 de 01 de 2016). Recuperado el 17 de 03 de 2018, de Diario de Leon.es:
http://www.diariodeleon.es/noticias/saludybienestar/pastillas-hora_1041906.html
- 4D SYSTEMS*. (03 de 05 de 2017). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de 4D SYSTEMS:
https://www.mouser.ec/datasheet/2/451/gen4-uLCD-32D_datasheet_R_1_4-1380029.pdf
- arduino*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de arduino: <https://www.arduino.cc/>
- coldfire electronica*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de coldfire electronica:
<https://electronilab.co/tienda/sensor-ritmo-pulso-cardiaco/>
- cooking hacks*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de cooking hacks:
<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-v1-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical/>
- Direct Industry*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Direct Industry:
<http://pdf.directindustry.com/pdf/aosong-electronics-co-ltd/humidity-sensor-am1001-aosong/121567-472713.html>
- Hall, G. y. (2016). Fisiología Médica. En G. y. Hall, *Fisiología Médica* (págs. 401-403). España: Gea Consultoría Editorial.
- HALL, G. Y. (2016). Fisiología Médica. En J. E. Hall, *Fisiología Médica* (págs. 474-475). España: Gea Consultoría Editorial.
- Hardware Hacking*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Hardware Hacking:
<https://hardwarehackingmx.wordpress.com/2014/01/15/leccion-20-arduino-sensor-infrarrojo-basico/>
- Instrumens, T. (12 de 2017). *Texas Instrumens*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Texas Instrumens: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- Lua*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Lua: <https://www.lua.org/about.html>

- National Institute on Aging*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de National Institute on Aging: <https://www.nia.nih.gov/health/presion-arterial-alta>
- Prieto, A. (s.f.). *CENETEC*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de CENETEC: http://www.cenetec.gob.mx/cd_inter/guiapaciente/electrocardiograma.pdf
- programarfacil*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de programarfacil: <https://programarfacil.com/podcast/como-configurar-esp01-wifi-esp8266/>
- Prometec*. (s.f.). Recuperado el 17 de 03 de 2018, de Prometec: <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>
- SALAZAR, R. B. (03 de 2006). *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*. Recuperado el 19 de 07 de 2018, de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/46/1/CD-0010.pdf>
- sensorae*. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de sensorae: <https://www.sensorae.com/es/inicio/1640-reloj-rtc-ds3231-precision-modulo-reloj-tiempo-real-raspberry-pi-3-time-clock.html>
- TÉLLEZ, D. J., & ESCALONA, J. U. (11 de 2013). *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*. Recuperado el 19 de 07 de 2018, de INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12468/DISE%20C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20MONITOREO%20DE%20SIGNOS%20VITALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vergeles-Blanca, J. M. (s.f.). Recuperado el 18 de 07 de 2018, de <http://ferran.torres.name/edu/imi/59.pdf>
- willow*. (s.f.). *Sensing element/Gauge*. Recuperado el 18 de 07 de 2018, de Sensing element/Gauge: https://www.willow.co.uk/FPN_FGN-6.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

Diseño e Implementación de los módulos de medición de Ritmo Cardíaco, Presión Arterial, Temperatura Corporal y Ambiente, SMS de emergencia y el sistema de posología

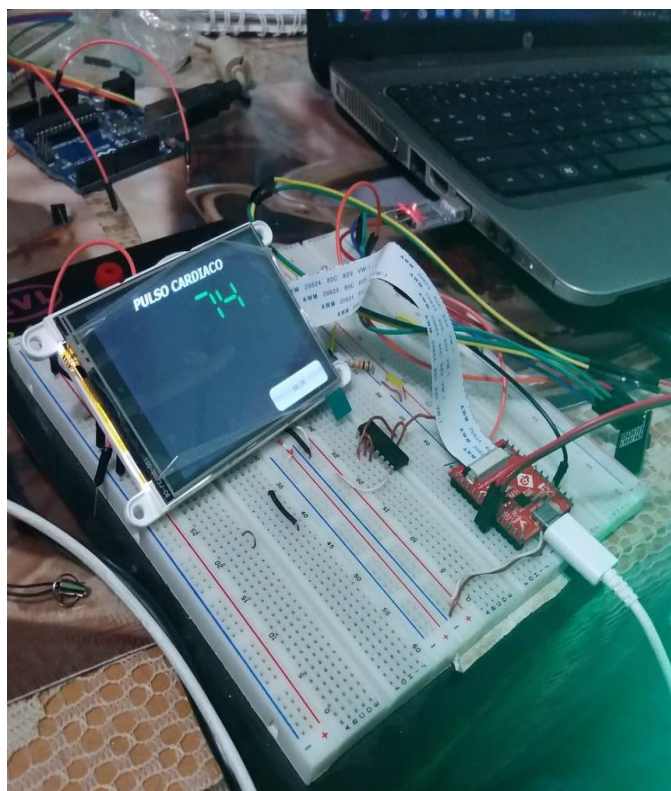


Figura 42. Elaboración del módulo de medición de Ritmo Cardíaco



Figura 43. Elaboración del sistema de posología, y envío de SMS de emergencia



Figura 44. Implementación de todos los módulos en el chasis



Figura 45. Sistema de monitoreo, análisis y control de señales biomédicas

ANEXO 2

Pruebas con el sistema de monitoreo



Figura 46. Medición de señales biomédicas realizada a paciente hombre adulto mayor



Figura 47. Medición de señales biomédicas realizada a paciente mujer adulta mayor



Figura 48. Monitoreo de Ritmo Cardíaco a Paciente

ANEXO 3

Almacenamiento y visualización de valores obtenidos en la base de datos del sistema.



Figura 49. Base de datos del Sistema

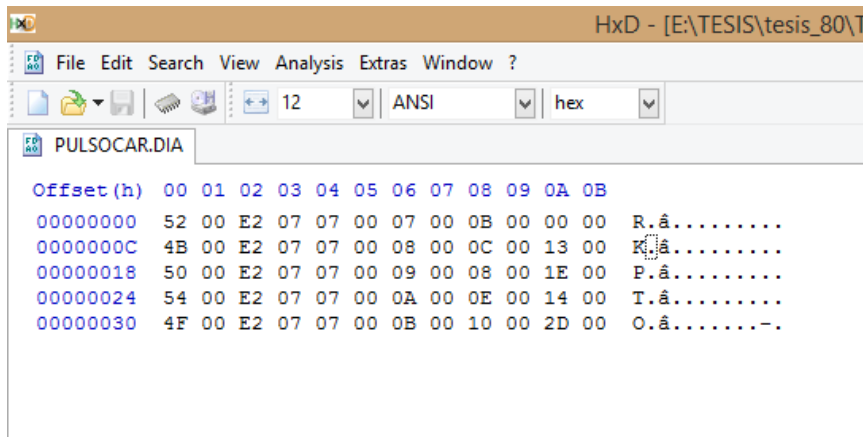


Figura 50. Documento extensión .txt almacenado en la microSD de la pantalla

ANEXO 4

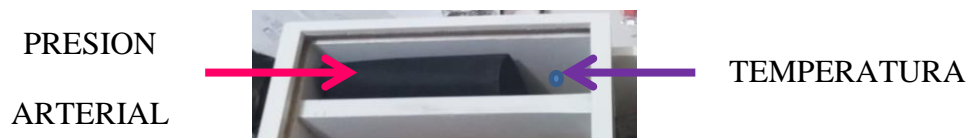
MANUAL DEL SISTEMA DE MONITOREO DE SEÑALES BIOMÉDICAS

Para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo debe seguir las siguientes indicaciones:

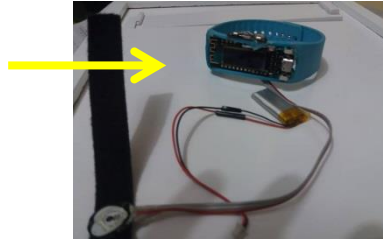
1. Pantalla Principal: En esta parte se observa los ítems que contienen las interfaces graficas de las señales biomédicas a medir:



2. Cuando requiera de una medición de cualquier de las señales biomédicas, primero va a tomar el sensor que están ubicados en la parte posterior.



PULSO
CARDIACO



3. Una vez que haya escogido el sensor con cual se va a medir, pasa a colocárselo. El manguito de presión va a colocarlo en la parte superior de su brazo, El sensor de temperatura se lo va a colocar en la parte baja de la axila y se va a colocar la pulsera del Pulso Cardíaco el sensor que esta con la correa negra deberá colocárselo en el dedo y apretar.
4. Se dirige a la pantalla y selecciona la señal biomédica que desea medirse.
5. Una vez seleccionado la señal biomédica a medir, le aparecerá una nueva interfaz gráfica. Si es el caso de la presión arterial deberá seleccionar la opción medir, después de unos minutos sus valores de presión serán visualizados en la pantalla.



6. En el caso de la temperatura corporal, en la pantalla se visualizara el valor de temperatura ambiente, y al seleccionar la opción medir empezara a tomarle el valor de su temperatura corporal.



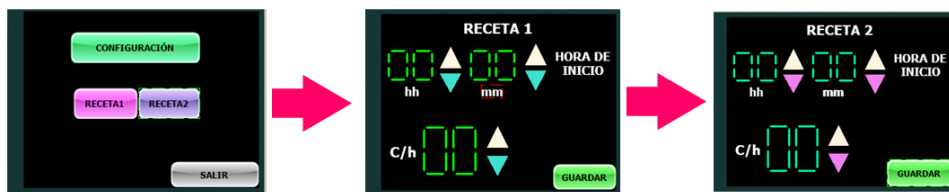
7. En el caso del Pulso Cardíaco se visualizara de manera automática los datos en la pantalla, si desea salir de las interfaces selecciona el botón salir.



8. Para configuración de la posología, lo primero será ir a la opción CONFIGURACIÓN, y al botón CONFIGURACIÓN RELOJ, aparecerá una pantalla en donde deberá introducir la contraseña para poder acceder a configurar la hora actual.



9. Una vez configurado el reloj, se dirige CONFIGURACIÓN en la pantalla principal y escoge la opción RECETA1 o RECETA2, y las configura con la hora de ingesta y el tiempo que espera entre cada toma.

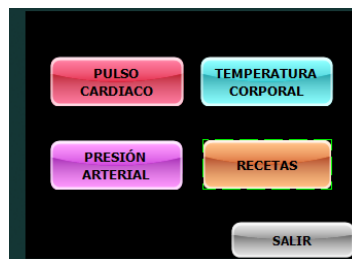


Para colocar las pastillas debe abrir las compuertas ubicadas en la parte superior del sistema.

RECETA1 RECETA2



10. Para ver los datos almacenados va a seleccionar en la pantalla principal REPORTES ahí va visualizar 4 botones y seleccione la señal biomédica que desea ver.



Al seleccionar una de estas opciones le direccionar a otra pantalla en la cual puede movilizarle de arriba hacia abajo con los botones presentes y con el botón salir abandona la interfaz.



11. También este sistema cuenta con una interfaz de información sobre las señales biomédicas. Tiene que seleccionar la opción en la pantalla principal INFORMACIÓN y ahí selecciona la opción que usted desee.



12. Una vez visualizada la información para retornar debe presionar la imagen nuevamente para volver a la interfaz anterior y en el botón salir para volver a la interfaz principal.