

PROTOTIPO ELECTRÓNICO COMO MEDIO DE APOYO A LA DOSIFICACIÓN DE  
MEDICAMENTOS TIPO PASTILLA PARA USO CON ADULTOS MAYORES.



DANIELA ALEJANDRA ANDRADE MUÑOZ  
DANIEL HERNANDO VARGAS AGUILAR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
POPAYÁN-CAUCA  
2020

PROTOTIPO ELECTRÓNICO COMO MEDIO DE APOYO A LA DOSIFICACIÓN DE  
MEDICAMENTOS TIPO PASTILLA PARA USO CON ADULTOS MAYORES.



DANIELA ALEJANDRA ANDRADE MUÑOZ  
DANIEL HERNANDO VARGAS AGUILAR

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO(A) EN  
ELECTRÓNICA

**DIRECTOR:**

ING. YAMIR HERNANDO BOLAÑOS MUÑOZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
POPAYÁN –CAUCA  
2020

## NOTA DE ACEPTACIÓN

En cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios se declara aprobado el siguiente trabajo de grado.

---

Jurado

---

Jurado

---

Yamir Hernando Bolaños  
Director

## DEDICATORIA

- *Dedico este trabajo y cada uno de mis éxitos en primer instancia a Dios que me permitió terminar mis estudios universitarios y que siempre estuvo presente brindándome confianza, amor y compañía, en segundo lugar a mi familia en especial a mis padres, hermano y abuelos que siempre estuvieron apoyándome e inculcándome valores esenciales para cada uno de los aspectos de mi vida y que fueron los principales artífices para culminar este proceso , finalmente a mi abuela la cual ya no me acompaña y fue una de las personas más importantes en mi vida porque estuvo en mi etapa de niñez y adolescencia incondicionalmente. Ella ahora es quien vela por mí desde su tan distante lejanía en el cielo.*
  
- *Dedico este trabajo de grado además de todos los éxitos obtenidos a lo largo de mi carrera primeramente a Dios, quien gracias a su compañía incondicional me permitió culminar con éxito todos los proyectos que he emprendido.  
A mis padres y mi hermano por estar siempre presentes en mis momentos de alegría y principalmente en los de tristeza, además de brindarme apoyo moral en los momentos donde más lo necesite y finalmente por ser la fuente de mis motivaciones y sueños.  
A mis abuelos, mis tíos y el resto de mi familia por brindarme su ayuda sin esperar nada a cambio, por estar siempre dispuestos a escuchar y brindar su apoyo incondicional.*

## AGRADECIMIENTOS

*Queremos agradecer a cada uno de los docentes que hicieron parte de nuestra formación profesional especialmente al ingeniero Yamir Hernando Bolaños quien nos brindado su experiencia y conocimiento, contribuyendo de manera significativa a nuestra formación profesional. Por otro lado queremos agradecer al semillero de investigación sistemas embarcados de control y automatización, que mediante su apoyo y guía nos permitieron afianzar aún más los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera profesional, además de conocer grandes personas que nos instruyeron brindando su cariño, conocimientos y sobre todo su confianza para hacer posible este logro tan importante.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN:	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo general	16
3.2. Objetivos Específicos	16
4. MARCO TEORICO:	17
4.1. Actuadores	17
4.2. Motores pasó a paso	17
4.3. Sensores	17
4.4. Comunicación bluetooth	17
4.5. Internet de las cosas	18
4.6. Sistemas embebidos	18
4.7. Adherencia al tratamiento	18
5. ESTADO DEL ARTE	20
6. DISEÑO GENERAL:	24
6.1. Métodos	24
6.2. Análisis y requerimientos	25
6.3. Diagrama caso de uso	33
6.4. Requerimientos del sistema	34
6.5. Arquitectura de sistema electrónico	35
6.6. Selección de componentes y materiales	36
6.7. Materiales seleccionados	41
6.7.1. Driver8825	41
6.7.2. Motores pasó a paso	43
6.7.3. Dispositivo electrónico Esp 32	44
6.7.4. Batería de polímero de litio	46
7. DISEÑO MECANICO	47
8. DISEÑO ELECTRONICO	56
8.1. Fabricación de la placa PCB	56
9. DISEÑO DE SOFTWARE	62

9.1.	Aplicativo móvil.....	62
9.2.	Notificación del dispositivo .....	65
10.	IMPLEMENTACIÓN.....	68
11.	RESULTADOS.....	70
12.	CONCLUSIONES .....	79
13.	TRABAJOS FUTUROS .....	80
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	PROTOTIPO DISPENSADOR DE PASTILLAS CONECTADO.J.C.B.....	20
FIGURA 2	PROTOTIPO DISPENSADOR DE PASTILLAS POR J IBARRA .....	21
FIGURA 3	ORIGEN DE LA POLABION ENCUESTADAN .....	25
FIGURA 4	DISTRIBUCIÓN DE GENERO Y EDAD DE LA POBLACION ENCUESTADA .....	26
FIGURA 5	GRAFICA DE LA IMPORTANCIA DE LA TOMA DE MEDICAMENTOS.....	26
FIGURA 6	AYUDA TECNOLOGICA DE LOS ADULTOS MAYORES .....	27
FIGURA 7	CONTROL TOMA DE MEDICAMENTOS.....	27
FIGURA 8	CANTIDAD DE MEDICAMENTOS CONSUMIDOS POR LOS ADULTOS MAYORES .....	28
FIGURA 9	MEDICACION CONTINUA .....	28
FIGURA 10	GRAFICA DE TOMA DE MEDICACIÓN .....	29
FIGURA 11	CONTROL DE LA TOMA DE MEDICAMENTOS .....	30
FIGURA 12	ACEPTACION DEL DOSIFICADOR DE MEDICAMENTOS .....	30
FIGURA 13	ESTIMULACION EN MEJORIA DE CONTROL DEL TRATAMIENTO .....	31
FIGURA 14	FAVORITISMO DEL DISPOSITIVO .....	31
FIGURA 15	NOTIFICACION DEL DISPOSITIVO .....	32
FIGURA 16	DIAGRAMA DE CASO DE USO.....	33
FIGURA 17	ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA ELECTRONICO.....	35
FIGURA 18	DRIVER8825.....	42
FIGURA 19	CONEXION DE DRIVER8825.....	42
FIGURA 20	MOTOR PASO A PASO.....	43
FIGURA 21	PLACA DE DESARROLLO ESP 32 .....	44
FIGURA 22	BLOQUES DE FUNCIONALIDAD.....	44
FIGURA 23	SOLID EDGE.....	47
FIGURA 24	DISEÑOS DE DOSIFICADORE.....	47
FIGURA 25	PRIMER DISEÑO DEL PROTOTIPO .....	48
FIGURA 26	PROTOTIPO DEL SEGUNDO DISEÑO.....	48
FIGURA 27	DISEÑO DEL TERCER PROTOTIPO .....	49
FIGURA 28	RUEDA DE ALMACENAMIENTO DE LAS PASTILLAS .....	50
FIGURA 29	RUEDAS DE LA SEGUNDA Y TERCERA PIEZA .....	50
FIGURA 30	PLANO DE LAS RUEDAS DE LA SEGUNDA Y TERCERA PIEZA .....	51
FIGURA 31	PIÑONES PARA LOS MOTORES .....	51
FIGURA 32	RAMPA DEL DISPOSITIVO .....	52
FIGURA 33	PLANO DE LA RAMPA VISTO EN DIFERENTES ANGULO.....	52
FIGURA 34	DISEÑO DE LA TAPA DEL DOSIFICADOR .....	53
FIGURA 35	PIEZAS DEL DISEÑO DEL DOSIFICAR.....	53
FIGURA 36	TODAS LAS PIEZAS DEL DISPENSADOR DE MEDICAMENTOS .....	54
FIGURA 37	DISEÑO COMPLETO DEL DISPENSADOR.....	54
FIGURA 38	PRUEBA DEL DISEÑO FINAL.....	55
FIGURA 39	DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA ELECTRONICO DEL PCB.....	56
FIGURA 40	PULSADORES DEL SISTEMA ELECTRONICO .....	57

FIGURA 41 ESQUEMATICO DE LA ESP 32 DEL SISTEMA ELECTRONICO .....	58
FIGURA 42 ESQUEMATICO DEL REGULADOR DE VOLTAJE DEL SISTEMA ELECTRONIC .....	58
FIGURA 43 ESQUEMATICO DE LOS DRIVER 8825DEL SISTEMA ELECTRONICO .....	59
FIGURA 44 ESQUEMATICO DEL RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC) .....	59
FIGURA 45 ESQUEMATICO DEL BUZZER EN EL PCB .....	60
FIGURA 46 ENTRADA USB DEL DISPOSITIVO EN EL PCB .....	60
FIGURA 47 PINES DE CONEXION PARA EL DISPOSITIVO.....	61
FIGURA 48 ESQUEMATICO COMPLETO DEL PCB .....	61
FIGURA 49 ANDROID STUDIO .....	62
FIGURA 50 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APP .....	63
FIGURA 51 LISTA DE DSIPOSITIVOS Y CONEXION DEL DISPOSITIVO.....	64
FIGURA 52 PANTALLA PRINCIPAL DE LA APP .....	64
FIGURA 53 INTERFAZ DE LA VENTANA 3.....	65
FIGURA 54 LOGO DE UBIDOTS .....	65
FIGURA 55 PLATAFORMA UBIDOTS .....	66
FIGURA 56 NOTIFICACION VIA CORREO ELECTRONICO .....	66
FIGURA 57 NOTIFICACIÓN POSITIVA .....	67
FIGURA 58 NOTIFICAÓN NEGATIVA.....	67
FIGURA 59 PIEZAS EN IMPRESION 3D Y CORTE LASER .....	68
FIGURA 60 IMPLEMETACION DE TODOS LOS COMPONENTES DEL DOSIFICADOR .....	69
FIGURA 61 PRUEBA DEL APLICATIVO MOVIL .....	69
FIGURA 62 DOSIFICADOR DE MEDICAMENTOS TERMINADO.....	70
FIGURA 63 RESULTADOS DEL PARTICIPANTE 1 .....	71
FIGURA 64 RESULTADOS DEL PARTICIPANTE 2 .....	72
FIGURA 65 RESULTADO DEL PARTICIPANTE 3 .....	72
FIGURA 66 ENCUESTAS DIRIGIDAS AL ADULTO MAYOR Y PERSONAL ASISTENCIAL .....	73
FIGURA 67 DIAGRAMA RESULTANTE DE LA PRIMERA PREGUTA DE LA ENCUESTA EVALUATIVA... 73	73
FIGURA 68 DIAGRAMA RESULTANTE DE LA ENCUESTA EVALUATIVA .....	74
FIGURA 69 ENCUESTA EVALUATIPA DEL DISPOSITIVO ELECTRONICO .....	74
FIGURA 70 DIAGRAMA EVALUATIVO DE LA ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL ASISTENCIAL..... 75	75
FIGURA 71 DIAGRAMA EVALUATIVO DE LA USUABILIDAD DEL DOSIFICADOR .....	75
FIGURA 72 RESULTADO DE LA ENCUESTA ADECUADO ALAMACENAMIENTO.....	76
FIGURA 73 DIAGRAMA EVALUATIVO DE LA MEJORA DE LA ADHERENCIA AL TRATAMIENTO .....	76
FIGURA 74 DIAGRAMA EVALUATIVO DEL FUNCIONAMIENTO DEL DOSIFICADOR.....	77
FIGURA 75 DIAGRAMA EVALUATIVO DEL APLICATIVO MOVIL .....	77
FIGURA 76 DIAGRAMA RESULTANTE DEL SISTEMA DE NOTIFICACION VIA CORREO.....	78

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DOSIFICADOR DE MEDICAMENTOS .....	34
TABLA 2 CARACTERISTICAS DE EL ESP32 VS ESP 8266 .....	37
TABLA 3 EVALUACION ENTRE ESP 32 VS ESP 8266.....	38
TABLA 4 COMPARACIÓN DE MOTORES PASO A PASO .....	39
TABLA 5 EVALUACIÓN DE MOTORES PASO A PASO .....	40
TABLA 6 CARACTERISTICAS DE LOS DRIVER 8825 Y A4988 .....	40
TABLA 7 EVALUACION DE LOS DRIVER .....	41
TABLA 8 CARACTERISTICAS DE LA MEMORIA DEL ESP32.....	45
TABLA 9 TRATAMIENTOS DEL USUARIO 1 .....	71
TABLA 10 TRATAMIENTOS DEL USUARIO 2 .....	71
TABLA 11 TRATAMIENTOS DEL PARTICIPANTE 3 .....	72

## RESUMEN

En este trabajo se desarrolló un dispositivo dosificador de medicamentos tipo pastilla enfocado en satisfacer las necesidades del adulto mayor, permitiendo mejorar de forma significativa la adherencia al tratamiento, mediante un sistema de notificación de alarma y notificación vía correo, lo que hace posible llevar un seguimiento y control del tratamiento.

Mediante el aplicativo móvil se establece la configuración de las variables tipo hora, cantidad, nombre, frecuencia y color del compartimiento en que se almacena el medicamento además de la configuración del sistema de notificación vía correo.

Para el desarrollo del dispositivo dosificador de medicamentos se diseñaron 3 prototipos alternativos que sirvieron como base fundamental para la construcción y diseño definitivo del dispositivo, el cual se compone de siete piezas impresas en 3D y corte laser.

El dispositivo fue evaluado en situaciones reales por un grupo de adultos mayores y personal asistencial, para ello fue necesario dividir en dos etapas la evaluación del prototipo, la primera de ellas enfocada en comprobar la funcionalidad del dosificador y en la segunda se realiza una encuesta tanto al adulto mayor como al personal asistencial con el fin de conocer su nivel de aceptación después de probado el prototipo, corroborando mediante el análisis de los resultados una mejora en la adherencia al tratamiento.

Palabras claves: adherencia al tratamiento, prototipo, dispositivo, notificación, medicamentos, adulto mayor.

## **ABSTRACT**

In this work, a dosing device for pills was developed, focused on satisfying the needs of the elderly, allowing to significantly improve adherence to the treatment, through an alarm notification system and notification via mail, which makes it possible to track and treatment control.

By means of the mobile application, the configuration of the variables such as time, quantity, name, frequency and color of the compartment in which the medicine is stored is established in addition to the configuration of the notification system via mail.

For the development of the medication dosing device, 3 alternative prototypes were designed that served as the fundamental basis for the construction and definitive design of the device, which consists of seven 3D printed parts and laser cutting.

The device was evaluated in real situations by a group of older adults and healthcare personnel, for this it was necessary to divide the evaluation of the prototype into two stages, the first one focused on checking the functionality of the doser and in the second one a survey is carried out the elderly as well as the care staff in order to know their level of acceptance after testing the prototype, confirming by analyzing the results an improvement in adherence to treatment.

Keywords: treatment adherence, prototype, device, notification, medication, elderly.

## 1. INTRODUCCIÓN:

En lo que toca al ser humano, a lo largo de su vida atraviesa por una serie de eventos que afectan su estado físico y mental, considerando el caso del envejecimiento natural que trae consigo degradación cognitiva y fisiológica del individuo causando aislamiento [1], deterioro en la autonomía e independencia, disminución de memoria a corto plazo, dificultad para realizar procesos lógicos siendo indicadores sensibles de la reducción de estas funciones.

De donde resulta que, el envejecimiento incide considerablemente en la calidad de vida de los adultos mayores, una consecuencia de la vejez es la llamada demencia senil la cual es un síndrome crónico y progresivo que afecta a la población con edades mayores a 60 años. Por esto, esta condición deriva en disfunción del cerebro, generando cambios en las funciones cognitivas, la habilidad de aprender, recordar información, trabajar el pensamiento racional, orientación, comprensión, cálculo, lenguaje y juicio. Si bien, tales modificaciones generalmente vienen acompañadas de alteración del control emocional, comportamiento social o motivación y reducción en la función intelectual [2].

El presente proyecto aborda un método tecnológico en la población geriátrica [3] de la ciudad de Popayán, ya que va a permitir la prevención y disminución en las irregularidades con relación al consumo de medicamentos, lo que conlleva a un mejoramiento en la calidad de vida y estado de ánimo de los adultos mayores, dado que el no recordar los horarios en que se debe tomar los medicamentos ya formulados por el especialista es uno de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en la población geriátrica como consecuencia del envejecimiento.

Por otra parte, es de resaltar que las *tecnologías de la información y las comunicaciones* (TIC) pueden facilitar la labor de muchas de las tareas cotidianas, en [3] se afirma que el uso de herramientas tecnológicas proporciona beneficios y comodidades, desde gestión de facturas hasta solicitud de citas para consultas médicas. Por tal motivo, uno de los factores más relevantes es la capacidad comunicativa y el acceso a la información a través de Internet mediante una gran gama de programas y personas de la tercera edad [4].

Dicho lo anterior, las personas que presentan algún impedimento físico o problemas de desplazamiento pueden disfrutar de la lectura de libros, diarios, buscar datos o entrar en contacto con amigos y familiares sin tener que salir del hogar. Además distintas aplicaciones permiten escuchar y mirar a los seres queridos a distancia [4][5]. Las TIC permiten el desarrollo de aspectos como participación e integración social, envejecimiento saludable, funcionamiento físico y mental [6]. Lo que conlleva a mejorar la calidad de vida de los adultos mayores y mejorar el envejecimiento.

Simultáneamente, siendo Colombia un país en desarrollo hay un reto importante en la inserción de nuevas tecnologías y en específico herramientas de apoyo a los tratamientos farmacológicos comúnmente utilizados, pues son de carácter crítico en el grupo poblacional objeto de estudio, especialmente si se tiene en cuenta que tecnologías existentes (comerciales

o producto de procesos de investigación) en su mayoría son desarrolladas bajo el enfoque de funcionalidad, sin embargo descuidan aspectos de usabilidad como se expondrá en el estado del arte [6][7].

Según la literatura consultada, se evidencia afecciones en la población geriátrica que son inherentes al ser humano, así mismo se resalta que los medios tecnológicos pueden facilitar la calidad de vida en las personas. Por lo tanto, el presente trabajo busca contribuir en el mejoramiento de la interacción, apropiación y uso de elementos tecnológicos en adultos mayores considerando características funcionales y de usabilidad propias para esta población.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que el adulto mayor en Colombia, es aquel que se encuentra en la etapa que empieza desde los 65 años en adelante [8], la etapa que vive representa cambios no solo físicos, sino también psicológicos, sociales y cognitivos, a los cuales el sujeto deberá adaptarse [9].

Ahora bien, también se encuentran problemas en el deterioro cognitivo, viéndose implicada la memoria que se convierte en un factor que desarrolla amplias necesidades en la población adulto mayor. Por tanto, es importante crear herramientas que puedan facilitar su vida y permitir bienestar en la salud.

Por consiguiente, llevar a cabo el prototipo electrónico como medio de apoyo a la dosificación de medicamentos tipo pastilla para uso con adultos mayores, traerá beneficios como, mejorar su calidad de vida, mejorar su desempeño en actividades cotidianas, mejorar su autonomía y su autoestima.

Por lo anterior, resulta fundamental la intervención a la problemática desde la tecnología, ya que, a través de los métodos, modelos y procedimientos propios de los aprendizajes obtenidos en la academia, se podrá llevar a cabo un proceso bien sea para el tratamiento o la prevención de la problemática.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

- Implementar un prototipo electrónico dosificador de pastillas farmacéuticas basado en IOT para población de adultos mayores en la ciudad de Popayán.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

1. Diseñar un sistema electromecánico para dosificación de fármacos tipo pastilla con adultos mayores.
2. Construir el sistema electromecánico que permita la dosificación de pastillas farmacéuticas.
3. Validar prototipo de sistema electromecánico propuesto en un grupo de adultos mayores en la ciudad de Popayán.

#### **4. MARCO TEORICO:**

El marco teórico planteado a continuación tiene como finalidad dar al lector las herramientas bases, para un correcto entendimiento del proyecto, también se abarcarán conceptos básicos y específicos, además de investigaciones y/o proyectos relacionados con el campo de estudio.

En primer lugar, se explicará el campo de interés del estudio en mención y finalmente el funcionamiento de proyectos similares.

##### **4.1. Actuadores**

En [10] los actuadores, son aquellos dispositivos capaces de alterar por medio de un cambio en la energía la velocidad, estado o posición de un elemento mecánico, estos se clasifican por lo general en dos grupos dependiendo del tipo de energía utilizada o el movimiento que generan. Entre ellos se encuentran los actuadores neumáticos (lineales o de giro) que se caracterizan por emplear aire comprimido como forma de energía mecánica para producir algún tipo de fuerza o desplazamiento, los actuadores hidráulicos que son capaces de manipular niveles de presión y precisión superiores a la de los actuadores anteriormente mencionados y los actuadores eléctricos que tienen como característica principal transformar la energía eléctrica en mecánica [11][12].

##### **4.2. Motores pasó a paso**

Los motores paso a paso tienen como principal característica el giro de manera incremental [13], por lo que cada paso representa un desplazamiento angular fijo del eje [14] este tipo de motores se controlan por el cambio de dirección del flujo a través de las bobinas que lo forman, es decir se puede controlar los desplazamientos adelante, atrás y el número determinado de pasos por vuelta.

##### **4.3. Sensores**

Un sensor es aquel dispositivo que a partir de cualquiera de los seis tipos de señales existentes que son mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares, producen una señal eléctrica de salida, siendo la analógica y digital las más utilizadas [15][16].

##### **4.4. Comunicación bluetooth**

Es un tipo de comunicación inalámbrica que permite la transmisión de información mediante un enlace por radiofrecuencia, para ello es necesario un transceptor capaz de recibir y operar bajo la banda de radio de 2.4 GHz de frecuencia una [17], cada dispositivo cuenta con una dirección diferente de 48 bits, lo que permite conectarse con diferentes dispositivos dentro del radio de alcance, el cual varía de equipo a equipo y se clasifican en clase 1, 2, 3 y 4 dependiendo de su potencia de transmisión, la clase 1 cuenta con una potencia de 100 mw, tiene un alcance de 100 metros lo que indica que es una de las mejores clases, la clase 2 dispone de una potencia de 2.5 mw, su alcance es de 10 metros y la potencia de la clase 3 es

de 2.5mw con un alcance aproximado a 1metro y por último la clase 4 con una potencia de 0.5 mw y una cobertura de hasta 0.5m [18].

Actualmente se cuenta con cinco versiones de Bluetooth 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 siendo esta ultima la versión mas actualizada, presentado mejoras como un aumento de cuatro veces en la cobertura del alcance con respecto a su versión anterior, menores interferencias y una mayor velocidad en la transferencia de datos [19][20].

#### **4.5. Internet de las cosas**

El internet de las cosas tiene como objetivo principal la interconexión digital de múltiples dispositivos electrónicos al internet, conformado por múltiples sensores que conectan el mundo físico con el digital, y por medio de computadores y plataformas IoT sea posible procesar y almacenar datos para su visualización.

La tendencia del internet de las cosas con el objetivo de obtener fortalezas para la solución de problemas y así contribuir a una mejor calidad de vida frente al mundo tecnológico [21].

Según el grupo de soluciones empresariales para internet de Cisco (IBSG) se calcula que habrá 25.000 millones de dispositivos conectados a internet en 2015 y 50.000 millones en 2020 creando la necesidad de implementar IPv6 debido al aumento de dispositivos. El IoT es simplemente el momento en el que haya más “cosas u objetos” que personas conectadas a Internet [22].

Esta arquitectura usa protocolos de red específicos para permitir la comunicación con su propia red, sin hacer uso del protocolo IP, donde todo objeto conectado tiene su base en plataformas hardware y software, haciendo necesaria una programación de la misma.

#### **4.6. Sistemas embebidos**

Se trata de un sistema de computación compuesto por hardware y software, diseñado para realizar una o varias tareas en particular para controlar diferentes equipos. En la actualidad existe un gran número de elementos que poseen sistemas embebidos por ejemplo: automóviles, equipos médicos, cámaras fotográficas, consolas de video juegos, electrodomésticos, aviones, Smartphome entre otros [23][24].

#### **4.7. Adherencia al tratamiento**

Según un estudio realizado por la Organización mundial de la salud (OMS) el porcentaje de adherencia al tratamiento de las personas que tienen una enfermedad crónica en los países desarrollados es el del 50% y en los países menos desarrollados se estima que este valor sea mucho mayor, siendo esto una de las principales causas de mortalidad en el mundo [25], problemática causada ya que actualmente los índices de avance en la cura de algún tipo de enfermedad, solo están siendo enfocados en la efectividad del medicamento, dejando a un lado la receptividad que pueda llegar a tener la población con respecto al fármaco [26], para

lo cual se debe tener en cuenta otro tipo de variables, que son el cumplimiento de la dosis, la forma de administración y la persistencia de la duración por parte del paciente [27], esto es sumamente importante ya que los pacientes frecuentemente toman decisiones con respecto a la dosificación de sus medicamentos ya sean por cuestiones económicas, personales, afectivos, creencias sociales o mitos en la salud, esta falta de adherencia al tratamiento trae consigo graves consecuencias ya sean clínicas o económicas, entre los principales factores que mejoran la adherencia es la buena relación médico-paciente ya que la comunicación fomenta la confianza y por ende la motivación en el tratamiento, otros variables que afectan es el deterioro cognitivo, la pérdida de visión o audición, deterioro sensorial o estados alterados de ánimo [28], un ejemplo claro de la falta de adherencia es el caso de la hipertensión arterial se estipula que el 20% de la población mundial padece de esta enfermedad lo que es un cifra alarmante, sin embargo lo verdaderamente preocupante, es que solo entre en 3% y el 34% de la población afectada , se ha sometido a algún tipo de tratamiento y solo entre el 40% y el 50% de las personas que están bajo medicación farmacológica lo mantienen durante seis meses, [29] esta conductas desde el punto de vista clínico puede generar recaídas constantes, riesgo de generar anticuerpos resistentes a los fármacos, dependencia a muchos medicamentos y efectos adversos por la forma discontinua de tomar un medicamento, con respecto a la parte económica en la parte personal puede haber perdida del trabajo por falta de asistencia, por la falta de productividad generando grietas en la economía familiar, perdidas económicas con respecto a las farmacéuticas, y gasto mayor para el estado y el sistema de salud, desde la parte psicosociales puede generar cambios a la fuerza de la orientación vocacional debido a la enfermedad, poder repercutir en la comunicación, perdidas personales [30].

## 5. ESTADO DEL ARTE

Dado que el proyecto a desarrollar está enfocado en la dispensación automática y controlada de fármacos en presentación tipo pastillas, se realizó una revisión de la literatura en donde se tuvieron en cuenta varios aspectos, como por ejemplo diseño de pastilleros inteligentes (*Smart pillbox*), las prestaciones que brindan y el tipo de comunicación como características más importantes a tener en cuenta como punto de partida, para el desarrollo de la presente propuesta de investigación.

Para empezar se encontró un proyecto realizado el 18 de julio del 2018 en la universidad de Oviedo, su diseño consta de 2 ruletas con 12 cavidades cada una, en las cuales se debe insertar una pastilla por posición del pastillero, en el centro se encuentra un componente electromecánico que permite controlar el selector ubicado en la parte inferior de la ruleta, este cuenta con una sola cavidad, por tal motivo el componente gira el selector tantas veces como pastillas requieran ser dispensadas, al girar estas son liberadas hasta el lugar de recogida del dispensador (*figura 1*), por otra parte también cuenta con una aplicación web en la cual el usuario puede programar horarios de toma de medicación, monitorizar el estado del dispensador y parámetros ambientales como temperatura y humedad al igual que realizar ajustes, la aplicación permite programar notificaciones por medio de correos, además cuenta con una base de datos en donde toda la información será almacenada [29].

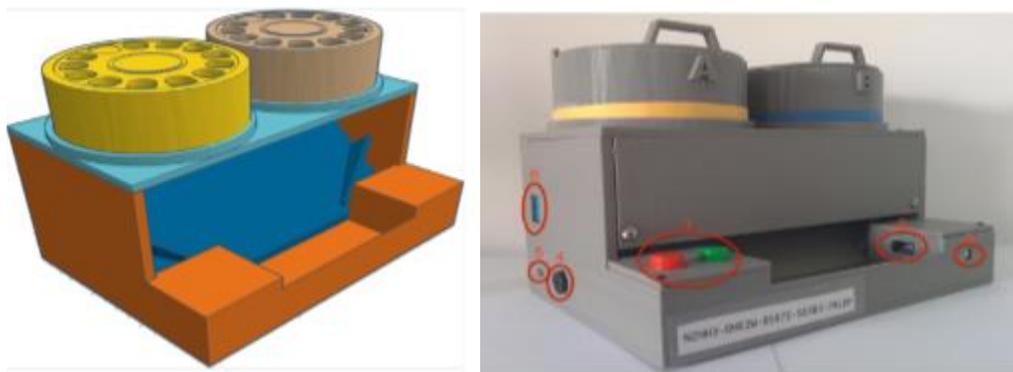
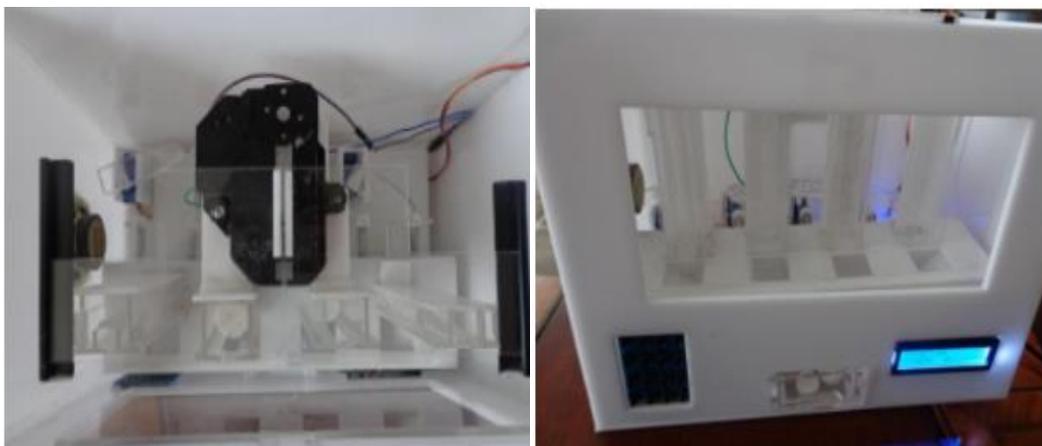


FIGURA1 PROTOTIPO DISPENSADOR DE PASTILLAS CONECTADO.J.C.B

TOMADO DE [29]

Por otra parte en [30] se realizó un estudio para el cual se desarrolló un prototipo que permite dispensar pastillas a personas de la tercera edad de forma automática, este dispositivo entrega la medicación a la hora que fue previamente programada por el acompañante de manera precisa, posee un tablero de control que es exclusivamente controlado por el familiar del paciente o por la persona a cargo, y de esta forma se puede ingresar las horas y el tipo de pastillas que obligatoriamente el paciente debe tomar, el sistema que asegura la correcta administración de los fármacos dispone de una alerta con avisos polifónicos, además de información detallada acerca de la hora de administración y la pastilla a tomar, cabe recalcar que este dispositivo dosifica 4 tipos de tratamiento (*figura 2*).



*FIGURA 2* PROTOTIPO DISPENSADOR DE PASTILLAS POR J IBARRA

TOMADO DE [30]

Para finalizar se encontró un prototipo realizado en [31], este mecanismo permite la dosificación de medicamentos de una manera segura ya que cuenta con una pantalla táctil desde la que el usuario debe ingresar una contraseña para poder acceder al interior del pastillero, en su diseño se presentan 21 cavidades para las dosis de una semana con un total diario de 3 dosis, sin embargo, este pastillero es flexible para cualquier esquema de medicación que se desee llevar con un paciente, de igual manera informa la hora de toma de las pastillas mediante una aplicación.



*FIGURA 3* INTERFAZ DE PROTOTIPO PASTILLERO POR J.PARRA UIHAURI, W. VALDEZ

TOMADO DE [31]

Otra solución es la propuesta realizada en [32], la cual consta de dos aparatos: un dispensador y una pulsera con tecnología NFC (*Near Field Communication*) que significa comunicación de campo cercano. Su proceso requiere de una alarma que se activa a determinada hora indicando que se deben tomar los medicamentos, el usuario debe acercar la pulsera a una placa NFC ubicada en la parte lateral izquierda del dispensador para que este extraiga las pastillas.

La principal característica, y que lo diferencia del resto de los dispensadores del mercado, es el uso de la pulsera que porta el paciente, la cual da aviso de las correspondientes tomas. Además, contiene toda la información referente a la planificación médica del usuario. La parte exterior de la caja dispone de una pantalla táctil desde la cual se dará toda la información como día y hora, mensajes de aviso en el momento de la toma, historial de dispensación, entre otras funciones, también posee un botón de reconocimiento de voz el cual permite el control por parte de personas con discapacidad visual (*figura 4*).



FIGURA 4 PROTOTIPO PASTILLERO DIGITAL

TOMADO DE [32]

Para los proyectos mencionados anteriormente se requiere de una interacción directa de los adultos mayores hacia los mecanismos de dispensación, es importante considerar las posibles limitantes que este grupo de usuarios puede llegar a tener frente al uso del prototipo.

En relación al aspecto de usabilidad de las TIC, en [33] se realizó un estudio el cual tuvo como objetivo determinar el uso y percepciones hacia las TIC, en 206 pacientes portadores de enfermedades como hipertensión arterial y diabetes, el 54,4% son adultos mayores y 70,4% mujeres. En el estudio realizado se evidenció que un alto porcentaje (78,2%) de los encuestados nunca había usado una computadora, correo electrónico o Internet, el 69,9% de los pacientes manifiestan que nunca han enviado o recibido un mensaje de texto.

Por otra parte, se encontró que el 70% olvidado alguna vez tomar su medicina, y a un porcentaje del 72,8% le gustaría que le recuerden tomar su medicación.

Para finalizar se determinó que el 67,9% de los encuestados tiene algún familiar que podría ayudarlos a acceder a las TIC.

De lo anterior se concluyó que actualmente los productos fabricados son enfocados en la funcionalidad, dejando a un lado la usabilidad [33] considerado la usabilidad uno de los factores importantes a tratar.

Pese al bajo uso de las TIC en esta población, existe predisposición y expectativa por los pacientes a participar en programas que las implementen.

## 6. DISEÑO GENERAL:

En esta sección se presenta todo el proceso de ingeniería del diseño electrónico del sistema dosificador, para ello se han planteado etapas desde diseño inicial a nivel general mediante bloques funcionales, se realizó una investigación a nivel detallada sobre dispositivos electrónicos adecuados para desarrollar el prototipo y modelado del sistema, todo lo anterior fue tomado como base en los requerimientos funcionales y de usabilidad, información propuesta a partir de encuestas.

### 6.1. Métodos

Dentro de las problemáticas que afectan al adulto mayor, se encuentra el inadecuado manejo de medicamentos, ya que no se está cumpliendo a cabalidad con las instrucciones manifestadas por el especialista, una de las inconsistencias más comunes es con los horarios, siendo la incapacidad para recordar en qué momento se debe tomar el medicamento [36].

Por lo mencionado anteriormente, se considera que un prototipo electrónico como medio de apoyo a la dosificación de medicamentos tipo pastilla para uso con adultos mayores, permitiría realizar una intervención adecuada para que se pueda cumplir con lo establecido, accediendo a prevenir errores de prescripción y sobre prescripción de medicamentos [36]. A su vez, llevar un buen manejo de los medicamentos llevaría a un exitoso tratamiento y finalmente a mejorar, controlar o contrarrestar la enfermedad presentada.

Por todo esto, “el grado de adherencia farmacológica es la medida en que el paciente asume las normas o consejos dados por el médico o personal sanitario” [37].

Por lo cual, mediante los avances tecnológicos, se pretende que el dosificador de medicamentos permita mejora en la adherencia a los fármacos. Por tanto, se realiza un abordaje para esta problemática, debido a que afecta la salud integral del adulto mayor, así como su desempeño en cuanto lo social, laboral y familiar. Además, concibe las emociones, cogniciones y el comportamiento del individuo para comprender sus reacciones y desempeño en las actividades cotidianas [38]

Dado que el presente proyecto tiene un ámbito de acción local se inició con una primera medida de recolección de información, esta consistió en una visita de observación a la fundación años maravillosos ubicada en la zona centro de la Ciudad de Popayán. De esta visita se logró conocer los procesos de suministro de medicamentos, los pacientes, el personal y algunos de los comportamientos y emociones que se presentan con prevalencia en los adultos mayores, especialmente su actuar frente a la adherencia del tratamiento.

A raíz de esto, surgen estrategias para recopilar información, creando empatía con el adulto mayor por medio de una entrevista semi- estructurada, entendiendo esta como una conversación entre dos personas con un fin u objetivo último con miras a establecer una óptima relación [39] estudiante de ingeniería electrónica-adulto mayor. Por medio de la entrevista se realiza un encuentro adecuado y de forma libre, sin programa, ni lista de preguntas, lo que aportó a la obtención de información específica y relevante.

En tercera instancia se hace uso de la encuesta, la cual fue desarrollada con la ayuda de un profesional de la salud y aplicada con los adultos mayores en la fundación Años Maravillosos

ubicada en la zona centro de la ciudad de Popayán. Se evaluaron 30 personas que oscilan entre los 50-98 años, quienes de forma voluntaria participaron, cabe recalcar que el cuestionario consta de 10 preguntas, el 100% de las personas evaluadas respondieron a todas las preguntas, por lo que se obtuvo un 0% en la indiferencia de los adultos mayores frente a las preguntas.

Finalmente, la información obtenida es registrada por medio de otro instrumento de evaluación tipo plataforma (google form) para obtener estadísticas con relación a la usabilidad del adulto mayor teniendo en cuenta el dosificador. De manera que, las herramientas utilizadas van a permitir la estimación de la funcionalidad a implementar en el pastillero electrónico para que este esté acorde con las necesidades de los adultos mayores de la región, sin embargo, la acción de encuesta no dará garantía de que este sea aceptado y que cumpla con las expectativas finales tanto de usuario como a la problemática de la baja adherencia.

## 6.2. Análisis y requerimientos

### Grafica 1

En la figura 5 se evidencia que el 100% de los participantes son habitantes del municipio de Popayán, puesto que es una localidad relevante que integra adultos mayores de diversos lugares del departamento del Cauca, lo cual va a permitir registrar datos notables en la entrevista realizada.

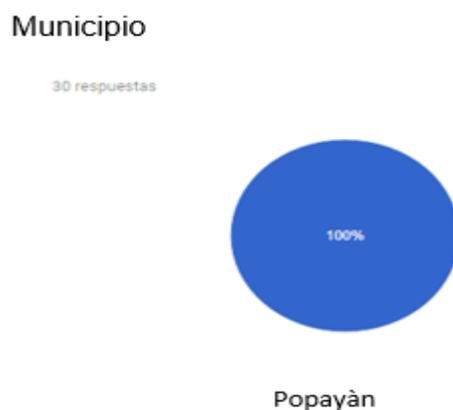


FIGURA 5 ORIGEN DE LA POBLACION ENCUESTADAN

FUENTE PROPIA

Con referencia al sexo y edad de los entrevistados, el 65,2% comprenden ser del sexo femenino y el 34,8% del sexo masculino, los adultos mayores participaron de forma voluntaria encontrando un porcentaje más alto en mujeres, del mismo modo se considera que en la Fundación se aloja y participa con mayor relevancia el sexo femenino.

Teniendo en cuenta la edad predomina con 56,7% la edad de 70-80 años, hallando que en la fundación los adultos mayores ya están en una edad avanzada. Además, el 30% está entre los 60-70 años, prevaleciendo una vez más datos relacionados a la edad avanzada de las personas entrevistadas.

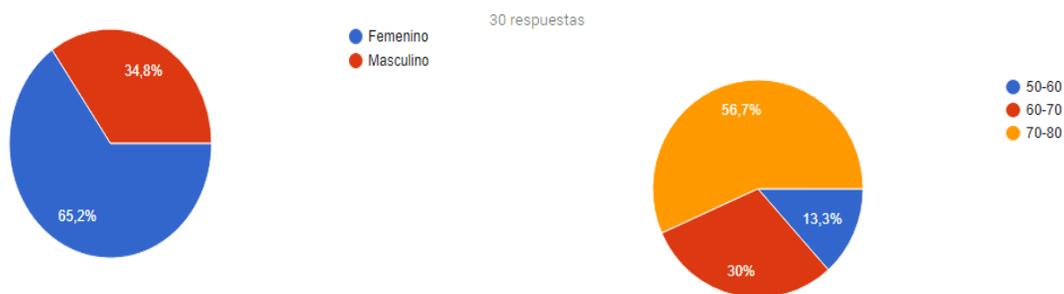


FIGURA 6 DISTRIBUCIÓN DE GENERO Y EDAD DE LA POBLACION ENCUESTADA

FUENTE PROPIA

Por lo que se refiere a la toma de medicamentos, el 100% de los adultos mayores entrevistados consideran que sí es importante tomar los medicamentos a tiempo, ya que consideran haber obtenido la práctica habitual por el número de medicamentos que toman al día.

¿Cree usted que es importante tomar los medicamentos a tiempo?

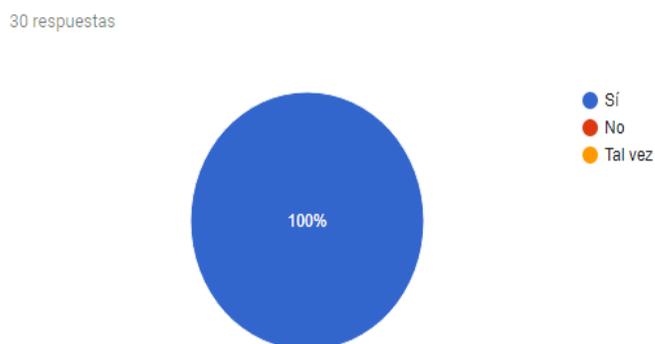


FIGURA 7GRAFICA DE LA IMPORTANCIA DE LA TOMA DE MEDICAMENTOS

FUENTE PROPIA

## Grafica 2

En cuanto a la ayuda tecnológica para llevar a cabo el control de medicamentos, los adultos mayores responden con un porcentaje de 73,3% que sí han utilizado ayuda tecnológica por medio de reloj y celular para poder tomar los medicamentos en el momento justo, el 26,7 responde que no ha utilizado ayuda tecnológica porque reciben ayuda de una persona que supervisa sus medicamentos.

2. A lo largo de su vida a utilizado ayuda tecnologica para llevar el control de sus medicamentos ?

30 respuestas

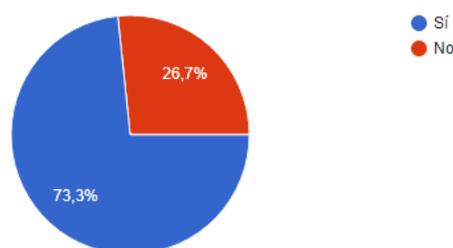


FIGURA 8 AYUDA TECNOLÓGICA DE LOS ADULTOS MAYORES

FUENTE PROPIA

## Grafica 3

Es de resaltar el control de la hora de dosificación, ya que hay dependencia en los medios de apoyo que ayuda al paciente en la toma de sus medicamentos, se encuentra relación entre los tres resultados obtenidos, siendo un 36,7% los adultos mayores que prefieren llevar el control con ayuda de un familiar, 33,3% con un reloj y 30% que prefieren contar con un celular, lo que lleva a deducir que las tres opciones son factibles para la población entrevistada.

3. Como prefiere controlar la hora de los medicamentos ?

30 respuestas

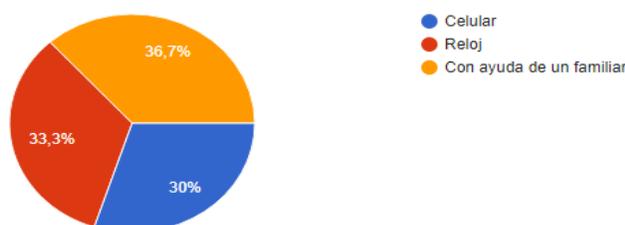


FIGURA 9 CONTROL TOMA DE MEDICAMENTOS

FUENTE PROPIA

#### Grafica 4

Conforme al número de medicamentos que se consumen por día, los entrevistados refieren con porcentajes de 20% en dos opciones principalmente, con un total de 40% entre 2 y 6 medicamentos, generando que el mayor consumo de medicamentos son 6 pastillas, lo que sería viable para generar un prototipo electrónico como medio de apoyo a la dosificación de medicamentos tipo pastilla para uso con adultos mayores con 6 clases de medicamentos.

#### 4. Cuantos medicametos usualmente consume por dia ?

30 respuestas

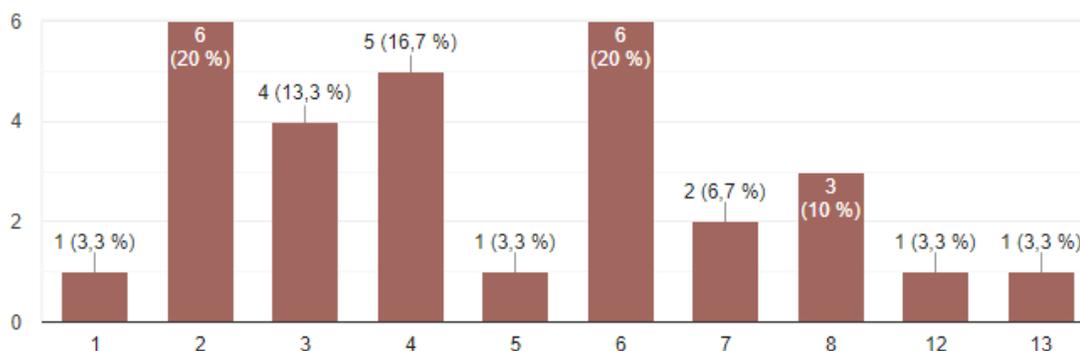


FIGURA 10 CANTIDAD DE MEDICAMENTOS CONSUMIDOS POR LOS ADULTOS MAYORES

FUENTE PROPIA

#### Grafica 5

En la población entrevistada sí requieren el 100% de medicación continua, ya que por los diagnósticos que tienen los adultos mayores en la Fundación Años Maravillosos, se les han asignado un alto número de medicamentos, variando de 1 a 13 por cuestiones de controlar su salud en general.

#### 5. Requiere algun tipo de medicación continua ?

30 respuestas

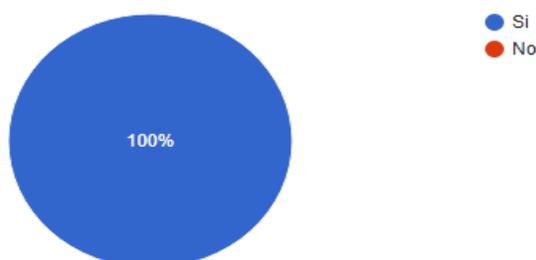


FIGURA 11 MEDICACION CONTINUA

FUENTE PROPIA

### Grafica 6

Los adultos mayores de la Fundación Años Maravillosos consumen notablemente omeprazol, ya que 17 entrevistados refirieron consumirlo con frecuencia para tratar los síntomas de la enfermedad por reflujo gastroesofágico, así prevenir un mayor daño al esófago, también se considera la quetiapina que la consumen 11 pacientes con el fin de detener episodios maníacos y depresivos severos denominados de problemas psiquiátricos, y finalmente 7 pacientes consumen losartan usado principalmente para tratar la presión arterial alta.

### Grafica 7

Los adultos mayores entrevistados toman los medicamentos a tiempo, ya que exponen un 73,3 % en la opción de que siempre lo hacen, ya sea por continuar y terminar de forma adecuado sus tratamientos o porque los síntomas lo requieren. Si bien el 20% refiere que frecuentemente toma sus medicamentos a tiempo y un 6.7% la toma algunas veces ya que algunos olvidan hacerlo o no tienen una persona o un dispositivo que les indique que es la hora precisa de cumplir con la tarea cotidiana.

#### 7. Toma usted sus medicamentos a tiempo ?

30 respuestas

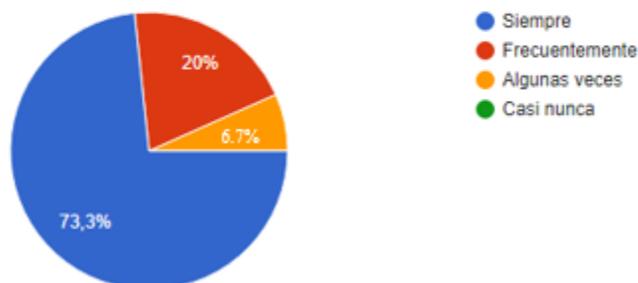


FIGURA 12 GRAFICA DE TOMA DE MEDICACIÓN

FUENTE PROPIA

### Grafica 8

El personal asistencial de los adultos mayores con la toma de sus medicamentos, responden con 63,3% que lo hace el enfermero, lo que es certero porque el lugar de residencia de los adultos mayores entrevistados es en la Fundación Años Maravillosos y están a la supervisión de los enfermeros las 24 horas del día, un 30% refiere que ellos mismos lo hacen con ayuda de un reloj o celular, ya que es lo único que tienen a su alcance.

30 respuestas

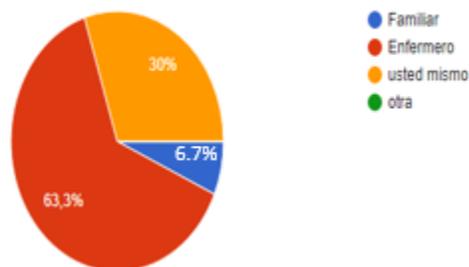


FIGURA 13 CONTROL DE LA TOMA DE MEDICAMENTOS

FUENTE PROPIA

### Grafica 9

Los entrevistados señalan con 96,7 % de que sí les gustaría un dispositivo electrónico para recordar la hora en que deben tomarse los medicamentos, ya que explican principalmente que lo necesitarían por cuestiones de la edad, refiriendo en su mayoría problemas cognitivos como el deterioro en la memoria.

9. Le gustaría a usted un dispositivo electrónico que le recuerde la hora de la toma de medicación ?

30 respuestas

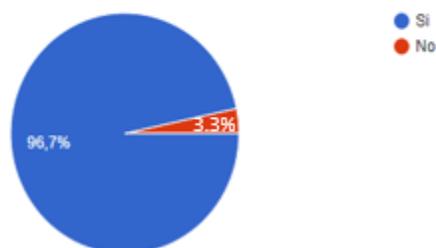


FIGURA 14 ACEPTACION DEL DOSIFICADOR DE MEDICAMENTOS

FUENTE PROPIA

EL 50% lo necesitan porque les va a ayudar a generar un mejor control con la toma de los medicamentos a tiempo, el 26,7% porque les va a generar estimulación en la memoria al permitirles recordar la hora exacta en que deben tomar la pastilla.

## Por que ?

30 respuestas



FIGURA 15 ESTIMULACION EN MEJORIA DE CONTROL DEL TRATAMIENTO

FUENTE PROPIA

## Grafica 10

Al preguntar la preferencia con el dispositivo el 82,8 % de los entrevistados contemplan que tienen favoritismo por un dispositivo portable y no fijo, debido a que no es del agrado de ninguno quedarse en un solo lugar por largos horarios de tiempo, entonces para generar más facilidad a sus vidas prefieren tener la opción de poder llevar el dispositivo a diferentes lugares donde se encuentren en el momento de tomar los medicamentos.

10. ¿Cómo le gustaría que fuera el dispositivo?

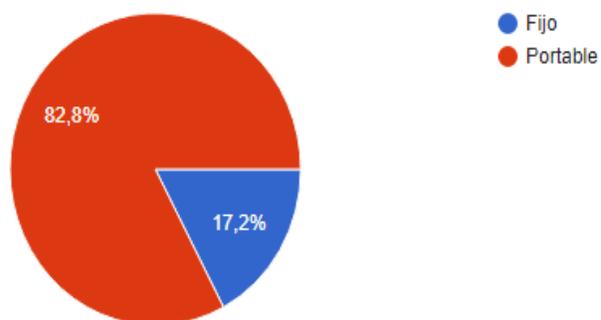


FIGURA 16 FAVORITISMO DEL DISPOSITIVO

FUENTE PROPIA

## Grafica 11

El método elegido por gran parte de la muestra en un 82,8% es en la opción todas, por tanto los entrevistados están requiriendo de un dispositivo electrónico que cuente con varias funciones a la vez, siendo en este caso luminosidad, sonido y vibración, teniendo en cuenta especialmente que por cuestiones de la edad la mayoría refieren en sus diagnósticos problemas con relación a la audición, visión y percepción, entonces prefieren un dispositivo que cuenta con las tres caracterizas y permita generar apoyo a su estimulación sensorial, ya que por cuestiones de repetición se asumirían mejoras en los sentidos.

### 11. ¿Cuál cree usted es el mejor método para notificar la toma de su medicamento?

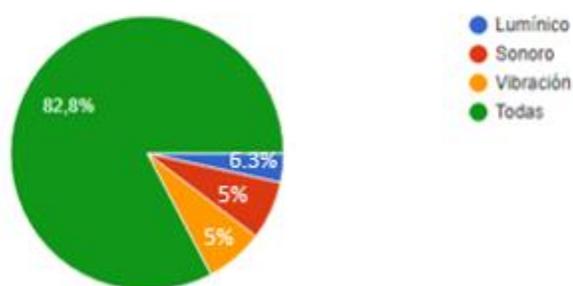


FIGURA 17 NOTIFICACION DEL DISPOSITIVO

FUENTE PROPIA

### 6.3. Diagrama caso de uso

Se presenta de forma específica el funcionamiento del sistema, por medio de un diagrama de caso de uso como se observa en la figura 18 propuesto con el fin de comprender y realizar análisis de desarrollo.

El diagrama cuenta con un asistente el cual es el enfermero o familiar encargado del adulto mayor, que se encarga de configurar la hora, fecha, cantidad y frecuencia del medicamento mediante una app móvil, esta información llega al sistema electrónico quien envía notificación y alarma al usuario (adulto mayor) para que prosiga a tomar la pastilla.

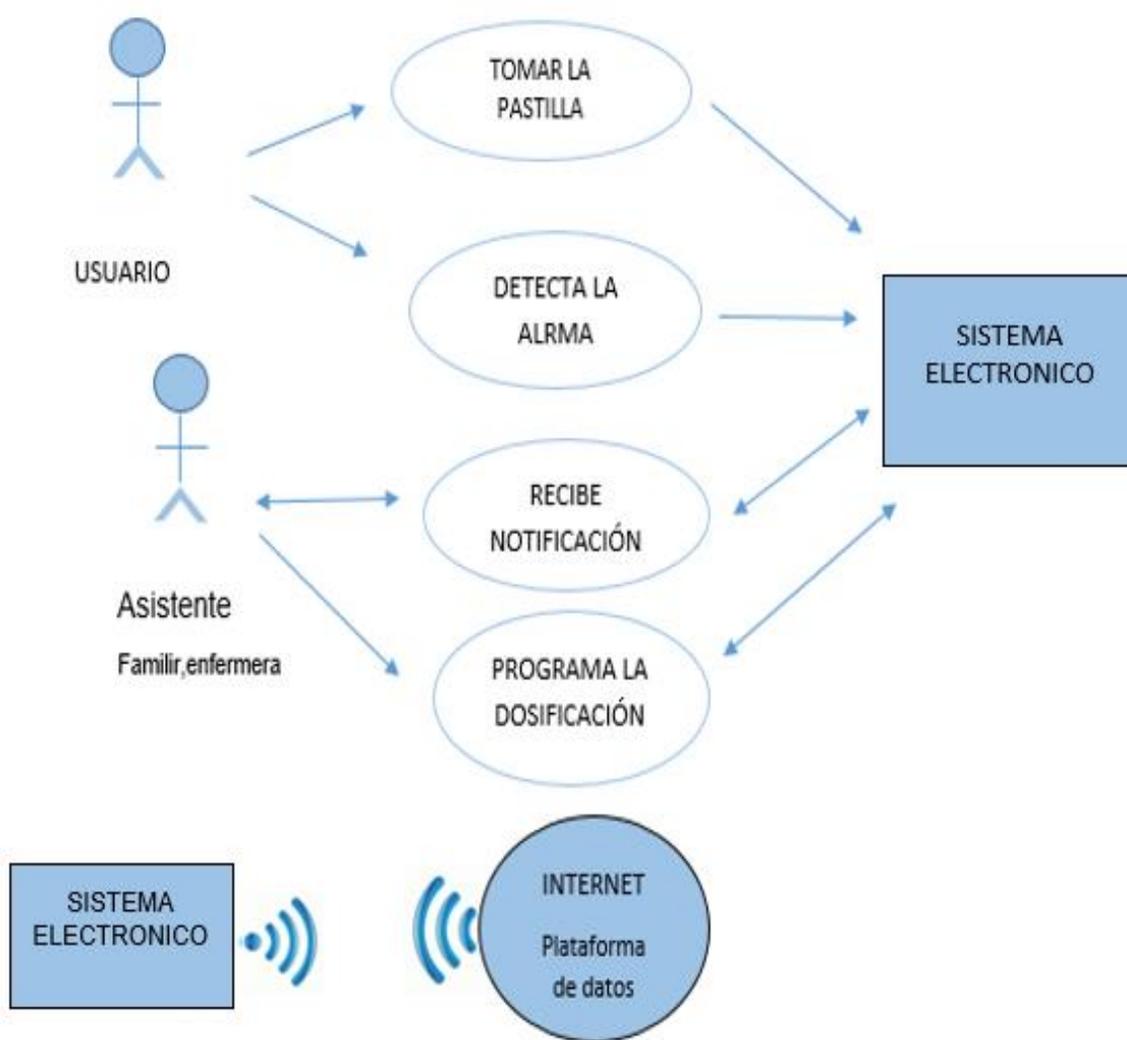


FIGURA 18 DIAGRAMA DE CASO DE USO

FUENTE PROPIA

#### 6.4. Requerimientos del sistema

El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar una herramienta de apoyo para los adultos mayores, la cual permita llevar un registro y control del medicamento suministrado por los profesionales de la salud, mediante un sistema electrónico y mecánico encargado de dosificar fármacos tipo pastilla, a continuación, en la tabla 2 se presentan los requerimientos del proyecto.

ID requisito	Descripción	Justificación
R-01	Se debe desarrollar un sistema portable de tamaño reducido (máximo 15cm de diámetro y 16cm de alto).	Facilitar que el dispositivo sea portable para mayor comodidad en su uso.
R-02	La electrónica debe ser alimentada por batería recargable.	Característica fundamental para tener una fuente de energía auxiliar para facilitar el uso del dispensador.
R-03	Se debe tener control del estado y carga de la batería.	Es importante para no incurrir en malos procesos en la carga de la batería como uso con poca carga y exceder tiempo de carga.
R-04	El sistema electrónico deberá contar con un sensor que permita dosificar la pasta al adulto mayor.	Indispensable para mejorar la usabilidad, la frecuencia de toma de medicamentos.
R-05	El mecanismo permitirá dispensar 6 tipos de pastillas	Según los resultados obtenidos en las encuestas se observó que la media de los medicamentos usados por los adultos mayores es 6.
R-06	La electrónica debe contar con un medio de comunicación inalámbrica con conexión a internet que permita monitoreo del sistema.	El método para llevar el registro y control de los datos se llevará a cabo mediante una página web
R-07	La aplicación móvil debe permitir configurar el dispositivo.	Se hace necesario para poder establecer la hora, fecha, nombre, cantidad y frecuencia.

*TABLA 1: REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DOSIFICADOR DE MEDICAMENTOS*

FUENTE PROPIA

## 6.5. Arquitectura de sistema electrónico

Una vez propuestos los requerimientos iniciales del sistema electrónico se define una arquitectura general basada en bloques funcionales, en la figura 19, se muestra la estructura, esta cuenta con dos bloques principales, el primero a la izquierda hace referencia a un módulo hardware que tendrá la función de adquisición de datos relacionados con el dosificador de medicamentos tipo pastilla y a la derecha se resalta el bloque de interfaz de usuario el cual se desarrolla para su ejecución en APP, este último debe contar con un software a través del cual se podrá controlar la hora, la fecha, tipo y cantidad de medicación, recolectar los datos y presentarlos al usuario de forma que permita una usabilidad alta para el adulto mayor, en seguida se hará una descripción más detallada de cada bloque y los elementos de diseño propuestos.

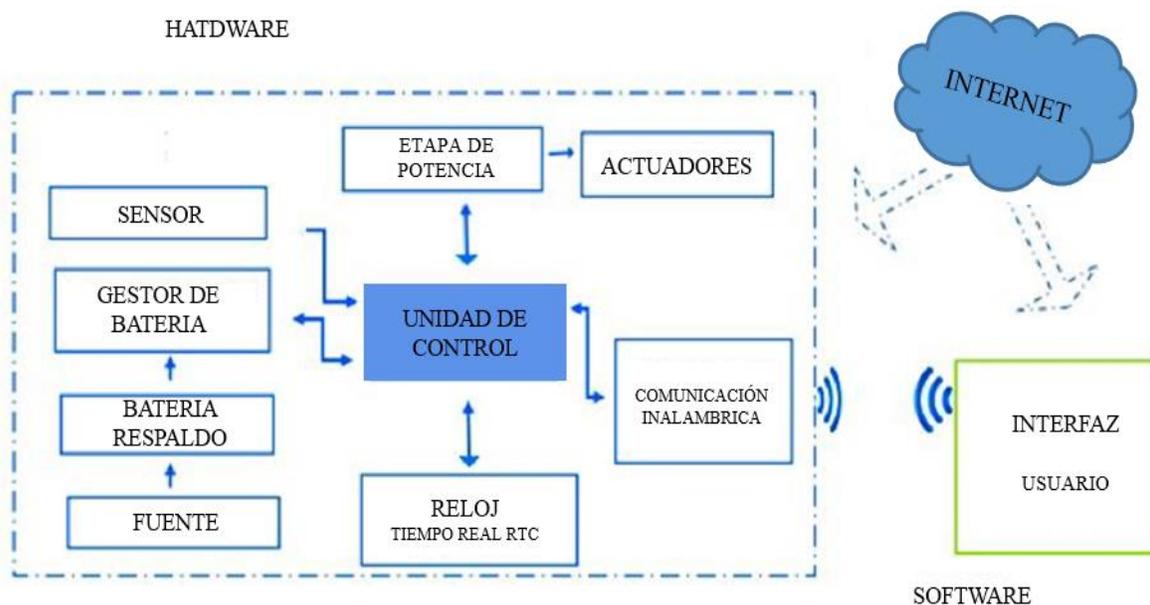


FIGURA 19 ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA ELECTRONICO

FUENTE PROPIA

A continuación, se describe la funcionalidad de cada bloque de la figura 19.

- **Unidad de control:** Este dispositivo es el cerebro de todo el sistema electrónico, el cual permite el funcionamiento de todo el dosificador.
- **Reloj tiempo real:** Este dispositivo es un circuito integrado que permite llevar el registro de datos de hora (hora, minuto, segundo) este dispositivo se convierte en una parte esencial ya que facilitará la programación de los momentos de dosificación.
- **Almacenamiento:** El sistema de almacenamiento debe guardar información proveniente de los datos que se programan en la interfaz de usuario, de modo que guardé la última posición de los dos motores, la hora, fecha, nombre del medicamento, frecuencia y el control ejercido por el software en la interfaz de usuario.

- **Sensor:** Es una entrada capacitiva con el fin de percibir la presencia del tacto en la dosificación.
- **Gestor de baterías:** Debe realizar funciones de monitoreo de carga, indicar en qué estado se encuentra.
- **Batería respaldo:** Esta permitirá la portabilidad del sistema electrónico, debe ser de tecnología recargable para mayor usabilidad del dosificador de medicamentos
- **Fuente:** La fuente permite energizar la electrónica del sistema y por ende el correcto funcionamiento eléctrico del hardware
- **Etapas de potencia:** Este permitirá el correcto movimiento de los motores, además de proteger el circuito controlador del dispensador.
- **Actuadores:** En este ítem tenemos los motores paso a paso quienes son los encargados de la rotación de las ruedas dentadas para llevar una mayor exactitud en la dosificación.
- **Comunicaciones:** Este bloque debe permitir que se establezca comunicación entre el hardware y el sistema software, a través de él se enviarán datos de configuración inicial del sistema.
- **Interfaz de usuario:** La App debe ser sencilla de utilizar para el usuario.

#### 6.6. Selección de componentes y materiales

Para hacer este proceso se realizó una búsqueda tecnológica y diferentes opciones de dispositivos, luego para responder a las necesidades de implementación de cada bloque se estructuran dos tablas, la primera será de características donde se listarán los aspectos técnicos más relevantes para el proyecto y una segunda tabla que será una matriz de decisión, esta permitirá convertir valores subjetivos en datos cuantitativos. Para la matriz de selección se parte haciendo una lista de criterios, a cada uno se asignará un peso, se considera que a mayor importancia el peso debe ser mayor teniendo como condición que la suma de los pesos debe ser igual a cien puntos, para completar la matriz se obtiene un ponderado a partir de la calificación de los criterios con base en la información técnica, el dispositivo que logre el mayor puntaje será el candidato utilizar para la fase prototipado del sistema electrónico.

Inicialmente se hace una búsqueda sobre diferentes dispositivos que ofrecen características adecuadas para la unidad de control.

<b>Dispositivo</b>	<b>Esp32</b> 	<b>Esp 8266</b> 
<b>Características</b>	<b>Esp32</b>	<b>Esp 8266</b>
Fabricante	Espressif Systems	Espressif Systems
SRAM	520KB	80 KB (40 kB disponibles)
ROM	448 kB	No
WIFI	802.11 b/g/n (hasta +20dBm) WEP,WPA	802.11 b/g/n (hasta+20dBm) WEP,WPA
Velocidad	160Mhz (máximo 240 Mhz)	80Mhz (hasta 160 Mhz)
Procesador	Xtensa LX6 de 32 bits de doble núcleo Core a 160Mhz (hasta 240MHz)	Tensilica LX106 32 bit a 80Mhz (hasta 160MHz)
Alimentación	2.2V a 3.6V	3.0V a 3.6V
Lenguaje de programación	C++	C++
Co-procesador ULP	Si. Consumo inferior a 150uA	No
Memoria flash	Hasta 16MB	Hasta 4MB
Consumo de corriente	80 mA (promedio) 225 mA máximo	80 mA (promedio) 225 mA máximo
SPI	4 Interfaces	2 Interfaces
I2C	2	1
Bluetooth	v4.2 BR/EDR y BLE	No
Costo	45.000	30.000
Ethernet	10/100Mbps MAC	No
Sensor de temperatura	Si	No
Sensor de efecto hall	Si	No
Infrarrojos	Si	No
ADC	2 (Hasta 18 canales) (12 bit)	1(10bit)
pwm	16 Canales	8 Canales
GPIO (utilizables )	32 Pines	11 Pines

TABLA 2 CARACTERÍSTICAS DE EL ESP32 VS ESP 8266

Luego de listar aspectos técnicos se hace la matriz de selección, para el caso de la unidad de control se proponen cuatro ítems:

- **Costo:** la percepción de costo beneficio para el desarrollador.
- **Disponibilidad:** Facilidad con la que se puede contar con el componente en nuestro país, es importante para fase de pruebas o reparaciones en caso de averías.
- **Curva de Aprendizaje:** Percepción del tiempo que se requiere para programar el dispositivo.
- **Capacidad de procesamiento:** La capacidad del dispositivo para ejecutar instrucciones de código.

Según los criterios anteriores se hace la evaluación en la siguiente tabla.

Ítems de Evaluación	Criterio	Peso	Esp32		Esp8266	
			Valor	Ponderado	Valor	Ponderado
			(1 - 10)		(1 - 10)	
1	Costo	10	8	80	7	70
2	Disponibilidad	20	8	160	8	160
3	Curva de aprendizaje	40	9	360	9	360
4	Capacidad de procesamiento	30	10	300	8	270
<b>Total</b>		100		900		860

TABLA 3 EVALUACION ENTRE ESP 32 VS ESP 8266

Para el bloque de la unidad de control se opta por trabajar con la Esp 32 ya que es un micro controlador de bajo coste, posee tecnologías WiFi y Bluetooth integradas, dos núcleos de procesamiento y tecnología de bajo consumo, esta decisión se toma considerando que es un dispositivo que, en relación con su precio, lo hacen un dispositivo muy recomendable para desarrollar aplicaciones enfocadas a Internet de las Cosas, también se adapta a las necesidades del proyecto. En la Tabla 2 se presentan dos opciones de módulos a considerar.

A continuación, se realiza la investigación sobre diferentes dispositivos que ofrecen características adecuadas para los actuadores.

<b>Dispositivo Características</b>	<b>Motor paso a paso MOONS</b>	<b>Motor paso a paso 36H12HM-0304A-9.5</b>	<b>Mini motor paso a paso</b>	<b>Motor paso a paso</b>
Marca	motor paso a paso MOONS	motor paso a paso 36H12HM-0304A-9.5	Mini motor paso a paso de 35 mm	Motor paso a paso HYH-25BYJ
Tipo	14HK0402	Hibrido	Hibrido	Hibrido
Diámetro	36mm	36 mm	35 mm	
Altura del motor	12.6mm	12,5mm	28 mm	3.5cm
Diámetro del eje de salida	5mm	5mm	5mm	5mm
Longitud del eje	9.5 mm	9mm	17 mm	9mm
Angulo de inclinación	0.3 grados	0.9grados	0.9 grados	5.625grados
Resistencia	12.7ohmios	16.6 ohm	7.5 ohmios	70
Etapa	2Fases 4 Hilos	4 Hilos	2 fases 4 hilos	2Fases 4 Hilos
Peso	53g	48g	145 g	30g
Costo	15.000	35.000	25.000	10.500

TABLA 4 COMPARACIÓN DE MOTORES PASO A PASO

- **Costo:** la percepción de costo beneficio para el desarrollador.
- **Disponibilidad:** Facilidad para encontrar el componente en nuestro país
- **Capacidad de procesamiento:** La capacidad del dispositivo para ejecutar instrucciones de código.
- **Tamaño:** el tamaño incide directamente en la portabilidad del sistema.

Ítems de Evaluación	Criterio	Peso	Motor paso a paso MOONS		Motor paso a paso 36H12HM-0304A-9.5		Mini motor paso a paso		Motor paso a paso HYH-25BYJ	
			Valor	Ponderado	Valor	Ponderado	Valor	Ponderado	Valor	Ponderado
			(1 - 10)		(1 - 10)		(1 - 10)		(1 - 10)	
1	Costo	10	9	90	9	80	8	80	9	90
2	Disponibilidad	20	8	180	9	180	9	180	9	200
3	Capacidad de procesamiento	30	9	270	9	270	7	210	9	270
4	Tamaño	40	8	320	8	320	9	360	8	320
<b>Total</b>		100		860		850		830		880

TABLA 5 EVALUACIÓN DE MOTORES PASO A PASO

Luego se hace una búsqueda sobre diferentes dispositivos que ofrecen características adecuadas para la etapa de potencia.

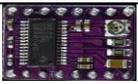
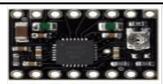
Dispositivo	<b>DRIVER 8825</b> 	<b>DRIVER A4988</b> 
<b>Características</b>		
Tensión entrada motor	8.2-45V	8-35V
Tensión entrada lógica	3.3-5V	3.3-5V
Corriente de salida	1.5A (Hasta 2.2A con disipador)	1A (Hasta 2A con disipador)
Temperatura ambiente	-20-85°C	-20-85°C
Resolución máxima	1/32	1/16
Costo	8500	6200

TABLA 6 CARACTERÍSTICAS DE LOS DRIVER 8825 Y A4988

- **Costo:** la percepción de costo beneficio para el desarrollador.
- **Disponibilidad:** Facilidad con la que se puede contar con el componente en nuestro país, es importante para fase de pruebas o reparaciones en caso de averías.

- **Curva de Aprendizaje:** Percepción del tiempo que se requiere para implementar el dispositivo. **Capacidad de procesamiento:** La capacidad del dispositivo para ejecutar instrucciones de código.
- **Consumo:** Corriente promedio en transmisión del dispositivo.

Ítems de Evaluación	Criterio	Peso	DRIVER 8825		DRIVER A4988	
			Valor	Ponderado	Valor	Ponderado
			(1 - 10)		(1 - 10)	
1	Costo	10	9	90	9	90
2	Disponibilidad	10	8	80	7	70
3	Curva de aprendizaje	30	9	90	8	80
4	Capacidad de procesamiento	20	10	200	6	120
5	Consumo	30	9	270	8	270
<b>Total</b>		100		730	5	630

TABLA 7 EVALUACION DE LOS DRIVER

## 6.7. Materiales seleccionados

### 6.7.1. Driver8825

En [40] los DRV8825 proporcionan un controlador de motor integrado, el dispositivo tiene dos puentes H controladores y un indexador de microstepping, está destinado para conducir un motor paso a paso, permite una interfaz muy cómoda a los circuitos del controlador. Los pines de modo permiten la configuración del motor en modo de paso completo hasta 1/32 de paso este dispositivo es configurable para la disminución lenta, la disminución rápida o se puede usar en descomposición mixta. Está diseñado para mantener 1.5A de corriente sin necesidad de disipador. Es totalmente compatible, y podemos intercambiarlos en nuestras placas controladoras. Rango de voltaje de los motores entre 8.2V y 45V. Internamente también alimenta a la parte digital [41].

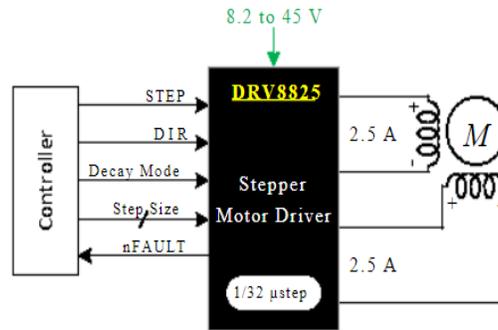


FIGURA 20 DRIVER8825

TOMADO DE [40]

Las resistencias de medición son de 0.100 ohmios. Pololu ha decidido usar estas resistencias más altas para un mejor rendimiento cuando el driver funciona con muchos micros pasos, y poca corriente.

El voltaje de referencia está calibrado a 0.5V por cada amperio de corriente máxima.

En la parte digital se encuentran los siguientes pines:

Enable el cual permite que el driver pueda enviar corriente al motor, M0 nos habilita la configuración de los micro pasos al igual que M1 y M2, RESET esta normalmente conectado a Sleep, DIR nos Indica la dirección de giro del motor, Sleep se debe conectar a Reset para que el driver funcione y Ster es done el Arduino manda un pulso para que el motor avance un paso [42].

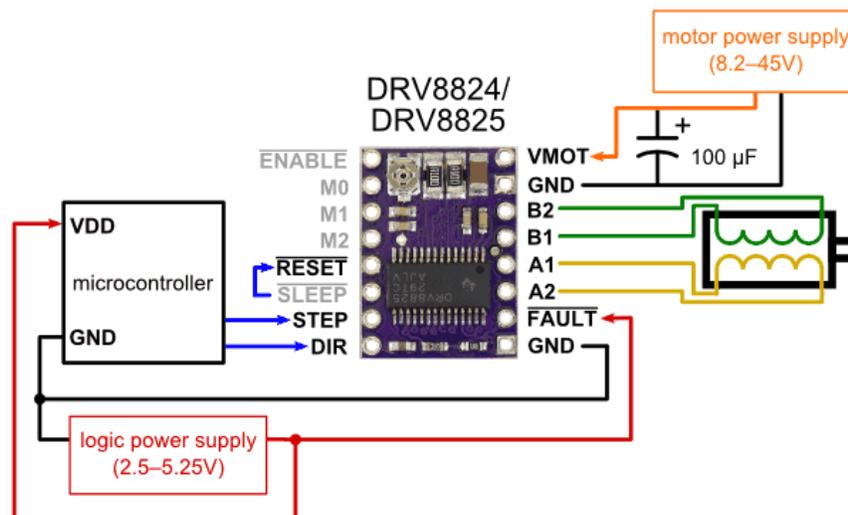


FIGURA 21 CONEXION DE DRIVER8825

TOMADO DE [42]

Cómo se tiene que conectar el Pololu DRV8825, el pin FAULT recibe 5V, para más posibilidades con los pines de SLEEP y FAUL propios del chip, permite 2.5A de potencia máxima. Cuando el potenciómetro está a máxima potencia, el driver de Pololu limita a 2.2<sup>a</sup>.

### 6.7.2. Motores pasó a paso

Son dispositivos electromagnéticos rotativos, los cuales transforman los pulsos eléctricos en información digital, su número de rotación depende de la cantidad de pulsos y la velocidad de rotación está ligada a la frecuencia de los pulsos, es decir que giran de manera incremental, los motores paso a paso pueden ser diferenciados entre sí, por el campo magnético que generan o el material en que son construidos [43]. Estos sistemas en general son altamente utilizados debido a la minimización de problemas de sobre impulso e inestabilidad, su bajo costo de construcción, de mantenimiento y a los bajos niveles de ruido que generan [44].



FIGURA 22 MOTOR PASO A PASO

TOMADA DE [43]

Sin importar los diferentes tipos de motores, el principio de funcionamiento tiene su origen en tres categorías:

1. De reluctancia variable (V.R): Una de las características de este sistema es que tanto su rotor como estator cuenta con un número distinto de dientes, además de esto, no poseen un torque de retención debido a la carencia de una magneto en el sistema.
2. De magneto permanente (armazón metálica): Este tipo de motor a diferencia del motor V.R cuenta con un magneto en el sistema con magnetización radial
3. Híbridos: este sistema combina los dos motores mencionados anteriormente, siendo el más utilizado de los tres. Este se compone por una bornera, laminados de motor, conector, eje, rodamientos, chasis del estator, rotor y devanado del estator [45].

### 6.7.3. Dispositivo electrónico Esp 32

Espressif Systems, llamada ESP32, la cual posee conexión inalámbrica a internet además de su bajo costo, tamaño y consumo de energía.



FIGURA 23 PLACA DE DESARROLLO ESP 32

TOMADO DE [46]

ESP32 es un micro controlador con un sistema combinado de 2,4 GHz WI-FI y Bluetooth con alrededor de 20 componentes externos, diseñado principalmente para aplicaciones móviles de electrónica e internet de las cosas (IoT) [46]. cuenta con una tecnología de ultra baja potencia y todas las características destacadas en esta gama, su diseño permite obtener un incremento en el rendimiento de potencia y Rf, permitiendo de esta forma maximizar los niveles de aprovechamiento de la comunicación, consumo de energía y velocidad de datos [47].

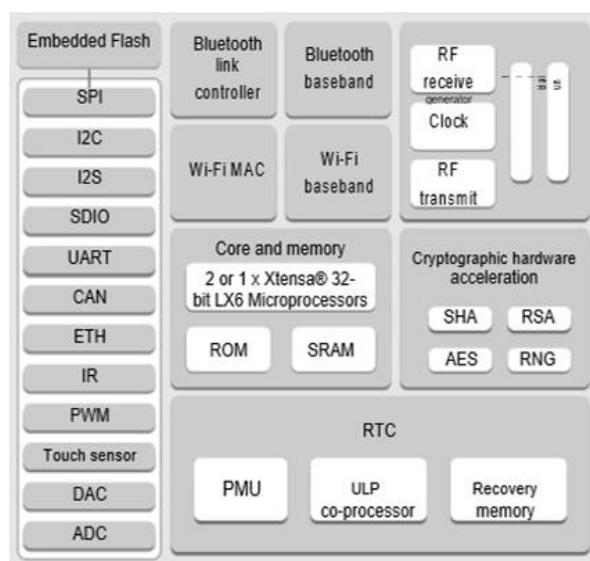


FIGURA 24 BLOQUES DE FUNCIONALIDAD

TOMADO DE [47]

- **Procesadores:** dependiendo de la variación del modelo contiene uno o dos microprocesadores Tensilica Xtensa 32-bit lx6, lo que permite tener una frecuencia de reloj de hasta 240mhz con un rendimiento de hasta 600 dmips, además de incorporar un procesador ulp (ultra low Power) capaz de operar cuando la CPU entra en modo ahorro de energía [48]. puede verificar el estado de los pines con un consumo mínimo, realizar conversiones adc y operaciones computacionales [48].
- **Memoria:**

Se dispone de las siguientes memorias internas:

Tipo de memoria	Función
RTC low SRAM de 8Ki	Para que el procesador acceda durante el modo ahorro de energía
SRAM de 520 KiB	Para datos e instrucciones
ROM de 448 KiB	Boot y núcleo
RTC fast SRAM de 8 KiB	Es empleada para el almacenamiento de datos y ser utilizada en el modo ahorro de energía por el núcleo principal
Memoria flash embebida	Dependiendo del tipo de chip posee un tamaño de 0 a 4 MiB

TABLA 8 CARACTERISTICAS DE LA MEMORIA DEL ESP32

TOMADA DE [48]

- **Conectividad:** cuenta con soporte para tecnologías WiFi y bluetooth, con respecto a la versión de bluetooth es la de v4.2 br/edr y dispone de ble (bluetooth low Energy) y en lo referente al WiFi soporta una tecnología estándar de WiFi 802.11 b/g/n. (802.11n a 2.4 ghz hasta 150 mbit/s).
- **Timers:** se pueden configurar ya sea de manera ascendente o descendente y poseen cuatro temporizadores integrados de 64 bits que se basan a su vez en prescalers de 16 bits (de 2 a 65536).
- **Watchdog:** los tres watchdog Timers disponibles se encuentran en cada uno los núcleos tienen la función de reactivar al equipo ante un fallo imprevisto, lo que puede provocar el reinicio del núcleo, del sistema o la CPU, solo el rwdt puede realizar el reinicio del sistema y del propio rtc [49].
- **Relojes de sistema:** cuenta con gran variedad de relojes, el primero de ellos es el de la CPU y su fuente es un reloj de cristal externo de 40mhz que se conecta a una pll y produce una frecuencia de 160Mhz, además de un oscilador interno de 8MHz. El segundo de ellos es un reloj de tiempo real el cual tiene como fuente un RC interno de 150 KHz [50][52].

#### **6.7.4. Batería de polímero de litio**

En vista al importante crecimiento en el desarrollo de los dispositivos electrónicos portátiles y a la necesidad de superar las barreras del tiempo de operación en estos sistemas, las baterías de polímero que son una variación de las baterías de litio de ion, surgen como una alternativa para mitigar esta problemática, ya que al emplear un polímero sólido como electrolito, logran una densidad de carga más alta y su velocidad de descarga es bastante superior, además de esto se puede destacar dentro de sus características, que son más finas y/o ligeras, permitiendo por consiguiente el desarrollo y expansión de las tecnologías móviles [53].

Las ventajas de este tipo de baterías es su alto nivel de carga, niveles superiores de voltajes en menor espacio, su baja resistencia lo que permite aprovechar casi en su totalidad la energía disponible, por otro lado sus desventajas son la necesidad de un cargador específico, las sobrecargas, la exposición a altas temperaturas dañan la batería, su baja tolerancia a los cortocircuitos, su baja tolerancia a los cortocircuitos y los consumos superiores de los para metros establecidos [54].

## 7. DISEÑO MECANICO

Para el diseño mecánico del dispositivo dispensador de medicamentos se utilizó Solid Edge versión estudiantes, este software proporciona herramientas y procesos avanzados de fabricación para garantizar que las piezas impresas en 3D se creen correctamente además cuenta con un almacenamiento seguro, visualización, marcado y una imagen clara del material de soporte necesario para una pieza.

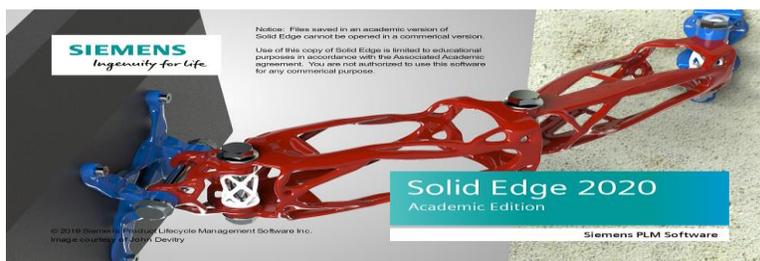


FIGURA 25 SOLID EDGE

Los prototipos presentados a continuación, son diseños alternativos necesarios para cumplir con los requerimientos anteriormente mencionados, cabe recalcar que debido a sus características como forma, tamaño, altura etc. no cumplieron con las expectativas planteadas, sin embargo, sirvieron como base fundamental para realizar el diseño definitivo del dispositivo.

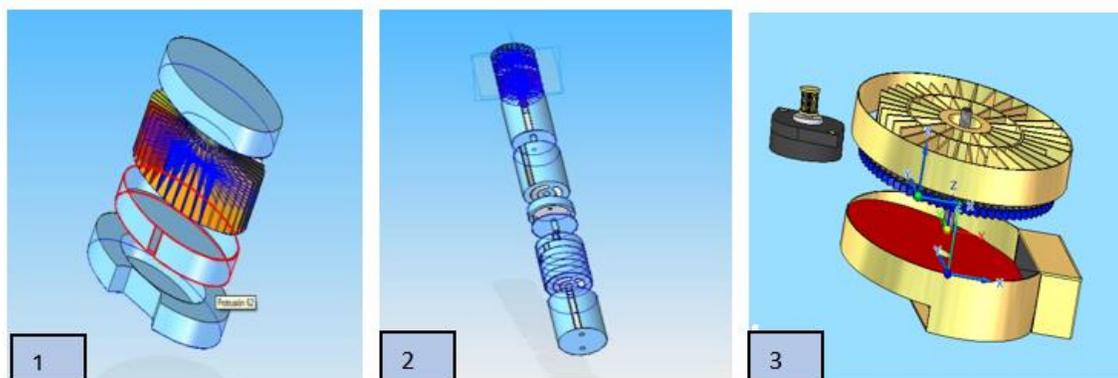


FIGURA 26 DISEÑOS DE DOSIFICADORE

FUENTE PROPIA

A cada uno de los diseños anteriores se les hizo un prototipo con el fin de verificar su funcionalidad, en el primer diseño como se muestra en figura 27 se optó por enfocarse en la potabilidad del dispositivo, este contaba con un diámetro de 11cm y 6 compartimentos lo que ofrecía una capacidad de almacenamiento de 72 pastillas, sin embargo la eficiencia en el dispensador con funcionamiento por gravedad mediante un rampa no fue la esperada.

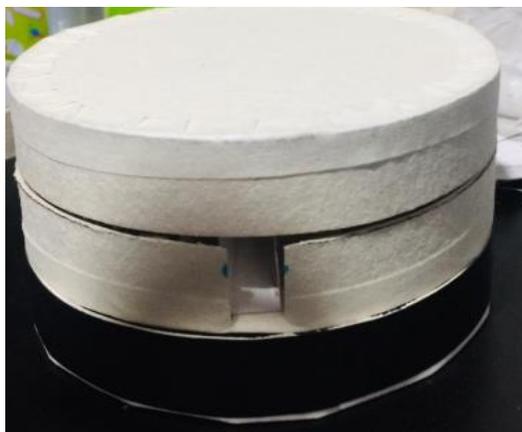


FIGURA 27 PRIMER DISEÑO DEL PROTOTIPO

FUENTE PROPIA

Por consiguiente, fue necesario realizar otro tipo de diseño más práctico. Para ello se realizó un prototipo como se ilustra en la figura 28, nuevamente enfocado en la potabilidad del dispositivo, esta vez con un diámetro de 9 cm que le proporcionaba una capacidad de almacenamiento de hasta 108 pastillas distribuidas equitativamente en seis compartimientos, no obstante se presentaron dificultades con el espacio de los compartimientos ya que no fueron adecuados para el almacenamiento de las pastillas de mayor tamaño (2cm) además de esto la eficacia por parte del dispensador no fue la más óptima presentando graves falencias en la entrega de los medicamento al adulto mayor.



FIGURA 28 PROTOTIPO DEL SEGUNDO DISEÑO

FUENTE PROPIA

El tercer diseño como se muestra en la figura 29 se realizó una mejora en el funcionamiento del dispensador, para ello se empleó una rampa, lo que incremento significativamente la efectividad en la entrega de los medicamentos, este prototipo cuenta con un diámetro de 14cm y una capacidad de almacenamiento de 54 pastillas distribuidas en 6 compartimientos, sin embargo a pesar del incremento en el espacio de los compartimientos no fue posible

solucionar las falencias en el almacenamiento de las pastillas de 2 cm, por lo cual este diseño también fue descartado.

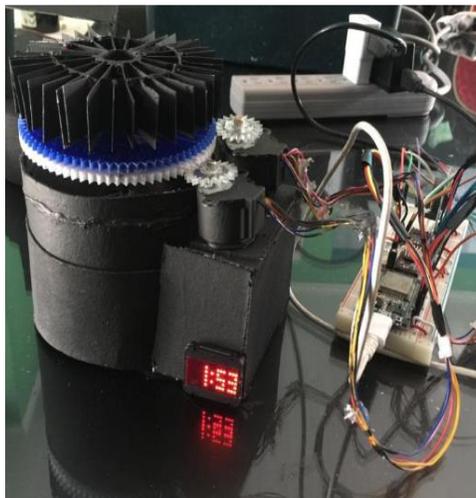


FIGURA 29 DISEÑO DEL TERCER PROTOTIPO

FUENTE PROPIA

Finalmente se obtiene el diseño definitivo del prototipo del dosificador, en el cual se han solucionado las falencias presentes en los anteriores diseños, con respecto al tamaño del compartimiento del pastillero y la eficiencia del dispensador, esto sin descuidar la capacidad de almacenamiento, tamaño, proporción y estética del prototipo.

El diseño cuenta con tres dimensiones donde se especifica al software los diferentes tipos de características como distancia, formas y contornos del dispositivo. Su diseño mecánico está compuesto por siete piezas que están diseñadas a su vez en solid Edge, la primera de ellas es una rueda, la cual tiene la función de almacenar las pastillas previamente introducidas, esta se compone de seis compartimientos claramente señalizados con los colores amarillo, rojo, azul, naranja, verde y morado. La capacidad de cada compartimiento es de 7 pastillas por tratamiento, por consiguiente, su capacidad total es de 42 pastillas, esta pieza tiene medidas de 14 cm de diámetro, de ancho y 2cm de alto como se expone en la figura 30.

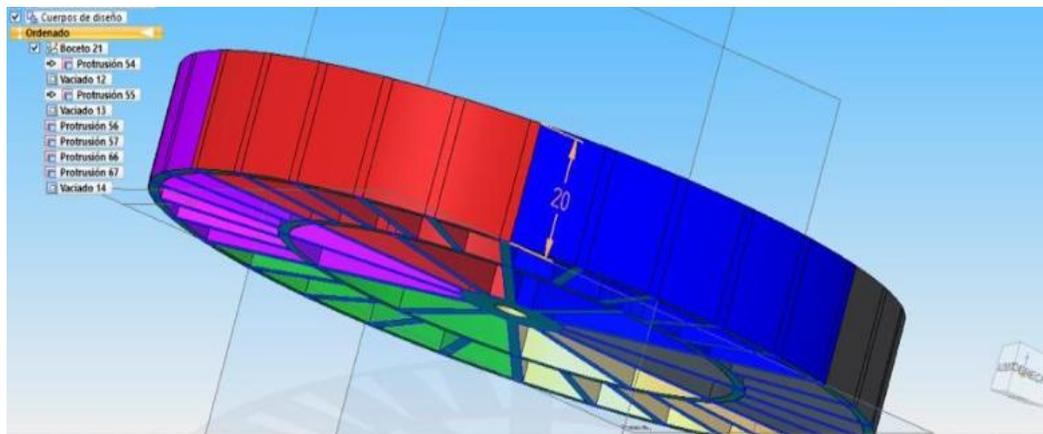


FIGURA 30 RUEDA DE ALMACENAMIENTO DE LAS PASTILLAS

FUENTE PROPIA

La segunda y tercera pieza como se muestra en la figura 31 son las ruedas de dispensación y como su nombre lo indica tienen la función de permitir el paso de las pastillas a la rampa mediante un movimiento giratorio, cuentan con unas dimensiones de catorce centímetros de diámetro y tres milímetros de altura cada una.

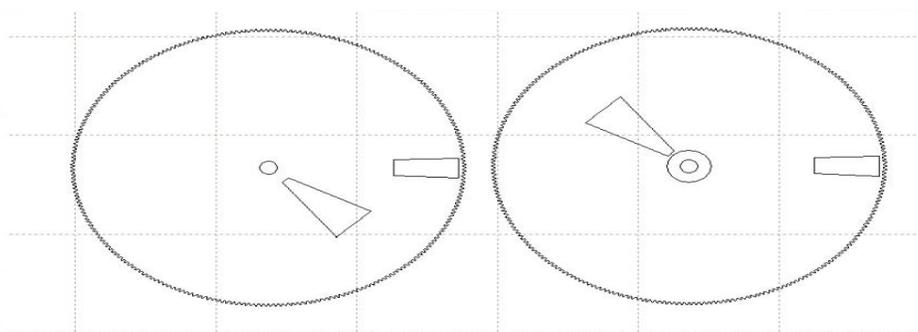


FIGURA 31 RUEDAS DE LA SEGUNDA Y TERCERA PIEZA

FUENTE PROPIA

La ilustración 32 nos permite apreciar de una manera más completa las dimensiones, características y especificaciones de diseño que tendrán la segunda y tercera pieza del dispositivo una vez se hayan construido.

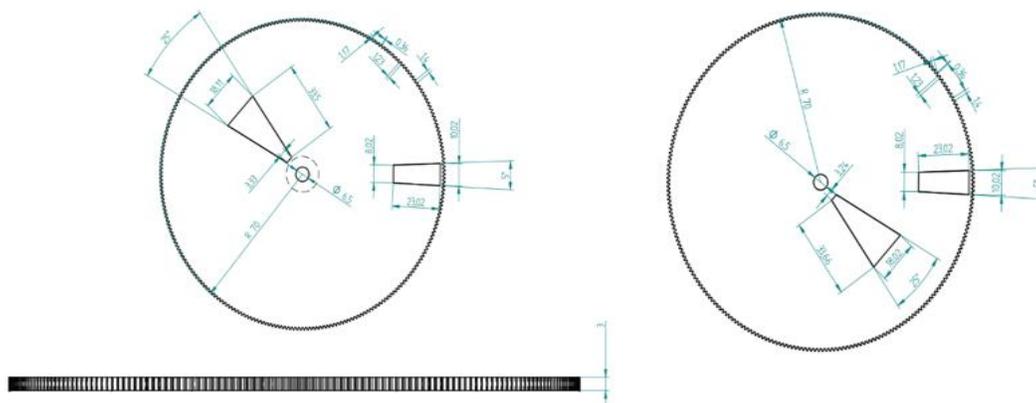


FIGURA 32 PLANO DE LAS RUEDAS DE LA SEGUNDA Y TERCERA PIEZA

FUENTE PROPIA

La cuarta pieza como se ilustra en la figura 33 son los piñones de los motores, estos cuentan con una dimencion de veinticinco milimetros de diametro y tres milimetros de ancho, por otro lado cumplen la funsion de transmitir un movimiento giratorio en el sistema, sirviendo como mecanismo de engranaje entre la pieza 2 y 3 lo que da como resultado la entrega del medicamento al adulto mayor.

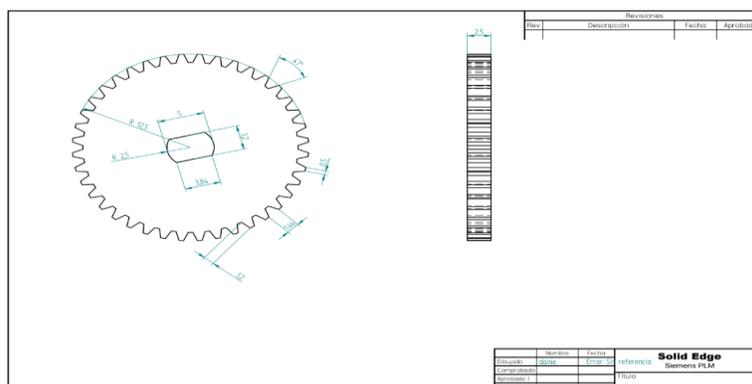


FIGURA 33 PIÑONES PARA LOS MOTORES

FUENTE PROPIA

En la figura 34 se puede examinar con claridad que en la parte inferior de la estructura se cuenta con algunos espacios libres destinados a la salida de cables, la instalación del pcb y el espacio restante para una pequeña rampa por donde van a caer las pastillas, cuenta en su totalidad con unas dimensiones de 130mm de altura, 191 mm de largo y 164 mm de ancho.

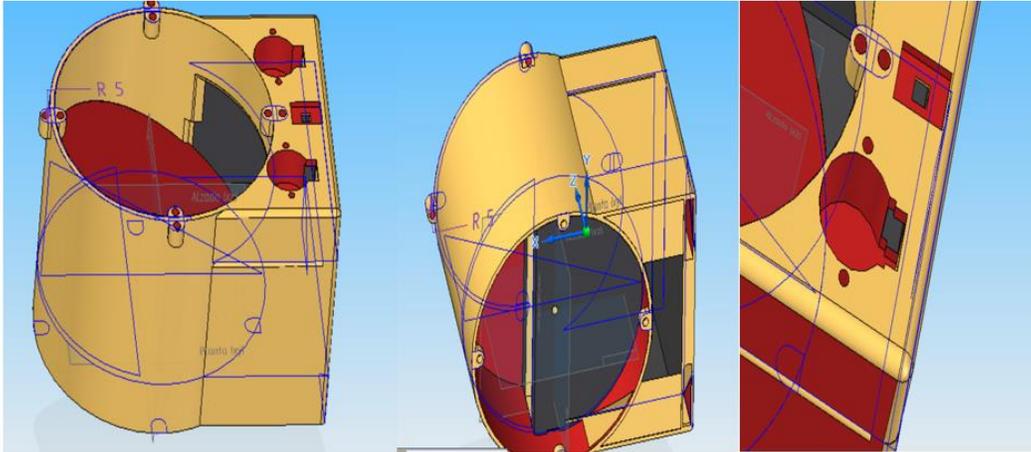


FIGURA 34 RAMPA DEL DISPOSITIVO

FUENTE PROPIA

En la figura 35 mediante la vista en planta, de perfil y trasversal que nos ofrece el plano, se puede ilustrar de una manera más detallada las características del dispositivo, permitiendo de esta forma tener un dimensionamiento más claro del tamaño, estructura, material y especificaciones empleados en la construcción de la rampa del dispensador de medicamentos.

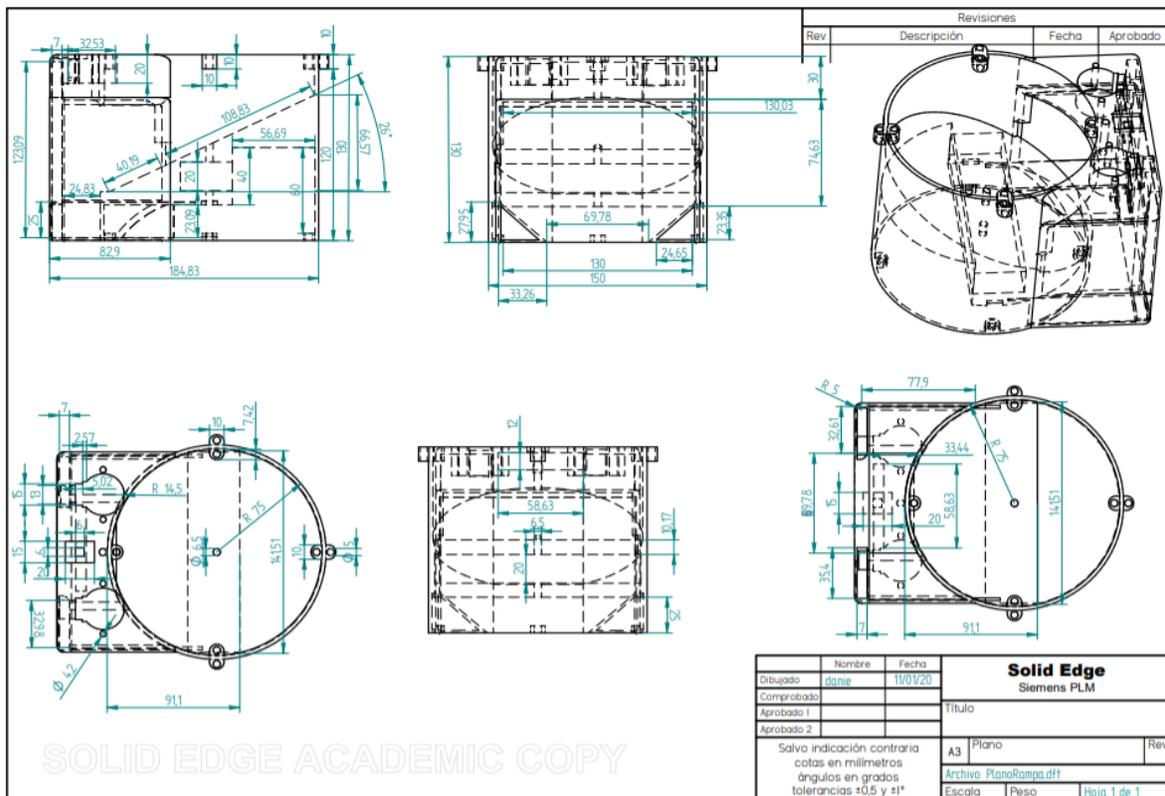


FIGURA 35 PLANO DE LA RAMPA VISTO EN DIFERENTES ANGULO

FUENTE PROPIA

La sexta pieza como se expone en la figura 36 es la tapa del dispositivo la cual nos permite evitar la salida de las pastillas en la parte superior.

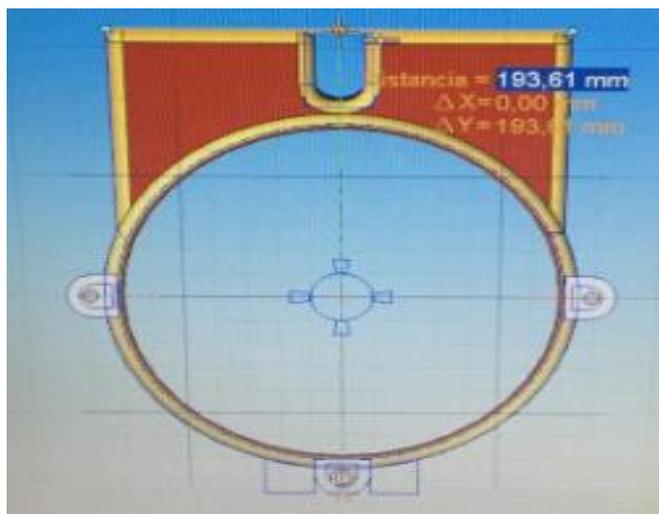


FIGURA 36 DISEÑO DE LA TAPA DEL DOSIFICADOR

FUENTE PROPIA

En la figura 37 se puede observar las piezas del prototipo perfectamente ensambladas, entre ellas se encuentran por ejemplo las ruedas locas que tienen como finalidad servir de soporte y facilitar el giro que realiza la segunda rueda del sistema, por otro lado se encuentra el sensor, donde el usuario colocara su dedo una vez recibida la notificación, dando inicio por este medio al funcionamiento del dispositivo.

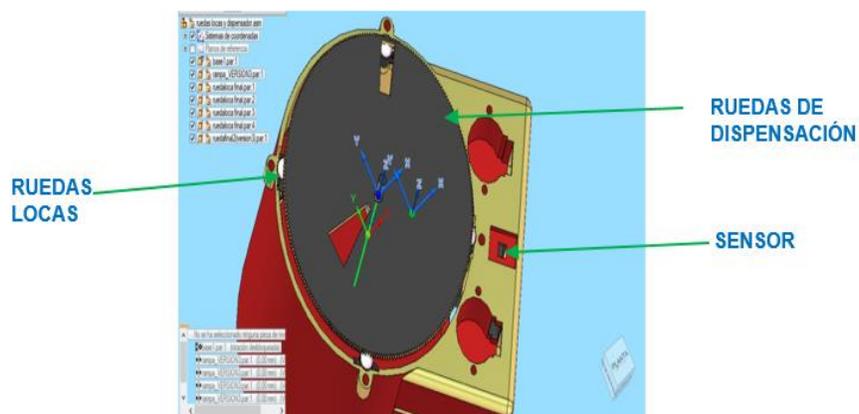
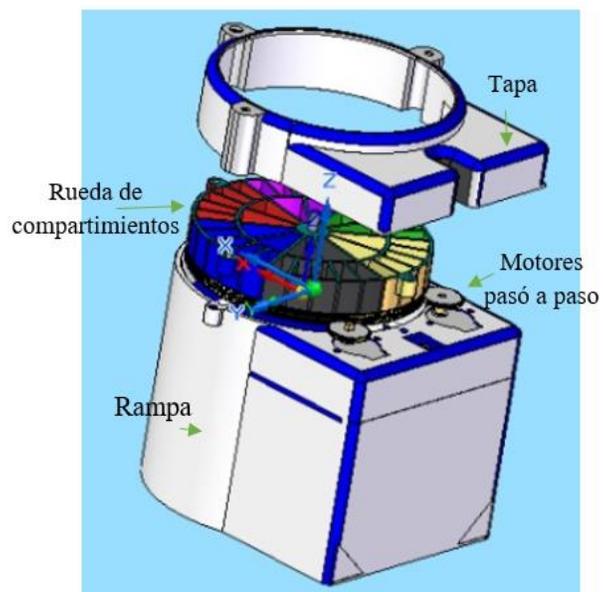


FIGURA 37 PIEZAS DEL DISEÑO DEL DOSIFICAR

FUENTE PROPIA

En la figura 38 se pueden observar algunas piezas esenciales para el correcto funcionamiento del dispensador como lo son la ruleta para el almacenamiento temporal de las pastillas que posteriormente serán entregadas al usuario mediante la rampa del dispensador, mecanismos

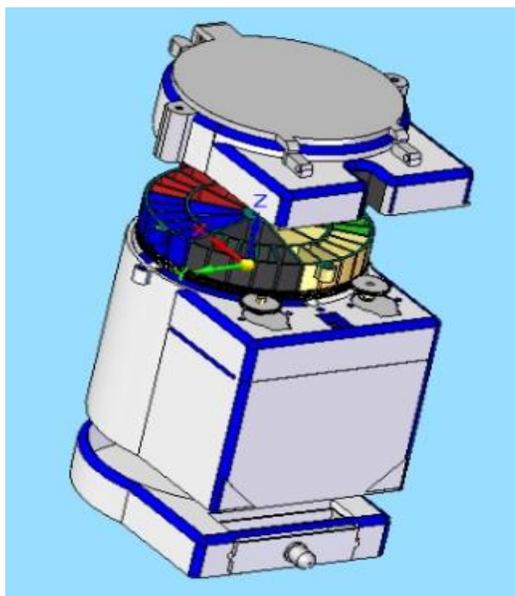
accionados mediante los motores paso a paso que funcionan como fuente de poder del dispositivo.



*FIGURA 38 TODAS LAS PIEZAS DEL DISPENSADOR DE MEDICAMENTOS*

FUENTE PROPIA

En la figura 39 se muestran las piezas del dispensador completamente ensambladas y funcionales.



*FIGURA 39 DISEÑO COMPLETO DEL DISPENSADOR*

FUENTE PROPIA

La figura 40 hace referencia a las diferentes pruebas realizadas en el prototipo como por ejemplo la verificación de que las pastillas caigan por la rampa sin ningún tipo de inconveniente y el chequeo de una correcta calibración en el engranaje de las ruedas y de los motores del sistema, esto con el objetivo de comprobar su correcto funcionamiento y así posteriormente realizar la impresión en 3D del dispositivo.

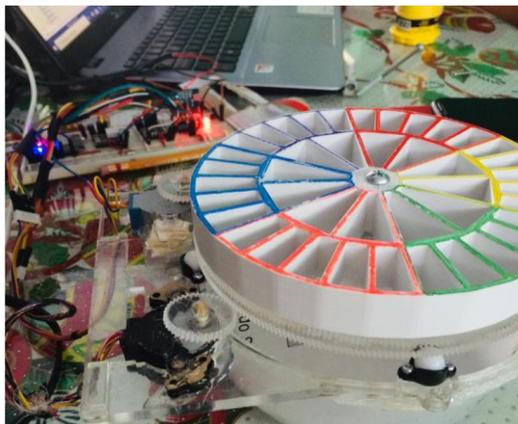


FIGURA 40 PRUEBA DEL DISEÑO FINAL

FUENTE PROPIA

## 8. DISEÑO ELECTRONICO

En este apartado se presenta de forma detallada los aspectos de diseño del sistema electrónico propuesto mediante el cual se logró realizar el análisis de desarrollo de la placa PCB del dosificador de medicamentos tipo pastillas para adultos mayores.

### 8.1. Fabricación de la placa PCB

En la Figura 41 se captura la fabricación de placa PCB del dispositivo electrónico que se realiza mediante el programa EAGLE, conexión entre los subsistemas del Esp 32. Además, se realizan unas pruebas iniciales y globales del sistema. Por último, se realiza un análisis más detallado del esquemático.

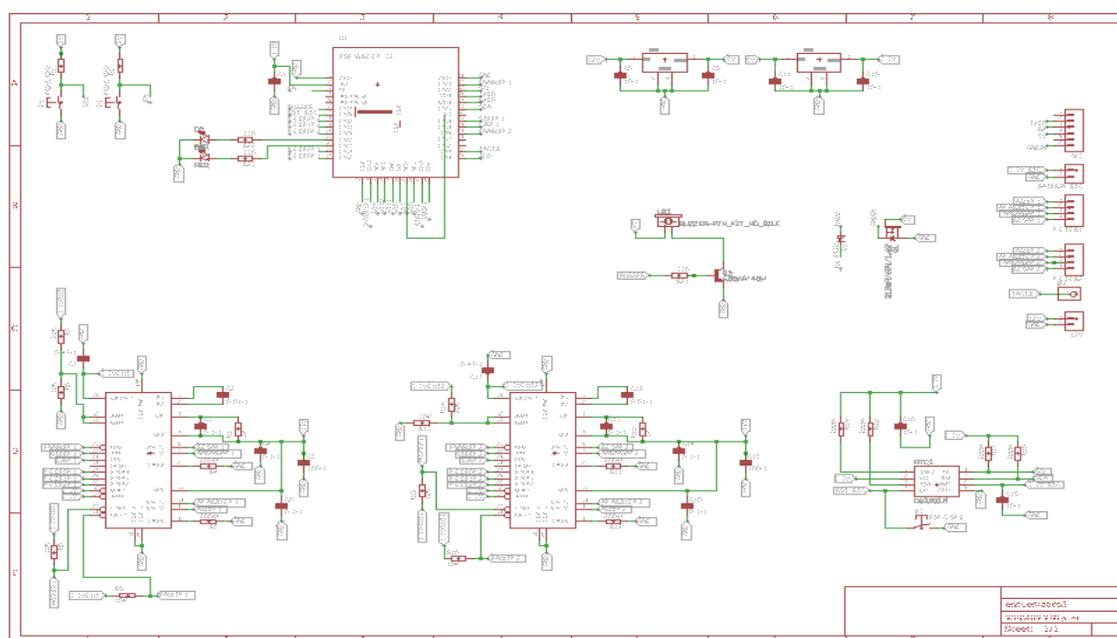


FIGURA 41 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA ELECTRONICO DEL PCB

FUENTE PROPIA

De manera más detallada se procede a explicar el diseño electrónico

En la figura 42 se encuentra el esquemático del Pulsador para Flash quien permite quemar el código desde el computador hacia el controlador Esp 32 y el Pulsador de ENABLE sirve para reiniciar el Esp 32.

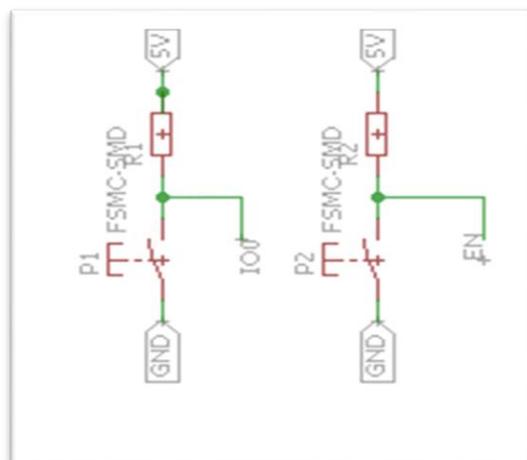


FIGURA 42 PULSADORES DEL SISTEMA ELECTRONICO

FUENTE PROPIA

El esquemático de la Esp 32 expuesto en la figura 43 es un módulo con varias mejoras, con un procesador más rápido de doble núcleo. En cuanto a las comunicaciones con el exterior tiene conexión WiFi y conexión bluetooth, este dispositivo dispone de 520 KB de memoria SRAM y 16 MBytes de memoria flash. Cuenta con entradas GPIO, entre ellas dispone de 12 entradas analógicas.

Los pines MODE2M2, MODE1M2, MODE0M2, MODE2M1, MODE0M1 como se muestra en el esquemático son los que permiten variar la potencia de cada motor, esto se hace a través de los driver ya que estos trabajan por modos, si se quiere que el motor funcione al 100%, 50%, 70% se activa uno pin del driver, en el caso del 50 % se activan MODE2M2 y MODE1M2. El pin ENABLE 1 Y ENABLE 2 son los pines encargados para activan los driver, el BUZZER da alerta en el momento que el adulto mayor debe tomar su medicación, STEPM1 Y STEPM2 son el PMW que se les manda desde la Esp 32 hacia los driver, para el movimiento de los motores. Se encuentra también el táctil quien es el sensor capacitivo de la Esp 32 RST\_RTC pin donde se encuentra el reloj en tiempo real, DIRM1 Y DIRM2 indican la dirección de los motores.

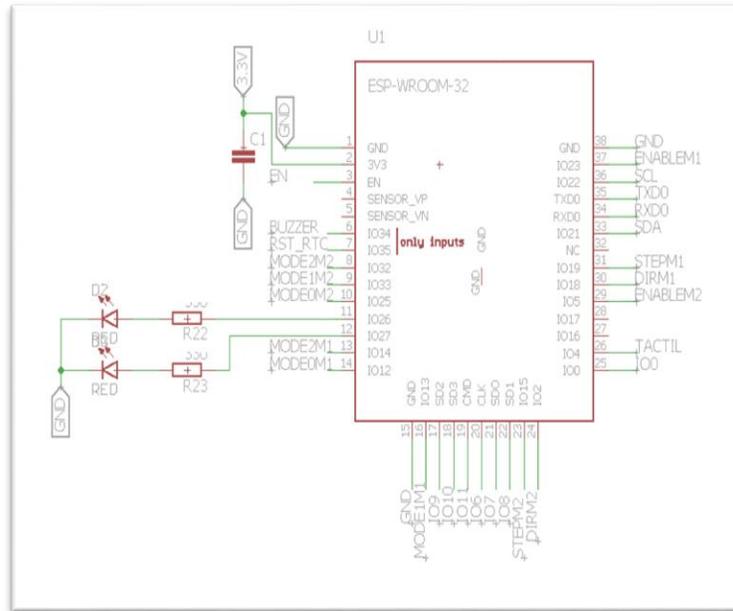


FIGURA 43 ESQUEMATICO DE LA ESP 32 DEL SISTEMA ELECTRONICO

FUENTE PROPIA

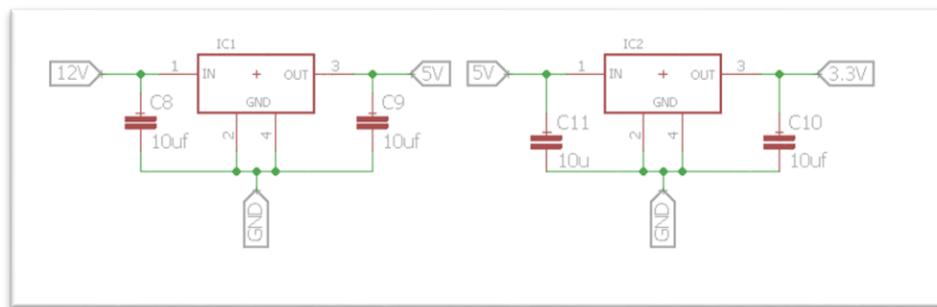


FIGURA 44 ESQUEMATICO DEL REGULADOR DE VOLTAJE DEL SISTEMA ELECTRONIC

FUENTE PROPIA

Se observa el diagrama esquemático de los DRIVER8825 en la figura 45 donde se describe el funcionamiento de los pines. El EnableM2 se encarga de activar su circuito electrónico, que viene desde el Esp 32al igual que el STEPM1 quien le da el pwm, DIRM1 Y DIRM2 indican la dirección de los motores (derecha o izquierda). Como se explicó anterior mente los pines MODE1, MODE2, MODE3 son los que llevan el control de la potencia, si se quiere full potencia se recomienda dejarlos todos en low y también el Reset y el Sleep van conectados a 3.3 voltios.

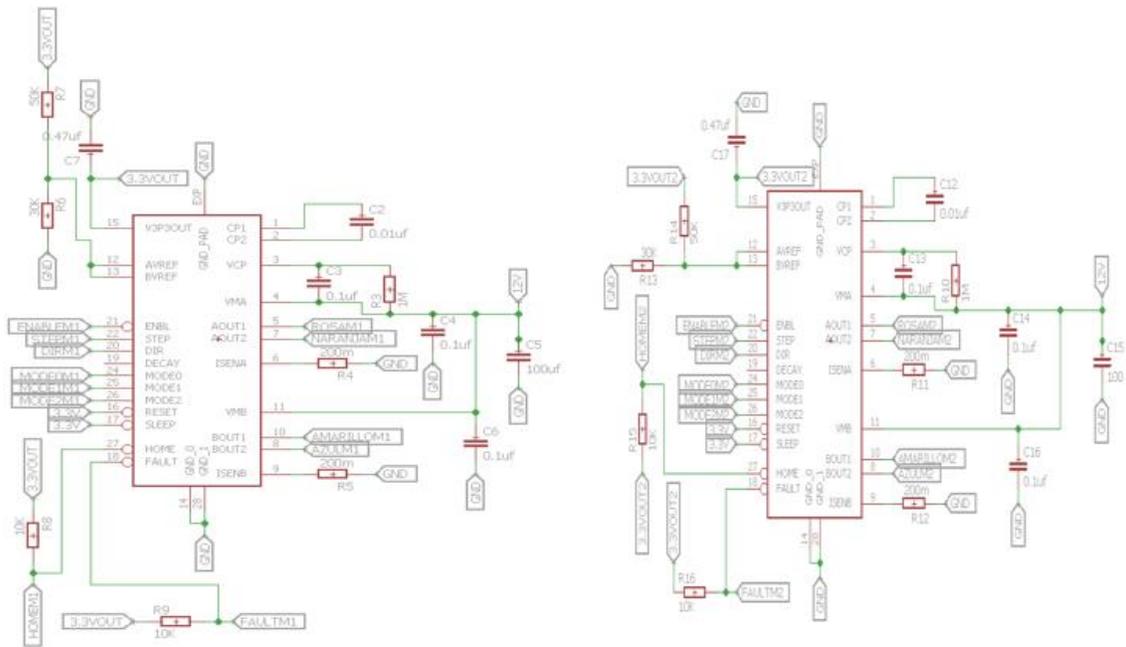


FIGURA 45 ESQUEMATICO DE LOS DRIVER 8825 DEL SISTEMA ELECTRONICO

FUENTE PROPIA

En la figura 46 se observa el reloj en tiempo real (RTC), el cual se activa con 3.3 voltios que van desde el ESP 32 , posee una batería de reloj de 3.3 voltios ,dos pines SCL y SDA que vienen dados desde el ESP 32 quienes son los encargados de manipular el tiempo que maneja el dispositivo .

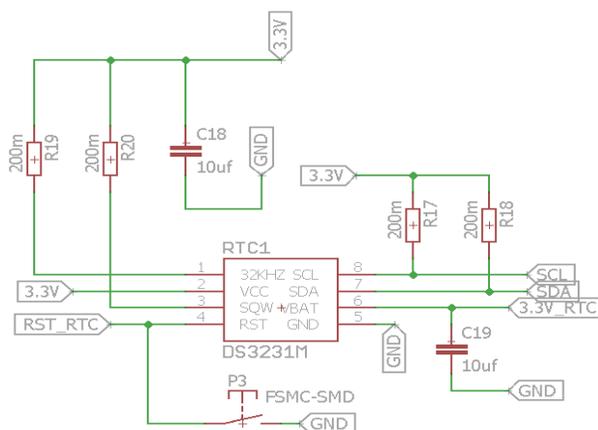
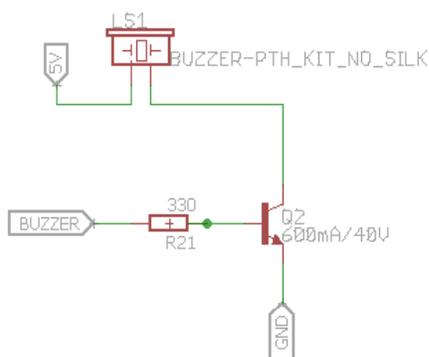


FIGURA 46 ESQUEMATICO DEL RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC)

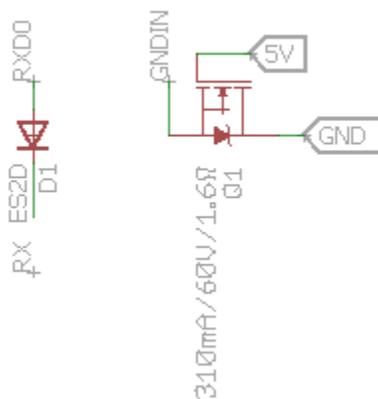
FUENTE PROPIA

Se estudia en la figura 47 el buzzer Ls1 encargado de las alarmas, para ser activo necesita una etapa de potencia ,donde utiliza un transistor el cual va conectado a 5 voltios ,el transistor tiene un colector , un emisor y una base . El colector va conectado a negativo del buzzer, el emisor va conectado a tierra y la base tiene una resistencia de 330 ohmios.



**FIGURA 47 ESQUEMATICO DEL BUZZER EN EL PCB**  
FUENTE PROPIA

En la figura 48 se encuentra la entrada USB del dispositivo electrónico el cual tiene como alimentación 5 voltios y GND.



**FIGURA 48 ENTRADA USB DEL DISPOSITIVO EN EL PCB**  
FUENTE PROPIA

Se encuentran los pines de conexión de los motores, sensor, batería, el buzzer, también la Batería RTC la cual se encarga de tener funcionando el reloj cuando no este energizado por el Esp 32 como se muestra en la figura 49.

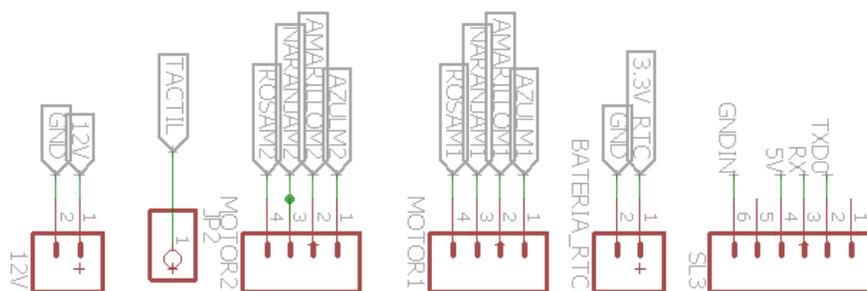


FIGURA 49 PINES DE CONEXION PARA EL DISPOSITIVO

FUENTE PROPIA

En la figura 50 se observa el esquemático completo del PCB.

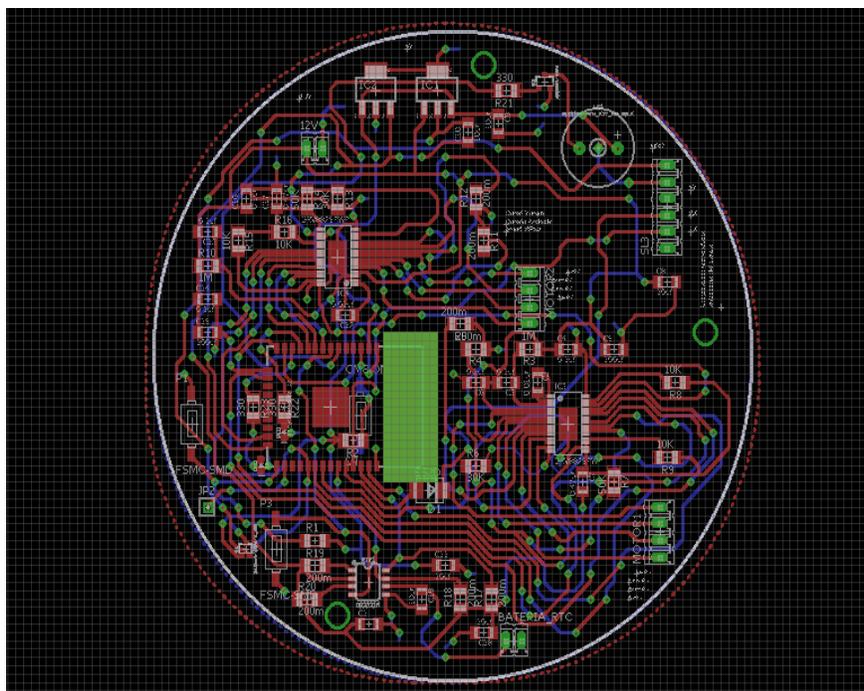


FIGURA 50 Esquemático COMPLETO DEL PCB

FUENTE PROPIA

## 9. DISEÑO DE SOFTWARE

En este apartado se tratará el diseño aplicativo para configuración local del pastillero, esta permitirá configurar parámetros como tiempo de dosificación, tipos, frecuencia y cantidad de pastillas, finalmente se aborda el proceso de configuración de una plataforma basada en IOT para gestión de mensajes a un tercero, permitiendo la monitorización de la ingesta de pastillas.

### 9.1. Aplicativo móvil

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó Android Studio con un lenguaje Java, este software posee herramientas de edición de código, una de sus características es detectar errores en el análisis del código de forma inmediata, además la plataforma es software libre, lo que nos permite el desarrollo de la aplicación sin generar costos adicionales.



*FIGURA 51 ANDROID STUDIO*

Esta aplicación está diseñada con la única finalidad de configurar la alarma para los diferentes tipos de medicamentos requeridos por el usuario.

#### 9.1.1. Requerimientos del aplicativo

A continuación, se plantean los Requerimientos del diseño de la aplicación móvil:

- Realizar conexión por medio de Bluetooth.
- Configuración de los 6 tratamientos en cuanto a la hora, cantidad, frecuencia y nombre del medicamento.
- Enviar información al dispositivo electrónico.

### 9.1.2. Digrama de flujo

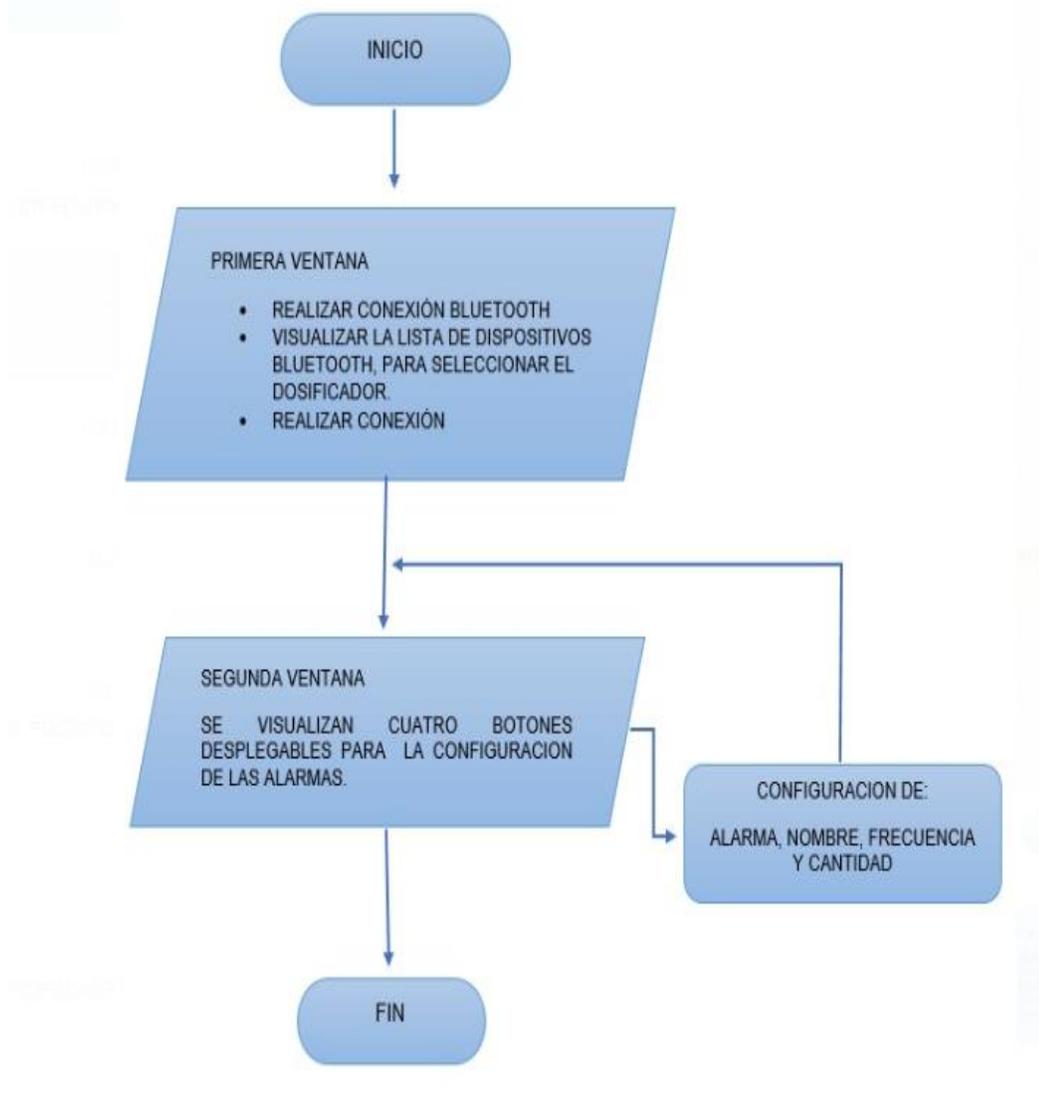


FIGURA 52 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APP

FUENTE PROPIA

### 9.1.3. Diseño de entorno grafico

El entorno se desarrolla con la finalidad de facilitar el manejo y configuración de las alarmas del dispositivo electrónico, dedicada para el enfermero o persona encargada del adulto mayor sin embargo permite que el adulto mayor en caso de ausencia de una enfermera, familiar o persona encargada pueda fácilmente realizar el manejo de la aplicación.

### 9.1.4. Descripción del entorno grafico

En la primera ventana se visualiza la lista de dispositivos para establecer conexión entre el dosificador y el dispositivo móvil, tal cual como se muestra en la figura 53.

En caso de que la aplicación no se encuentre emparejada con el dispositivo, envía un mensaje advirtiéndolo que hay un fallo en la conexión, una vez la aplicación no presente problemas de conexión se podrá continuar a la siguiente ventana.



FIGURA 53 LISTA DE DISPOSITIVOS Y CONEXION DEL DISPOSITIVO

FUENTE PROPIA

La figura 54 contiene la interfaz diseñada de tal forma que le permita al personal asistencial realizar de manera simple la configuración de las alarmas. Esta ventana abarca cuatro botones o pulsadores los cuales permiten la configuración de la hora, cantidad, nombre y frecuencia del medicamento.

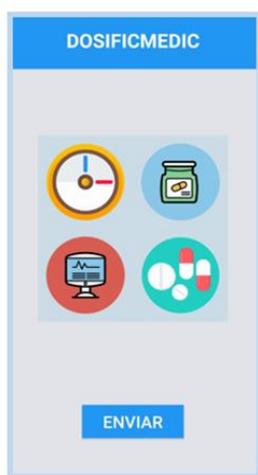


FIGURA 54 PANTALLA PRINCIPAL DE LA APP

FUENTE PROPIA

En la figura 55 se ilustra la ventana 3, en la que se realizará la conectividad a internet a fin de configurar el sistema de notificación vía correo, donde deberá introducir la red WiFi y su contraseña de acceso.

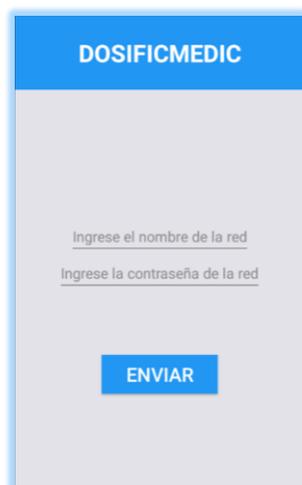


FIGURA 55 INTERFAZ DE LA VENTANA 3

FUENTE PROPIA

Posterior a realizar la configuración de cada una de las funciones existentes en la aplicación se procede a seleccionar la opción enviar, terminando de esta forma la configuración de la alarma del primer tratamiento, este proceso se deberá repetir por cada tipo de medicamento formulado por el especialista de la salud.

Para más información del aplicativo móvil diríjase al manual de funcionamiento del dispositivo electrónico el cual se encuentra en el anexo 1.

## 9.2. Notificación del dispositivo

Para el desarrollo del sistema de notificación vía correo se empleó en la plataforma ubidots la cual permite almacenar datos de sensores y visualizarlos en tiempo real a través de una página web, es posible también configurar alertas vía correo electrónico o por mensaje texto.



FIGURA 56 LOGO DE UBIDOTS

En la figura 57 se observa el objeto creado(Esp32) desde ubidots, el cual contiene las siguientes variables enviadas desde el dispositivo , cantidad de pastillas almacenadas actualmente en el compartimiento, el nombre del medicamento y un mensaje de alerta

indicando si fue correcta o no la dosificación. Cabe mencionar que la plataforma está actualizando constantemente la información.

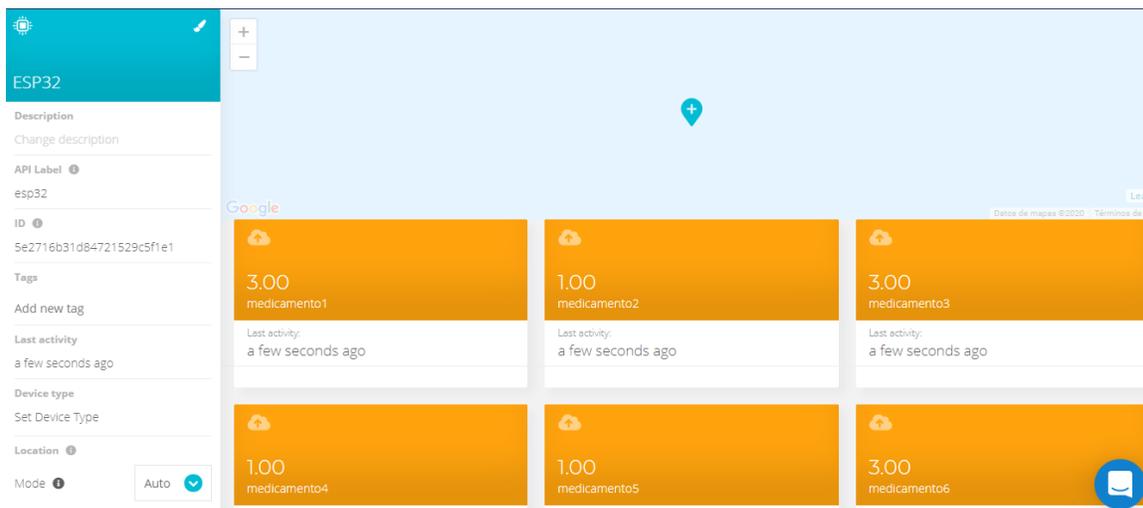


FIGURA 57 PLATAFORMA UBIDOTS

FUENTE PROPIA

El sistema de notificación vía correo electrónico le permite a la enfermera, familiar o persona encargada del adulto mayor llevar el control y el seguimiento del tratamiento diagnosticado por el especialista en la salud, tal como se observa en la figura 58.

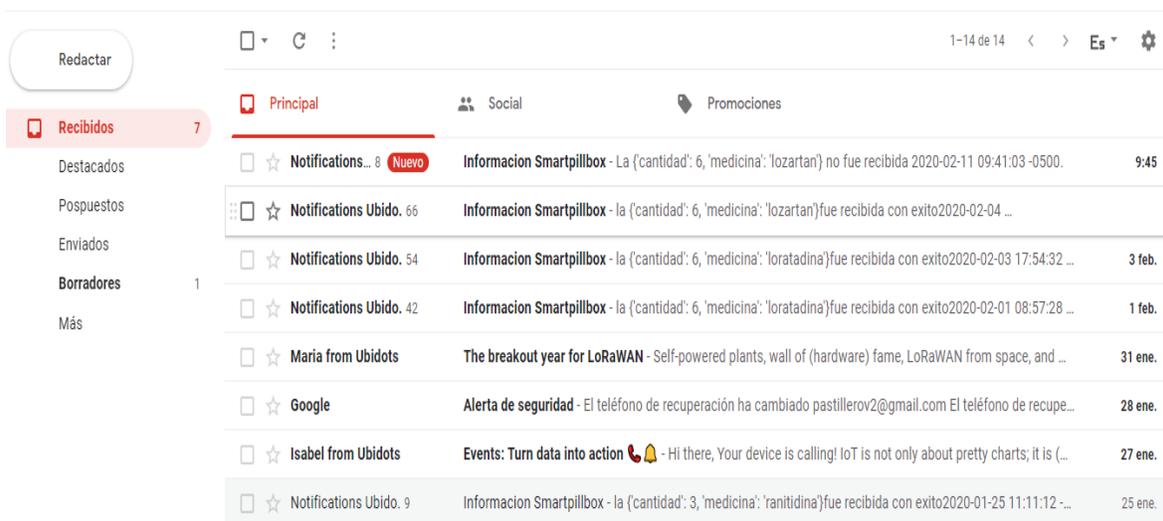


FIGURA 58 NOTIFICACION VIA CORREO ELECTRONICO

FUENTE PROPIA

Una vez retirada la pastilla el dosificador enviara un correo electrónico notificando que se ha realizado una exitosa dosificación al adulto mayor. Figura 59.



FIGURA 59 NOTIFICACIÓN POSITIVA

FUENTE PROPIA

Cabe recalcar que el dispositivo también se encuentra programado para enviar un notificación de alerta en caso de que el medicamento no sea retirado, además será enviada la cantidad actual de pastillas que se encuentran en los compartimientos del dosificador como se ilustra en la figura 60.

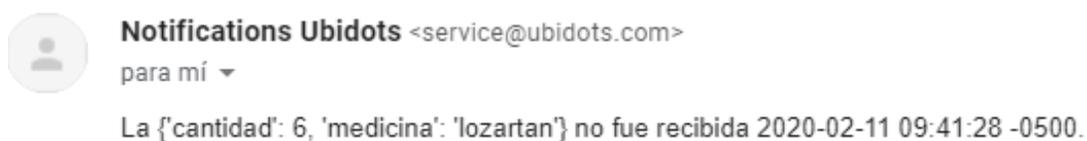


FIGURA 60 NOTIFICACIÓN NEGATIVA

FUENTE PROPIA

## 10. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de la fabricación de las piezas del diseño mecánico, estas se obtuvieron mediante impresión 3D y corte laser, para ello se tuvo en cuenta las medidas anterior mente mencionadas en el capítulo de diseño mecánico, también se detalla la implementación del sistema electromecánico para dosificación de medicamentos.

En la figura 61 se ilustran las piezas del dosificador de medicamentos construidos.

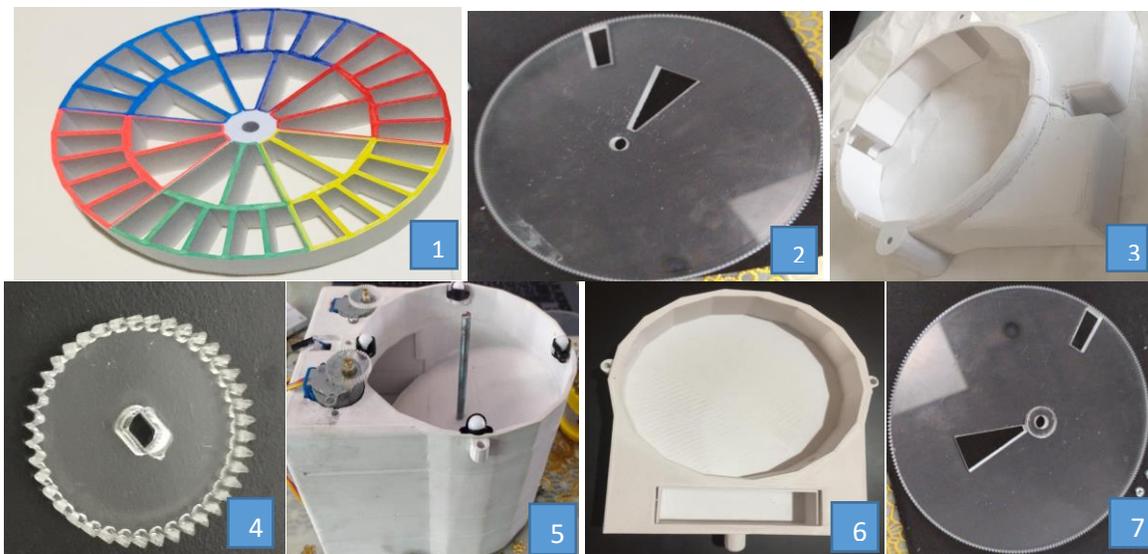


FIGURA 61 PIEZAS EN IMPRESION 3D Y CORTE LASER

FUENTE PROPIA

### Lista de los elementos fabricados

1. Rueda de compartimientos
2. Rueda de dispensación del fármaco
3. Tapa del dosificador
4. Piñones de los motores
5. Rampa dispensadora
6. Bandeja de salida de los fármacos
7. Segunda rueda de dispensación del fármaco

#### 10.1. Prueba de integración electromecánica

Siguiente a esto se procede a realizar la prueba de integración electromecánica y piezas ensambladas del prototipo donde se puede evidenciar que el sistema electrónico para la dosificación de medicamentos opera correctamente según los requerimientos planteados en el inicio del proyecto. Dando como resultado un correcto almacenamiento de los

medicamentos que se encuentran distribuidos en hasta 6 compartimientos del dispositivo facilitando la entrega y dosificación del medicamento al adulto mayor como se muestra en la figura 62.

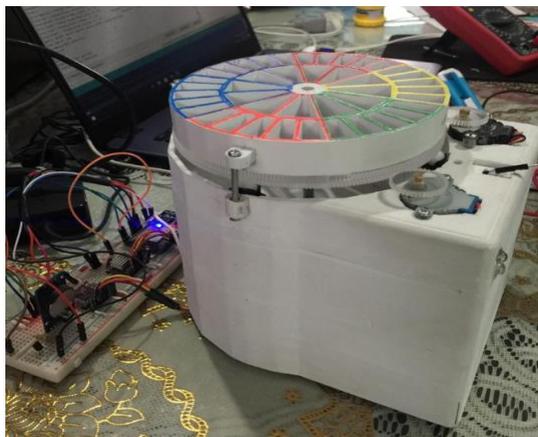


FIGURA 62 IMPLEMETACION DE TODOS LOS COMPONENTES DEL DOSIFICADOR

FUENTE PROPIA

## 10.2. Prueba del aplicativo móvil

Para comprobar la funcionalidad del aplicativo móvil se realizan pruebas verificando que la configuración de alarma compuesta por hora, cantidad, nombre, frecuencia y color del compartimiento sea enviada al dosificador de medicamento. Dando como resultado un envío correcto al dispositivo electrónico dosificador de medicamentos.

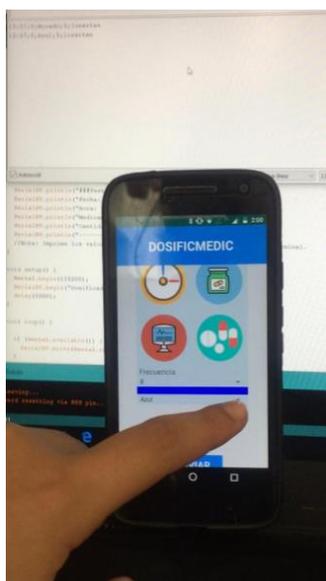


FIGURA 63 PRUEBA DEL APLICATIVO MOVIL

FUENTE PROPIA

## 11. RESULTADOS

En este capítulo se presenta la evaluación del prototipo del sistema electrónico, para lo cual se realizan 2 actividades específicas, verificación y evaluación del prototipo, se realiza una encuesta a los usuarios y enfermera, familiar o encargado del adulto mayor, con la intención de aportar información descriptiva del funcionamiento del dispositivo.



FIGURA 64 DOSIFICADOR DE MEDICAMENTOS TERMINADO

FUENTE PROPIA

### 11.1. Evaluación de participantes

Para corroborar el funcionamiento se contó con la participación de tres adultos mayores, quienes probaron y evaluaron el desempeño del dispositivo en situaciones reales.

- Usuario 1.

Adulto mayor de 83 años, diagnosticado por el especialista de la salud con esquizofrenia e hipertensión arterial (THA) el cual consume 5 tipos de tratamientos, tabla 9. Al realizar la validación total del sistema electrónico la receptividad del usuario con respecto al funcionamiento y manejo del dosificador es positiva, obtenido satisfactoriamente su medicamento. Figura 65

USUARIO 1	MEDICAMENTO	HORA	CANTIDAD	FRECUENCIA
Participante 1	Clonazepam	6:00:00 a. m.	7	8
	Omeprazol	7:00:00 a. m.	7	24
	Enalapril	10:00:00 a. m.	7	12
	Quetiapina	9:00:00 a. m.	7	24
	Beclametazona	8:00:00 a. m.	7	24

TABLA 9 TRATAMIENTOS DEL USUARIO 1

FUENTE PROPIA



FIGURA 65 RESULTADOS DEL PARTICIPANTE 1

FUENTE PROPIA

- Usuario 2.

Adulto mayor de 71 años, diagnosticado por el especialista de la salud con hipertensión arterial (THA), espondilosis con miel apatía, delirium y enfermedad cardiovascular, el cual se encuentra medicado con 5 tipos de tratamiento como se ilustra en la tabla10, al hacer la validación total del sistema electrónico el usuario presento una tendencia de aprendizaje alta lo que permitió un manejo y funcionamiento favorable, dando como resultado una exitosa dosificación. Figura 66

USUARIO 2	MEDICAMENTO	HORA	CANTIDAD	FRECUENCIA
Participante 2	Omeprazol	6:00:00 a. m.	7	12
	Metropolo	8:00:00 a. m.	7	24
	Atorvastatina	10:00:00 a. m.	7	12
	ASA	12:00:00 p. m.	7	24
	Clozapina	8:00:00 p. m.	7	24

TABLA 10 TRATAMIENTOS DEL USUARIO 2

FUENTE PROPIA



FIGURA 66 RESULTADOS DEL PARTICIPANTE 2

- Usuario 3.

Adulto mayor de 68 años, sufre demencia de alzhéimer e hipertensión arterial (THA), con un diagnóstico de 4 tipos de tratamiento de acuerdo al dictamen médico como se observa en la tabla 11, Al llevar acabo la validación del prototipo el usuario 3 presento dificultades en el aprendizaje del manejo del dispositivo debido a su enfermedad degenerativa, por otra lado la entrega del fármaco y funcionamiento del sistema fueron correctos. Figura 67

USUARIO 3	MEDICAMENTO	HORA	CANTIDAD	FRECUENCIA
Participante 3	Losartan	9:00:00 a. m.	7	6
	Keppra	8:00:00 a. m.	7	24
	Atorvastatina	11:00:00 a. m.	7	12
	Quetiapina	9:00:00 p. m.	7	24

TABLA 11 TRATAMIENTOS DEL PARTICIPANTE 3

FUENTE PROPIA



FIGURA 67 RESULTADO DEL PARTICIPANTE 3

FUENTE PROPIA

## 11.2. Evaluación de encuestas

En este apartado se presenta el análisis de los datos obtenidos mediante las encuestas dirigidas al adulto mayor y al personal asistencial con el objetivo de evaluar el prototipo electrónico como medio de apoyo a la dosificación de medicamentos para los adultos mayores en situaciones reales.

La figura 68 permite evidenciar las encuestas realizadas al adulto mayor y al personal asistencial.



FIGURA 68 ENCUESTAS DIRIGIDAS AL ADULTO MAYOR Y PERSONAL ASISTENCIAL

FUENTE PROPIA

### a. Resultados de la encuesta dirigida al adulto mayor

En la gráfica 69 se muestra claramente como el 100% de los adultos mayores encuestados tiene una aceptación positiva del dosificador de medicamentos, con un 60% sintiéndose satisfecho y un 40% muy satisfecho.

1. ¿Se encuentra satisfecho con la entrega de medicamentos realizada por el dispositivo electrónico?

5 respuestas

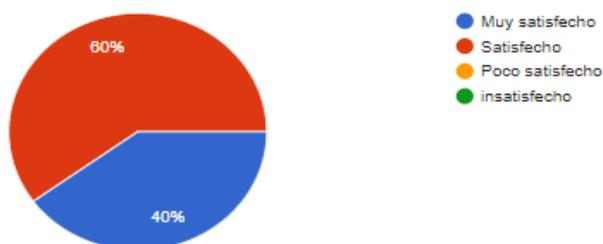


FIGURA 69 DIAGRAMA RESULTANTE DE LA PRIMERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA EVALUATIVA

FUENTE PROPIA

Como se observa en la gráfica 70 el 100% de la población encuestada considera que el sistema de notificación de alerta satisface sus necesidades por otro lado el 40% evalúa el volumen del sonido de notificación con un calificativo de bueno y el 60% restante muy bueno.

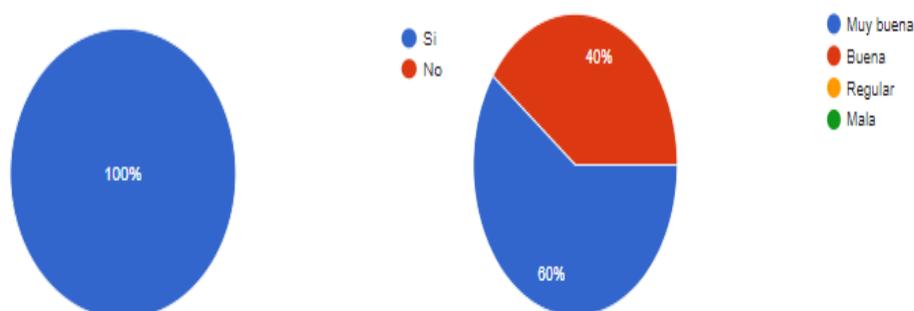


FIGURA 70 DIAGRAMA RESULTANTE DE LA ENCUESTA EVALUATIVA

FUENTE PROPIA

En la figura 71 se muestra como el 80% de la población encuestada opina que el dosificador de medicamentos es sencillo de usar mientras que el 20% no está de acuerdo, cabe recalcar que las dificultades en el aprendizaje del manejo del dispositivo que presenta el adulto mayor son debidas a su enfermedad degenerativa (alzhéimer).

4. ¿Es el dosificador de medicamentos sencillo de usar?

5 respuestas

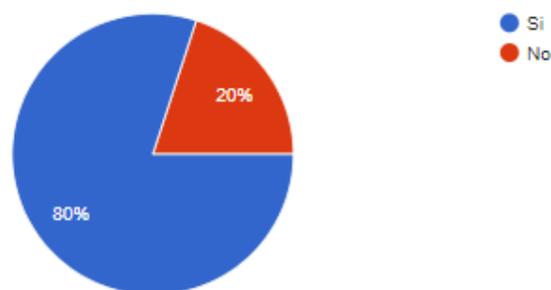


FIGURA 71 ENCUESTA EVALUATIVA DEL DISPOSITIVO ELECTRONICO

FUENTE PROPIA

#### b. Resultados de la encuesta dirigida al personal asistencial

La población encuestada considera que el dosificador de medicamentos es una herramienta que mejora el seguimiento y control del tratamiento del paciente con un 60% de calificación muy buena y el 40% restante buena.

1. ¿Usted cree que el uso del dosificador de medicamentos es una herramienta útil para llevar un buen control del tratamiento del adulto mayor?

5 respuestas

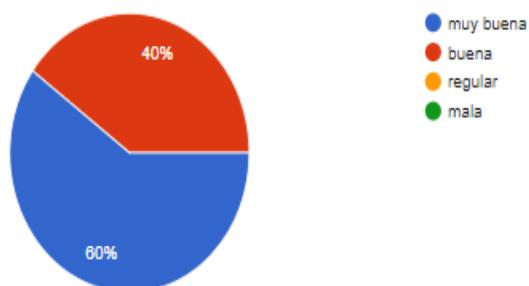


FIGURA 72 DIAGRAMA EVALUATIVO DE LA ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL ASISTENCIAL

FUENTE PROPIA

Las enfermeras o personas encargadas del adulto mayor encuestadas califican el manejo del dispositivo con un 60% fácil y un 40% muy fácil de usar.

2. ¿Es el dosificador de medicamentos es sencillo de usar?

5 respuestas

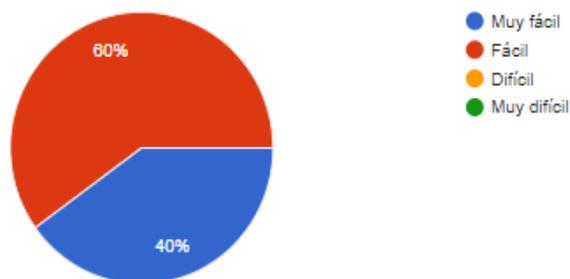


FIGURA 73 DIAGRAMA EVALUATIVO DE LA USABILIDAD DEL DOSIFICADOR

FUENTE PROPIA

Como se muestra en la figura 74 la totalidad de las personas que fueron encuestadas consideran el tamaño de los compartimientos del dosificador adecuados para el correcto almacenamiento de los fármacos.

3. ¿considera adecuado el espacio de almacenamiento para los fármacos?

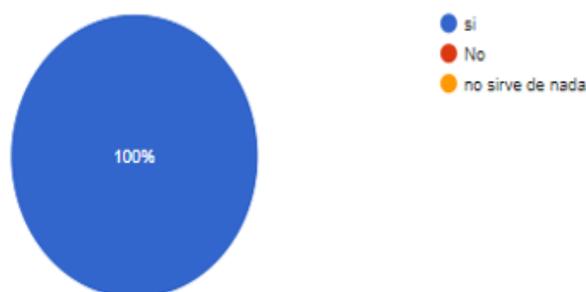


FIGURA 74 RESULTADO DE LA ENCUESTA ADECUADO ALMACENAMIENTO

FUENTE PROPIA

El 100% de la población encuestada cree que el dosificador de medicamento permite aumentar de una manera positiva el grado de adherencia a un tratamiento.

4. ¿Cree usted que el dosificador de medicamentos tipo pastilla disminuye la problemática de adherencia al tratamiento?

5 respuestas



FIGURA 75 DIAGRAMA EVALUATIVO DE LA MEJORA DE LA ADHERENCIA AL TRATAMIENTO

FUENTE PROPIA

El 100% del personal de salud que fue encuestado quedó satisfecho con la información y datos presentados en el manual del dosificador.

5. ¿El manual brinda las herramientas necesarias para entender el funcionamiento del dispositivo?

5 respuestas



FIGURA 76 DIAGRAMA EVALUATIVO DEL FUNCIONAMIENTO DEL DOSIFICADOR

FUENTE PROPIA

El 80% del personal asistencial encuestado evalúa que los mecanismos ofrecidos por la aplicación para la configuración de las alarmas es buena y el 20% restante muy buena.

6. ¿Cree usted que la aplicación ofrece los mecanismos necesarios para realizar la configuración de las alarmas de una forma?

5 respuestas

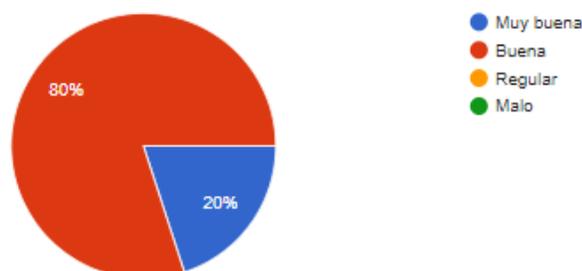


FIGURA 77 DIAGRAMA EVALUATIVO DEL APLICATIVO MOVIL

FUENTE PROPIA

El 20% de la muestra total encuestada califica como bueno el sistema de notificación vía correo para el control y seguimiento del tratamiento por otro lado el 80% restante de la población considera muy bueno el sistema.

7. ¿Cómo calificaría usted el sistema de notificación vía correo que le permite llevar el control y seguimiento del tratamiento?

5 respuestas

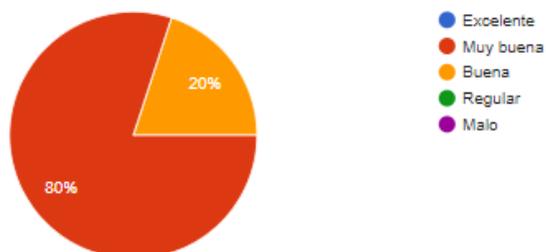


FIGURA 78 DIAGRAMA RESULTANTE DEL SISTEMA DE NOTIFICACION VIA CORREO

FUENTE PROPIA

Teniendo en cuenta el análisis de los datos recolectados anteriormente queda en evidencia la buena aceptación por parte del adulto mayor y personal asistencial con respecto a un sistema de apoyo como lo es el dosificador de medicamentos que permite una mejora en la adherencia a la medicación, mitigando problemas relacionados con el control y seguimiento del tratamiento.

## 12. CONCLUSIONES

- El desarrollo del proyecto a través de una metodología que parte de la definición de requerimientos claramente establecidos permitió abordar de manera ordenada y apropiada su ejecución, logrando finalmente un prototipo funcional.
- El uso de una herramienta software de diseño tipo CAD como Solid Edge fue de gran ayuda, sobre todo en este tipo de proyectos donde se integra diseño electrónico y diseño mecánico, su uso permitió ahorrar tiempo y costos ya que se prototipo piezas luego de ser evaluadas en esta herramienta.
- Según la información de encuestas a modo de evaluación en población adulta mayor de la ciudad en general se ve una receptividad positiva del 80% sin embargo es de resaltar que el trabajo comprometió un proceso de evaluación, para validada de forma más acertada se deberá establecer una estrategia de cobertura más amplia la cual se puede desarrollar en trabajos futuros.

### 13. TRABAJOS FUTUROS

- Tomar como base el diseño realizado y buscar implementar mejoras a nivel mecánico para reducir el tamaño.
- Adicionar aditamentos como una manilla electrónica o integración mediante aplicaciones móviles con manillas comerciales existentes para generar alertas hacia el usuario final, de igual manera si la instrumentación de la manilla lo permite analizar condiciones como oximetría y pulso cardiaco.
- Diseñar una plataforma software específica para sistemas de este tipo donde se pueda llevar un registro de información a la medida y se pueda finalmente realizar procesos de evaluación sobre la adherencia a los tratamientos.

## 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. T. Leite, D. Castioni, R. M. Kirchner, and L. M. Hildebrandt, “Capacidad funcional y nivel cognitivo de adultos mayores residentes en una comunidad en el sur de Brasil,” *Enferm. Glob.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–11, 2015.
- [2] L. Seliger et al., “Moderate renal impairment and risk of dementia among older adults: The cardiovascular health cognition study,” *J. Am. Soc. Nephrol.*, vol. 15, no. 7, pp. 1904–1911, 2004.
- [3] M. Sánchez-valle, “Mayores e Internet : La Red como fuente de oportunidades para un envejecimiento activo,” pp. 29–36, 2015.
- [4] M. Vald and R. Internacional, “Luis Manuel Valdés-Villanueva Teletecnologías , espacios de interacción y valores Author ( s ): Javier Echeverría Source : Teorema : Revista Internacional de Filosofía , Vol . 17 , No . 3 , Filosofía de la tecnología Published by : Luis Manuel Valdés-Vill,” vol. 17, no. 3, pp. 11–25, 2017.
- [5] C. Garcés and h. Orozco, “caracterización del nicho de mercado compuesto por las personas pensionadas de la ciudad de cartagena de indias: caso tecnología,” 2016.
- [6] P. Velthuis, “Papel de las TIC en el envejecimiento,” pp. 60–64, 2011.
- [7] K. Haugh, “Medication Adherence in Older Adults,” *Nurs. Clin. North Am.*, vol. 49, no. 2, pp. 183–199, 2014.
- [8] C. Motavita, “El adulto mayor y el mantenimiento de su estado de salud a través de la educación.,” *Univ. la Sabana Intell.*, p. 103, 2013.
- [9] B. López-Pérez, I. Fernández-Pinto, and M. Márquez-González, “Educación emocional en adultos y personas mayores,” *Electron. J. Res. Educ. Psychol.*, vol. 6, no. 15, 2017.
- [10] J. Guarella, J. Heredia, L. Rodríguez, and I. Bagatto, “Diseño y construcción de un banco de pruebas para el análisis de señales de los sensores y actuadores del automóvil por medio de un osciloscopio,” *Univ. Nac. la Plata*, p. 27, 2011.
- [11] J. C. Díaz Montes and J. M. Dorador González, “Mecanismos De Transmisión Y Actuadores Utilizados En Prótesis De Mano,” *Memorias del XV Congr. Int. Anu. la SOMIM*, pp. 335–345, 2009.
- [12] D. Santos et al., “Análisis estructural y termomagnético de aleaciones Heusler obtenidas mediante aleado mecánico y / o solidificación rápida,” vol. 75, no. 2007, 2016.
- [13] ABB Uruguay, “Eficiencia de motores eléctricos,” pp. 81–84, 2007.
- [14] D. Carrica, U. Nacional, D. Mar, U. Nacional, and D. Mar, “Algoritmo Eficiente Para la Generación de Perfiles de Velocidad En el Accionamiento Simultáneo de Múltiples Motores Paso a Paso,” no. May, 2016.



- [15] N. Aakvaag and J.-E. Frey, “Redes de Sensores inalámbricos, Nuevas soluciones de interconexión para la automatización industrial,” *Aab*, vol. 2, p. 4, 2006.
- [16] I. G. Alekseev et al., “Asymmetry in  $\pi$ -p $\uparrow$  elastic scattering in the momentum range 1.4-2.1 GeV/c,” *Nucl. Physics, Sect. B*, vol. 348, no. 2, pp. 257–275, 1991.
- [17] J. Carlos, R. Giraldo, and R. Castellano, “Estado del arte de la bioinformática,” vol. 61850, pp. 1–16, 2012.
- [18] A. Dolf, T. R. Malsbary, P. Examiner, P. L. Winder, and E. D. Hidalgo, “( 12 ) United States Patent,” vol. 2, no. 12, 2011.
- [19] A. B. Dubey, N. Gupta, A. M. Dubey, and N. Nikam, “Smart Mobile Attendance System using Bluetooth technology,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5217, pp. 5217–5221, 2008.
- [20] M. Alejandro et al., “Red de comunicación para mensajería sin cobertura de Internet o red móvil a través de dispositivos móviles,” pp. 1–7, 2019.
- [21] D. Evans, “Internet de las cosas Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo,” p. 11, 2011.
- [22] J. Salazar and S. Silvestre, “Internet de las cosas,” *Univ. Católica*, pp. 1–27, 2014.
- [23] S. Un and E. S. Solar, conceptos básicos integrados de Linux.”
- [24] Lifelong Learning, “Ingenieria de los sistemas embebidos.,” pp. 1–19, 2011.
- [25] J. Tapia, “Adhesión al tratamiento farmacologico antihipertensivo en el Hospital de Chaiten,” pp. 1–53, 2006.
- [26] J. A. Zhang, Z. Wei, C. G. Li, and C. B. Sun, “Piping system design of subsea manifold,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 321–324, pp. 1779–1783, 2013.
- [27] X. Nogués Solán, M. L. Sorli Redó, and J. Villar García, “Instrumentos de medida de adherencia al tratamiento,” *An. Med. Interna*, vol. 24, no. 3, pp. 138–141, 2007.
- [28] M. L. Peralta and P. C. Pruneda, “Adherencia a tratamiento,” *Rev. Cent. Dermatologia Pascua*, vol. 17, pp. 84–88, 2008.
- [29] R. Ingaramo, N. Vita, and M. Bendersky, “Estudio nacional sobre adherencia al tratamiento (ENSAT),” *Rev Fed Arg*, vol. 34, no. 1, pp. 104–111, 2005.
- [30] L. Martín Alfonso, “Repercusiones para la salud pública de la adherencia terapéutica deficiente,” *Rev. Cuba. Salud Publica*, vol. 32, no. 3, 2006.
- [31] M. Portell et al., “Universidad de Oviedo,” vol. 9, pp. 407–415, 1997.
- [32] J. D. Ibarra, “Universidad tecnológica israel trabajo de titulación,” vol. 1, no. 1, p. 99, 2014.
- [33] M. Muñoz, “Proyecto de dosificador de pastillas para personas con autonomía reducida,” pp. 1–72, 2016.

- [34] J. M. Parra Ullauri and W. F. Valdez Solís, “Diseño e implementación de un prototipo de pastillero digital para la toma de medicación de pacientes adultos mayores, mediante la integración de nuevas tecnologías de hardware y software libre,” 2017.
- [35] W. H. Andrea C. Rivas-Nieto, a , Germán Málaga b , Paulo Ruiz-Grosso , Carlos A. Huayanay-Espinoza, “Uso y percepciones de las tecnologías de información y comunicación en pacientes con Hipertensión arterial, dislipidemia o diabetes de un hospital nacional de lima lima Perú,” *Peru Med Salud Publica*, vol. 32, no. 2, pp. 283–288, 2015.
- [36] T. J. Oscanoa, “Uso seguro de los medicamentos en adultos mayores: una lista de chequeo,” *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica*, vol. 30, no. 2, pp. 320–325, 2014.
- [37] D. Orozco-Beltrán, M. Mata-Cases, S. Artola, P. Conthe, J. Mediavilla, and C. Miranda, “Abordaje de la adherencia en diabetes mellitus tipo 2: situación actual y propuesta de posibles soluciones,” *Aten. Primaria*, vol. 48, no. 6, pp. 406–420, 2016.
- [38] E. Márquez Contreras et al., “Intervención no farmacológica como estrategia para favorecer el control de la hipertensión arterial y mejorar el cumplimiento antihipertensivo,” *Aten. Primaria*, vol. 41, no. 9, pp. 501–510, 2009.
- [39] P. Santiago, A. Fiszbein, S. García Jaramillo, and T. Radinger, “Resumen Ejecutivo,” *OCDE Revis. Recur. Esc. Chile 2017*, no. 2018, pp. 10–13, 2017.
- [40] E. Politecnica and S. D. E. Gandia, ““ Soporte robótico para posicionamiento inalámbrico de micrófonos , con motores paso a paso ,”” pp. 1–52, 2018.
- [41] S. T.Chrysler and S. D.Schrock, “Field Evaluations and Driver Comprehension Studies of Horizontal Signing,” *Security*, vol. 7, no. 2, pp. 1–86, 2005.
- [42] S. B. Surywanshi et al., “Precise Flow Control Using Microcontroller For Insulin Infusion Process,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 2920–2926, 2017.
- [43] F. Velasco Peña, “Motores Paso a Paso,” *Lab. Mot. Paso a Paso*, p. Pag 1-3, 2006.
- [44] R. Arguedas-viquez and S. Brabenec-aguilar, “Efecto de una intervención motriz basada en el método de descubrimiento guiado sobre los patrones básicos de movimiento de un niño de 9 años : estudio de caso,” vol. 17, 2020.
- [45] “CONTROL DE POSICIÓN PARA UN TELESCOPIO CON MOTORES PASO A PASO Control of Position for a Telescope with Stepping Motors,” 2008.
- [46] J. Oliver, *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [47] “TFG\_Benito\_Herranz\_2019,” 2019.
- [48] A. Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov, “Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things,” 2017 *Internet Technol. Appl. ITA 2017 - Proc. 7th Int. Conf.*, pp. 143–148, 2017.
- [49] S. Bipasha Biswas and M. Tariq Iqbal, “Solar Water Pumping System Control Using a Low Cost ESP32 Microcontroller,” *Can. Conf. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2018-May, no. May, 2018.

- [50] K. M. Monzer, Y. M. Tariq, and A. T. M. Farouq, “New design of socket modules for smart home applications,” *Instrum. Mes. Metrol.*, vol. 18, no. 1, pp. 43–48, 2019.
- [51] V. Thirupathi and K. Sagar, “Implementation of home automation system using mqtt protocol and esp32,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 2C2, pp. 111–113, 2018.
- [52] I. Al Abbas, “ESP32 Based Data Logger,” vol. 8, no. 5, pp. 259–267, 2019.
- [53] B. Fornillo, “¿A qué llamamos Recursos Naturales Estratégicos? El caso de las baterías de litio en Argentina (2011-2014),” pp. 79–89, 2014.
- [54] P. En et al., “Perspectivas En El Procesamiento De Materiales - Electrodo Para Baterías De Ion Litio En Bolivia,” *Rev. Boliv. Química*, vol. 29, no. 1, pp. 15–38, 2012.