

PROTOTIPO DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE MEDICAMENTOS PARA PERSONAS DE LA TERCER EDAD.

CRISTHIAN CAMILO VELANDIA LLANOS
ANDRES FELIPE RONCANCIO ROJAS

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
ING. ERNESTO SABOGAL GOMEZ

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MAYO, 2020

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ÁREA DE ÉNFASIS: EQUIPOS MEDICOS

**PROTOTIPO DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE MEDICAMENTOS
PARA PERSONAS DE LA TERCERA EDAD**

CRISTHIAN CAMILO VELANDIA LLANOS
ANDRES FELIPE RONCANCIO

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
ING. ERNESTO SABOGAL GOMEZ

NOTA DE SALVEDAD

Según el artículo 37 del 14 de diciembre de 1989 del acuerdo 017, "La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia".

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotros en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A nuestros padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que nos han tenido. No tenemos palabras para agradecerles las incontables veces que nos brindaron su apoyo en todas las decisiones que hemos tomado a lo largo de nuestras vidas, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darnos la libertad de desenvolvernos como seres humanos.

A nuestros amigos. Con todos los que compartimos dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos de la Universidad, que se convierten en amigos de vida, aquellos que serán nuestros colegas y a nuestro director Ing. Sabogal agradecerle por el acompañamiento que ha realizado a nuestro proyecto de grado, al tiempo empeñado en nosotros, en atender nuestras dudas, realizar correcciones y sugerencias del proyecto en general. Así que nuevamente le agradecemos por su colaboración para con nosotros y todo el proceso que realizamos hasta este punto, gracias por todo su apoyo y momentos divertidos.

RESUMEN

La tercera edad, compuesta de adultos mayores que por su avanzada edad presentan problemas y deficiencias a nivel cognitivo y en sus organismos, lo cual deriva en múltiples enfermedades que requieren de tratamientos médicos asignado y controlados por el personal de salud. En las condiciones de esta edad, mayormente se ve afectada la memoria y así mismo el olvido de consumo de medicamentos. Visto este problema como estudiantes de ingeniería electrónica se implementó un prototipo dispensador automático de medicamentos para adultos de la tercera edad, en el cual, mediante sistemas mecánicos e implementación de hardware y software, se controló de manera automática la entrega de pastillas en tipo tableta junto con alertas programadas para recordar al adulto la ingesta de sus medicamentos y proporcionar la toma indicada en cuanto a cantidad y tipo de pastilla. Mediante este desarrollo se aseguró el funcionamiento y una correcta manera de alerta y entrega de estos medicamentos al adulto mayor.

Palabras clave: cronograma, dispensador, edad, electrónica, ingeniería, medicamentos, solución, tecnologías.

ABSTRACT

The elderly, made up of older adults who due to their advanced age have problems and deficiencies at the cognitive level and in their organisms, which leads to multiple diseases that require medical treatments assigned and controlled by health personnel. In the conditions of this age, memory is affected mainly and forgetfulness of medication consumption. In view of this problem, as electronic engineering students, a prototype automatic dispenser for older adults was implemented, in which, through mechanical systems and the implementation of hardware and software, the delivery of pills in tablet type was automatically controlled together with programmed alerts to remind the adult of their medication intake and provide the indicated intake in terms of quantity and type of pill. Through this development, the operation and a correct way of alerting and delivering these medications to the elderly were ensured.

Keywords: age, chronogram, dispenser, electronics, engineering, medicines, solution, technologies.

Tabla de Contenidos

1	Introducción	1
2	Definición del problema	2
2.1	Contexto	2
2.2	Manifestación	2
2.3	Causas.....	2
2.4	Efectos	3
2.5	Aspectos a solucionar	3
2.6	Justificación del proyecto	3
2.7	Propuesta de solución	4
3	Objetivos:.....	5
3.1	General.....	5
3.2	Específicos	5
4	Requerimientos.....	6
4.1	Funcionales	6
4.2	De calidad	7
4.3	Restictivos	8
5	Plan de Pruebas	9
5.1	Prueba de diseño:	9
5.2	Prueba de Objetivos	9
5.3	Prueba de Requerimientos	9
5.4	Prueba de Aceptación.....	10
6	Metodología.....	11
6.1	Seminario de investigación.....	11
6.2	Proyecto I.	11
6.3	Proyecto II.....	11
7	Recursos necesarios	13
7.1	Recursos de tiempo	13
7.2	Recursos humanos.....	13
7.3	Recursos técnicos.	13
7.4	Recursos materiales	13
7.5	Recursos de financiación	13
8	Estado del arte.....	14
8.1	Bases teóricas	14
8.2	Tecnología	17

8.3	Glosario de términos	20
9	Diseño Funcional	22
9.1	Caja con entradas y salidas.....	22
9.2	Mínimo dos alternativas, a nivel de bloques	22
9.3	Nombre de señales entre cajas.....	24
9.4	Funciones de cada caja	24
9.5	Selección de alternativa	24
10	Diseño detallado	26
10.1	Subsistema dispensador de medicamentos.	26
10.2	Subsistema unidad central de procesamiento.....	29
10.3	Subsistema dispensador de agua.....	34
10.4	Subsistema Interfaz	38
10.5	Subsistema sistema de potencia	42
10.6	Subsistema Humedad y Temperatura.....	46
10.7	Subsistema Pastillero.....	50
10.8	Esquemáticos del sistema	53
11	Plan de Pruebas del Sistema	55
11.1	Plan de pruebas de componentes	55
11.2	Plan de pruebas de subsistemas.....	58
11.3	Plan de pruebas de integración	60
12	Diseño industrial	61
12.1	Descripción del contexto.....	61
12.2	Casos de uso.....	61
12.3	Requerimientos Industriales.....	63
12.4	Materiales, procesos y normativas. materiales.....	64
12.5	Normativas.....	64
12.6	Planificación de producción.	65
12.7	Diseño detallado selección de materiales.....	69
13	Implementación y pruebas de subsistemas	86
13.1	Dispensador de medicamentos.....	86
13.2	Unidad central de procesamiento.....	91
13.3	Dispensador de agua.....	93
13.4	Unidad de potencia	97
13.5	Temperatura y humedad	99
13.6	Interfaz	100

13.7	Pastillero.....	102
14	Integración y pruebas del sistema	104
14.1	Integración del sistema	104
14.2	Pruebas de integración.....	114
15	Pruebas del sistema	119
16	Ajustes	124
16.1	Cambio en el material de construcción.	124
16.2	Cambio de pantalla.	124
16.3	Cambio sistema de Identificación.....	125
16.4	Cambios ventiladores.	126
17	Pruebas del Sistema de ajustes	127
18	Manuales	128
18.1	Manual de operación.....	128
19	Resultados	129
20	Discusión	132
21	Conclusiones	134
22	Referencias Documentales	135
23	Anexos.....	136
23.1	Anexo A. Código del programa.	136
23.2	Anexo B. Diseños originales del sistema de dispensado.....	145
23.3	Anexo C. Datasheets de algunos componentes	146
23.4	Anexo D. Normas Invima.....	147
23.5	Anexo E. Manual de operación	147

Lista de Figuras

Figura 1. Flujograma.....	12
Figura 2. Tamaño de medicamentos [2].....	16
Figura 3. Pastillero SIDD.....	17
Figura 4. Pastillero NOMAD.....	18
Figura 5. Pastillero CAREOUSEL.....	18
Figura 6. Sistema SPD.....	19
Figura 7. Pastillero sencillo con alarma.....	19
Figura 8. Pastillero semanal o mensual.....	20
Figura 9. Caja negra con entradas y salidas.....	22
Figura 10. Propuesta 1.....	23
Figura 11. Propuesta 2.....	23
Figura 12. Sistema dispensador de medicamentos.....	26
Figura 13. Micro servo referencia de mg90s.....	27
Figura 14. Diagrama interno de servo motor en un sistema de carga. [15].....	28
Figura 15. Esquemático de Proteous, subsistema de dispensado de medicamentos.....	28
Figura 16. Sistema de control (CPU).....	29
Figura 17. Raspberry PI 3+.....	32
Figura 18. Diagrama de bloques del subsistema.....	33
Figura 19. Esquemático del manejo de la CPU.....	33
Figura 20. Sistema dispensador de agua.....	34
Figura 21. Mini bomba de agua con caudal controlado por el voltaje.....	35
Figura 22. Fotodiodo acoplado para conexión Arduino.....	36
Figura 23. Esquemático general del subsistema con los componentes.....	37
Figura 24. Esquemático de indicador de nivel de agua.....	37
Figura 25. Subsistema interfaz.....	38
Figura 26. Pantalla 3.5 pulgadas.....	39
Figura 27. Diagrama de bloques del subsistema.....	40
Figura 28. Diagrama de bloques del funcionamiento de la pantalla [14].....	40
Figura 29. Esquemático interna de la pantalla LCD [14].....	41
Figura 30. Subsistema de potencia.....	42
Figura 31. Diagrama de bloques de subsistema.....	44
Figura 32. Esquemático interno de la UPS. [11].....	44
Figura 33. Esquemático en Liveware de la pcb para potencia.....	45
Figura 34. Subsistema humedad y temperatura.....	46
Figura 35. Sensor DHT11 acoplados para Arduino.....	47
Figura 36. Ventilador genérico de 12cm.....	48
Figura 37. Diagrama de bloques de subsistema.....	49
Figura 38. Esquemático con un driver y el sensor DHT11.....	49
Figura 39. Subsistema pastillero.....	50
Figura 40. Pastillero común del mercado.....	51
Figura 41. Diagrama de bloques del sistema.....	52
Figura 42. Esquemático del subsistema.....	52
Figura 43. Esquemático general del sistema.....	53
Figura 44. Planos isométricos diseño 2.....	65
Figura 45. Planos isométricos diseño 2.....	66
Figura 46. Plano isométrico.....	67
Figura 47. Plano derecho.....	67

Figura 48. Plano frontal	67
Figura 49. Plano izquierda	68
Figura 50. Plano isométrico.....	68
Figura 51. Plano frontal	68
Figura 52. Plano izquierdo	69
Figura 53. Plano derecho.....	69
Figura 54. Figura hecha de plástico ABS.....	70
Figura 55. Acrílico transparente de 1/4.....	71
Figura 56. Tabla MDF.....	72
Figura 57. Raspberry pi 3 b+	72
Figura 58. Arduino mega 2550	73
Figura 59. Fan 12cm [12]	74
Figura 60. Filtro para uso de computadores.....	74
Figura 61. Buzzer de dos terminales positivo y negativo.....	75
Figura 62. Motobomba mini de dos terminales.....	76
Figura 63. Micro servo mg90s	76
Figura 64. Fotodiodo con acople.....	77
Figura 65. DHT11 sin acople	78
Figura 66. UPS genérica	78
Figura 67. NFC para conexión directa de Arduino	79
Figura 68. Pantalla de 3.5 pulgadas.	80
Figura 69. Cable bus de datos. [13].....	80
Figura 70. Manguera transparente para agua	81
Figura 71. Bisagras retractiles	81
Figura 72. Pastillero genérico	82
Figura 73. Fuente conmutada de 5v -4ª [12].....	82
Figura 74. Conector para cable de bus de datos.....	83
Figura 75. TIP 42c pnp de potencia	84
Figura 76. Conector hembra USB tipo a [13].....	84
Figura 77. Carcasa de los contenedores de medicamentos.	86
Figura 78. Contenedor de medicamentos	87
Figura 79. Contenedor con los accesorios.....	87
Figura 80. Contenedores con respectivos micro servos	88
Figura 81. Subsistema de dispensador de medicamentos	88
Figura 82. Conexión Raspberry y Arduino	89
Figura 83. Programación inicial.....	89
Figura 84. Vinculación de los servos con los PWM	90
Figura 85. Activación de servos.	90
Figura 86. Comunicación serial entre Raspberry y Arduino	91
Figura 87. Programación interna del Raspberry	92
Figura 88. Programación base para IoT.....	92
Figura 89. Esquemático del subsistema dispensado de agua	94
Figura 90. Montaje de sistema de agua.....	94
Figura 91. Pcb con conexión de motor al driver L293D.....	95
Figura 92. Indicador de nivel de agua.	96
Figura 93. indicador de leds de nivel de agua	96
Figura 94. Cable de conductividad para el nivel de agua	97
Figura 95. Fuente conmutada con los debidos cables.....	98

Figura 96. Pcb con conectores para su alimentación de 5v.	98
Figura 97. Dispensado de agua	99
Figura 98. Pantalla con variables de humedad y temperatura	100
Figura 99. Pantalla de inicio	101
Figura 100. Segunda pantalla.....	101
Figura 101. Programación de pantallas.....	102
Figura 102. Pastillero	103
Figura 103. Diseño en Corel para corte laser, parte frontal.....	104
Figura 104. Diseño en Corel para corte laser, parte derecha e izquierda	105
Figura 105. Diseño en Corel para corte laser, parte superior.....	105
Figura 106. Base en acrílico del prototipo.	106
Figura 107. Base con algunos de los componentes	106
Figura 108. Conexión de los subsistemas	107
Figura 109. Soporte para Raspberry.....	107
Figura 110. Conexión Raspberry y Arduino	108
Figura 111. Salida de agua en el dispensador	109
Figura 112. Circuito con alimentación de 2.5v	109
Figura 113. Montaje de subsistema en la carcasa principal	110
Figura 114. Pantalla principal	111
Figura 115. Pantalla administradora de pruebas	111
Figura 116. Pantalla sensor DHT11	111
Figura 117. Programación Arduino para el sensor DHT11.....	112
Figura 118. Software de programación Arduino.....	112
Figura 119. PCB potencia.....	113
Figura 120. DHT11 con el montaje	113
Figura 121. Integración de los sistemas	114
Figura 122. Bocetos de sistemas de dispensado	145
Figura 123. Planos isometricos de bocetos de dsistemas de dispensado	146
Figura 124. Plano tridimensional.....	146

Lista de Tablas

Tabla 1. Presupuesto estimado del proyecto. _____	13
Tabla 2. Variables externas del sistema _____	22
Tabla 3. Tabla comparativa motores. _____	27
Tabla 4. Tabla de comparación de microcontroladores. _____	31
Tabla 5. Tabla comparativa de las bombas de agua. _____	35
Tabla 6. Tabla de comparación de los sensores infrarrojos. _____	36
Tabla 7. Tabla comparativa de pantallas. _____	39
Tabla 8. Tabla comparativa de las UPS del mercado. _____	43
Tabla 9. Tabla comparativa de reguladores de voltaje. _____	43
Tabla 10. Tabla de comparación de sensores. _____	46
Tabla 11. Tabla comparativa de ventiladores. _____	48
Tabla 12. Tabla comparativa de los pastilleros. _____	51
Tabla 13. Tabla prueba de Raspberry _____	55
Tabla 14. Prueba pantalla táctil _____	55
Tabla 15. Prueba de Servomotores _____	56
Tabla 16. Prueba de alarmas _____	56
Tabla 17. Prueba Infrarrojos _____	56
Tabla 18. Prueba motobomba _____	57
Tabla 19. Prueba humedad y temperatura _____	57
Tabla 20. Prueba Ventiladores. _____	57
Tabla 21. Prueba de tarjeta de potencia _____	58
Tabla 22. Subsistema CPU y dispensador. _____	58
Tabla 23. Subsistema humedad y temperatura _____	58
Tabla 24. Subsistema interfaz _____	59
Tabla 25. Subsistema dispensador de agua _____	59
Tabla 26. Subsistema potencia y modulo físico. _____	59
Tabla 27. Subsistema IoT y CPU _____	60
Tabla 28. Prueba de integración _____	60
Tabla 29. Prueba del sistema _____	60
Tabla 30. Especificaciones del acrílico _____	71
Tabla 31. Especificaciones de Raspberry _____	72
Tabla 32. Especificaciones Arduino mega _____	73
Tabla 33. Pruebas de integración general _____	114
Tabla 34. Tiempo de entrega dispensador 1 _____	115
Tabla 35. Tiempo de entrega dispensador 2 _____	115
Tabla 36. Tiempo de entrega dispensador 3 _____	116
Tabla 37. Tiempo de entrega dispensador 4 _____	116
Tabla 38. Tiempo de entrega dispensador 5 _____	117
Tabla 39. Tiempo vs tiempo medido _____	117
Tabla 40. Medición distancia vs db _____	118
Tabla 41. Pruebas de programación _____	118
Tabla 42. Prueba de Raspberry y Arduino con la pantalla _____	119
Tabla 43. Prueba Raspberry, Arduino y sensor de temperatura _____	119
Tabla 44. Prueba Raspberry, Arduino con sensor _____	120
Tabla 45. Prueba Raspberry, Arduino y IoT _____	120
Tabla 46. Prueba general de potencia _____	120
Tabla 47. Prueba general de dispensador de agua _____	121

Tabla 48. Prueba general de Raspberry con solo pantalla	121
Tabla 49. Prueba total del sistema	122
Tabla 50. Respuesta total del sistema	123
Tabla 51. Porcentaje de error en el dispensado	129

1 INTRODUCCIÓN

A través de los años en la sociedad podemos apreciar que en el ciclo natural de la vida las personas envejecen y después de cierta edad se comienzan a agrupar dentro de los 'adultos de la tercera edad', estos se caracterizan por comenzar a presentar degeneraciones en sus capacidades cognitivas y deficiencias en el funcionamiento de algunos de sus órganos. Una de las deficiencias que más afecta a esta edad son los problemas de memoria y retentiva los cuales pueden traer complicaciones en aspectos generales de sus vidas.

Normalmente estas personas necesitan una atención especializada ya que las enfermedades son más comunes y sus cuidados son rigurosos y delicados para poder asegurar su calidad de vida. Con el paciente colaborando para terminar su ciclo de vida de una manera plena y placentera, prestando atención a sus necesidades básicas, al tratamiento de sus enfermedades y un estado de salud estable.

La familia moderna utiliza las diversas herramientas tecnológicas que faciliten el acompañamiento y seguimiento de los diversos tratamientos médicos a los cuales las personas de la tercera edad se ven sometidos, ya que al adquirirse responsabilidades la capacidad de mantener una vigilancia completa al adulto se ve limitada a tiempos muy cortos o no lo suficientemente permanentes en los cuales se pueda asegurar la correcta ingesta de los medicamentos asignados al paciente.

Así que desde la ingeniería electrónica se planteó el desarrollo de un prototipo dispensador automático de medicamentos para adultos de la tercera edad, mediante la implementación de dispositivos programables, sensores, actuadores, diseños mecánicos e industriales, se realizó un sistema que realiza entregas automáticas de medicamentos en cantidades y dosis previamente indicadas por el médico tratante del adulto, al emplear dispositivos que generan alertas sonoras el sistema emite alertas al adulto que indican que es tiempo de tomar su dosis de medicamentos, mediante una interfaz táctil se interactúa con el mismo, adicionalmente el dispositivo el sistema cuenta con un dispensado de agua a gusto del adulto mayor para acompañar la ingesta de las pastillas de tipo tableta. Así mismo manteniendo ciclos continuos de dispensado que semanalmente se revisan y de ser necesario se actualizan según el proceso médico que se esté cumpliendo, previamente entregado y autorizado por el médico tratante.

Permitiendo que el dispositivo de medicamentos entregara los medicamentos en tipo y cantidad estipuladas por el cronograma de asignación de medicamentos al adulto de la tercera edad, junto con esto, un sistema de alertas visuales y sonoras que cumplieron satisfactoriamente con su fin dirigir a la ingesta de lo previamente dispensado por el sistema y asistiendo el uso del prototipo con la interfaz que respondió a cada toque realizado a la misma y permitiendo una correcta integración en hardware y software, dando como resultado un cumplimiento a los objetivos propuestos para este proyecto.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día los tratamientos médicos a los cuales se ven sometidos las personas de la tercera edad son muy rigurosos, ya que a su avanzada edad el organismo presenta fallas, las cuales afectan directamente su calidad y esperanza de vida.

Las personas de avanzada edad por lo general no son los más adecuados para estar al pendiente de las cantidades de medicamentos y en los horarios que los deben ingerir, ya que se tienen que tener en cuenta muchas otras de las necesidades como bien sea alimentarse y hacer sus necesidades fisiológicas.

Parte de los tratamientos médicos asignados a cada persona de la tercera edad deben estar controlados por fallos en su memoria a largo y a corto plazo, estas afectaciones a sus capacidades cognitivas se van haciendo mayores con el transcurso del tiempo. Debido a que olvidan los medicamentos que deben consumir o a la hora que deben consumirlos, generando la interrupción del tratamiento médico por falta de continuidad afectando y degenerando directamente la salud del paciente.

Las personas de la tercera edad en muchas ocasiones olvidan consumir sus medicamentos a la hora estipulada o el medicamento deben consumir, debido a estos factores la supervisión por parte de los familiares es menos rigurosa y poco a poco irán degenerando su estado de salud. Y directamente se verá afectada la tranquilidad de sus familiares al no poder mantener un control preciso sobre la ingesta de los medicamentos.

2.1 Contexto

Las personas de la tercera edad tienen distintas designaciones de administración de medicamentos en determinadas dosis y tiempos, los cuales son definidos por los médicos tratantes, al presentar fallos o problemas en los distintos tipos de control y aseguramiento de la ingesta de los mismos por parte del paciente, afecta directamente su salud y el avance en el tratamiento o control de las distintas afecciones a su organismo o las patologías existentes.

2.2 Manifestación

Para las personas de la tercera edad, se vio la necesidad de crear métodos para asegurar la continuidad de sus tratamientos asignados por medio de medicamentos que se toman a horas y cantidades específicas. Normalmente ingieren varios medicamentos entre 15 y 17 pastillas, en varias dosis y horarios diferentes. Debido a las altas dosis muchas veces olvidan tomar sus medicamentos en la cantidad adecuada, o el medicamento indicado o en el peor de los casos olvidan tomarlos.

Y en caso de mantener tratamientos debido a la cantidad de los mismos, si la persona sale de su hogar y no tiene sus medicamentos listos o a mano normalmente olvida tomarlos y el al no tener sus medicamentos en el momento puede complicar las situaciones o restar independencia del hogar a la pareja de abuelos.

2.3 Causas

En la tercera edad las personas presentan un deterioro o pérdida de sus funciones cognitivas dentro de las cuales encontramos la memoria a largo y corto plazo, dentro de su memoria a corto plazo pueden olvidar la ingesta de un medicamento en el horario estipulado para su tratamiento o pueden llegar a olvidar que medicamento deben tomar en específico y debido a que no todo el tiempo se cuenta con una persona que supervise este proceso el riesgo de interrumpir o alterar los tratamientos a la salud del paciente mediante la ingesta de pastillas. El paciente se ve altamente afectado.

2.4 Efectos

Cuando el adulto de la tercera edad comienza a tener una discontinuidad en la ingesta de sus medicamentos, primeramente su salud se ve directamente afectada ya que no aporta los medicamentos necesarios para asegurar la recuperación o el funcionamiento óptimo del organismo, representa también pérdidas económicas para él y sus familiares que se encargan directamente de la compra de los medicamentos o el mismo dinero del paciente, gasto que se representa directamente en la compra en exceso o pérdida de los medicamentos. Y al detener y obstaculizar los tratamientos médicos por la discontinuidad en el suministro e ingesta de pastillas al paciente, deben tomarse medidas por parte del médico tratante de cambiar los medicamentos llegando a presentar efectos secundarios nuevos o más fuertes para suplir el daño causado por la no ingesta de los medicamentos, también afecta su economía al realizar cambio de medicamentos para la misma afección hay un desperdicio lo cual es dinero perdido y una nueva inversión para los nuevos medicamentos destinados al tratamiento en curso.

2.5 Aspectos a solucionar

- Mejorar el sistema de dispensado de medicamentos.
- Asegurar la ingesta y disponibilidad de los medicamentos para el adulto de la tercera edad.
- Ayudar en las responsabilidades de los encargados de las personas de la tercera edad.
- Dar independencia a las personas de edad respecto al consumo de sus medicamentos.
- Asistir en el dispensado de medicamentos con un sistema portátil, para el consumo en situaciones inesperadas.

2.6 Justificación del proyecto

Con el dispensador automático de medicamentos para personas de la tercera edad. Se busca solventar cualquier clase de error humano en la asignación de medicamentos para el tratamiento de las enfermedades y seguimiento a los tratamientos asignados a cada persona.

Además, teniendo en cuenta que cada medicamento necesita un ambiente controlado para mantener y asegurar el punto óptimo de conservación. Se tendrán estos aspectos como parámetro para no solo crear un dispensado efectivo de los medicamentos, sino asegurar su perfecto estado para ofrecer lo mejor a los usuarios y minimizar las pérdidas de medicamentos por descuido del mismo.

Sumando características adicionales como asegurar electrónicamente la verificación de identidad del paciente para asegurar que los medicamentos si se entregaran a la persona indicada, además el aviso del suministro del medicamento en su debido momento, también

que cuenta con un dispositivo portátil para cuando el adulto de la tercera edad no se encuentre en su hogar es una de las alternativas más convenientes en cuanto no esté cerca del dispensador de medicamentos implementando tecnologías IoT para generar alertas al usuario y siempre mantenerlo al tanto de la ingesta de sus medicamentos.

2.7 Propuesta de solución

Dispensador automático de medicamentos para personas de la tercera edad.

3 OBJETIVOS:

3.1 General

Diseñar, implementar y se realizar pruebas de prototipo de dispensador automático de medicamentos para personas de la tercera edad

3.2 Específicos

- Diseñar un prototipo de dispensador fijo de medicamentos para una persona de la tercera edad. El cual contendrá tanto el dispositivo central, como el extendido.
- Implementar prototipo de dispensador de medicamentos central y extendido para una persona de la tercera edad.
- Realizar pruebas y ajustes de prototipo.
- Crear un manual de instalación de prototipo.
- Crear un manual de operación de prototipo.

4 REQUERIMIENTOS

4.1 Funcionales

- El sistema realizará entregas de medicamentos llamados dispensados, en periodos determinados con base a un cronograma asignado mediante programación.
- El sistema se cargará con pastillas de tipo tabletas de entre 1.8 CM hasta 2.5 CM de largo y entre 0.6 CM a 1 CM de ancho, con un grosor máximo de 0.6 CM, aceptará hasta 6 tipos de medicamentos diferentes los cuales estarán en una caja de dispensado propia que podrá contener hasta 20 pastillas del mismo tipo. Las cuales se entregarán de acuerdo a una programación semanal asignada por medios externos por medio de un PC, entregará las pastillas indicadas por la programación acompañada de un vaso de agua de 5 onzas.
- El sistema entregará pastillas de tipo tabletas de medidas entre 1.8 cm hasta 2.5 cm de largo y entre 0.6 cm y 1 cm de ancho y un grosor máximo de 0.6 cm.
- El sistema entregará la cantidad de 5 onzas de agua en un vaso, para asistir el consumo de las pastillas entregadas por el dispositivo.
- El sistema entregará alertas sonoras para el consumo de medicamentos mediante pulsos de audio intermitentes durante 1 minuto, espera 30 segundos y sonará nuevamente. Este ciclo se repetirá 4 veces.
- El sistema deberá enviar un mensaje de texto al celular del administrador informando sobre alertas (nivel de medicamentos bajo, nivel de agua bajo o en caso de que no se reciban los medicamentos por parte del usuario luego de los 5 ciclos de alertas sonoras).
- El sistema tendrá identificación por medio de NFC para que el administrador pueda acceder e interactuar con la interfaz del dispensador de medicamentos.
- El sistema contará con una pantalla táctil retroiluminada en la cual mostrará las alertas y permitirá interactuar para la recepción de medicamentos según el paciente, así mismo proveerá un menú para que el administrador interactúe con el dispensador de medicamentos.
- El sistema deberá estar conectado a una red Wifi con acceso a internet para su correcto funcionamiento.
- El sistema deberá contar con un tanque de agua de capacidad máxima de un litro el cual va a suministrar las tomas de 5 onzas de agua al paciente, esta cantidad de agua en el tanque suplirá el suministro de agua diario del adulto de la tercera edad.
- El tanque de agua deberá cargarse diariamente hasta el nivel indicado como máximo para asegurar el correcto suministro de agua.
- El sistema contará con una alerta de bajo nivel de agua en el tanque, el cual avisará al sistema cuando el nivel de agua no sea el necesario para realizar un dispensado de agua mediante la activación de un diodo led en el chasis del dispositivo.
- El sistema deberá entregar 6 tipos diferentes de medicamentos los cuales tendrán una carga máxima de 20 pastillas por cada dispensador, correspondientes a cada tipo de medicamento.
- El sistema emitirá alertas por mensaje de texto al administrador informando nivel bajo de determinado medicamento, cuando en un dispensador se encuentren menos de 2 pastillas.
- El sistema se deberá programar externamente mediante el uso de un cable HDMI, un teclado y un ratón con conexión USB y una pantalla con conexión HDMI.

- El sistema deberá estar conectado permanentemente a internet mediante una conexión wifi debido a que muchas de las funciones del sistema están sincronizadas con información obtenida en tiempo real desde internet.
- El sistema deberá estar conectado al suministro eléctrico para poder realizar la programación de este.
- El sistema después de realizar la programación debe desconectarse los cables (HDMI, ratón, mouse y pantalla HDMI) y debe reiniciarse para aplicar la configuración establecida.
- El sistema se debe programar únicamente por el administrador.
- Para la programación se debe usar el programa de "Geany" el cual está instalado previamente en el CPU del dispositivo.
- El sistema deberá realizar un proceso de dispensado de medicamentos el cual debe consistir en la salida o expulsión de UNA (1) pastilla desde el dispensador de pastillas que sea requerido para la acción causada por la programación con el cronograma de medicamentos.
- El sistema tendrá iluminación en la zona de entrega de medicamentos para facilitar la visualización, entrega y recepción de medicamentos por parte del adulto de la tercera edad.
- El sistema deberá cargarse manualmente mediante la extracción de la tapa del dispositivo y colocando el medicamento asignado previamente a cada dispensador, este se debe colocar sobre la bandeja superior en posición horizontal y dejar caer suavemente.
- El sistema por cada dispensador de medicamentos debe cargarse con un máximo de 20 pastillas y un mínimo de 2 pastillas.
- La interfaz del dispositivo debe contener letra grande y legible a más de 15 CM de distancia para facilitar su lectura.
- El sistema debe manejar colores básicos RGB (rojo- verde-azul) para facilitar su lectura y referenciación de alertas.
- La interfaz debe estar ubicada en una zona despejada (no estará cubierta por ninguna otra parte del dispositivo) del prototipo que facilite su acceso y lectura.

4.2 De calidad

- El sistema deberá entregar las pastillas de tipo tabletas totalmente completas, sin ningún daño, totalmente secas y sin ningún añadido.
- El sistema deberá entregar agua limpia, sin ningún color u olor, en un vaso la cantidad de más o menos 5 onzas.
- El sistema debe respaldar la alimentación eléctrica mínimo 2 horas de funcionamiento completo, en caso de que el suministro eléctrico doméstico se vea alterado.
- El sistema debe emitir alertas sonoras las cuales deben escucharse mínimo a 5 metros de distancia del prototipo.
- El sistema debe enviar mensajes de alerta al administrador o usuario de forma inalámbrica.
- El Sistema de cumplir con las normas Invima (Decreto 2200 de 2005 y resolución N°1403 de 2007), que garantiza el almacenamiento adecuado de los medicamentos.

4.3 Restrictivos

- El sistema no debe recibir golpes ni ningún tipo de acción mecánica externa.
- El dispositivo no puede estar expuesto directamente a la luz solar
- El dispositivo no se debe dejar al alcance de los niños
- El sistema debe estar conectado permanentemente a la UPS la cual así mismo debe estar conectada al tomacorriente con un voltaje de 110V AC (voltaje doméstico promedio en Colombia).
- El sistema no debe estar bloqueado por ninguno de sus lados y no bloquear las entradas y salidas de aire de este.
- El sistema debe cargarse en su tanque de agua única y exclusivamente con agua pura (sin ningún tipo de añadido)
- El sistema no se puede cargar de medicamentos de una manera distinta a la indicada en la documentación.
- El sistema no debe cargarse con pastillas que estén en mal estado o rotas.
- El sistema únicamente debe cargarse con pastillas de tipo tableta de medidas entre 1.8 CM hasta 2.5 CM de largo y entre 0.6 CM a 1 CM de ancho.
- El sistema tendrá compartimentos suficientes para máximo 6 tolvos de 20 medicamentos en forma de pastilla tipo tableta.
- El sistema será utilizado por una persona que no tengan ningún impedimento para desplazarse o que le impida interactuar con el dispositivo.
- El sistema requerirá ser programado semanalmente.
- El sistema estará cargado con medicamentos suficientes para suplir las necesidades del paciente durante una semana (7 días).
- El sistema tendrá un dispensador de agua por medio de tanque que suministrará el líquido suficiente para un día.
- La temperatura en que el sistema se va a mantener el sistema debe ser de máximo 25° grados centígrados.

5 PLAN DE PRUEBAS

Para estas pruebas serán necesario contar con diferentes herramientas e instrumentos. Estas consistirán en realizar la comprobación del cumplimiento de objetivos y requerimientos estipulados en este documento. A continuación, se presenta la generalización del proceso a realizar y pequeña descripción del proceso, el cual se presenta a profundidad en el capítulo 10 y 11 del presente documento.

5.1 Prueba de diseño:

5.1.1 Se realizará la revisión del diseño del modelo. En el cual se detallará cada una de las partes de la estructura física y diseño industrial del prototipo, este análisis es meramente cualitativo y apelando a la comparación entre el diseño propuesto y el resultado final del prototipo.

5.1.2 Se realizarán las pruebas de calidad. Se revisará cada componente físico entregado, que su estado este en excelentes condiciones revisando parte por parte, en busca de desperfectos u errores en los componentes.

5.2 Prueba de Objetivos.

5.2.1 Se realizará la revisión del diseño del modelo con base a los objetivos propuestos, en esta etapa se debe valorar el funcionamiento final entregado por el prototipo revisando que este cumpla con los objetivos generales.

5.2.2 Se realizará la revisión del diseño del modelo con base a los objetivos propuestos, en esta etapa se debe valorar el funcionamiento final entregado por el prototipo revisando que este cumpla con los objetivos específicos.

5.2.3 Se realizarán pruebas del funcionamiento con una programación inicial, asignando una programación ficticia en la cual se busca colocar el dispositivo en funcionamiento para observar comprobaciones del proceso de pruebas del prototipo.

5.3 Prueba de Requerimientos.

5.3.1 Se realizarán las respectivas pruebas de cada módulo que compone el prototipo, comprobando su funcionamiento dentro del sistema y así mismo desembocando en el funcionamiento y cumplimiento de requerimientos.

5.3.2 Se realizarán las pruebas integración de cada módulo, revisando la correcta interconexión entre distintos subsistemas del dispositivo, se revisará el estado de las conexiones y la activación y funcionamiento de partes mecánicas.

5.3.3 Se realizarán la respectiva revisión de programación independiente de cada módulo, asignando diferentes labores de pruebas desde la interfaz del sistema.

5.4 Prueba de Aceptación.

5.4.1 Se realizará una prueba piloto, en la que por medio de una programación asignada previamente se observará el cumplimiento de cada objetivo y requerimiento establecido para el prototipo, determinando además los tiempos de funcionamiento que estén dentro de los márgenes de tolerancia al error.

5.4.2 Se realizará una prueba por el usuario final, en la cual se someterá a la prueba de un adulto de la tercera edad, con las condiciones necesarias por el paciente para la ingesta de sus medicamentos.

6 METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló en tres diferentes etapas, a lo largo de la línea de investigación, planteamiento, desarrollo e implementación que corresponden al proceso formativo y metodológico propuesto por la facultad, las cuales consisten en.

6.1 Seminario de investigación.

En esta etapa del desarrollo se realizó una exhaustiva investigación de problemáticas sociales que pudieran brindarse una solución desde la ingeniería electrónica, como resultado se encontró un nicho de investigación y desarrollo, el cual fueron los adultos de la tercera edad y problemas de salud asociados al olvido de la ingesta de medicamentos en forma de pastilla de tipo tableta, se planteó la implementación de un prototipo dispensador automático de pastillas para adultos de la tercera edad, se establecieron unos objetivos para el proyecto y así mismo se realizó una investigación y se plasmaron los mismos en un documento.

6.2 Proyecto I.

Esta etapa se establecieron los requerimientos para el proyecto, los cuales se plantearon a partir de los objetivos y el aporte necesario desde la electrónica para el cumplimiento de los mismos, se realizaron dos propuestas de implementación para el prototipo, mediante el planteamiento de diferentes entradas y salidas a un sistema, para luego proceder a una investigación de componentes y tecnologías necesarias para el correcto desarrollo e implementación de la opción que se escogió a partir de las dos planteadas anteriormente, consecuente a esto se realizó el diseño industrial del dispositivo, seguido de diagramas eléctricos y adquisición de materiales necesarios para la fase de implementación.

6.3 Proyecto II.

Siendo esta la tercera y última fase de desarrollo del proyecto se procedió a recoger toda la información obtenida a lo largo del proceso investigativo, de desarrollo y planteamiento y se comenzó la implementación de todo el prototipo generando un diagrama de flujo del funcionamiento general del sistema para implementar correctamente en prototipo presentado en la *figura 1*, prueba de los componentes, su integración en distintos subsistemas, que luego pasaron a funcionar interconectados permitiendo la formación de un sistema y como tal implementando a cabalidad, alcanzando los objetivos propuestos para el mismo, además de permitir mediante diferentes pruebas al sistema comprobar el cumplimiento de los requisitos, plasmando estas pruebas en el documento del proyecto, realizando unas conclusiones y una discusión sobre el proceso realizado y necesario para llegar a este fin.

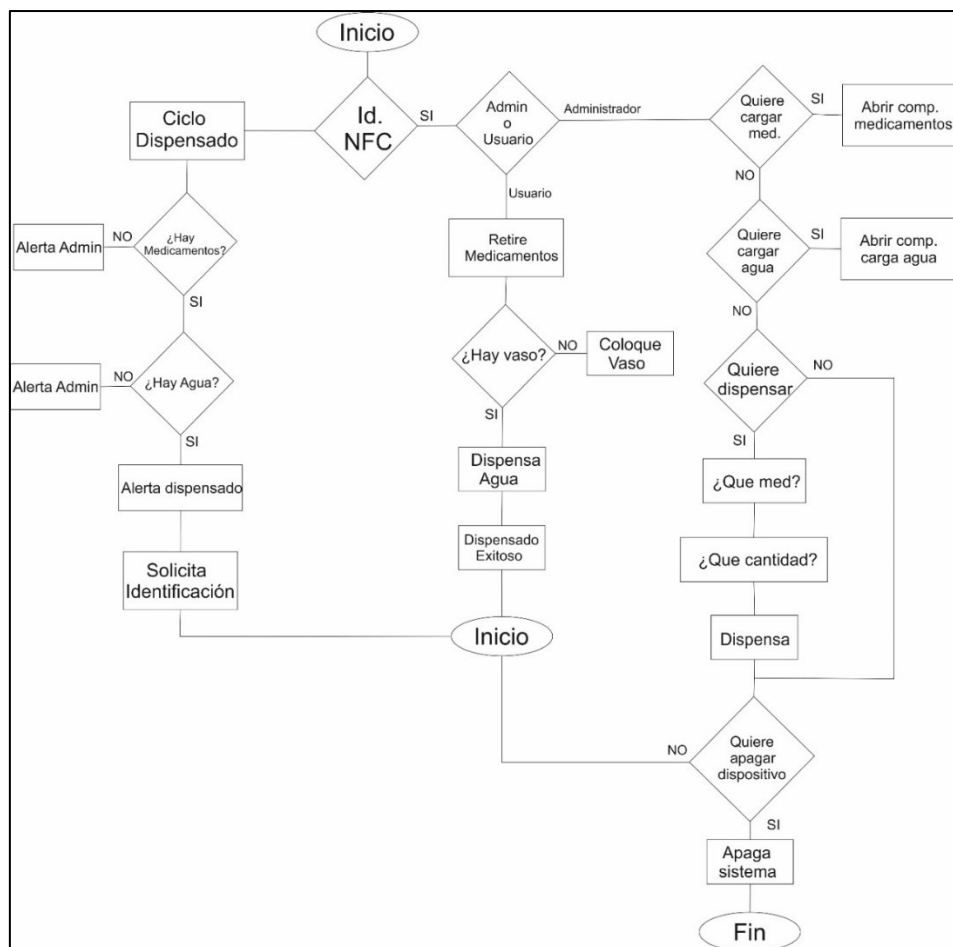


Figura 1. Flujograma.

7 RECURSOS NECESARIOS

7.1 Recursos de tiempo

El proyecto será desarrollado en dos fases, en donde la primera será la de diseño de 6 meses y la segunda fase será la de implementación y se pondrá a cabo en los siguientes 6 meses.

7.2 Recursos humanos

Los estudiantes que están al frente del proyecto para su desarrollo, tendrán la ayuda del director Ernesto Sabogal para el cumplimiento del proyecto.

7.3 Recursos técnicos.

- PC.
- Equipos de Laboratorio.
- Circuitos Impresos.
- Circuitos Integrados.

7.4 Recursos materiales

Sensores, láminas de acrílico, servomotores, cable, motobomba, actuadores, leds, pines, soldadura, cautín, fuente.

7.5 Recursos de financiación

Se espera que este proyecto llegue a estar en un proceso más avanzado con una siguiente fase de producción para otro ingeniero que quiera retomar el proyecto con nuevas tecnologías y mejor diseño.

A continuación, se establece un presupuesto para el proyecto realizando estimaciones de los recursos económicos necesarios para suplir la adquisición de materiales, su trabajo e implementación para el prototipo, este se presenta a continuación en la *tabla 1*.

Tabla 1. Presupuesto estimado del proyecto.

Construcción de dispensador	\$200.000
Circuitos impresos	\$150.000
Circuitos integrados	\$170.000
Dispositivos electrónicos	\$300.000
Conectores y herramientas de trabajo	\$100.000
Materiales reciclables	\$150.000
Otros gastos	\$100.000
Total	\$1.170.000

8 ESTADO DEL ARTE

8.1 Bases teóricas

Hoy en día cuando se habla del tema de la tercera edad, debido a la información que nos aportó la Universidad de Pasta, se puede evidenciar muchos aspectos en los cuales se basa la gente para decir que una persona ya está de avanzada de edad. Según el lema "Envejecimiento y Salud", propuesto por la Organización Mundial de la Salud para celebrar el Día Mundial de la Salud fueron encuestados 490 personas mayores de 65 años, y se le preguntó a qué edad se considera que debe hablarse de "la tercera edad", "adulto mayor", o "vejez" y cuantos medicamentos tomaban al día. El promedio que se evidencio por estas encuestas es de 6 a 12 medicamentos y el promedio de respuesta en cuento a la edad fue de 68 años, lo que no condice con el índice de la OMS, que lo fija a los 60 años [2].

Los datos indican que a medida que avanza la edad de los encuestados se incrementa la percepción de pertenencia al segmento de población de adultos mayores. Pero el dato más interesante es que sólo un 24% de la población encuestada menor a los 71 años se siente incluida en el colectivo de la tercera edad. Esto es destacable porque el 80% del total de la muestra considera que la "tercera edad" comienza antes de los 70 años. En estas encuestas se manifiesta la diferencia existente entre la respuesta a la pregunta de orden general y a la pregunta referida a su vida personal. Según los datos obtenidos, los 70 y los 75 años parecen constituir puntos de inflexión. [2].

El estudio del Observatorio y la Facultad de Ciencias Médicas de UFASTA indaga, además, sobre el significado de "ser viejo", y cuál es la reconfiguración de ese significado en esta época: "la vida de una persona tiene una dimensión individual, social, política, histórica que configura la vida personal según distintas modalidades y, por lo tanto, no hay una manera de envejecer, sino una pluralidad de alternativas". Por eso, en definitiva, la investigación concluye en que se debe asociar a los distintos modos de la "situación vital" que resulta de la concurrencia de múltiples variables que condicionan a la persona más allá del paso inexorable del tiempo que acumula años." [2].

En ese sentido, las personas mayores indican una enorme cantidad de actividades a que dedican su tiempo, manteniéndose activos, interesados y conectados con la realidad que los rodea: la mayoría destaca tener tiempo libre para realizar tareas domésticas, caminar, leer y dedicarse a sus nietos y familiares. Para ellos, los conceptos más importantes en esa etapa son los que se relacionan con el respeto y la bondad en los vínculos. Destacan que lo más valioso es la presencia de sus hijos, nietos y familiares. Son importantísimos la atención mutua, la vida compartida, el ser compañeros en la vida, ya sea con sus parejas o con sus hijos y nietos.

Sin embargo, el estudio destaca también que existen algunas dificultades que ellos reconocen en el ejercicio de las prácticas que realizan diariamente: cuando se consultó si se sienten limitados para hacer ciertas actividades, el 56% responde en forma afirmativa. La mayoría manifiesta tener limitaciones para la realización de actividades físicas como caminar, subir y bajar escaleras, correr, hacer deportes, andar en bicicleta, mover muebles. Destacan que es complicado todo lo que significa que levantar los brazos, barrer, andar en colectivo, desplazarse con rapidez, cocinar, agacharse, estar parado mucho tiempo, comer, sentarse y

pararse, coser, asistir a reuniones, entre otras. En suma, se sienten limitados en la ciudad y también en algunos espacios privados. [2].

Con el pasar del tiempo existen diferentes formas de almacenar medicamentos, desde un simple pastillero, hasta un sofisticado cubículo con todo tipo de tecnología para poder mantener la conservación de todo tipo de medicamentos, pero que tiene como objetivo el almacenamiento de medicamentos básicamente el objetivo es el cuidado y la conservación de las especificaciones químicas con las que fueron fabricados los medicamentos, Invima (Decreto 2200 de 2005 y resolución N°1403 de 2007), se deben tener unas condiciones adecuadas en el almacenamiento para poder garantizarlo: [3].

- Estar alejadas de sitios de alta contaminación para la conservación adecuada incluyendo la estabilidad de los medicamentos que puedan resultar afectados.
- Facilitar la circulación de personas y objetos. Estar situadas preferiblemente en el primer piso o en un mismo piso de las edificaciones. Las puertas que faciliten la circulación de personas y objetos.
- Pisos. Contar con pisos de material impermeable, resistente, uniforme y sistema de drenaje que permita la fácil limpieza y sanitización.
- Paredes. Tener paredes o muros impermeables, sólidos, de fácil limpieza y sanitización y resistentes a factores ambientales como humedad y temperatura.
- Techos y cielo rasos. Contar con techos y cielo rasos resistentes, uniformes y de fácil limpieza y sanitización.
- Iluminación. Contar con luz natural y/o artificial que permita la conservación adecuada e identificación de los medicamentos y el buen manejo de la documentación.
- Ventilación. Debe tener un sistema de ventilación natural y/o artificial que garantice la conservación adecuada de los medicamentos. No debe entenderse por ventilación natural las ventanas y/o puertas abiertas que podrían permitir la contaminación de los medicamentos con polvo y suciedad del exterior.
- Rayos solares. Evitar la incidencia directa de los rayos solares sobre los medicamentos.
- Condiciones de temperatura y humedad. Contar con mecanismos que garanticen las condiciones de temperatura y humedad relativa recomendadas por el fabricante. Se llevarán registros de control de estas variables con un termómetro adecuado y un higrómetro calibrado.
- No contacto con el piso. Los medicamentos no deben estar en contacto directo con el piso. Se ubicarán en estibas o estanterías de material sanitario, impermeable y fácil de limpiar.
- Mantenimiento de la cadena de frío. Los medicamentos que requieran refrigeración serán almacenados en cuartos fríos, refrigeradores (neveras) o congeladores. Se debe contar con un plan de emergencia que garantice el mantenimiento de la cadena de frío, en caso de interrupciones de la energía eléctrica. Adicional, deberá disponerse de mecanismos que registren la temperatura.
- Medidas de seguridad. En las áreas de almacenamiento de medicamentos se contará con alarmas sensibles al humo y extintores de incendios.
- El almacenamiento debe planificarse, teniendo en cuenta básicamente los siguientes aspectos
- Determinación del tamaño y volumen del área.
- Características propias de los medicamentos y dispositivos médicos (los que requieren refrigeración, los de control especial, frascos, ampollas, cajas, etc.).

- Después que se ha realizado la recepción técnica y administrativa se procede a clasificar los medicamentos y dispositivos médicos para ubicarlos el sitio adecuado de almacenamiento.
- Se clasificación se limpian los estantes, vitrinas o gabinetes destinados para el almacenamiento.
- Se ubican los medicamentos y dispositivos médicos de acuerdo con la organización establecida que puede ser por laboratorio en orden alfabético, por acción terapéutica, etc.
- Se debe tener precaución al ubicar los medicamentos y dispositivos médicos ya que los que están almacenados con posterioridad se deben ubicar de tal manera que sean los primeros en salir.
- Si en esta observación encuentra algún medicamento o dispositivo medico con vencimiento igual o inferior a seis meses lo debe almacenar en el área de cuarentena.

Pero estas características para el almacenamiento estas destinadas a mantener en orden y en condiciones adecuadas para conservar sus características de calidad cuando sea necesario: [3]

- Área apropiada para productos que requieran condiciones especiales de temperatura, humedad y luz.
- El área de productos que requieran controles especiales (estupefacientes) los cuales deben almacenarse en áreas de acceso restringido, seguro y con llave.
- Área de cuarentena para productos de baja y devueltos y estar completamente identificados.

Las temperaturas de almacenamiento que se consideran son: [3]

- Temperatura ambiente: 15°C a 30°C.
- Temperatura fresca: 8°C a 25°C.
- Temperatura de refrigeración: 2°C a 8°C.
- Humedad máxima permitida: 80%.

Para poder cumplir esta norma que nos da el [3], existe una serie de procesos de encapsulamiento para todo tipo de medicamentos. En el mercado farmacéutico el tamaño de las cápsulas se determina, de acuerdo con su capacidad, en un rango que va de 000, el más grande, a 4, el más pequeño.



Figura 2. Tamaño de medicamentos [2]

Las características de la cápsula (tamaño, color, forma) dependen de los requerimientos del cliente y de las exigencias del mercado farmacéutico, contamos con los recursos para

concretar sus ideas y satisfacer sus necesidades. La variedad de tamaños de cápsulas que ofrece Farmacapsulas a sus clientes amplía el mercado para los mismos, es decir, pueden tener varias presentaciones de un mismo producto si así lo quisieran, variando las dimensiones de la cápsula para ofrecer mayor o menor contenido del medicamento.

En Farmacapsulas los tamaños disponibles van del 000 al 4, dependiendo de la presentación de la cápsula.

- Cápsulas De Gelatina: 000, 00E, 00, 0E, 0, 1, 2, 3, 4.
- Cápsulas Vegetales: 00E, 00, 0E, 0, 1, 2, 3, 4.

El desempeño de nuestras cápsulas, sin importar su tamaño, durante el proceso de encapsulado es excelente, funcionando igualmente bien en encapsuladoras semiautomáticas y automáticas; trabajando de manera óptima en máquinas de alta velocidad [4].

Hoy en día existen diferentes tipos o normas para el almacenamiento de medicamentos y su posible conservación. Existen dispositivos sencillos que contienen los comportamientos necesarios para varias tomas diarias de hasta 14 pastillas. En estos sistemas sencillos el almacenamiento se realiza generalmente por parte del propio paciente, aunque pueden existir sistemas un poco más complejos que están orientados a facilitar la administración del mismo.

Las cápsulas tipo comprimidos o tabletas, son medicamentos que se fabrican a partir de uno o más medicamentos los cuales se prensan y se recubren con varias sustancias las cuales aseguran su correcto almacenamiento y preservación de los mismos. Son los tipos de tabletas más manejables debido a que son mucho más limpias y sus condiciones de almacenamiento y cuidado deben ser mínimas y toleran temperaturas hasta los 40°C y puntos de congelación sin alterar su estado ni la efectividad del medicamento.

8.2 Tecnología

8.2.1 SISTEMA SIDD.



Figura 3. Pastillero SIDD

Sistema de individualización de dispensado y dosificación (SIDD) cuyo objetivo es que el paciente reciba sus medicamentos rutinariamente los medicamentos directamente desde su proveedor, para obtener orden y cumplimiento con respecto a los medicamentos y así

facilitando la vida diaria de los familiares del paciente. Existen dos tipos: Los sistemas de casetes o de blíster. [5].

8.2.2 SISTEMA NOMAD.



Figura 4. Pastillero NOMAD

Este sistema es más usado en ciertas partes de Europa más en el mediterráneo y no tanto en Latinoamérica, este tipo de dispositivo se emplea en el reino unido por más de 3000 farmacias y usado por más de 1500000 pacientes entre hogares geriátricos, hospitales, etc. Básicamente este dispositivo en cartucho manejable para el almacenamiento del mismo, el sistema NOMAD de diseñado para todo tipo de tabletas o medicamentos en pasta por semana separada con una dosis de 6 cubículos, este dispositivo por cada semana se puede deslizar de una serie de 7 para poder almacenar de una forma más adecuada y hace poco se está utilizando un sistema para solo fines de semana o para uso para persona que toman pocas dosis de medicamentos [5].

8.2.3 SISTEMA CAREOUSEL.



Figura 5. Pastillero CAREOUSEL

Este sistema se base en un disco, con el que tiene un sistema giratorio para solo poder extraer el medicamento por una solo abertura, este sistema contiene para 28 posibles medicamentos, para que el paciente pueda hacer diferentes configuraciones y acomodarse a la más adecuada para la ingesta de los mismos, y llevar un control de sus medicamentos de una forma sencilla.

Todos estos sistemas son sencillos para el manejo de estos medicamentos, pero depende para que entorno se lleva cada tipo de almacenamiento se puede ver si es de utilidad o no [5].

Hoy en día con la tecnología en el área de medicina y más en el uso de los medicamentos se han propuesto diferentes soluciones para el almacenamiento y dispensa de los mismos, aun así, los sistemas son muy costosos para el uso diario de una persona y más para una de la tercera edad. La mayoría de estos dispositivos son pensados para un entorno más hospitalario o más profesional, y solo por eso son implementados en clínicas o en hospitales, donde existe un gran flujo de medicamentos por día.



Figura 6. Sistema SPD

Este sistema de la imagen 4. Se encargará de organizar los medicamentos de acuerdo con la necesidad del cliente, usando este tipo de sistemas queremos que se acomode a la interfaz de dispensado de medicamentos, mejorando la medicación con alarmas en los dispositivos móviles con tecnología IoT.

Otro tipo de sistema que se utiliza hoy en día son pequeños pastilleros con alarmas sonoras con el reloj que permiten contener cierta cantidad de medicamentos para el uso diario o para la semana [6] presentes en *figura 6,7 y 8*.



Figura 7. Pastillero sencillo con alarma

- Color: blanco.
- Material: Categoría alimenticia PP y ABS Shell de reloj.
- Diámetro: 9,8 cm; Altura: 2 cm. alimentado por una celda de botón AG 10 (incluido).

- 7 drogas compartimentos con tapa magnética. 5 alarmas diarias, fáciles de configurar.
- Construido el reloj electrónico de la pantalla LCD.
- La solución más fiable para conseguir las pastillas justas en el momento adecuado.
- Con espacio para 0.6 Kg [6].



Figura 8. Pastillero semanal o mensual

- Una alarma suave te alerta a ti, o a tu cuidador, para administrar las medicinas.
- Un compartimento único cada vez dispensa contenidos para una dosis correcta.
- 28 compartimentos sellados contienen dosis individuales de medicación. Cada uno de ellos es grande y puede contener hasta 12 pastillas.
- La característica de cerradura y llave proporciona protección contra una sobredosis y previene el acceso a la medicación fuera de las horas prescritas.
- La programación puede ajustarse fácilmente para hasta 4 semanas. Los discos intercambiables permiten dispensar protocolos de tratamiento alternativos una, dos, tres o cuatro veces al día.

Los diferentes dispositivos que podemos encontrar en los mercados varían solo por la cantidad de medicamentos que pueden ofrecer o guardar y la cantidad de alarmas, hoy en día para los usuarios pueden tener una cantidad superior a la ofrecida por estos dispositivos pero para un proyecto como el de nosotros que puede implementar este tipo de tecnología y mejorarla para un usuario que está casi todo el tiempo en la casa y que no sale mucho, pero también llevar este tipo de proyectos a otro usuario que esta todo el tiempo en constante movimiento por la calidad de vida, sin dejar a su lado su salud y la ingesta de medicamentos [6].

8.3 Glosario de términos

- Blíster: Es un envase de plástico y con forma cóncava para poder almacenar algún objeto.
- Dispensador: Que dispensa o proporciona determinada cosa.

- Datasheet: Documento que resume el funcionamiento y otras características del componente (por ejemplo: Voltaje o Corriente que use el dispositivo) con el suficiente detalle para ser utilizado.
- Dosificación: Graduar o determinar las dosis de un medicamento.
- Hardware: Hardware es la parte física de un ordenador o sistema informático. Está formado por los componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, tales como circuitos de cables y luz, placas, memorias, discos duros, dispositivos periféricos y cualquier otro material en estado físico que sea necesario para hacer que el equipo funcione.
- Invima: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, es una entidad de vigilancia y control de carácter técnico científico.
- Medicamento: es uno o más fármacos integrados en una forma farmacéutica, presentado para expendio y uso industrial o clínico, y destinado para su utilización en personas o en animales.
- NFC: (Near Field Communication) es una tecnología inalámbrica de corto alcance que permite conectar dos dispositivos al emitir una señal.
- Pastillero: Dispositivo de almacenamiento de medicamentos.
- Polimedicados: Referencia cuando un paciente es recetado con diferentes tipos de medicamentos.
- Pcb: En electrónica, una "placa de circuito impreso". es una superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora
- Sistema: Conjunto de reglas, principios o medidas que tienen relación entre sí.
- Software: Software es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático.
- Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.
- Terapéutico: Parte de la medicina que tiene como objetivo el tratamiento de las enfermedades.

9 DISEÑO FUNCIONAL

9.1 Caja con entradas y salidas

Establecer el diseño del sistema, se requiere de identificar las entradas y las salidas, de tal manera que cumpla con los objetivos escritos, Así se presenta como en la Figura 9 se muestra el diseño funcional general con sus respectivas entradas y salida, posteriormente se mostraran las propuestas para el prototipo de dispensador.



Figura 9. Caja negra con entradas y salidas

La caja negra está compuesta por entradas y salidas descritas en la tabla 2.

Tabla 2. Variables externas del sistema

Variable	Descripción
E1	Entrada de Alimentación del sistema de 110/60 Hz de la toma corriente
E2	Entrada de programación con información del cronograma.
E3	Identificación mediante NFC
E4	Entrada de agua para almacenamiento en el sistema
E5	Señal de activación de sistema de dispensado y envío de información del módulo físico
S1	Salida de datos mediante la interfaz
S2	Salida de datos mediante la interfaz
S3	Sistema de identificación de NFC
S4	Alertas del sistema (Sonoras o Vibratorias)
S5	Salida de medicamentos del sistema

9.2 Mínimo dos alternativas, a nivel de bloques

9.2.1 Propuesta 1: En esta alternativa Figura 10. se propone un diagrama con siete subsistemas para el desarrollo del prototipo con un extendido físico y sin NFC:

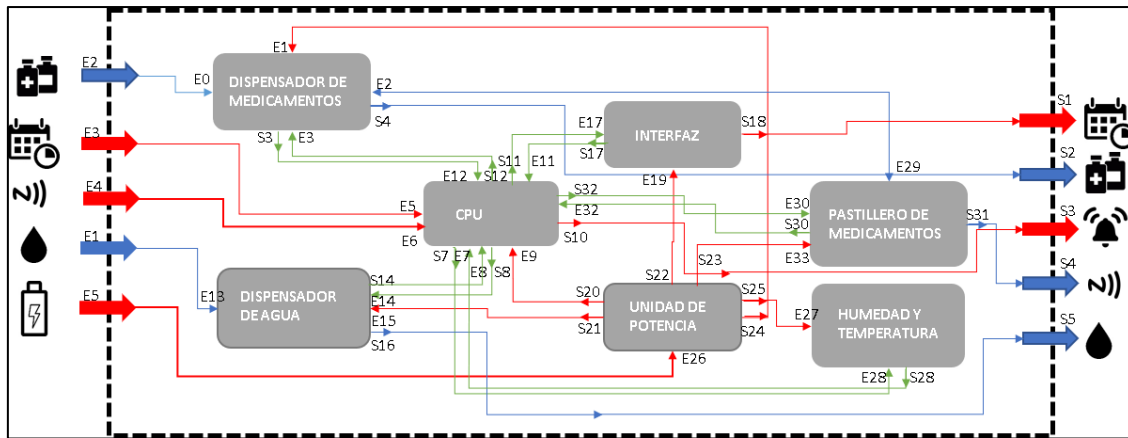


Figura 10. Propuesta 1

En la Figura 10. Se encuentran internos los siguientes subsistemas

- Dispensador de medicamentos
- Dispensador de agua
- CPU
- Interfaz
- Unidad de potencia
- Pastillero de medicamentos
- Humedad y Temperatura

9.2.2 PROPUESTA 2: En esta alternativa Figura 11. se propone un diagrama con siete subsistemas para el desarrollo del prototipo con un extendido electrónico y con NFC:

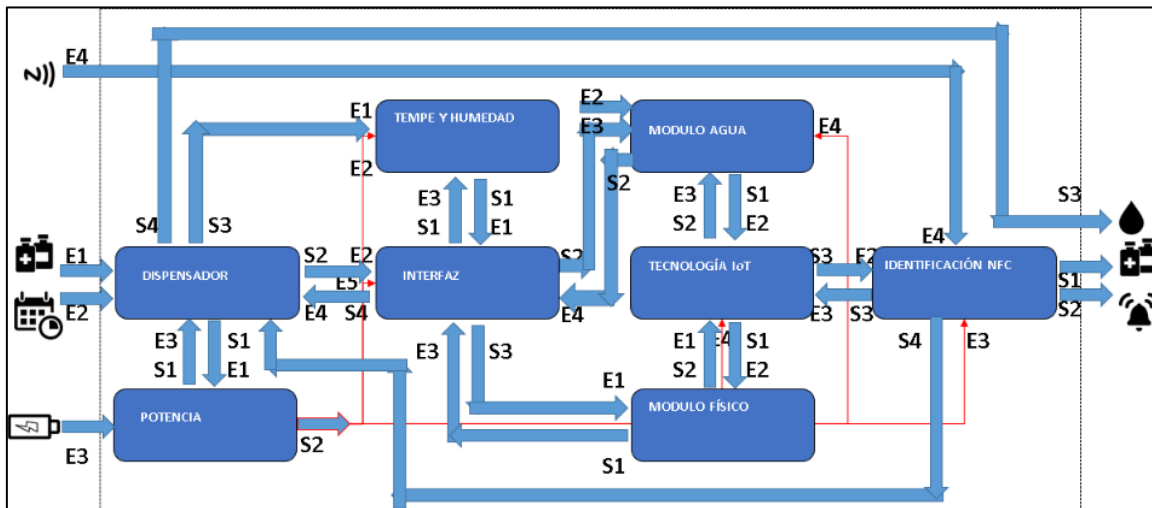


Figura 11. Propuesta 2

En la Figura 10. Se encuentran internos los siguientes subsistemas

- Dispensador
- Modulo Agua
- Tecnología IoT

- Interfaz
- Potencia
- Identificación NFC
- Temperatura y Humedad

9.3 Nombre de señales entre cajas

- Roja: Señal Eléctrica
- Azul: Acción Mecánica
- Verde: Señal Bidireccional Eléctrica

9.4 Funciones de cada caja

Dispensador de medicamentos: Esta parte se encargará de diferentes funciones como son:

- Almacenamiento de medicamentos para suplir las necesidades del paciente.
- Dispensar los medicamentos a la hora y cantidad establecida.
- Visualizar los datos de cada medicamento (Hora, fecha y tipo)
- Envío de la información al módulo físico.

Unidad central de procesamiento: Esta parte se encarga del control general del sistema de dispensado y su correcto funcionamiento, usuario-maquina.

Dispensador de agua: Esta parte se encargará de que se suministre un vaso de agua, cuando especifique el dispensador que existe un medicamento en el momento y hora de ingerir.

Interfaz: Esta parte se encarga de la conexión con el módulo electrónico y con el dispensado de agua con el dispensador.

Pastillero de medicamentos: Esta parte se encargará de diferentes funciones como son: Almacenamiento de medicamentos por una semana.

Temperatura y Humedad: Esta parte se encargará del control de temperatura y humedad donde se encuentran almacenados los medicamentos, cuando se encuentre por debajo de la temperatura y humedad adecuada, el sistema iniciara para regular estas variables y llegar a las adecuadas.

Unidad de potencia: Esta parte se encargará de suministrar la energía a cada subsistema y se encargará de aportar lo necesario para que el sistema funcione.

9.5 Selección de alternativa

De los dos diseños, se decidió la propuesta número uno debido a que el orden que emplea y la relación de los bloques satisfacen la conversión de las entradas en las salidas propuestas para obtener la solución y el entregable, además que es más completo, y analizándolo bien cumple con los requerimientos que se exigen. Además de que puede ser más

rápido ya que cada subsistema se conecta con el respectivo subsistema que le brindara las entradas necesarias para que cada uno cumpla efectivamente con su propósito y así ir transformando las entradas en las salidas propuestas y esperadas del sistema.

Debido a lo nombrado anteriormente, no se selecciona la propuesta 2 debido a que nos presentaba un reto más a la hora de integrar el dispositivo, puesto que la conexión de un extensor electrónico, que constaba de un mini programación interna del extensor con alarma e IoT para que se pudiera enlazar con el dispositivo principal y poder así dispensar los medicamentos a la hora exacta que se había programado, por ende la propuesta uno lleva un extensor físico que simplemente nos permite llevar las pastillas preestablecidas por el dispositivo y poder ingerirlas en situaciones donde no se pueda llevar el sistema principal.

10 DISEÑO DETALLADO

En este capítulo se analizarán internamente cada uno de los subsistemas, para así determinar los componentes electrónicos que se adecuen más a las necesidades del prototipo y así diseñar los esquemáticos necesarios para el mismo.

10.1 Subsistema dispensador de medicamentos.

10.1.1 Requerimientos de subsistemas



Figura 12. Sistema dispensador de medicamentos.

En la Figura 12. podemos ver las variables que se encargarán de diferentes funciones como son:

- Almacenamiento de medicamentos para suplir las necesidades del paciente.
- Dispensar los medicamentos a la hora y cantidad establecida.
- Visualizar los datos de cada medicamento (Hora, fecha y tipo).
- Envío de la información al módulo físico.

10.1.2 Funciones, entradas y salidas subsistema

Entradas

- E0: Señal de activación de sistema de dispensado.
- E1: Alimentación eléctrica dispensador de medicamentos.
- E2: Carga de medicamentos al sistema.
- E3: Señal Bidireccional (Nivel de medicamentos y dispensador)

Salidas

- S3: Señal Bidireccional (Nivel de medicamentos y dispensador)
- S4: Salida de medicamentos del sistema.

10.1.3 Diseño del subsistema

Con el fin de asegurar el almacenamiento y entrega de los medicamentos según el cronograma del paciente y estar siempre conectado se escogieron varios sistemas de seguridad

y microcontroladores con bajos costos para que represente las funcionalidades del subsistema de una forma sencilla y óptima.

Componentes motores.

Subsistema encargado de realizar los procedimientos mecánicos para entregar la pastilla que el sistema necesita entregar según el cronograma de asignación de medicamentos para el paciente. Comparación que se presenta en la *tabla 3*.

Tabla 3. Tabla comparativa motores.

Requerimientos	Micro servo	Servo motor con engranaje metálico	Motor reductor 6v	Motor DC
S4 (Salida de medicamentos del sistema)	Trabaja con el torque necesario para el manejo de dispensación de los medicamentos (pastillas o cápsulas blandas) pero se mueve en ángulos y la oruga necesita libertad absoluta de movimiento.	El componente excede las dimensiones para su adecuación dentro del prototipo	Trabaja con el torque necesario para mover la oruga y realizar el correcto dispensado de medicamentos.	No presenta el torque suficiente para mover el sistema de oruga y necesita un arreglo de piñones para poder cumplir con la función.
Torque(kg.cm)	1.8	3	1.2	0.5
Voltaje de funcionamiento (v)	5	5	3 a 6	5
Engranajes metal	Si	Si	Si	No
Costo (\$)	22.000	35.000	12.000	10.000

Por sus prestaciones que se mostraron en la *tabla 3*, se seleccionó el Micro *servo* *figura 13*, con engranajes metálicos, ya que su consumo de corriente es mínimo, de tamaño reducido y con el torque necesario para mover el sistema de dispensado de medicamentos. Junto a esto su implementación es muy sencilla y facilita los procesos electrónicos necesarios para ponerlo en marcha.



Figura 13. Micro servo referencia de mg90s.

10.1.3 Diagrama esquemático de subsistema

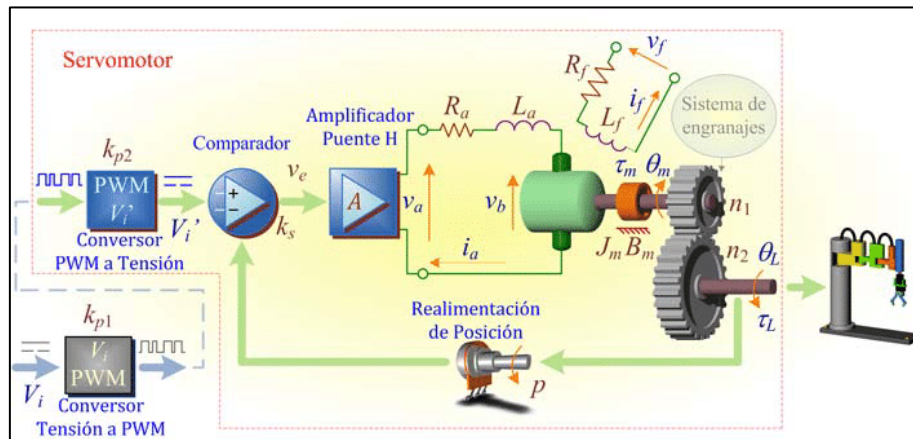


Figura 14. Diagrama interno de servo motor en un sistema de carga. [15]

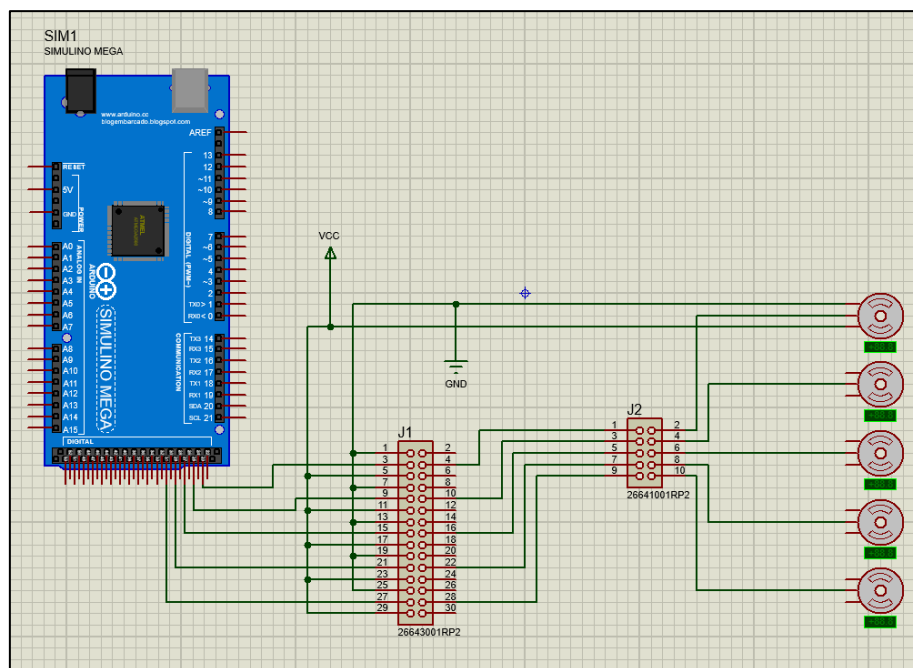


Figura 15. Esquemático de Proteus, subsistema de dispensado de medicamentos.

Materiales:

- Micro servos
- Arduino
- Fuente
- PC

Consumo:

- Corriente: 100mA para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

En la figura 14. se puede observar internamente en funcionamiento de un servomotor, en este caso este acoplado a un sistema de carga y en la figura 15. Podemos ver que el esquemático general de los micro servos en el dispensado.

10.1.4 Simulación del subsistema.

Como se aprecia en la figura 15. nuestra software para se muestra la simulación del subsistema de dispensado de medicamentos, que consta basicamente de cinco microservos en forma paralela, con las respectivas conexiones directa al arduino, en la simulacion se puede observar como se hacen las conexiones diferenciando senales digitales con las senales de fuente que estan reguladas en la pcb principal de 5v.

10.1.5 Plan de pruebas del subsistema.

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas esten efectivamente inidcadas, asi cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema seran en comprobar que las salidas del arduino se preestablecen por programacion sean las de activacion de los servos, mediante las interacciones de usuario-maquien en el dispensado, haciendo que el motor se encienda aplicando una senal digital, aplicado el torque necesario para poder sacar la pastilla de la tolva y en comprobar que la pastilla esta siendo dispensada.

10.2 Subsistema unidad central de procesamiento

10.2.1 Requerimientos de subsistemas



Figura 16. Sistema de control (CPU)

Como se ve en figura 16. Esta parte se encarga del control general del sistema de dispensado y su correcto funcionamiento entre usuario-maquina.

10.2.2 *Funciones, entradas y salidas subsistema*

Entradas

- E5: Entrada de programación con información del cronograma.
- E6: Identificación mediante contraseña
- E7: Señal Bidireccional (Nivel de Agua y dispensado de Agua).
- E8: Señal Bidireccional (Sensor de humedad, temperatura y activación de control de temperatura y humedad).
- E9: Alimentación Eléctrica CPU.
- E11: Señal Bidireccional (Entrada y Salida de datos).
- E12: Señal Bidireccional de los medicamentos
- E32: Señal Bidireccional del pastillero.

Salidas

- S7: Señal Bidireccional (Nivel de Agua y dispensado de Agua).
- S8: Señal Bidireccional (Sensor de humedad, temperatura y activación de control de temperatura y humedad).
- S10: Alertas del sistema (Sonoras o Vibratorias)
- S11: Señal Bidireccional (Entrada y Salida de datos).
- S12: Señal Bidireccional de los medicamentos
- S32: Señal Bidireccional del pastillero.

10.2.3 *Diseño del subsistema*

Componente microcontrolador.

Para poder escoger adecuadamente el microcontrolador es necesario analizar los distintos tipos y módulos que nos puede dar el mercado, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vistas para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo.

Tabla 4. Tabla de comparación de microcontroladores.

Requerimientos	Arduino Mega	Raspberry pi3	Beagle bone	Intel galileo	PIC 16f775a
E6) identificación mediante tarjeta NFC.	Posee una gran variedad de módulos compatibles con NFC	Posee una gran variedad de módulos compatibles con NFC	Posee una gran variedad de módulos compatibles con NFC, pero con algunas restricciones	Posee una gran variedad de módulos compatibles con NFC, pero con algunas restricciones	Posee una gran variedad de módulos compatibles con NFC. Pero presenta alta complejidad en su proceso de procesamiento de datos y conexiones externas al sistema.
Requerimientos	Arduino Mega	Raspberry pi3	Beagle bone	Intel galileo	PIC 16f775a
E5 (entrada de datos con programación del sistema y asignación de cronograma de dispensado de medicamentos) E7, E8, E11, E12, E32, S7, S8, S10, S11, S12, S32(comunicaciones con el resto de subsistemas)	Soporta lenguaje C para programación e ingreso de cronograma de dispensado de medicamentos	Soporta lenguaje C para programación e ingreso de cronograma de dispensado de medicamentos	Soporta almacenamiento de bases de datos de forma independiente	Conexión a base de datos de forma independiente	Soporta lenguaje C para programación e ingreso de cronograma de dispensado de medicamentos
Procesador	Atmel a2560	Broadcom BCM2387	Sitara AM335	Intel squarck SOC	Microchip
Pines para conexiones	54	40	20	20	40
Memoria interna	256kb	1Gb	512mb	512kb	1k
Fácil conexión	Si	Si	Si	Si	No
Voltaje(v)	5	5	5	5	5
Costo (\$)	35.000	200.000	250.000	500.000	25.000

Por los requerimientos establecidos en la *tabla 4*. para el subsistema se escogió el Raspberry pi3 *figura 17*, ya que la capacidad de pines es suficiente para las conexiones lógicas del sistema, presenta fácil adaptabilidad al resto de módulos externos necesarios en el proyecto, incluye conexión Wi-Fi para el uso exclusivo implementación de tecnología IoT, gran cantidad de memoria para almacenar los datos de toda la programación del sistema y el manejo de la interfaz táctil del sistema, facilidad y compatibilidad con el lenguaje de programación C y su consumo eléctrico es muy bajo y mantiene con bajo consumo al sistema en general.



Figura 17. Raspberry PI 3+

Componente IoT.

Twilio es una empresa de orientación al IoT que desarrolla plataformas de IoT creando soluciones de aplicaciones que simplifican el mundo conectado, siendo la primera en crear una solución basada en arrastrar y soltar del mundo IoT llamada Twilio. Resumidamente algunas características clave de esta novedosa plataforma son las siguientes:

- Una aplicación móvil para configurar, el monitor y los dispositivos de control y sensores desde cualquier lugar.
- Fácil instalación que conecta rápidamente los dispositivos, sensores, actuadores, y las extensiones en cuestión de minutos.
- Motor de reglas para desencadenar acciones a través de dispositivos.
- Panel personalizable con widgets de visualización de arrastrar y soltar.
- Programación de las luces, motores y actuadores
- Control de GPIO que se pueden configurar desde una aplicación móvil o en el salpicadero.
- Acceso remoto instantáneo desde el teléfono o la computadora.

El proceso de configuración se hace en base a una serie de pasos o para configurar IoT con Twilio y poder así establecer una conexión y tener una mejor interacción usuario-maquina con el prototipo. Estos pasos generales son:

- Instalar software para la configuración de la raspberry con IoT
- Se selección la plataforma que se requiere para configurarla con Twilio
- Descargar aplicación según el dispositivo móvil que se tenga
- Configurar la conexión entre Twilio y Raspberry mediante el software elegido para el prototipo.

Diagrama de bloques del dispensador

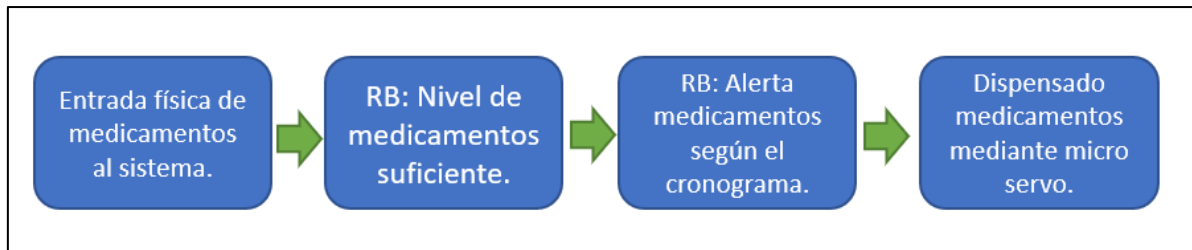


Figura 18. Diagrama de bloques del subsistema.

El sistema de dispensador recibe los medicamentos, sensar el nivel de los mismos y si hay los suficientes según la rutina los dispensa a la hora indicada y los medicamentos estipulados.

10.2.4 Diagrama esquemático de subsistema

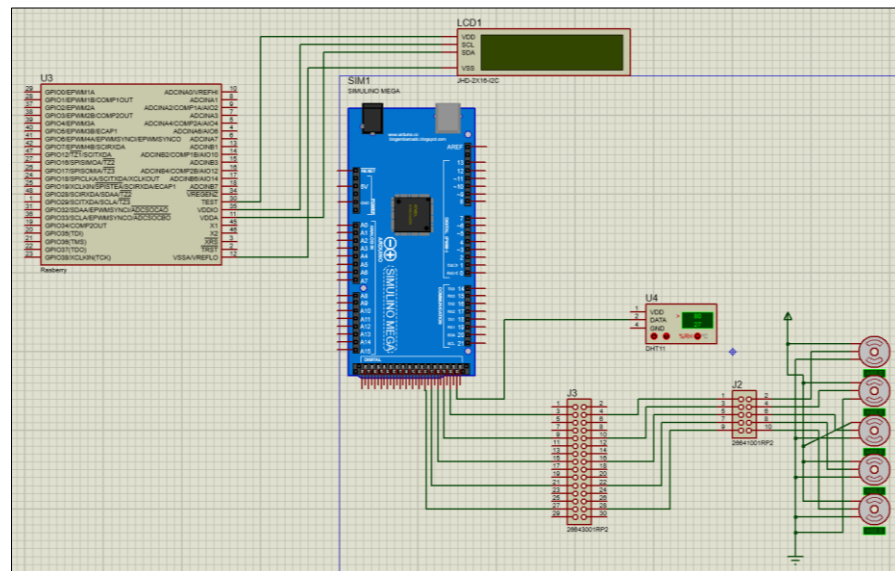


Figura 19. Esquemático del manejo de la CPU.

Materiales:

- Pantalla táctil
- Raspberry
- Fuente conmutada
- PC
- Arduino mega
- Fotodiodo
- Ventilador

Consumo:

- Corriente: 3A para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

10.2.5 Simulación del subsistema

Como se aprecia en la figura 19, nuestra software es el proteous con el cual vamos a ver la respectiva simulacion del subsistema CPU, que consta basicamente de una serie de componentes establecidos, pero que el principal va ser el raspberry con las respectivas conexiones directa al arduino, en la simulacion se puede observar como se hacen las conexiones entre arduino y raspberry, para poder tener comunicación entre los sensores

10.2.6 Plan de pruebas del subsistema

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas esten efectivamente indicadas, asi cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema seran en comprobar que las senales en maestro y esclavo entre el raspberry y el arduino se las correftas para cada funcion de cada uno de los subsistemas independientes y asi tener control de los sensores en el estado que se puedan enecontrar al momento de encender el prototipo.

10.3 Subsistema dispensador de agua

10.3.1 Requerimientos de subsistema



Figura 20. Sistema dispensador de agua.

Esta parte se encargará de que se suministre un vaso de agua, cuando especifique el dispensador que existe un medicamento en el momento y hora de ingerir.

10.3.2 Funciones, entradas y salidas subsistema

Entradas

- E13: Entrada de agua para almacenamiento en el sistema.
- E14: Señal Bidireccional (Nivel de Agua y dispensado de Agua).
- E15: Alimentación Eléctrica dispensador de agua.

Salidas

- S14: Señal Bidireccional (Nivel de Agua y dispensado de Agua).
- S16: Salida de agua del sistema.

10.3.3 Diseño del subsistema

Componente bomba de agua

Para poder escoger adecuadamente la bomba de agua es necesario analizar los distintos tipos y módulos que nos puede dar el mercado para el dispensado de agua, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vistas para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo *tabla 5*.

Tabla 5. Tabla comparativa de las bombas de agua.

Requerimientos	Mini Bomba (3-6 VDC)	Bomba de Agua (9-12 VDC)	Bomba de Agua JT160	Mini Bomba RS-360SH
Voltaje (v)	5	10	10	7
Caudal (L/H)	80 – 120	500	200	100 - 150
Potencia (w)	0.4 – 1.5	4 – 5	3	8
Costo (\$)	15.000	35.000	31.500	21.500

Teniendo en cuenta los requerimientos de componentes se presenta como el componente seleccionado la Mini Bomba de Agua Sumergible (– 3-6 VDC – 120L/H) *figura 21*. Se llega a la selección de este componente debido a la facilidad de adaptación con el diseño del prototipo, por costos y la eficiencia que presenta en términos generales y que se pueden evidenciar en los requerimientos de dicho subsistema.



Figura 21. Mini bomba de agua con caudal controlado por el voltaje.

El pastillero cuadrado presenta como características la siguiente información:

- Voltaje DC: 3V-6V
- Elevación máxima: 40-110cm

- Caudal: 80-120 L/H
- Diámetro exterior de salida de agua: 7,5 mm / 0,3 "
- Diámetro interior de salida de agua: 4,7 mm / 0,18 "
- Diámetro: aprox. 24 mm / 0,95 "
- Longitud de cable: Aprox. 45 mm / 1.8 "
- Altura: Aprox. 33 mm / 1.30 "
- Material: plástico de ingeniería
- Vida laboral continua de 500 horas

Componente Infrarrojo

Para poder escoger el sensor se dependió principalmente del acople debido a que tocaba hacer los cálculos de resistencias y consuma más recursos de materiales, este tipo de sensores se benefician porque no son tan costosos y se usan para todo tipo de proyectos

Tabla 6. Tabla de comparación de los sensores infrarrojos.

Requerimientos	Infrarrojo	Infrarrojo acoplado	CNY70
Voltaje (v)	5	5	5
Distancia (cm)	40	40-60	25
Acoplado	Toca hacer acople	Con acople	Toca hacer acople
Costo (\$)	500	2000	1500

Teniendo en cuenta los requerimientos de componentes se presenta en la *tabla 6*. El componente seleccionado fue el infrarrojo con acople *figura 22*. Se llega a la selección de este componente debido a la facilidad de adaptación con el diseño del prototipo, por costos y la eficiencia que presenta en términos generales y que se pueden evidenciar en los requerimientos de dicho subsistema.



Figura 22. Fotodiodo acoplado para conexión Arduino

Especificaciones:

- Voltaje de funcionamiento: 3.3V~5V
- Ángulo de detección: 35°
- Terminales de conexión: OUT: Señal del medio
- GND: Tierra
- VCC: Alimentación

10.3.4 Diagrama esquemático de subsistema

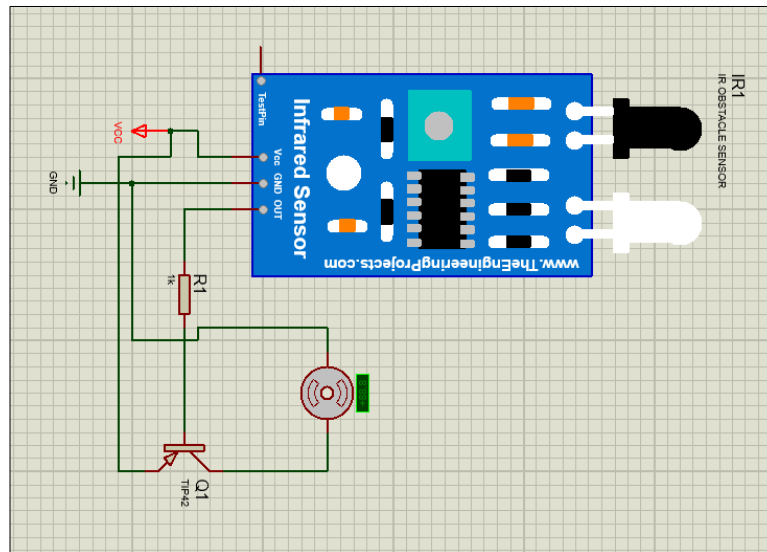


Figura 23. Esquemático general del subsistema con los componentes.

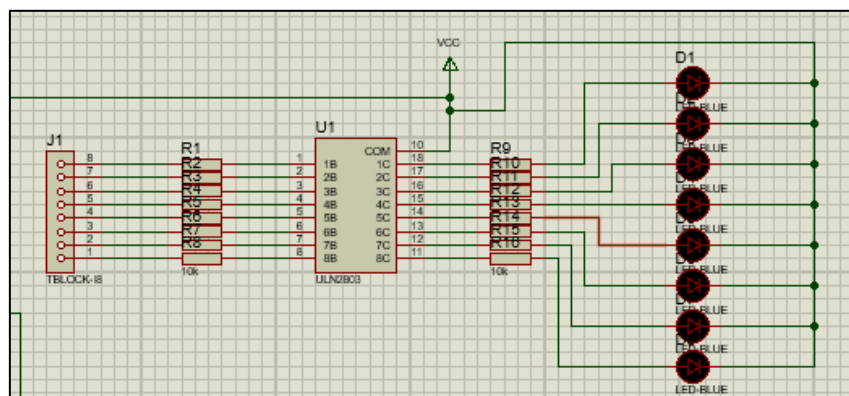


Figura 24. Esquemático de indicador de nivel de agua

Materiales:

- Infrarrojo
- Resistencia
- TIP42C
- Mini bomba de agua
- PC

Consumo:

- Corriente: 20mA para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

10.3.5 Simulación del subsistema

Como se aprecia en la figura 23. nuestra software es el proteous con el cual vamos a ver la respectiva simulacion del subsistema dispensador de agua, que consta basicamente de una serie de componentes establecidos anteriormente, se puede observa manejamos un motor, un tip pnp, una resistencia de 1k ohms y un fotodiodo acoplado, la simulacion vemos las conexiones necesarias para su respectivo funcionamiento del transistor en la base, colector y emisor.

10.3.6 Plan de pruebas del subsistema

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas esten efectivamente indicadas, asi cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema seran en comprobar que las senales del fotodiodo cuando acerquemos un objeto, mande un senal al transistor, haciendo que el motor se encienda absorbiendo la cantidad de agua necesaria para llegar el vaso y poder asi tomar la pasta, en la figura 24. del mismo subsistema esta el indicador de nivel de agua que nos permitira vizualizar por medio de leds en nivel de agua.

10.4 Subsistema Interfaz

10.4.1 Requerimientos de subsistemas



Figura 25. Subsistema interfaz

Esta parte se encarga de la conexión con el módulo electrónico y con el dispensado de agua con el dispensador basados en la figura 25.

10.4.2 Funciones, entradas y salidas subsistema

Entradas

- E17: Señal Bidireccional (Entrada y Salida de datos).
- E19: Alimentación eléctrica de la Interfaz.

Salidas

- S17: Señal Bidireccional (Entrada y Salida de datos).
- S18: Salida de datos mediante la interfaz.

10.4.3 Diseño del subsistema

Componente Pantalla

Este subsistema es el encargado de mostrar y recibir información a través de una pantalla táctil y facilita la interacción entre el paciente y el prototipo.

Tabla 7. Tabla comparativa de pantallas.

Requerimientos	Pantalla TFT LCD	Pantalla táctil Raspberry	Pantalla táctil Raspberry (mayor tamaño)	Pantalla Raspberry 2b/3
E17: Muestra de datos a la pantalla LCD	Pantalla 7" para visualización y entrada de datos.	Pantalla LCD táctil para interfaz	Pantalla LCD táctil para interfaz de grandes dimensiones	Pantalla no táctil para la interfaz y necesita dispositivos adicionales para la interacción usuario- maquina
Tamaño (pulgadas ("))	7	3.5	5	5
Voltaje funcionamiento(v)	5	5	5	5
Resolución (píxeles)	1024x600	480x320	1024x600	800x480
Costo (\$)	300.000	80.000	200.000	160.000

Se utilizará la pantalla táctil Raspberry ya que está presenta fácil acompañamiento y está diseñada para su uso con la Raspberry pi3 que fue seleccionada para realizar la función de CPU del sistema. Su resolución y tamaño son correctos para la visualización de datos en información en el sistema para los pacientes de la tercera edad.

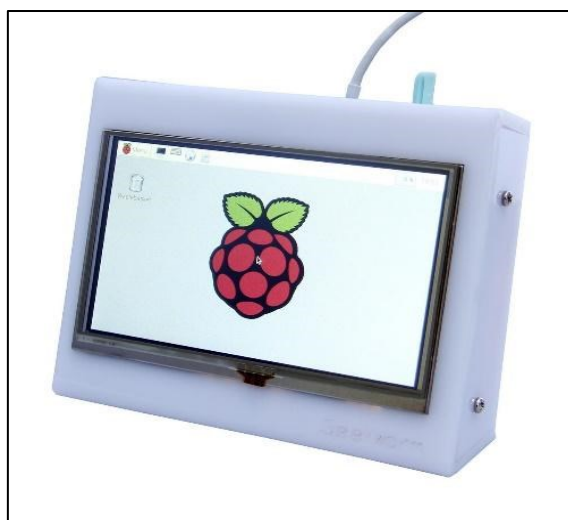


Figura 26. Pantalla 3.5 pulgadas

El sistema NFC presenta características técnicas como son:

- Tipo de pantalla táctil Resistivo
- Controlador de pantalla táctil XPT2046

- Colores 65536
- LED de retroiluminación
- Resolución 320 * 480 (píxel)
- Relación de aspecto 8: 5
- Consumo de energía 3.5v
- Corriente de retroiluminación 260uA
- Frecuencia Sampling 125KHz

Diagrama de bloques interfaz

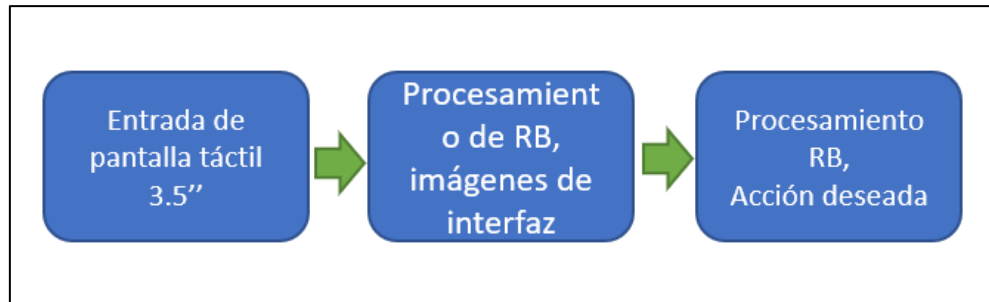


Figura 27. Diagrama de bloques del subsistema.

La interfaz según el S.O creado en Raspberry recibe los datos según la manera que se utilice en la misma (mirar imágenes interfaz) y procesa según lo exigido, todo esto para que se dé una interfaz amigable con el usuario, esta interfaz se modificara con los programas seleccionados para el debido proceso.



Figura 28. Diagrama de bloques del funcionamiento de la pantalla [14]

10.4.4 Diagrama esquemático de subsistema

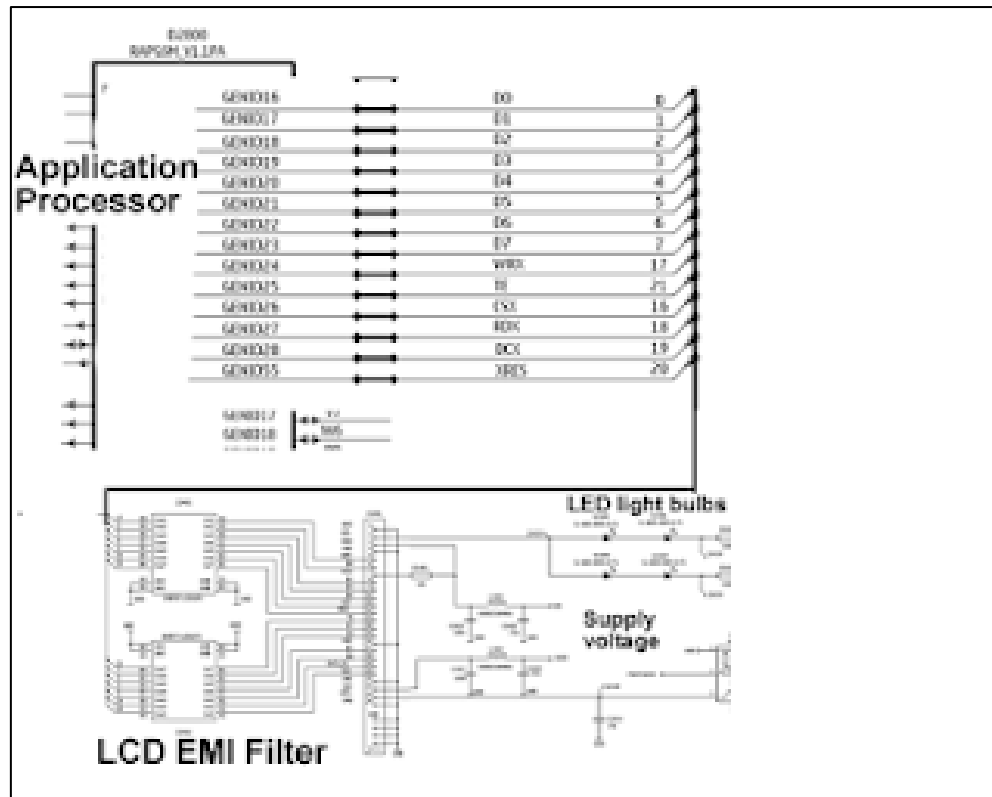


Figura 29. Esquemático interna de la pantalla LCD [14]

Materiales:

- Pantalla táctil
- Raspberry
- Fuente
- PC

Consumo:

- Corriente: 100mA para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

10.4.5 Simulación del subsistema

Como se aprecia en la figura 30, nuestra software es el proteous con el cual vamos a ver la respectiva simulacion del subsistema de interfaz, que consta basicamente de la pantalla y del raspberry, se podra observar la conexión del sistema que estara conectada por el puerto hdmi de los componentes, siendo asi que las interaccion sea con la pantalla directamente mas no con el simulador.

10.4.6 Plan de pruebas del subsistema

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas esten efectivamente indicadas, asi cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema serán en comprobar que las señales que se envían desde la pantalla salgan directamente a los pines del arduino y así poder controlar sin ningún problema cada uno de los sensores independiente.

10.5 Subsistema sistema de potencia

10.5.1 Requerimientos de subsistemas



Figura 30. Subsistema de potencia

Esta parte se encargará de suministrar la energía a cada subsistema y se encargará de aportar lo necesario para que el sistema funcione.

10.5.2 Funciones, entradas y salidas subsistema

Entradas

- E26: Entrada de Alimentación del sistema de 110v.

Salidas

- S20: Alimentación eléctrica de la CPU.
- S21: Alimentación eléctrica dispensador de agua.
- S22: Alimentación eléctrica interfaz
- S23: Alimentación eléctrica pastillero
- S24: Alimentación eléctrica dispensador de medicamentos.
- S25: Alimentación eléctrica control de humedad y temperatura.

10.5.3 Diseño del subsistema

Se procede a hacer una pcb con las respectivas conexiones de todos los sensores para que cumplan con el voltaje deseado, en esta pcb se agregarán los componentes para el indicador de nivel de agua y el manejo del ventilador por medio del driver L293D.

Componente UPS

Sistema encargado de entregar los voltajes de funcionamiento de cada subsistema e incluye la plataforma de respaldo de alimentación eléctrica del sistema. Selección UPS (plataforma de alimentación de respaldo eléctrico)

Tabla 8. Tabla comparativa de las UPS del mercado.

Requerimientos	L7805	LM317T	Ups be425m-lm
Valor (\$)	220.000 COP	180.000 COP	160.000 COP
Potencia de entrega	110v~60hz 12000mAh	5.2v DC 450mAh-8000mAh	112v -(50~69Hz) 5000mAh
Peso	13kg	Dependiendo batería desde los 800grms hasta los 4.5Kg	2.6k
Protección	Tiene protección contra cortos circuitos con sistema de fusible	No posee protección a cortos circuitos	Tiene protección contra cortos circuitos con sistema de fusible
La carga para el sistema	Carga máxima en 24 horas	Carga máxima de 2 a 12 horas, dependiendo de la batería que se utilice.	Carga máxima en 8 horas.
La descarga con el uso	Suple hasta 4 horas de funcionamiento al máximo del sistema.	Puede llegar a suplir hasta 2 horas de funcionamiento al máximo del sistema	Suple aproximadamente 1.25 horas de funcionamiento al máximo del sistema.

Según los componentes presentados en la *tabla 8* la selección de la UPS correcta es la UPS APC be550g-lm. Ya que cubre hasta 4 horas de funcionamiento al máximo del sistema. Y cumple con los requerimientos establecidos para la fuente de respaldo del sistema.

Componentes reguladores de voltaje

Para poder escoger adecuadamente el regulador de voltaje es necesario analizar los distintos tipos y módulos que nos puede dar el mercado para asegurar el voltaje para cada componente, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vistas para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo

Tabla 9. Tabla comparativa de reguladores de voltaje.

Requerimientos	LM317T	L7805	AMS1117	Fuente Conmutada
Valor (\$)	4.500	5.000	3.500	40000
Voltaje de Salida	5V	5v	5V	5v
Corriente de Salida	1.2A	1A	800mA	5A

Según los componentes presentados en la *tabla 9* la selección del regulador de voltaje la correcta es la fuente conmutada. Ya que podemos variar el voltaje y la corriente de salida al máximo para cada componente.

Especificaciones:

- Modelo: 5V DC- 5A
- Voltaje de entrada: 110V-230 VAC
- Voltaje de salida: 5 V DC (Ajuste fino mediante potenciómetro)
- Corriente máxima: 5 A
- Potencia: 240W
- Frecuencia: 50/60 Hz

- Peso: 760 g
- Tamaño: 200 mm * 110 mm * 50 mm
- Material de la carcasa: metal / base de aluminio.
- Protección: Protección de sobrecarga, Protección del voltaje.
- Conformidad de seguridad: CCC / FCC / CE.
- Temperatura de trabajo: 0 – 40 °C.
- Temperatura de almacenamiento: -20 – 60 °C.
- Humedad ambiente: 0 – 95% sin condensación.

Diagrama de Bloques de potencia:

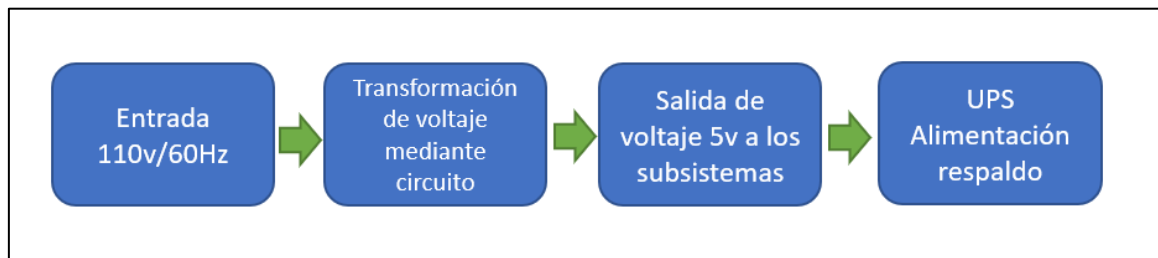


Figura 31. Diagrama de bloques de subsistema

La entrada 110V 60Hz, se convierte en voltaje DC mediante un circuito de transformador y puente de diodos y un 7805 convierte los 110 V en 5 V DC para alimentar los subsistemas y la UPS entrega hasta 4 horas de alimentación de respaldo al sistema gracias a sus 12.000 mAh, explicación presentada en forma de diagrama en *figura 31*

10.5.4 Diagrama esquemático de subsistema

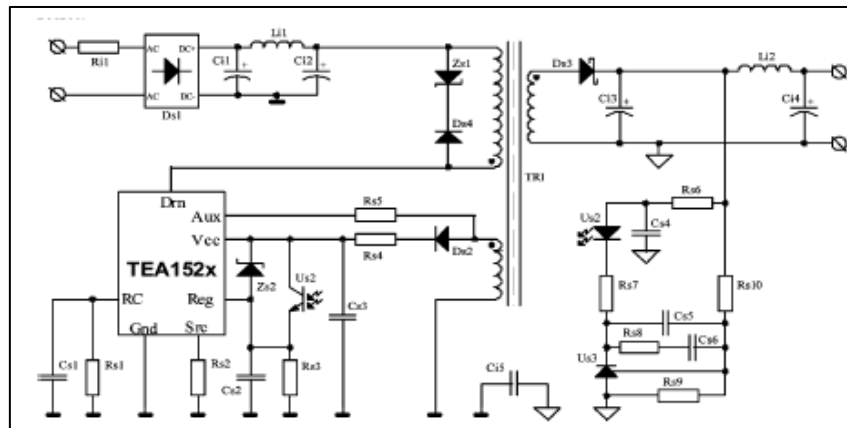


Figura 32. Esquemático interno de la UPS. [11]

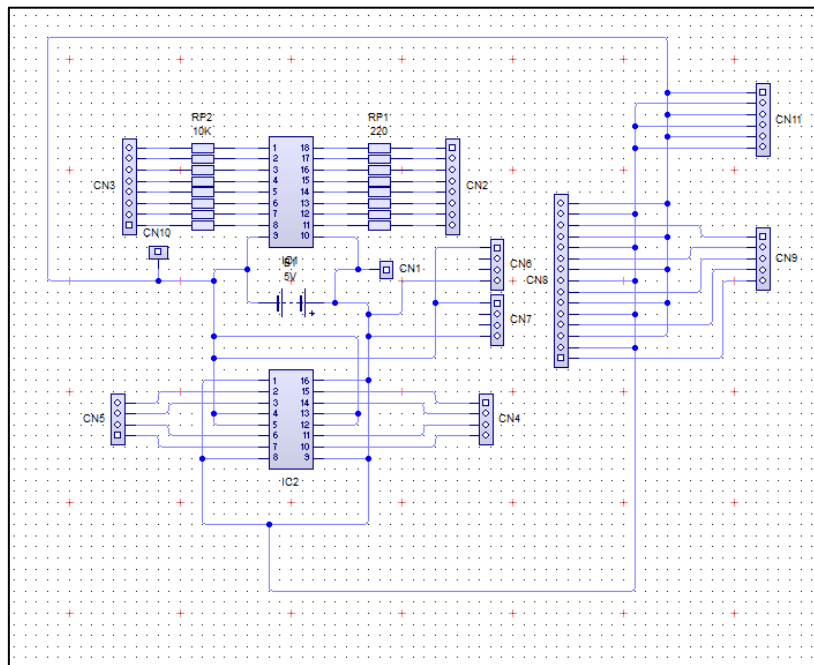


Figura 33. Esquemático en Liveware de la pcb para potencia.

Materiales:

- Pantalla táctil
- Raspberry
- Fuente
- PC

Consumo:

- Corriente: 100mA para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

10.5.5 Simulación del subsistema

Como se aprecia ver en la figura 34. nuestra software es el livewire con el cual vamos a ver la respectiva simulacion del subsistema de potencia, que consta basicamente de una serie de componente que estan predispuestos a conexión de VCC y GND para la distribucion adecuada a cada uno de los sensores de 5v.

10.5.6 Plan de pruebas del subsistema

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas esten efectivamente indicadas, asi cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema seran en comprobar que las senales de voltaje de cada uno de los sensores o este caso en cada conector ya preestablecido, estas senales se

generan a paartir de la fuente conmutada y asi poder controlar sin ningun problema cada uno de los sensores.

10.6 Subsistema Humedad y Temperatura

10.6.1 Requerimientos de subsistemas



Figura 34. Subsistema humedad y temperatura

Esta parte se encargará del control de temperatura y humedad donde se encuentran almacenados los medicamentos, cuando se encuentre por debajo de la temperatura y humedad adecuada, el sistema iniciara para regular estas variables y llegar a las adecuadas.

10.6.2 Funciones, entradas y salidas subsistema

Entradas

- E27: Alimentación eléctrica del control de temperatura y humedad.
- E28: Señal Bidireccional humedad y temperatura.

Salidas

- S28: Señal Bidireccional humedad y temperatura.

10.6.3 Diseño del subsistema F

Componente de temperatura y humedad

Para poder escoger adecuadamente el sistema de temperatura y humedad es necesario analizar los distintos tipos que nos puede dar el mercado y se acomode al prototipo, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vistas para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo.

Tabla 10. Tabla de comparación de sensores.

Requerimientos	DHT11	DHT22	SHT15	I2C
E28: Datos (Temperatura y Humedad)	Trabaja con los requerimientos de 2 a 30 grados y con una humedad de 80%	Trabaja con los requerimientos de 2 a 30 grados y con una humedad de 80%	Trabaja con los Requerimientos de 2 a 30 grados y con una humedad de 80%	Trabaja con los Requerimientos de 2 a 30 grados y con una humedad de 67%
Rango (°)	0 – 50	-40 - 80	-40 – 124	-4 - 125
Voltaje (V)	4	4	4	4
Corriente (A)	2.5m	8m	0.9m	125u
Tiempo Res. (s)	1	1	1	1
Error (%)	5	5	4	2
Costo (\$)	8.000	19.000	10.000	18.000

Teniendo en cuenta los requerimientos de componentes se presentan como el componente seleccionado el sensor DHT11. Debido a que este componente da la facilidad de adaptación con la tecnología de los siguientes subsistemas (Raspberry Pi y Arduino), por costo y la eficiencia que presenta en términos generales y que se pueden evidenciar en los requerimientos de dicho subsistema

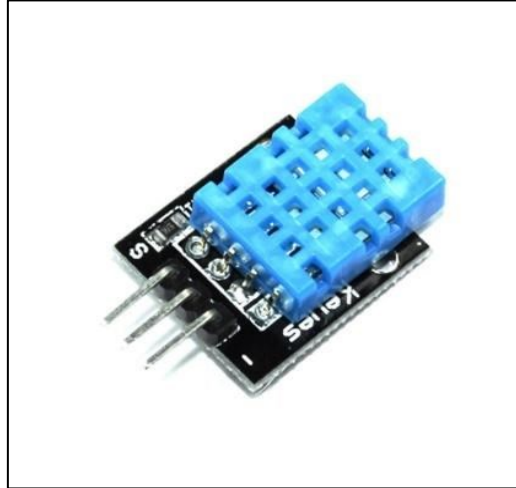


Figura 35. Sensor DHT11 acoplados para Arduino.

El sensor de temperatura y humedad presenta características técnicas como son:

- Alimentación: $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C.
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 4% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg

Para poder escoger adecuadamente el filtro de humedad es necesario analizar los distintos tipos que nos puede dar el mercado para los regular la humedad de los medicamentos, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vista para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo.

Componente ventilador

Para poder escoger adecuadamente el ventilador es necesario analizar los distintos tipos que nos puede dar el mercado para la disipación de calor por aire para los medicamentos, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vistas para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo.

Tabla 11. Tabla comparativa de ventiladores.

Requerimientos	Ventilador Kit	Ventilador Arctic	Ventilador Iceberg
S28: (Temperatura y Humedad)	El ventilador mantiene una temperatura normal de funcionamiento.	El ventilador mantiene una temperatura normal de funcionamiento.	El Ventilador mantiene una temperatura normal de funcionamiento.
Tamaño (cm)	12x12	3.8x3.8	4.5x6.5
RPM	5000	3000	2000
Costo (\$)	30.000	15.000	10.000

Teniendo en cuenta los requerimientos de componentes *tabla 11* se presenta como el componente seleccionado el Ventilador kit. Se llega a la selección de este componente debido a la facilidad de adaptación con el diseño del prototipo, por costos y la eficiencia que presenta en términos generales y que se pueden evidenciar en los requerimientos de dicho subsistema.



Figura 36. Ventilador genérico de 12cm

El Ventilador Kit *figura 36* presenta como características la siguiente información:

- 120mm
- 53 CFM
- controlado por PWM
- AFACO-120P2-GBA01
- pin
- nivel de ruido 0.3 Sone
- negro con blanco
- constantemente silencioso

Diagrama de bloques.

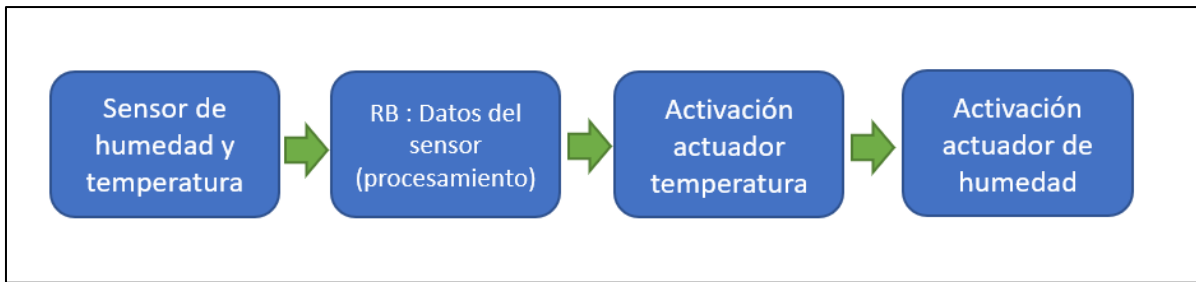


Figura 37. Diagrama de bloques de subsistema.

El sensor de humedad y temperatura revisa constantemente los valores ambientales dentro del sistema. Envía los datos a la Raspberry para ser comparados con los valores establecidos en la programación y tomando decisiones se encienden los actuadores. *Figura 37*

10.6.4 Diagrama esquemático de subsistema

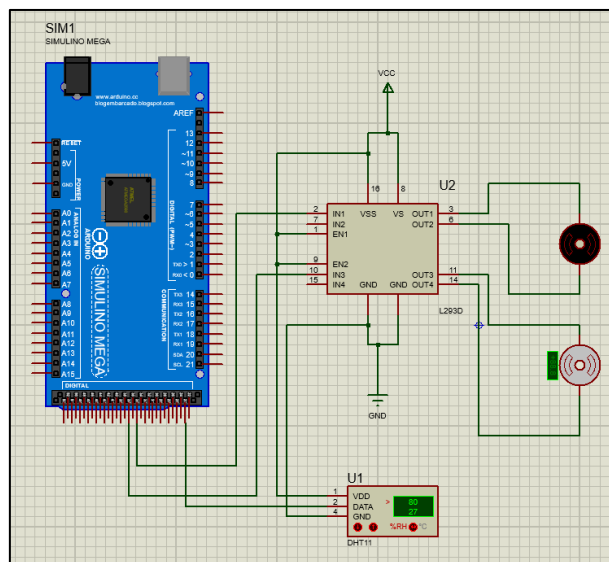


Figura 38. Esquemático con un driver y el sensor DHT11

Materiales:

- Arduino
- L293D
- DHT11
- Ventilador superior e inferior.
- PC

Consumo:

- Corriente: 60mA para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

10.6.5 Simulación del subsistema

Como se aprecia en la *figura 38*, nuestra software es proteous con el cual vamos a ver la respectiva simulacion del subsistema de la temperatura, que consta basicamente de una serie de componente pero como principales el sensor DHT11 y L293D que son los que nos permiten mover los motores en este de los ventiladores.

10.6.6 Plan de pruebas del subsistema

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas esten efectivamente indicadas, asi cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema seran en comprobar que las senales del sensor de temperatura sean los correctos, poniendo como guia un termocupla que nos permite verificar que los valores esten un promedio y asi poder probar que los ventiladores se enciendan para regular asi el compoartimiendo de las pastillas.

10.7 Subsistema Pastillero

10.7.1 Requerimientos de subsistemas



Figura 39. Subsistema pastillero.

Esta parte se encargará de diferentes funciones como son: Almacenamiento de medicamentos por una semana.

10.7.2 Funciones, entradas y salidas subsistema

Entradas

- E29: Carga de medicamentos del pastillero.
 - E30: Señal Bidireccional del pastillero.
- E33: Alimentación eléctrica del pastillero.

Salidas

- S30: Señal Bidireccional del pastillero.
- S31: Sistema de identificación.

10.7.3 Diseño del subsistema

Componente pastillero físico.

Para poder escoger adecuadamente el pastillero es necesario analizar los distintos tipos y módulos que nos puede dar el mercado para los almacenamientos externos de los medicamentos, con esto seleccionaremos el más óptimo y adecuado a nuestros puntos de vistas para que pueda cumplir con los requerimientos del prototipo.

Tabla 12. Tabla comparativa de los pastilleros.

Requerimientos	Pastillero Redondo	Pastillero Cuadrado	Pastillero Hexágono	Otro Pastillero
S1: Medicamentos.	Pastillero con forma redonda que excede las dimensiones del prototipo	Pastillero que en caja con las dimensiones requeridas para prototipo	Pastillero que no permite la adaptación para recoger diferentes requerimientos	Pastilleros que ni cumplirían con los diferentes requerimientos.
Tamaño (cm)	8.5x8.5	3.8x3.8	4.5x6.5	5.9x5.9
Peso (g)	10	7.1	8	10
Almacenaje	7	4	7	5
Costo (\$)	8.000	8.000	10.000	12.000

Teniendo en cuenta los requerimientos de componentes se presenta como el componente seleccionado el pastillero cuadrado. Se llega a la selección de este componente debido a la facilidad de adaptación con el diseño del prototipo, por costos y la eficiencia que presenta en términos generales y que se pueden evidenciar en los requerimientos de dicho subsistema.



Figura 40. Pastillero común del mercado.

El pastillero cuadrado presenta como características la siguiente información: Las dimensiones no superen los 5cm x 5cm.

Diagrama de bloques:

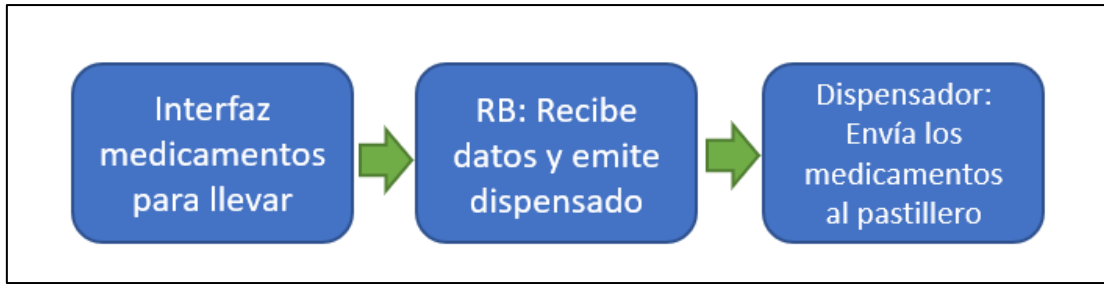


Figura 41. Diagrama de bloques del sistema.

Si el paciente mediante la interfaz táctil desea los medicamentos para llevar. Lo indica y a continuación se envía la señal al Raspberry el cual activa el dispensador para realizar la carga del pastillero.

10.7.4 Diagrama esquemático de subsistema

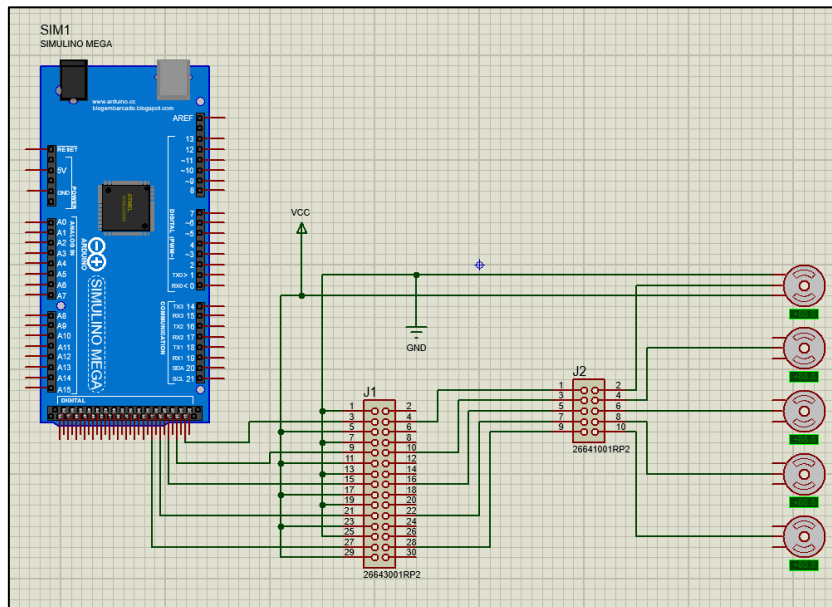


Figura 42. Esquemático del subsistema.

Materiales:

- Pantalla táctil
- Raspberry
- Fuente
- PC
- Arduino

Consumo:

- Corriente: 100mA para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

10.7.5 Simulación del subsistema

En este caso la simulación no se da, debido a que se maneja como un extensor físico, mas no electrónico el cual cumple con una sola función que es llevar los medicamentos.

10.7.6 Plan de pruebas del subsistema

El plan de pruebas del subsistema tiene como objetivo, comprobar y verificar que las entradas y las salidas estén efectivamente indicadas, así cumpliendo con los requerimientos escritos previamente.

En este caso, las pruebas de subsistema serán en comprobar que los medicamentos salgan en el momento adecuado.

10.8 Esquemáticos del sistema

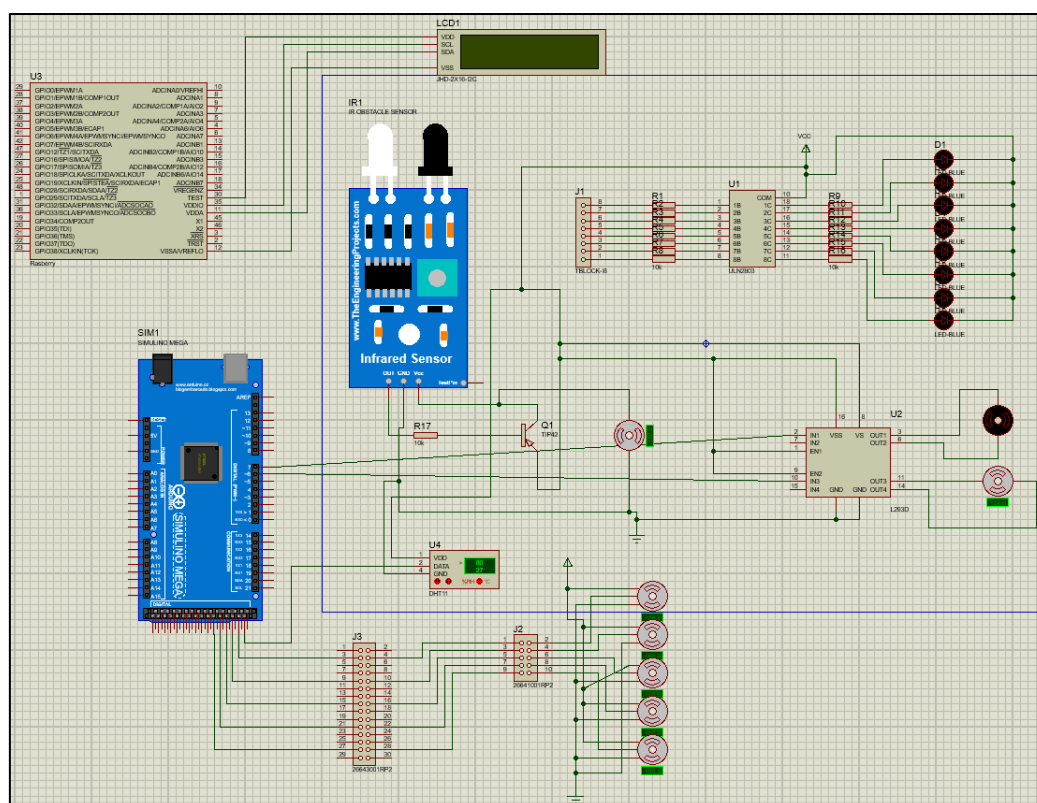


Figura 43. Esquemático general del sistema.

Materiales:

- Pantalla táctil
- Raspberry
- Fuente conmutada
- PC
- DHT11

- Microservo x 5
- Arduino mega
- Fotodiodo
- L293D
- ULN2803
- Ventilador

Consumo:

- Corriente: 3A para el sistema
- Voltaje: 5v para el sistema

11 PLAN DE PRUEBAS DEL SISTEMA

Se realizó un plan de prueba de funcionamiento para demostrar que se controló totalmente el Raspberry con sus respectivos módulos. Previamente a la creación del código, se construyó un pequeño módulo para las pruebas de interacción desde el microcontrolador hasta los motorreductores por medio del puerto USB hasta el PC. Con el objetivo de recibir y mandar datos con Raspberry Pi3, este pequeño sistema se basa en las conexiones mínimas en Raspberry y los demás componentes con la función de adaptar los niveles de tensión con los que trabaja el microcontrolador (0 V - 5 V) y el puerto del PC (0v - 2.5v).

11.1 Plan de pruebas de componentes

Nota plan de pruebas componentes: Para realizar las pruebas de componentes que se mencionaran a continuación, antes se debe instalar el programa de pruebas de componentes el cual se entrega con los anexos de este documento. Es fundamental el tener la Raspberry programada con este para realizar las pruebas planteadas a continuación. *Tabla 13 a 21.*

Tabla 13. Tabla prueba de Raspberry

Objetivo de la práctica:	Comprobar el funcionamiento de la tarjeta Raspberry con sus entradas y salidas.	
Metodología:	Después de realizar la instalación del programa mediante el puerto destinado a la programación situado al lateral del dispositivo, se debe encender el sistema y en la interfaz debe aparecer las opciones creadas para el plan de pruebas.	
Instrumentos Necesarios:	-Un computador para realizar la programación de la Raspberry	
Criterios de Prueba:	Al encender el dispositivo (dispensador) se debe encender la interfaz diciendo "ok" y mostrando a continuación los diferentes cuadros de pruebas diseñados para realizar los pasos de plan de pruebas de componentes. Y sobre la tarjeta de Raspberry su led debe quedar encendido en rojo.	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 14. Prueba pantalla táctil

Objetivo de la práctica:	Comprobar que la pantalla táctil funcione al 100% en cuanto a la relación tacto-cumplimiento de función.	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, seleccione la opción de prueba de pantalla y realice lo que se muestra en pantalla.	
Instrumentos Necesarios:	-Un computador para realizar la programación de la Raspberry	
Criterios de Prueba:	Se deben realizar todas las acciones requeridas en la prueba de pantalla táctil y todas ellas deben marcarse como realizadas para comprobar que la pantalla está funcionando de manera adecuada y cumple su mínimo requerido para el correcto uso con el dispensador.	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 15. Prueba de Servomotores

Objetivo de la práctica:	Comprobar que los micro servos realicen sus movimientos correctos, fluidos y sin interrupciones.	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, seleccione la opción de prueba de motores y a continuación seleccione el motor que desea probar.	
Instrumentos Necesarios:	-Un computador para realizar la programación de Raspberry -Multímetro (que mínimo lea voltajes de 5v) -Puntas de prueba del multímetro	
Criterios de Prueba:	El motor seleccionado debe moverse de manera fluida y sin presentar interrupciones hasta que en la interfaz se oprima el botón "parar". Si desea comprobar los valores de voltaje presentes en la salida del motor coloque punta de prueba positiva del multímetro en el contacto de motores y a continuación en el pin con el número del motor a comprobar, y coloque la punta de prueba negativa en el pin marcado con las letras (GND). Y debe visualizar en la pantalla del multímetro un voltaje de 5V (+/-0.6V) DC	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 16. Prueba de alarmas

Objetivo de la práctica:	Comprobar que los componentes de las alarmas funcionan correctamente (parlantes y pantalla)	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, seleccione la opción alarmas.	
Instrumentos Necesarios:	-Un computador para realizar la programación de Raspberry.	
Criterios de Prueba:	Luego de seleccionar la opción de alarmas en la interfaz de pruebas, se presentarán por 10 segundos las alarmas sonoras y visuales en la pantalla táctil, debe sonar la alarma de manera fuerte y clara y en la pantalla debe salir un anuncio de alerta	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 17. Prueba Infrarrojos

Objetivo de la práctica:	Comprobar que en los sensores infrarrojos se está realizando el corte o detección de un objeto.	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, seleccione la opción de sensores IR y luego proceda a colocar un objeto en cada sensor, uno por uno	
Instrumentos Necesarios:	-No se necesitan	
Criterios de Prueba:	Luego de seleccionar la opción sensores IR, al accionar el sensor IR se debe mostrar en la interfaz un mensaje aprobatorio, diciendo así mismo	

	que el sensor está cumpliendo su función. Se debe repetir la acción de bloquear el sensor con cada sensor IR	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 18. Prueba motobomba

Objetivo de la práctica:	Comprobar que la motobomba está en la capacidad de dispensar un vaso de agua desde la tolva de almacenamiento.	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, se debe seleccionar la opción prueba agua, se debe colocar un vaso bajo el espacio de dispensado de agua y se debe oprimir en la pantalla el botón dispensar.	
Instrumentos Necesarios:	-Vaso plástico con medidas en mililitros -Agua para la tolva de almacenamiento de agua	
Criterios de Prueba:	Se deben encontrar en el espacio de recogida de medicamentos, las pastillas o capsulas blandas que se seleccionaron desde la interfaz en cantidad y condiciones adecuadas (forma, tamaño y apariencia)	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 19. Prueba humedad y temperatura

Objetivo de la práctica:	Comprobar que los valores adquiridos mediante el sensor de humedad y temperatura sean los correctos comparándolos con los que se visualizan en instrumentos especializados para tal fin.	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, se debe seleccionar la opción humedad y temperatura. Y se deben visualizar los valores adquiridos por el sensor en la pantalla táctil.	
Instrumentos Necesarios:	-Computador para programar la Raspberry -Higrómetro -Termocupla	
Criterios de Prueba:	Al visualizar los valores adquiridos por el sensor en la pantalla táctil del dispensador, se deben introducir las puntas de prueba de los instrumentos dentro del dispensador y comprobar que los valores mostrados en los instrumentos (multímetro e higrómetro) son similares al valor mostrado en la pantalla con un margen de error de $\pm 5\%$.	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar de 110v-60Hz	

Tabla 20. Prueba Ventiladores.

Objetivo de la práctica:	Comprobar que los ventiladores del sistema enciendan y se mantengan encendidos de manera adecuada y por el tiempo necesario	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, se debe seleccionar la opción prueba ventiladores y luego seleccionar encender.	

Instrumentos Necesarios:	-Computador para programar la Raspberry	
Criterios de Prueba:	En la pantalla táctil se mostrarán dos opciones. Encender y apagar, al oprimir encender los ventiladores deben encender y solo se deben detener hasta que se seleccione la opción apagar en la pantalla táctil	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar 110v y 60Hz	

Tabla 21. Prueba de tarjeta de potencia

Objetivo de la práctica:	Comprobar que la tarjeta de potencia tenga los voltajes adecuados para cada sensor	
Metodología:	Luego de instalar el programa de prueba y encender el dispositivo (dispensador). En la interfaz presentada en la pantalla táctil, se debe seleccionar corroborar con un multímetro el valor de cada salida de voltaje de la tarjeta	
Instrumentos Necesarios:	-Osciloscopio -Multímetro	
Criterios de Prueba:	En el multímetro debe generar valores de medición que sean de 5v. Encender y apagar.	
Consideraciones:	- La prueba se debe realizar en cualquier ambiente, preferiblemente en un laboratorio teniendo equipos cerca para realizar las pruebas de los distintos componentes. - Se debe tener cerca una conexión eléctrica estándar 110v y 60Hz	

11.2 Plan de pruebas de subsistemas

Se presentará el plan de pruebas con cada uno de los subsistemas mencionados, se evidenciará la importancia de las actividades, variables para controlar cada uno de los subsistemas.

Tabla 22. Subsistema CPU y dispensador.

Objetivo de la práctica:	Comprobar que los medicamentos se dispensen en cantidades y condiciones necesarias para el consumo.	
Practica:	Se debe utilizar la identificación NFC de administración de dispositivo para acceder a las opciones de dispensado de prueba, a continuación, se debe seleccionar el medicamento a dispensar y pulsar en "si" a través de la interfaz táctil.	
Instrumentos Necesarios:	-No se necesitan	
Criterios de Prueba:	Se deben encontrar en el espacio de recogida de medicamentos, las pastillas o capsulas blandas que se seleccionaron desde la interfaz en cantidad y condiciones adecuadas (forma, tamaño y apariencia)	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier tipo de ambiente sin exponer el dispositivo a la lluvia o directamente a los rayos del sol. Cerca de una alimentación eléctrica de 110v/60Hz con conexión a toma corriente de 3 patas	

Tabla 23. Subsistema humedad y temperatura

Objetivo de la práctica:	Comprobar que el sensor de humedad y temperatura está entregando los valores correctos.	
Metodología:	Con ayuda de una termocupla en un multímetro y un higrómetro se verifican los valores de temperatura y humedad dentro del módulo fijo	

	del dispensador de medicamentos y se comparan los valores mostrados en la interfaz de usuario con los mostrados en los instrumentos.	
Instrumentos Necesarios:	-Termocupla -Higrómetro -Multímetro	
Criterios de Prueba:	Si los valores mostrados en los instrumentos (multímetro e higrómetro) son similares al valor mostrado en la interfaz con un margen de error de $\pm 5\%$.	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier tipo de ambiente sin exponer el dispositivo a la lluvia o directamente a los rayos del sol. Cerca de una alimentación eléctrica de 110v/60Hz con conexión a toma corriente de 3 patas	

Tabla 24. Subsistema interfaz

Objetivo de la práctica:	Comprobar que las opciones seleccionadas en la interfaz táctil de usuario sean las que el sistema está tomando.	
Metodología:	Se deben seleccionar diferentes opciones en la pantalla de la interfaz táctil y esta debe responder correctamente a la opción seleccionada	
Instrumentos Necesarios:	-No se necesitan	
Criterios de Prueba:	Si la opción que se selecciona en la pantalla es la que se procede a ejecutar la prueba es exitosa. En caso contrario la prueba no fue superada	
Consideraciones:	- La prueba se puede realizar en cualquier tipo de ambiente sin exponer el dispositivo a la lluvia o directamente a los rayos del sol. - Cerca de una alimentación eléctrica de 110v/60Hz con conexión a toma corriente de 3 patas	-

Tabla 25. Subsistema dispensador de agua

Objetivo de la práctica:	Verificar que el dispensador llene un vaso con la cantidad de agua de 3 onzas en un vaso de 5 onzas.	
Metodología:	- Revisar que la tolva tenga la cantidad de agua necesaria para el sistema. - Enviar la señal de encendido del dispensador de agua. - Revisar que el sistema no tenga obstrucciones - Medir la cantidad de agua que el sistema con un pluviómetro. - Chequear que cumpla con el fruncimiento establecida en los requerimientos. - Verificar que el sistema llene el vaso de una forma uniforme.	
Instrumentos Necesarios:	- Pluviómetro.	
Criterios de Prueba:	La cantidad de agua que el sistema debe entregar debe de ser 3 onzas y se verificara con el Pluviómetro con un margen de error del $\pm 5\%$.	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno sin exponer el dispositivo a la lluvia o directamente a los rayos del sol y con una toma de 110v/60Hz de tres patas.	

Tabla 26. Subsistema potencia y modulo físico.

Objetivo de la práctica:	Verificar que el módulo físico reciba los medicamentos con la establecida y en el orden establecido.	
Metodología:	Con la ayuda de programación se comprobará que el sistema entregue los medicamentos en la cantidad y orden establecidos, priorizando que el módulo físico este en su lugar para la entrega de los medicamentos.	
Instrumentos necesarios:	- Almacenador externo.	

Criterios de prueba:	- La cantidad y la hora de entrega de los medicamentos deben ser la correcta según la programación	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno sin exponer el dispositivo a la lluvia o directamente a los rayos del sol y con una toma de 110v/60Hz de tres patas.	

Tabla 27. Subsistema IoT y CPU

Objetivo de la práctica:	Verificar que el módulo físico envíe una reciba y envía información por medio de W-Fi (IoT)	
Metodología:	Con la ayuda de programación se comprobará que el sistema la información necesaria en alarmas de mensaje de texto.	
Instrumentos necesarios:	- Red (Wifi, 3g, 4g etc.) - Celular	-
Criterios de prueba:	La información tiene que ser entregada por medio de mensaje de texto, entre modulo físico y el celular.	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno y con una conexión alguna red.	

11.3 Plan de pruebas de integración

En las siguientes tablas se presentará el sistema general tanto en software y hardware, con las debidas pruebas de integración.

Tabla 28. Prueba de integración

Objetivo de la práctica:	Verificación de la integración de todos los subsistemas en uno solo	
Metodología:	Con la ayuda de programación se comprobará que el sistema cumpla con todos los requerimientos que fueron propuestos para cada subsistema	
Instrumentos necesarios:	- Subsistemas - Batería	-
Criterios de prueba:	La información tiene que coincidir con los propuestos en la entrada del sistema para cada uno de los subsistemas	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno y con una conexión alguna red.	

Tabla 29. Prueba del sistema

Objetivo de la práctica:	Prototipo Dispensador automático de medicamentos para la tercera edad.	
Metodología:	Por medio de la interfaz y de la programación se realizará el procedimiento completo para el dispensado de medicamentos de acuerdo a la rutina del usuario.	
Instrumentos necesarios:	- Dispensador - Red Wifi - Celular - Alimentación eléctrica 110v~60Hz	-
Criterios de prueba:	El sistema debe cumplir con los requerimientos propuestos.	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno y con una conexión alguna red. Y una toma de 110v/60Hz	

12 DISEÑO INDUSTRIAL

12.1 Descripción del contexto.

Para el dispensador automático de medicamentos para pacientes de la tercera edad se busca crear comodidad y seguridad en cuanto a la ingesta adecuada de los medicamentos asignados para los tratamientos de las diferentes enfermedades que puedan estar aquejando al paciente, ya que a esta edad la movilidad o la capacidad de desplazamiento se ve afectada por los diferentes factores relacionados al deterioro de las capacidades motrices. El dispositivo está diseñado para estar ubicado en la habitación del paciente para ofrecer la mayor cercanía a la zona de comodidad del mismo, teniendo en cuenta factores como que el dispositivo debe estar sobre una superficie sólida y estable que este a más de 1.30 metros del suelo para asegurar el fácil acceso a los pacientes y dificultarlo a niños pequeños o animales que puedan interferir con el funcionamiento adecuado del depósito.

Además, se debe tener en cuenta que el dispositivo se encuentre alejado de fuentes calor o luz extrema como son ventanas o lámparas que puedan impedir que la temperatura dentro del receptáculo de medicamentos se mantenga en un valor estable y apto para la conservación de los mismos.

12.2 Casos de uso

Se debe tener en cuenta que hay dos roles que interactúan con el dispositivo. El administrador de sistema con funciones extra y el usuario que recibirá sus medicamentos de acuerdo con la programación establecida.

12.2.1 Casos de uso típicos.

1. El usuario debe asegurarse que el módulo no se encuentre a exposición directa de rayos del sol y sobre una superficie firme y lejos de fuentes de humedad excesiva.
2. El usuario debe verificar que las salidas y entradas de ventilación al módulo estén obstruidas.
3. El usuario debe verificar que el cable de alimentación del módulo fijo esté conectado correctamente a la alimentación eléctrica de 110v/60Hz
4. El usuario debe verificar que en la interfaz del dispositivo se visualice la hora exacta y la luz verde de que el dispositivo está en correcto funcionamiento
5. El usuario debe verificar que el tanque de agua del dispensador este sobre el mínimo que está marcado en el mismo y en caso contrario llenarlo sin sobrepasar el nivel marcado como máximo.
6. El usuario debe verificar que no haya ningún objeto obstruyendo la salida de medicamentos.

12.2.2 Casos de uso atípicos.

1. ¿Al encender el módulo la interfaz no se encuentra con luz verde?

- Cuando no está en verde la interfaz táctil, significa que hay algún problema en el sistema. En este caso contactarse con el administrador del equipo para dar un soporte oportuno
- 2. ¿Es la hora de dispensado del medicamento y el sistema no enciende sus alarmas ni entrega los medicamentos?
- Llame inmediatamente al administrador del equipo para realizar un dispensado de prueba de medicamentos para suplir la dosis requerida en el momento e informe al mismo para realizar una reprogramación de los cronogramas de dispensado.
- 3. ¿El sistema no dispensa el vaso de agua?
- Contacte al administrador del equipo ya que se deben presentar fallos en la motobomba del dispensador de agua.
- 4. ¿Se realiza el proceso de dispensado, pero en la zona de recolección de pastillas no ha salido nada?
- En este caso el sistema debe presentar un bloqueo en el paso de medicamentos desde los depósitos por la tolva hacia la zona de recolección, levante la tapa frontal del dispositivo y revise que no esté atorado ningún medicamento, en caso de que no hay ningún medicamento atorado y no se dispense. Contacte inmediatamente con el administrador de equipo.
- 5. ¿El agua que entrega el dispensador presenta un color, olor o sabor fuera de lo normal?
- Esto debe ser debido a problemas de limpieza del tanque del dispensador de agua. Por favor extráigalo y realice un lavado y desinfección del mismo e instálelo de nuevo, si el problema persiste llame al administrador del equipo.
- 6. ¿El sistema agoto el suministro eléctrico de emergencia?
- Conecte el dispositivo lo más pronto posible a la alimentación eléctrica para que el sistema inicie y la batería de respaldo inicie su proceso de carga.
- 7. ¿El módulo portátil no carga?
- En caso de que el módulo portátil no se cargue de medicamentos es una falla interna de la distribución de medicamentos. Contacte al administrador del equipo inmediatamente.
- 8. ¿El módulo se desconectó de la alimentación eléctrica?
- Recuerde que el sistema cuenta con una fuente de respaldo de aproximadamente 6 horas de funcionamiento, así que conecte lo más pronto posible el dispositivo a la alimentación eléctrica.
- 9. ¿El sistema no genera alertas al dispositivo móvil?
- Se debe comprobar si el dispositivo móvil cuenta con una conexión a internet para asegurar la recepción de la alerta desde el módulo fijo del dispensador, en caso de que este esté correctamente conectado se debe revisar que el módulo fijo tenga una conexión wifi estable y con acceso a internet. En caso contrario contacte al administrador del sistema.
- 10. ¿Al realizar el dispensado de medicamentos ya sea de prueba o en la rutina de dispensado, se bloquea el medicamento o el dispositivo no las entrega?
- Se debe proceder a abrir la tapa del dispositivo e identificar previamente cual fue el medicamento que no fue entregado, al mirar dentro del dispositivo en los dispensadores debe realizar un golpe suave con la punta del dedo en cualquier parte de la tolva donde se encuentra el medicamento, este pequeño golpe desplazara las pastillas dentro de la misma y volverán a encajar en su curso para poder salir a través del sistema, luego de realizar esto en la interfaz entre a la pestaña administrado y en "realizar dispensado" y seleccione el numero de la tolva que no entrego previamente

el medicamento y debe ser entregado, en caso de que siga sin ser entregado repita nuevamente este proceso, de no ser posible la solución mediante este procedimiento, contacte con el administrador del sistema.

12.3 Requerimientos Industriales.

12.3.1 Requerimientos de uso y función.

- El sistema debe tener un manejo sencillo para el usuario que está pensado, desde un fácil encendido, hasta su manipulación.
- Debe ser presentable para el usuario y de esta manera garantizar un manejo apropiado por parte del usuario final.
- No debe presentar sobrecalentamientos.
- El sistema debe permitir acceso a la parte interna de la caja industrial con el fin de poder realizar mantenimientos.
- El sistema debe contar con componentes que permitan su fácil reparación.
- Debe tener un tamaño acorde a sus subsistemas, sin estar sobredimensionado.
- El sistema debe ser resistente a factores de humedad normales presentados en el área de implementación.
- El sistema debe ser claro, de esta manera el usuario puede identificar cada uno de sus componentes.
- El sistema debe ser fijo y debe presentar de manera clara la respuesta final.
- El sistema debe entregar los medicamentos según la rutina del usuario.
- El sistema debe contar con una caja lo suficientemente fuerte para soportar golpes.
- El prototipo contara con su propia fuente de energía de 2 horas para casos de emergencia.
- El prototipo final debe contar con acabados industriales apropiados para su correcta implementación en un sitio de gestión financiera.

12.3.2 Requerimientos de producción

- La caja contenedora del material electrónico del prototipo debe tener un tamaño no mayor a 50 cm de largo por 30 cm de ancho, así como una altura no mayor a 30 cm.
- El material de la caja contenedora del material electrónico debe ser resistente a golpes moderados y su contenido debe estar totalmente estático sin presentar movimientos internos al mover la caja completa.
- El dispensador de agua debe estar debidamente ajustada a la caja sin presentar riesgos de desprendimiento o daños.
- La caja debe ser fabricada de manera industrial y a medida.
- El material final de la caja debe ser un plástico resistente, para evitar contactos eléctricos.
- El prototipo final cuenta con un presupuesto final de \$1170000 COP.

12.3.3 Requerimientos estéticos y de identificación.

- Todos los componentes del sistema a excepción de la pantalla táctil y el dispensador de agua deben estar recubiertos por una coraza que puede ser plástica debido a su calidad industrial.
- El prototipo final tiene forma rectangular para su fácil manejo y ubicación en el sitio de implementación.
- La interfaz gráfica maneja colores llamativos y acordes a los lineamientos estéticos para fácil visualización.
- Cada uno de los componentes debe ser de fácil replicación.
- La pantalla táctil se encontrará en la parte inferior izquierda de la coraza, de esta manera se maneja un equilibrio visual para el usuario.
- La iconografía de la pantalla táctil se basará según la simbología BPMN.

12.4 Materiales, procesos y normativas. materiales.

Para la implementación del prototipo se requiere solamente de una coraza para todo el sistema, a continuación, se realiza el comparativo entre plásticos de dos tipos como son el ABS y el acrílico, según los estudios ya hechos con los diferentes materiales decidimos usar ABS por la resistencia que nos ofrece cuanto a los golpes y fácil arreglo de las piezas.

12.4.1 Procesos de producción.

El proceso de producción para el proyecto se basará en una serie de cortes a laser de plástico de ABS para la parte exterior, donde las piezas formaran la carcasa exterior del sistema, donde tendremos 7 sistema internos que nos ayudaran en todo el proceso de almacenamiento y entrega de medicamentos, en el proyecto con esto nos damos cuenta que ese cuenta con un presupuesto de \$1170000 COP los cuales están distribuidos para suplir tanto la parte industrial como la parte tecnológica. Por tratarse de un sistema basado en programación y sistemas mecánicos el proceso de producción del prototipo solamente tiene una posible alternativa, la cual está liderada por la programación de las tarjetas de procesamiento por computador. Posteriormente se integra los múltiples sistemas mecánicos, con la cual se incluyen envío de la rutina por tecnología IoT y finalmente se procede a la integración de la pantalla táctil, de esta manera se podrá visualizar el resultado de la entrega de los medicamentos según la rutina y el análisis realizado por los componentes.

Con el fin de lograr realizar la implementación del prototipo de manera satisfactoria se cuenta con periodo de tiempo estimado en 5 meses, en cual se debe realizar la integración total de las tecnologías, así como el acabado final del prototipo para su uso industrial.

12.5 Normativas.

Para este sistema solamente se tiene en cuenta la normatividad del Invima con las que fueron fabricados los medicamentos, según el decreto 2200 de 2005 y resolución N°1403 de 2007 del Invima, se deben tener unas condiciones adecuadas en el almacenamiento para poder garantizarlo. La cual habla específicamente de la protección y seguridad de los medicamentos como son:

- La temperatura ideal para los medicamentos de 8 a 25 grados

- La humedad no superior de 80%
- Manejo del tamaño de las pastillas según lo establecido en la norma
- Las características ideales para el almacenaje de los medicamentos.

12.6 Planificación de producción.

12.6.1 Propuesta de diseño 2:

Para este diseño que podemos ver en la figura 46 se cuenta con un módulo de dispensado electrónico de medidas de 40 x 25 x 15 cm. El cual está diseñado en plástico ABS. Este módulo debe estar ubicado sobre una superficie firme a más de 45 cm del suelo para así evitar que el mismo quede al alcance de menores de edad que quieran interactuar con el dispositivo y llegar a causar daños en el módulo.

La propuesta de diseño uno incluye un módulo electrónico para llevar los medicamentos el cual generara alertas para recordar la ingesta de los medicamentos al paciente.

Planos isométricos

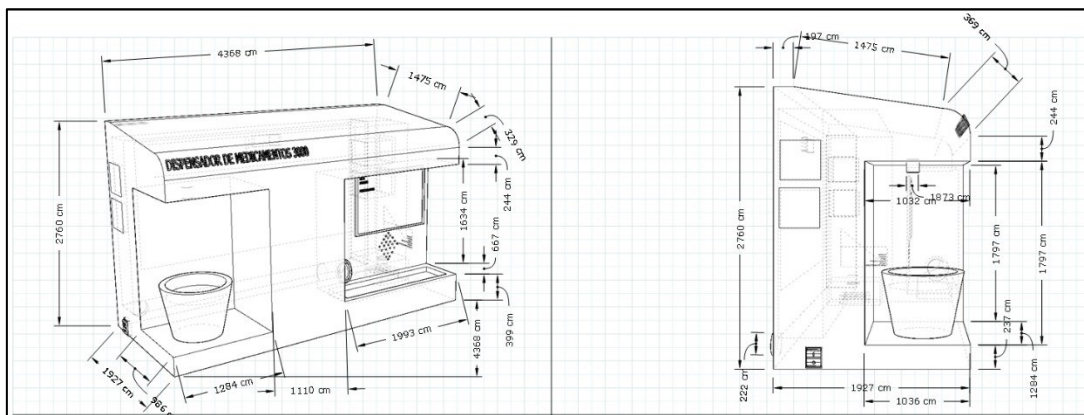


Figura 44. Planos isométricos diseño 2

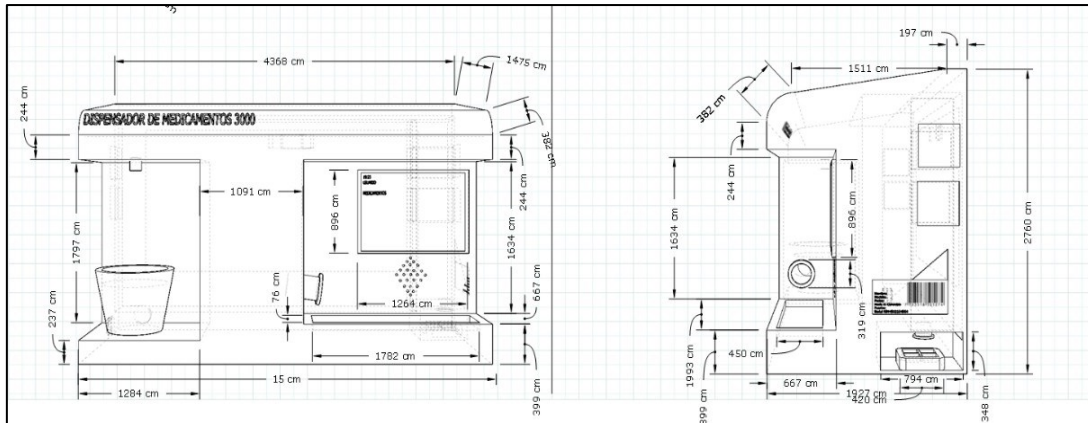


Figura 45. Planos isométricos diseño 2

12.6.2 Propuesta de diseño 1:

Para este diseño Figura 47. se cuenta con un módulo de dispensado fijo de medidas de 40 x 25 x 15 cm. El cual está diseñado en plástico ABS. Este módulo debe estar ubicado sobre una superficie firme a más de 45 cm del suelo para así evitar que el mismo quede al alcance de menores de edad que quieran interactuar con el dispositivo y llegar a causar daños en el módulo.

La propuesta de diseño uno incluye un módulo externo el cual llevara los medicamentos que le sean cargados y el módulo fijo mediante la implementación de tecnología IoT, este diseño cuenta con ciertas alarmas(notificaciones por medio de mensaje de texto o al correo) entre dispositivos donde el servidor quien inicia la petición hacia el cliente cuando tiene una nueva notificación que enviar, permitiendo así un importante ahorro de recursos respecto a otras tecnologías en el cual el proceso es que se conecten los dispositivos en este caso el módulo físico y demás tipos de dispositivos (Celulares o Tablet) a una conexión Wi-fi y por medio de un servidor web o aplicación pueda recibir el usuario en su dispositivo móvil este tipo de notificaciones para recordarle de la ingesta de los medicamentos que se encuentran en el módulo físico.

Planos isométricos.

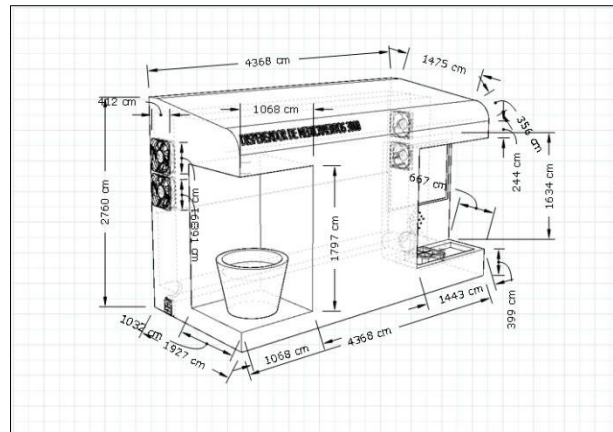


Figura 46. Plano isométrico

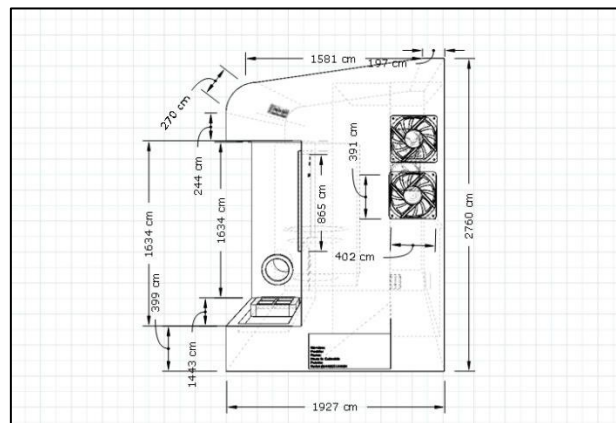


Figura 47. Plano derecho

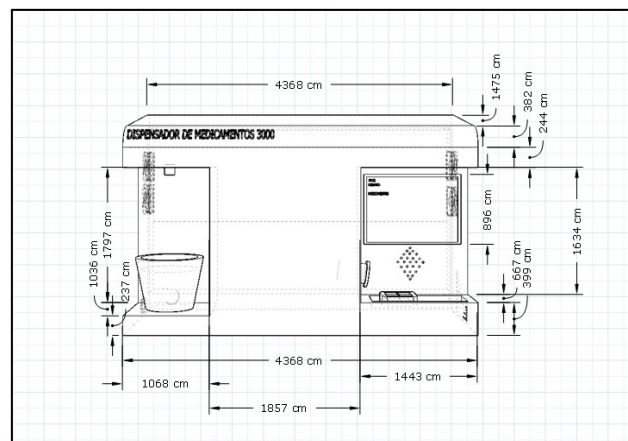


Figura 48. Plano frontal



Figura 50. Plano isométrico

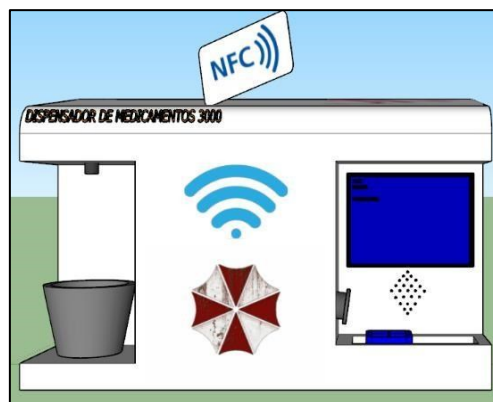


Figura 51. Plano frontal

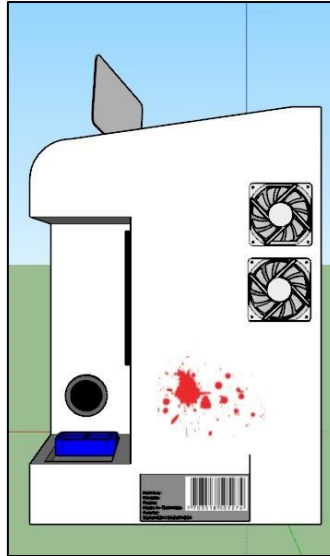


Figura 52. Plano izquierdo

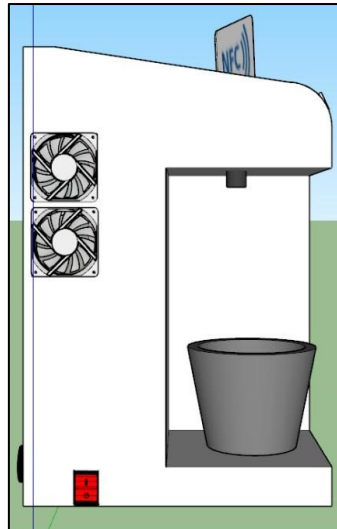


Figura 53. Plano derecho

12.7 Diseño detallado selección de materiales.

A continuación, se expondrán los diferentes tipos de materiales para el diseño del prototipo pudiendo entregar un producto final, el cual también se expondrán los diferentes componentes electrónicos (Microcontroladores, sensores, accesorios, etc..), de los cuales estará compuesto el sistema.

Para el diseño se realizó una investigación de tres materiales para la construcción del prototipo, se decide usar acrílico Figura 51. Ya que en los criterios de costos es el mejor que cumple con los requerimientos como se puede observar en sus especificaciones.

12.7.1 Definición de materiales de diseño Plástico ABS.



Figura 54. Figura hecha de plástico ABS

Plástico ABS como podemos ver en la Figura 55. Este material es resistente al impacto muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos. Debido a sus cualidades de termoplástico amorfo y su fácil adaptación a carretes para impresoras en 3D.

Ficha técnica:

- Material termoplástico amorfo $T_g = 100-120^{\circ}\text{C}$. Densidad: $1,03-1,05 \text{ g/cm}^3$.
- El ABS es un terpolímero que contiene varios monómeros: Acrilonitrilo, Butadieno y estireno.

Cada uno de estos tres componentes confiere al compuesto final determinadas características:

- Acrilonitrilo: Ofrece estabilidad térmica y aumenta la resistencia química.
- Butadieno: Ofrece tenacidad en la base de la temperatura.
- Estireno: Ofrece brillo y mejora la estimabilidad.
- Materiales de refuerzo y aditivos funcionales.
- Fibras de vidrio, bolas de cristal, y carbón black.
- Se pueden obtener productos ignífugos con aditivos halogenados.
- En función del porcentaje de caucho butadénico, se le otorgan características diversas.
- Rigidez.
- Eficaz también a bajas temperaturas.
- Buena resistencia al rayado. Alto brillo.
- Utilizable aprox. -45°C hasta $+ 85^{\circ}\text{C}$ (hasta 100°C en los tipos termo resistentes).

Acrílico

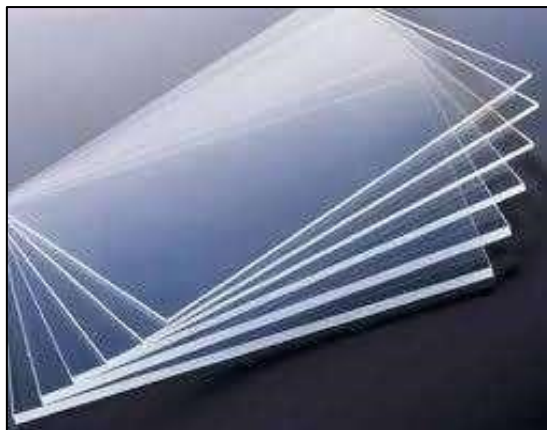


Figura 55. Acrílico transparente de 1/4.

El metacrilato, también conocido por sus siglas PMMA, es uno de los plásticos de ingeniería. La placa de acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos ('pellas' en castellano; 'pellets' en inglés) o en placas. Los gránulos son para el proceso de inyección o extrusión y las placas para termo formado o para mecanizado.

Tabla 30. Especificaciones del acrílico

PRODUCTO	LÁMINA DE PMMA
Aplicaciones	Señalización, cubiertas, domos, protecciones en maquinaria, lámparas separadoras decorativas y de protección, acuarios y piscinas, obras de arte entre otros, exhibidores en punto de venta P.O.P.
Características	Se destaca frente a otros plásticos transparentes en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado.
Material *	Su componente el MMA (monómero de metacrilato de metilo) sí lo es en fase líquida.
Dimensiones y calibre	Lámina de 122cm x 180 ò 245cm; Calibre C60 (2.5mm) hasta C320 (8mm), +/- 3%.
Color	Natural.
Acabado	Liso.
Acabado Superficial	Brillante
Tratamientos	De acuerdo a los requerimientos del cliente.

Lamina MDF



Figura 56. Tabla MDF

El MDF o también conocido como tablero de densidad media, es uno de los paneles de aglomerados más utilizados actualmente a la hora de llevar a cabo proyectos o incluso se le puede ver en el armado de muebles.

La principal característica de estos paneles es que sus caras y cantos poseen un buen acabado, a diferencia de la madera normal que posee desniveles e imperfecciones, el MDF posee una superficie ideal para realizar cualquier trabajo.

12.7.2 Definición de componentes principales. Raspberry PI 3 b+



Figura 57. Raspberry pi 3 b+

La Raspberry Pi 3 como se ve en la figura 58. va ser el controlador del sistema donde se va manejar la interfaz como el manejo de datos de todos los sensores que constan el sistema de dispensado sus especificaciones son las siguientes:

Tabla 31. Especificaciones de Raspberry

Variable	Descripción
SOC	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) SoC de 64 bits
CPU	CPU ARM Cortex-A53 de cuatro núcleos a 1,4 GHz de 64 bits
RAM	1 GB LPDDR2 SDRAM
WIFI	LAN inalámbrica 802.11ac de doble banda (2.4GHz y 5GHz) y Bluetooth 4.2
Ethernet	Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (máx. 300 Mbps). Soporte de alimentación a través de Ethernet (con PoE HAT separado). Red PXE mejorada y arranque de almacenamiento masivo USB.

Thermal managent	sí
Video	Sí - Video Core IV 3D. HDMI de tamaño completo
Audio	sí
USB	4 puertos 2.0
GPIO	40 pines
Fuente	entrada de alimentación de 5V / 2.5A DC
Sistema operativo	Linux y Unix

Arduino Mega

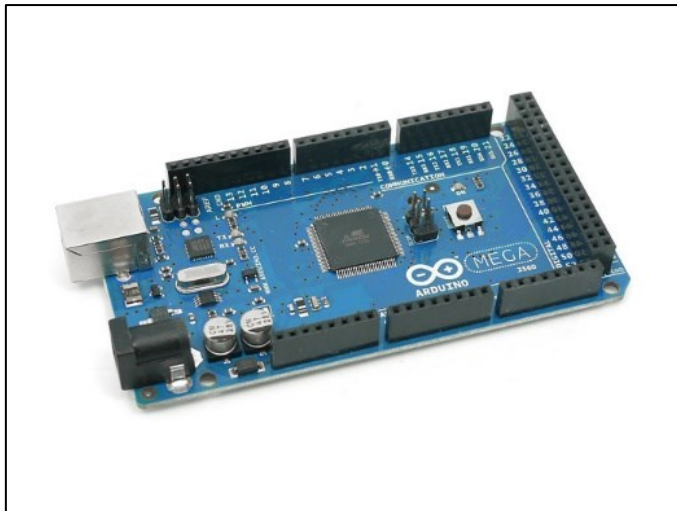


Figura 58. Arduino mega 2550

El Arduino Mega 2560 como se ve en la Figura 59. tiene 54 pines de entrada/salida, de los cuales exactamente 14 de ellos pueden ser utilizados como salidas de PWM (Modulación por ancho de pulso), cuenta con otras 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos serial), sus especificaciones son:

Tabla 32. Especificaciones Arduino mega

Variable	Descripción
Voltaje Operativo:	5V
Tensión de Entrada:	7-12V
Voltaje de Entrada(límites):	6-20V
Pines digitales de Entrada/Salida:	54 (de los cuales 14 proveen salida PWM)
Pines análogos de entrada:	16
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida:	40mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V:	50 mA
Memoria Flash:	256 KB (8KB usados por el bootloader)
SRAM:	8KB
EEPROM:	4KB
Velocidad de reloj	16 MHz

Fan Cooler 5v USB Ventilador 120mm



Figura 59. Fan 12cm [12]

Este ventilador compacto con un silencioso motor de 120mm figura 60, se utiliza para dispositivos electrónicos para refrigerarlos, Por lo general el aire caliente es sacado desde el interior del dispositivo con los coolers.

Especificaciones:

- Tipo de Conector: USB
- Dimensiones 120 x 120 x 25 mm
- Voltaje: 5 V CC
- Corriente: 0.23 A
- Longitud del cable: 30 cm
- RPM: 1200 +/-10%
- Volumen de aire: 54 CFM
- Ruido: 18 dB +/-10%
- Vida en horas: 50.000 @ 40 C

Filtro Antipolvo



Figura 60. Filtro para uso de computadores

Como se puede observar en la figura 61. El filtro nos ayudara a reducir posibles bacterias que entren al prototipo por el sistema de ventilación.

Especificaciones:

- Nombre del artículo: 3 en 1 filtro de la fan de 120 mm
- Material: Resina ABS anti fuego Material
- Aplicación: en el interior (-10 º± 55 º)
- Proporción a prueba de polvo: 89%
- Grado de protección: IP40
- Tamaño: 125 mm x 125 mm x 7,7 mm

Buzzer



Figura 61. Buzzer de dos terminales positivo y negativo

Nos permitirá escuchar las alarmas del Sistema cuando este se encuentre cerca del Sistema fijo.

Especificaciones:

- Dimensiones (Sin incluir los pines) = 12 mm de diámetro, 9,7 mm de altura
- Pasadores= 6 mm de largo y 0,3 "de separación.
- Potencia de funcionamiento= 3-6v dc / 25 ma
- Tipo de tono= Solo
- Tensión nominal= 5v dc
- Consumo de corriente= 25 ma
- Osc. Frecuencia= 3.2khz
- Nivel de sonido= 87db
- Tipo de conector= PCB
- Color de la carrocería= Negro
- Peso= 0,056 oz

Motobomba

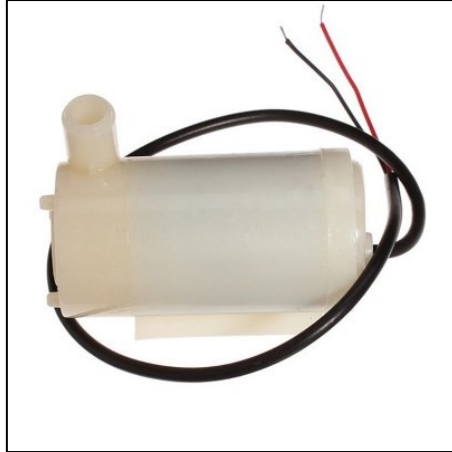


Figura 62. Motobomba mini de dos terminales

Mini bomba de agua sumergible figura 62. para el sistema de agua del dispensador, así entregando la cantidad de agua esperada para el sistema.

- Tensión de trabajo: 5 V
- Corriente de trabajo: 200 mA
- diseño de corriente DC: 3V-6V
- Material: plástico de ingeniería
- Diámetro: 24 mm
- Longitud: 46 mm
- Altura: 33 mm
- Dimensión de outle: 7.5mm OD / ID 4.7mm
- Gama del voltaje: 3V-6V
- Ascensor: 40cm-80cm
- Caudal: 80- 120L / H
- Potencia: 0.4-1.5w

Micro servos



Figura 63. Micro servo mg90s

El micro servo nos ayudara para el actuador para cambiar los filtros de humedad o polvo en nuestro sistema.

- Tamaño: 23 * 12.2 * 29 mm
- Peso: 9g/cada
- Engranaje / caso tipo: plástico / plástico
- Tipo de interfaz: compatible con Futaba y JR interfaz
- Temperatura de almacenamiento: -30 ° c-60 ° c
- Voltaje de funcionamiento: 3.5-6V
- Ángulo giratorio: 180°
- Longitud de Cable de servo: 250mm

Infrarrojo



Figura 64. Fotodiodo con acople

El sensor de la figura 64. Nos ayudara para subsistema dispensado de agua, para garantizar la ingesta de los medicamentos y poder servir agua a la cantidad que se necesite.

- Voltaje de funcionamiento: 3.3V~5V
- Ángulo de detección: 35°
- Terminales de conexión: OUT: Señal del medio
- GND: Tierra
- VCC: Alimentación

Sensor de temperatura y humedad

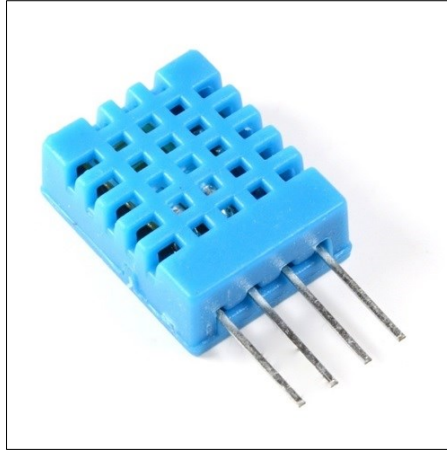


Figura 65. DHT11 sin acople

El DHT11 nos permitirá establecer la temperatura y humedad ambiente en cada tolva de los medicamentos con un margen de error de 5%.

- Tensión de trabajo: 5V
- Corriente de trabajo: 0.1mA
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH
- Precisión de medición de humedad: 4% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

UPS



Figura 66. UPS genérica

La UPS regula los picos de voltaje para proteger cualquier dispositivo electrónico contra cortos circuitos y bajones de energía.

NFC

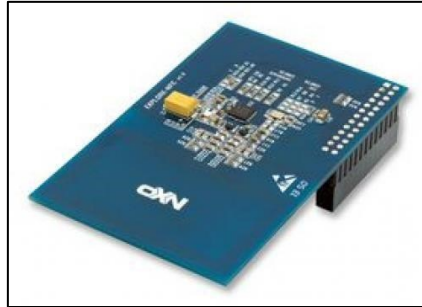


Figura 67. NFC para conexión directa de Arduino

NFC significa Near Field Communication. Se trata de una tecnología inalámbrica que funciona como identificador del dispositivo, debido a que el sistema tendrá dos modos como el administrador capaz de modificar las rutinas del sistema y el modo usuario que permite el uso del sistema.

- Tensión de trabajo: 3.3 V
- Corriente de trabajo: 13~26 mA
- Frecuencia de Operación: 13,56Mhz.
- Pequeñas dimensiones y fácil de integrar en su proyecto
- Soporte I2C, SPI y HSU (UART de alta velocidad), fácil de cambiar entre los modos
- Soporte de lectura RFID y la escritura, la comunicación P2P con sus compañeros, NFC con teléfono Android
- Lector / grabador RFID soporta:
 - Mifare 1k, 4k, ultraligeros y DESFire tarjetas
 - ISO / IEC 14443-4 tarjetas como CD97BX, luz de CD, Desfire, P5CN072 (SMX)
 - Innovision Jewel tarjetas como la tarjeta IRT5001
 - FeliCa tarjetas como RCS_860 y RCS_854
- Hasta 5cm ~ distancia de lectura 7cm
- A bordo cambiador de nivel, Standard 5V TTL para I2C y UART, SPI 3.3V TTL

Pantalla táctil

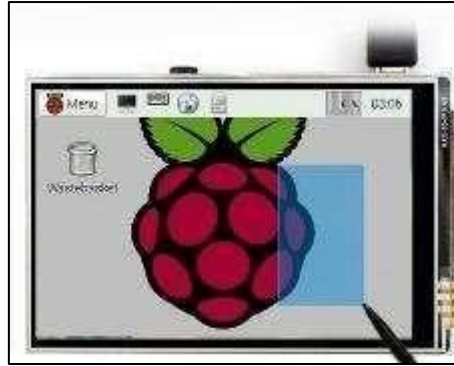


Figura 68. Pantalla de 3.5 pulgadas.

Este pequeño display nos va poder mostrar todos los iconos necesarios para el manejo del sistema y poder controlar los medicamentos de nuestro sistema (administrador)

- Tensión de trabajo: 5 V
- Corriente de trabajo: 250uA
- Tipo: TFT
- Interfaz: SPI
- Tipo de pantalla táctil: capacitiva
- Luz de fondo: LED
- Resolución: 800*480 (pixeles)
- Relación de aspecto: 17/10
- Peso: 150 g
- Dimensiones: 12 x 7.4 x 0.7 cm
- Potencia: 0.4-1.5w

Cable bus de datos

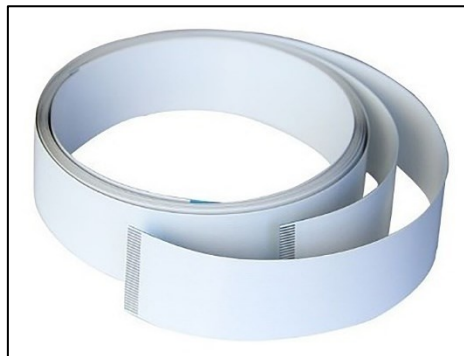


Figura 69. Cable bus de datos. [13]

Cable dupont de 20 cm de largo de alta calidad, con terminal cuadrada, con diferentes conectores

- Terminales cuadradas
- 20cm de largo

- 40 cables por paquete
- Terminales hembra-hembra, macho-macho o hembra-macho

Manguera 5MM



Figura 70. Manguera transparente para agua

Manguera flexible para el sistema de agua del dispensador.

- Diámetro 1 1/2 Pulgada, Calibre 40

Bisagras de fijación



Figura 71. Bisagras retractiles

Una bisagra que nos permitirá ingresar en el interior del sistema para el agregar nuevos medicamentos del sistema.

- Peso= 0,056 oz

Pastillero.



Figura 72. Pastillero genérico

El pastillero cuadrado presenta como características la siguiente información: Las dimensiones no superen los 5cm x 5cm, estos pastilleros por lo general se encuentran de diferentes colores y formas en el mercado.

Fuente conmutada.



Figura 73. Fuente conmutada de 5v -4ª [12]

Como se puede observar en la figura. Podemos ver una fuente que nos permitirá tener una regulación de los 110v a 5v con una gran corriente para el manejo de los sensores.

Especificaciones

- Modelo: 5V DC- 4A
- Voltaje de entrada: 110V-230 VAC
- Voltaje de salida: 5 V DC (Ajuste fino mediante potenciómetro)
- Corriente máxima: 5 A
- Potencia: 240W
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Peso: 760 g
- Tamaño: 200 mm * 110 mm * 50 mm
- Material de la carcasa: metal / base de aluminio.
- Protección: Protección de sobrecarga, Protección del voltaje.
- Conformidad de seguridad: CCC / FCC / CE.
- Temperatura de trabajo: 0 – 40 °C.
- Temperatura de almacenamiento: -20 – 60 °C.
- Humedad ambiente: 0 – 95% sin condensación.

Conector molex

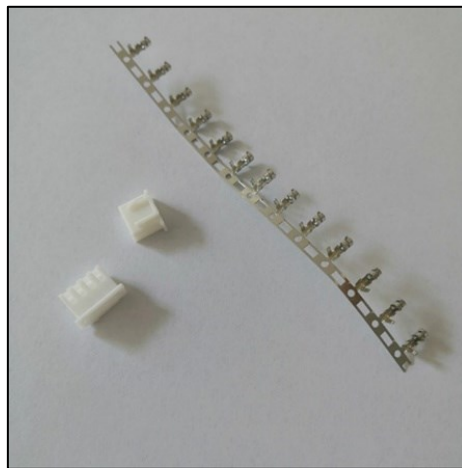


Figura 74. Conector para cable de bus de datos

Los conectores Molex en general están destinados a proveer a la placa base de las tensiones de alimentación necesarias provenientes de la fuente, garantizando fiabilidad en el conector y capacidad para el consumo que se requiera. Sus especificaciones son:

- Número de polos: 3
- Fase: 2
- Potencia de voltaje del circuito principal: 380V
- Potencia de corriente del circuito principal: 200A
- Tipo de: Contactor de aire magnético eléctrico Ac
- Certificado: ROHS
- Aplicación: Control
- Corriente nominal: 12A
- Tensión nominal: 380 V 480 V 680 V AC

- Frecuencia: 50Hz/60Hz

Transistor TIP42C

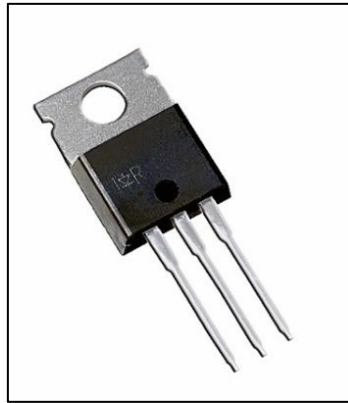


Figura 75. TIP 42c pnp de potencia

Transistor PNP de potencia necesario para acople de dispensador de agua.
Especificaciones:

- Transistor PNP de media potencia
- IC max: 6 A
- IC pico max: 10 A (tp < 5ms)
- IB max: 3 A
- PTOT: 65 W
- VCEO: 100 V, VCBO: 100 V, VEBO: 5 V
- hFE: 15 a 75 (@ IC=3 A, VCE=4 V)
- Alta velocidad de suicheo

Conector Tipo A hembra



Figura 76. Conector hembra USB tipo a [13]

Es el más conocido y reconocido de los conectores USB. Consiste en un rectángulo aplanado con conexiones internas y una única manera de enchufar para evitar circuitos erróneos

12.7.3 *Aplicación de normativas.*

El sistema contara con una norma general para el cuidado y almacenamiento de los medicamentos con el Decreto 2200 de 2005 y resolución N°1403 de 2007 del Invima, así asegurando que el sistema cumpla con la más alta calidad para los medicamentos y su almacenaje

13 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE SUBSISTEMAS

En este capítulo se expone la implementación del Hardware y Software del sistema, al igual que los cambios de Hardware y Software. Para la implementación del prototipo se tuvo en cuenta los requerimientos presentados al inicio del documento, en cuanto a la elección de componentes como el microcontrolador, sensores, acoples etc. Todo esto fue presentado en el capítulo 11 y 12.

13.1 Dispensador de medicamentos

13.1.1 Implementación

Para el diseño de los contenedores de medicamentos que lleva el prototipo se utilizó el software CorelDRAW, es una aplicación informática de diseño gráfico vectorial, es decir, que usa fórmulas matemáticas en su contenido. Esta, a su vez, es la principal aplicación de la suite de programas CorelDRAW Graphics Suite ofrecida por la corporación Corel y que está diseñada para suplir múltiples necesidades, como el dibujo, la maquetación de páginas para impresión y la publicación web, todas incluidas en un mismo programa. [7]

Diseño de los contenedores

El diseño de los contenedores figura 77. es sencillo donde se especifica con medidas en el cual se implementan a la hora de crear la figura deseada en milímetros.

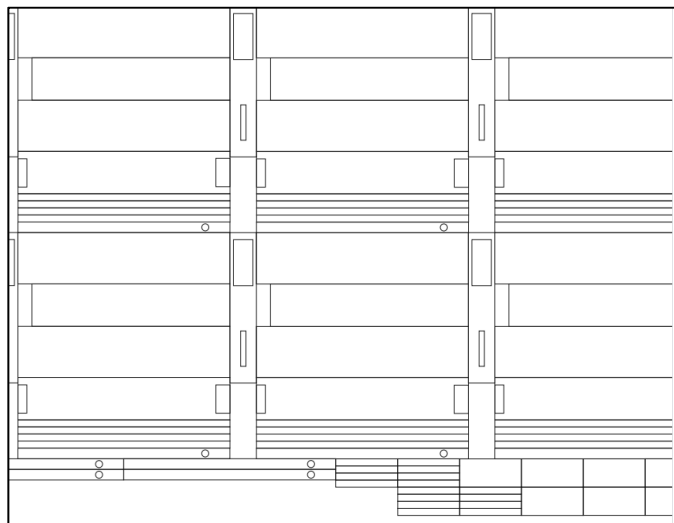


Figura 77. Carcasa de los contenedores de medicamentos.

Luego de tener el diseño a utilizar, con las dimensiones adecuadas, se procede hacer el corte y pegado de los contenedores, quedando en una figura solida como se puede ver en la siguiente figura 78.



Figura 78. Contenedor de medicamentos

El siguiente paso es diseñar los accesorios y el sistema mecánico completo de cada uno de los contenedores, figura 79.



Figura 79. Contenedor con los accesorios

Para el diseño del sistema mecánico del dispensador de medicamentos se comenzó seleccionando los servos de cada uno de los contenedores, siendo capaz de mover la guía para la dispensa de los medicamentos, una vez hecho esto con cada uno. En este caso de los 5 micro servos y con 5 contenedores se dispone a pegarlos en una base de 22cm de largo x 3cm

de ancho, teniendo en cuenta la distancia requerida de 3cm entre cada uno para que cada servo no obstruya el funcionamiento del otro.

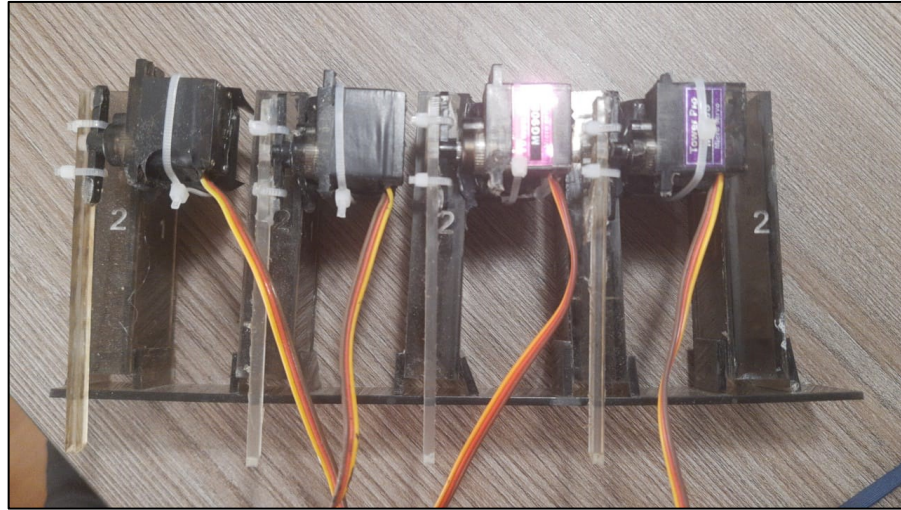


Figura 80. Contenedores con respectivos micro servos

Después de tener todas las medidas necesarias, se hace el respectivo montaje de cada uno de los componentes con los micro servos y todas las partes mecánicas dando como resultado figura 81.

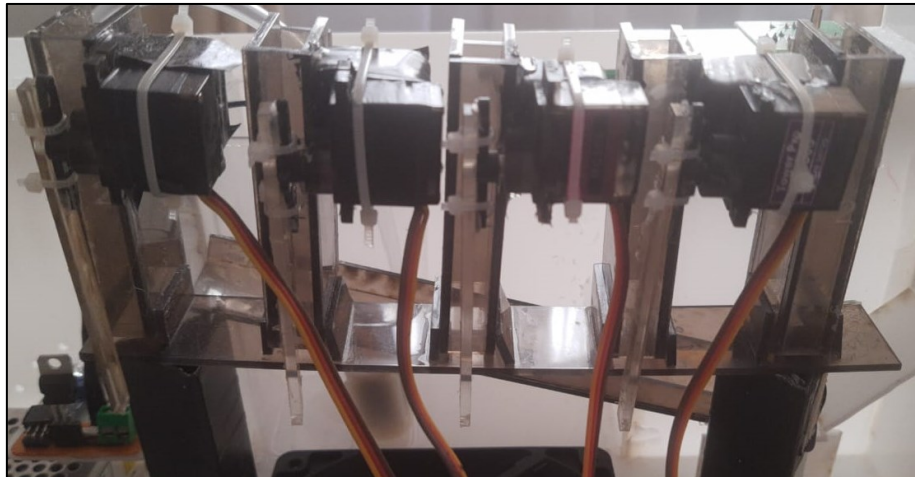


Figura 81. Subsistema de dispensador de medicamentos

Para el dispensado o el subsistema encargado de entregar los medicamentos se utilizaron los siguientes componentes:

- Micro Servo TG90S x 5
- Arduino MEGA
- Raspberry pi 3B+

Para el dispensado se utilizó la tarjeta Arduino MEGA en conexión serial con el Raspberry pi 3B+ Figura 82, esto se utilizó debido a que la tarjeta Raspberry está utilizando sus pines GPIO con la pantalla táctil así que se realizó una extensión del procesado mediante Arduino

MEGA mediante el siguiente programa realizado en Arduino se realizó el movimiento necesario de cada dispositivo para pastillas, utilizando los diferentes ángulos asignados al micro servo mediante pulsos PWM.

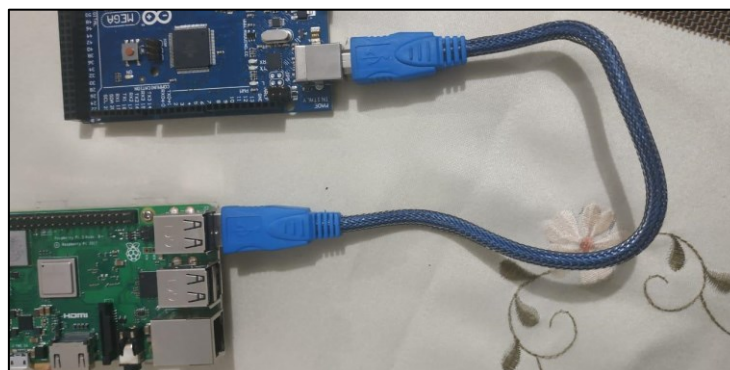


Figura 82. Conexión Raspberry y Arduino

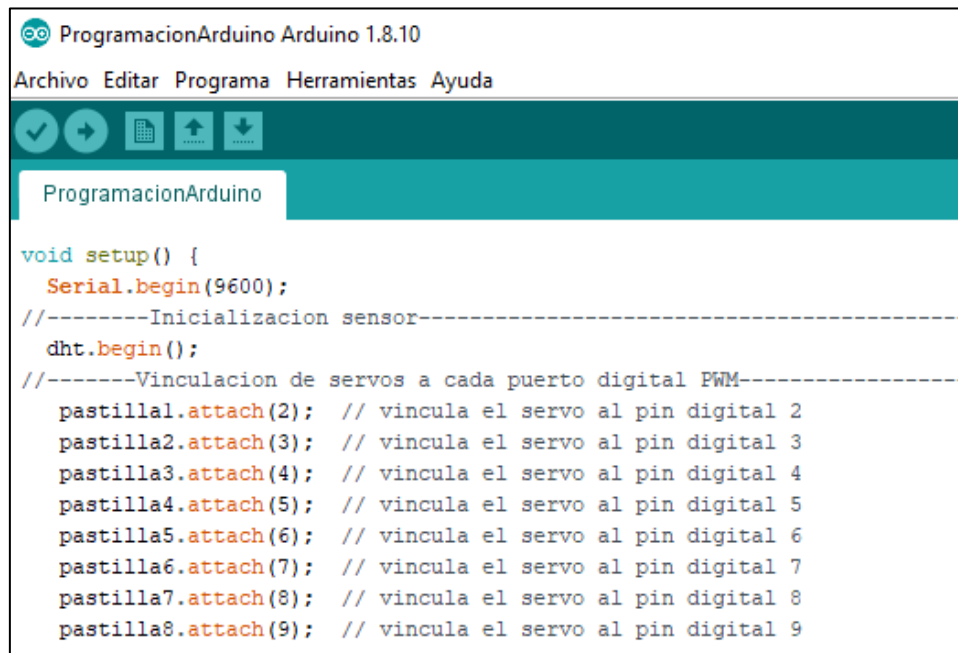
Este código asigna a cada servomotor una posición inicial en la cual los dispensadores de medicamento están adentro y no permiten la salida de ninguna pastilla, luego al ejecutar el comando y cambiar el ángulo las paletas salen del dispositivo y permiten que salga solo una pastilla por cada comando ejecutado en el dispensado, la comunicación serial se realiza a través de USB al Arduino así que la velocidad de transmisión de datos a simple vista es instantánea.

```
ProgramacionArduino Arduino 1.8.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

ProgramacionArduino
//-----Librerias-----
#include <Servo.h> //Libreria control servomotores
#include <DHT.h> //Libreria humedad y temperatura
#include <DHT_U.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
//-----Definicion sensor-----
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
//Crea los objetos de las pastillas y los servos-----
Servo pastilla1;
Servo pastilla2;
Servo pastilla3;
Servo pastilla4;
Servo pastilla5;
Servo pastilla6;
Servo pastilla7;
Servo pastilla8;

int PosI=100;
int PosF=126;
//-----Variables e iniciacion de variables-----
char seleccion; //Variable de la lectura del puerto serial para la opcion de dispensado
int pos = 0; // posicion inicial del servo
const int pinhyt = 24; // Pin al que va conectado el sensor de humedad y temperatura
DHT dht(pinhyt, DHTTYPE);
float humedad;
float temperatura;
float calor;
```

Figura 83. Programación inicial.



```
ProgramacionArduino Arduino 1.8.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

ProgramacionArduino

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  //-----Inicializacion sensor-----
  dht.begin();
  //-----Vinculacion de servos a cada puerto digital PWM-----
  pastilla1.attach(2); // vincula el servo al pin digital 2
  pastilla2.attach(3); // vincula el servo al pin digital 3
  pastilla3.attach(4); // vincula el servo al pin digital 4
  pastilla4.attach(5); // vincula el servo al pin digital 5
  pastilla5.attach(6); // vincula el servo al pin digital 6
  pastilla6.attach(7); // vincula el servo al pin digital 7
  pastilla7.attach(8); // vincula el servo al pin digital 8
  pastilla8.attach(9); // vincula el servo al pin digital 9
```

Figura 84. Vinculación de los servos con los PWM

```
//Dispensa medicamento 1-----
case '2':
  pastilla1.write(PosF);//dispensa el medicamento
  delay(1000);//espera a que salga el servo y caiga la pastilla
  pastilla1.write(PosI);//devuelve a estado inicial
  break;
```

Figura 85. Activación de servos.

13.1.2 Pruebas de subsistema

1. Como primera prueba se realizó un test de funcionamiento de la integración software-hardware en el sistema, específicamente en los mecanismos y la programación necesaria para realizar el dispensado del medicamento deseado, se analizó que además se entregara la misma midiendo los tiempos de respuesta desde que se realizó la operación de dispensado desde software, hasta que el hardware entrego los medicamentos, se realizó el análisis del proceso en el cual eran entregados los medicamentos, teniendo como factores de evaluación el tiempo empeñado del mismo, la relación entre cantidad solicitada y cantidad entregada y el estado en el cual se encontraba la pastilla de tipo tableta al salir del prototipo.
2. Para esta prueba siendo la general del sistema, se realizó la programación de un cronograma de pruebas el cual en tres intervalos aleatorios de tiempo iba a realizar dispensados de diferentes medicamentos, el objetivo de esta prueba era determinar los periodos de entrega entre la alerta y posterior entrega de medicamentos, adicional a esto se verifico que el tipo y cantidad de medicamentos previamente asignados correspondieran a los entregados por el prototipo.

13.2 Unidad central de procesamiento

13.2.1 Implementación

Para este subsistema se contempló el uso de dos componentes principales que son los que van a dar funcionamiento al proyecto, estos son el Raspberry y el Arduino. Lo primero es hacer la conexión por medio de cable tipo b y tipo que nos permitirá hacer la comunicación serial entro los dos sistemas como podemos ver en la figura 86.



Figura 86. Comunicación serial entre Raspberry y Arduino

Se hace necesario implementar algún tipo de lógica de control, para poder implementar los diferentes sensores que tiene el prototipo. Un ejemplo: El dispensado de agua y así lograr el correcto funcionamiento del sistema, brindando bienestar a la persona que lo vaya a usar. Se presentarán las diferentes lógicas de control implementadas para el nivel del agua.

Para el diseño del sistema de control del nivel del agua se implementó de la siguiente manera: Se estableció un nivel máximo según la tolva y mínimo de agua con el sensor resistivo, se mide diariamente el nivel en el que se encuentra el agua, si su valor está por debajo del mínimo establecido previamente, se ve por medio de los indicadores mandar una señal visual de alerta de bajo nivel de agua y llenar hasta alcanzar el nivel máximo de llenado, que también se apreciara por los mismo indicadores.

```
#-----Ventana principal-----
Principal = Tk()
Principal.title("Dispensador de medicamentos")
Principal.geometry('320x240')
Principal.resizable(0,0)
Principal.configure(background='black')
time1 = ''
boton1 = Button(Principal, text="Administrador",command=administrador, width=15, height=3,fg='white',bg='gray',font=('ubuntu', 10, 'bold'))
boton1.place( x=30, y=160)

boton2 = Button(Principal, text="Sistema",command=sistema, width=15, height=3,fg='white',bg='gray',font=('ubuntu', 10, 'bold'))
boton2.place( x=170, y=160)
reloj = Label(Principal, font=('ubuntu', 40, 'bold'),fg='white',bg='black')
reloj.place( x=90, y=60)
```

Figura 87. Programación interna del Raspberry

Otra configuración figura 87. que se puede para el dispensador de medicamentos en el cual se programó de la siguiente manera: El usuario ingresa la cantidad de medicamentos (en unidades) que se desea proporcionar al mismo. En el horario de ingesta, la paletilla sale permitiendo la salida del medicamento. Con el sensor de la entrega del medicamento se muestrea constantemente el estado del medicamento y cuantos quedan en las tolvas, si los medicamentos están al 15% por debajo de la cantidad deseada se ordena una señal de aviso para recargar la tolva con los medicamentos.

La configuración que se puede ver cuando se presenta a la hora de las ingestas de los medicamentos son que por medio también de alarmas visuales y sonoras en este caso, las alarmas visuales se presentan al final de la ingesta y de todo el proceso de recibir el medicamento y después con un mensaje por medio de tecnología IoT que llega al celular y nos notifica de los medicamentos figura 88. Este código se pone dentro de la programación de la Raspberry consta básicamente agregar un número telefónico por medio de la plataforma que se está usando que es Twilio, que nos permite por medio de esto enviar los mensajes por internet hasta un límite de pago. Y esta la alarma sonora por medio de un buzzer que esta se activara como una sirena al mismo tiempo que se envíe la información del IoT.

```
from twilio.rest import Client
client= Client("ACdd9d83b7e432fe29cb79d5d76b6cb7f6","d845393fe4d70bb3eaf6a758402d051b")
client.messages.create(to="+573193212928", from_="+13852090132",body= "Tome sus medicamentos")
```

Figura 88. Programación base para IoT

La programación del Arduino está basada en lenguaje de programación C se puede ver en Anexos, en las primeras líneas podemos ver la configuración de las librerías y las variables globales de cada uno de los sensores, esto los llamamos con las definiciones de variable tipo "int", "float", etc. Estas variables o definición de las variables las hacemos para dejar cada uno de los actuadores en una posición inicial de los cuales podemos ver en cada una de las líneas de programación. La programación reanuda con una lectura de los puertos seriales y enviar el dato a cada uno de los puertos desde la interfaz que se hablara más adelante, haciendo así una comunicación de maestro y esclavo.

13.2.2 Pruebas del subsistema

1. Para esta prueba se requirió del manejo del tiempo del dispositivo. Para esto fue necesario realizar una comparación entre el tiempo mostrado y manejado por el dispositivo con la hora en la plataforma de internet (<https://www.worldtimeserver.com/hora-exacta-CO.aspx>) la cual entrega una información precisa del tiempo para la zona horaria -0500 UTC, la misma que se maneja en el país donde se implementara el dispositivo que es Colombia, esta prueba consistió en la elaboración de una tabla donde lado a lado se comparó el tiempo en relación a horas y minutos, para evitar el error humano de percepción en los segundos del mismo. Se tomaron muestras de 30 min a lo largo de 4 horas para poder establecer la precisión del reloj interno del dispositivo.
2. Para esta prueba se realizó la medida de la intensidad sonora emitida por las alarmas del dispositivo asegurando que los decibelios emitidos por el prototipo fueran suficientes para asegurar que un adulto de la tercera edad pueda escucharlos, debido a inconvenientes por la actual situación a nivel mundial a hoy día, no se tuvo acceso a laboratorios o se tuvo la capacidad de adquirir dispositivos para la medición exacta de los decibelios, así que se requirió a una aplicación de celular, de nombre (Medidor de sonido - Medidor de decibeles, ruido) la cual está presente de manera gratuita y uso libre en la tienda de aplicaciones de Google (Play store). Para esta prueba se realizó una alerta del sistema de prueba y se midió con esta aplicación que los decibelios emitidos por el prototipo a diferentes distancias del mismo supieran la intensidad sonora necesaria para ser captada por el oído de un adulto mayor en un perímetro de 3 metros tomando como centro el prototipo.

13.3 Dispensador de agua

13.3.1 Implementación

Para el dispensador de agua se utilizó una serie de componentes como son:

- Mini bomba de agua.
- Raspberry PI 3 B+.
- Arduino Mega
- TIP42C
- Fotodiodo acoplado
- ULN2803
- Subsistema de potencia para regular la entrada del sistema debido a que el sistema soporta 5v (Subsistema de potencia)

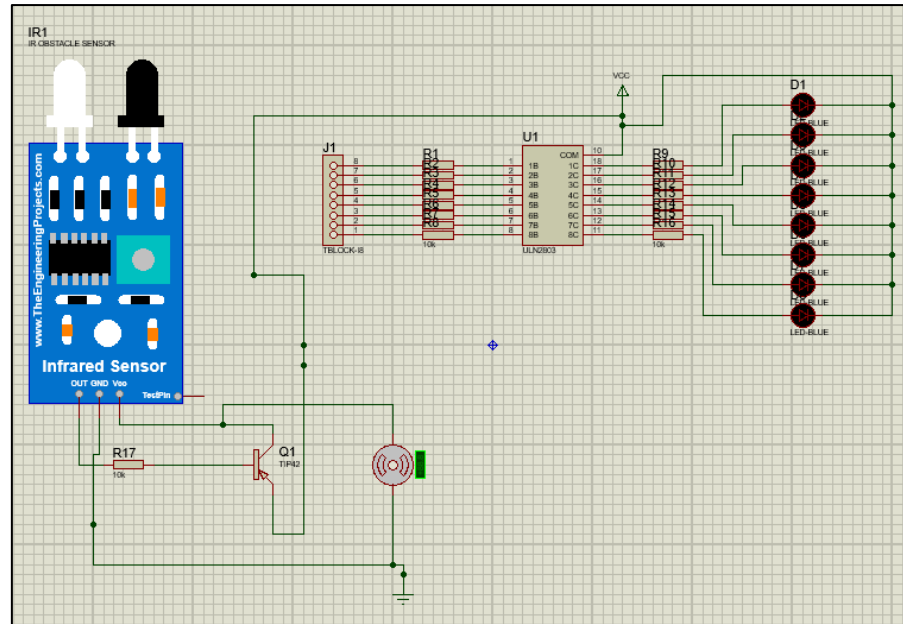


Figura 89. Esquemático del subsistema dispensado de agua

Como podemos ver en la anterior figura 89. Se observa el esquema electrónico de todos los componentes utilizados que permiten el adecuado funcionamiento del sistema. En la imagen la bomba se reemplazó por un motor DC debido a que el programa utilizado para la simulación de los circuitos Proteous no cuenta con dicho elemento. Para el control de encendido y apagado de la bomba, se emplea un circuito del cual consta de un tip42c pnp para media potencia, lo que nos permite el manejo del encendido de la bomba directamente con solo acercar un objeto a nuestro fotodiodo, permitiendo que funcione regulando el voltaje en el subsistema de potencia con 5 voltios, permitiendo así que la bomba se active o desactive por medio de una señal que es enviada por la configuración del fotodiodo. Figura 89. [9]

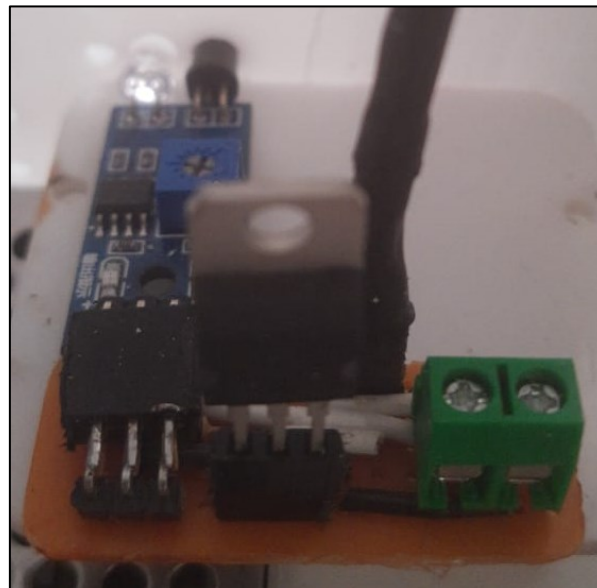


Figura 90. Montaje de sistema de agua.

Para el diseño de la tarjeta de circuito impreso se utilizó el software PCBwizard, se precisó de este software por ser un programa sencillo de utilizar y los conocimientos adquiridos previamente del mismo, puesto que fue necesario para poder integrar en una sola tarjeta todos los subsistemas independientes que requerían ser alimentados por 5v. [9]

La pcb tiene diferentes sistemas unidos, pero en este caso se hablará del indicador de nivel de agua, ya en el capítulo del subsistema de potencia se describirá el resto de etapas que tiene esta pcb. El indicador de nivel de agua se contempló como un sistema independiente figura 91. que se iba a implementar con tiempos de delay esto a que podemos manejar todo el nivel de agua por señales de tiempos que estarían presentándose en la programación.

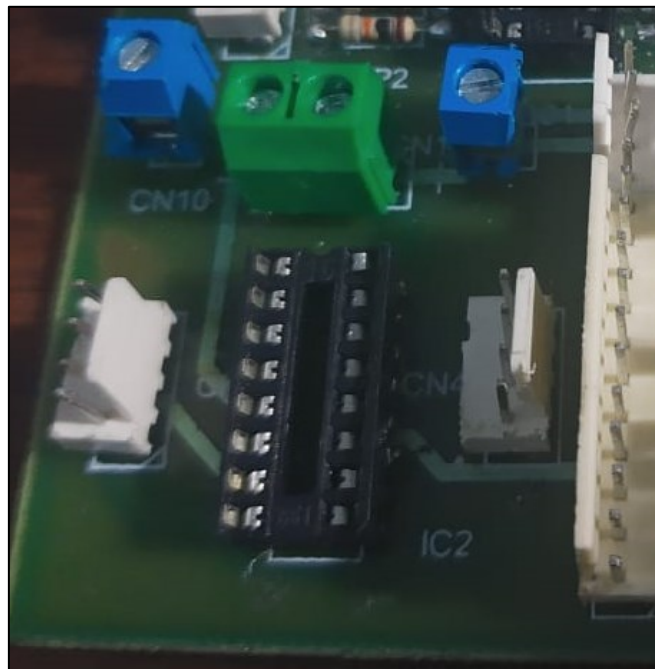


Figura 91. Pcb con conexión de motor al driver L293D

La interacción usuario-máquina se estableció mediante una pantalla LCD y la configuración de las mini bombas se hizo según un horario ficticio para la ingesta de los medicamentos, Adicionalmente para realizar un monitoreo de que sirva la cantidad de agua deseada se tomó un tiempo con un cronometro y se reemplazó por Delay en la programación y por medio de IoT el dispositivo enviara un mensaje de texto al usuario notificándole que el agua ya fue servida en el vaso. Todo estos lo respaldamos con un plan de pruebas de cada subsistema.

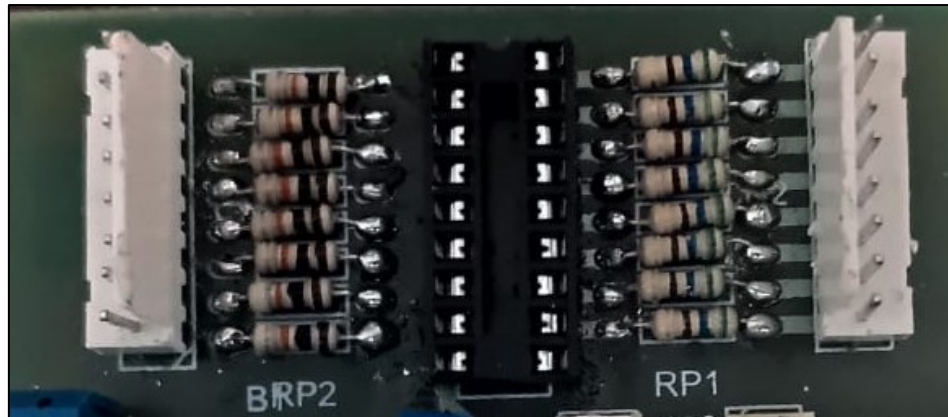


Figura 92. Indicador de nivel de agua.

En el indicador de nivel de agua se utiliza de forma independiente pero en conjunto con el subsistema de potencia y de ventilación para esto se usa un transistor npn tipo Darlington, que le permite soportar grandes cantidades de corriente, con esto se unen dos pcb externar para los indicadores de nivel de agua en forma de led de rojo a verde en donde rojo es bajo nivel de agua y verde alto nivel de agua, esto con una cable que va directo al tolva de agua por medio de conductividad como se puede en la figura 93 y 94. [8]

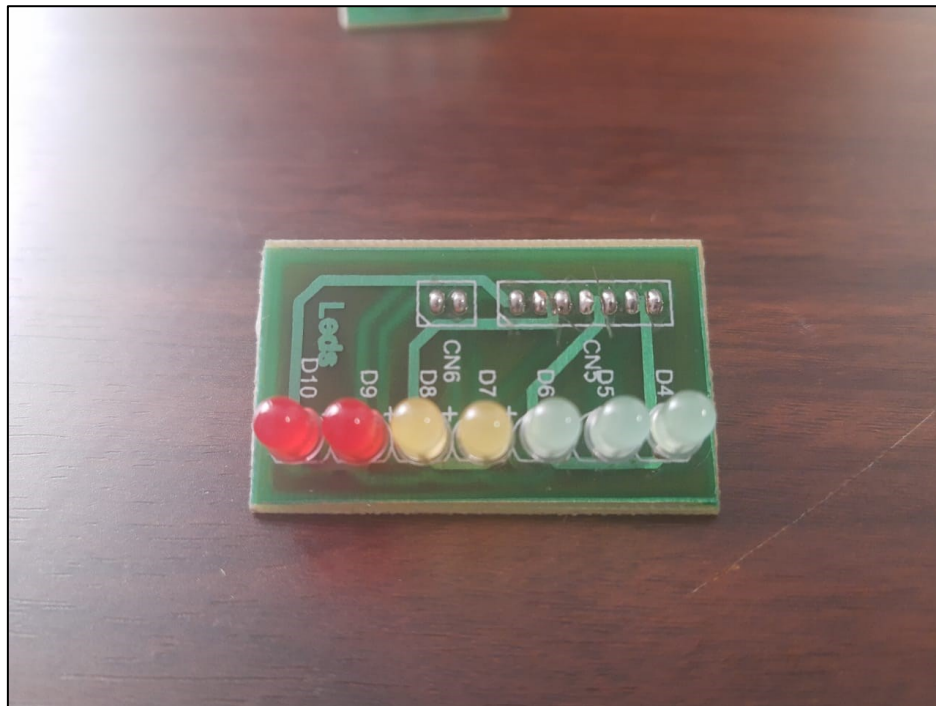


Figura 93. indicador de leds de nivel de agua



Figura 94. Cable de conductividad para el nivel de agua

la principal característica de este transistor es que nula la demanda de corriente que requiere a su entrada con alta impedancia, para activar la conducción, de manera que el agua, al alcanzar cada uno de los niveles en el recipiente, cerrando el circuito y que el transistor detecte nivel alto de tensión y encienda los leds.

13.3.2 Pruebas de subsistema

Para esta prueba se tuvo como objetivo determinar la calidad de entrega de agua por parte del prototipo, para esto se acercó un vaso con capacidad superior a 7 onzas y se realizó el dispensado de agua, la cual debe acompañar la ingesta de medicamentos con X onzas de agua, el vaso de prueba previamente aforado se colocó en el dispositivo y se realizaron 10 dispensados de agua en intervalos de tiempo aleatorios y se comprobó la cantidad de agua entregada por el sistema y se determinó que su margen de error fuera inferior al 5% respecto a la medida establecida para el prototipo.

13.4 Unidad de potencia

13.4.1 Implementación

Para el subsistema de potencia, que es el suministro eléctrico del prototipo se utilizó una fuente conmutada de 110V AC-60 Hz a una salida de 5V DC- 5A, figura 94.



Figura 95. Fuente conmutada con los debidos cables

En la que se conectan cada uno de los subsistemas para su alimentación eléctrica. Luego a la salida del subsistema de potencia, o sea la salida de la fuente conmutada debemos medir con las puntas de prueba del multímetro entre esta salida y la tierra del circuito, debe apreciarse un voltaje de 5V DC los cuales son necesarios para el funcionamiento de todos los subsistemas del prototipo.

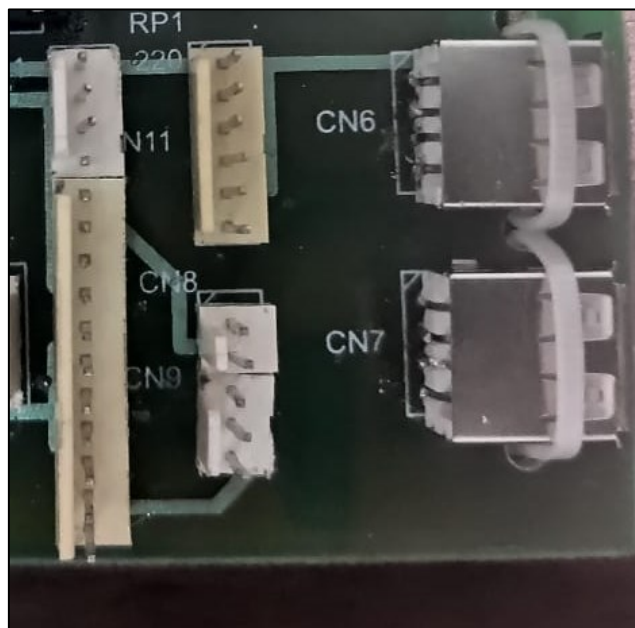


Figura 96. Pcb con conectores para su alimentación de 5v.

13.4.2 Prueba del subsistema

Al realizar las pruebas se apreció que la salida de voltaje es de 5V lo cual entrega el voltaje adecuado para el funcionamiento de todo el prototipo y en corriente entrega 5A a todo el sistema.

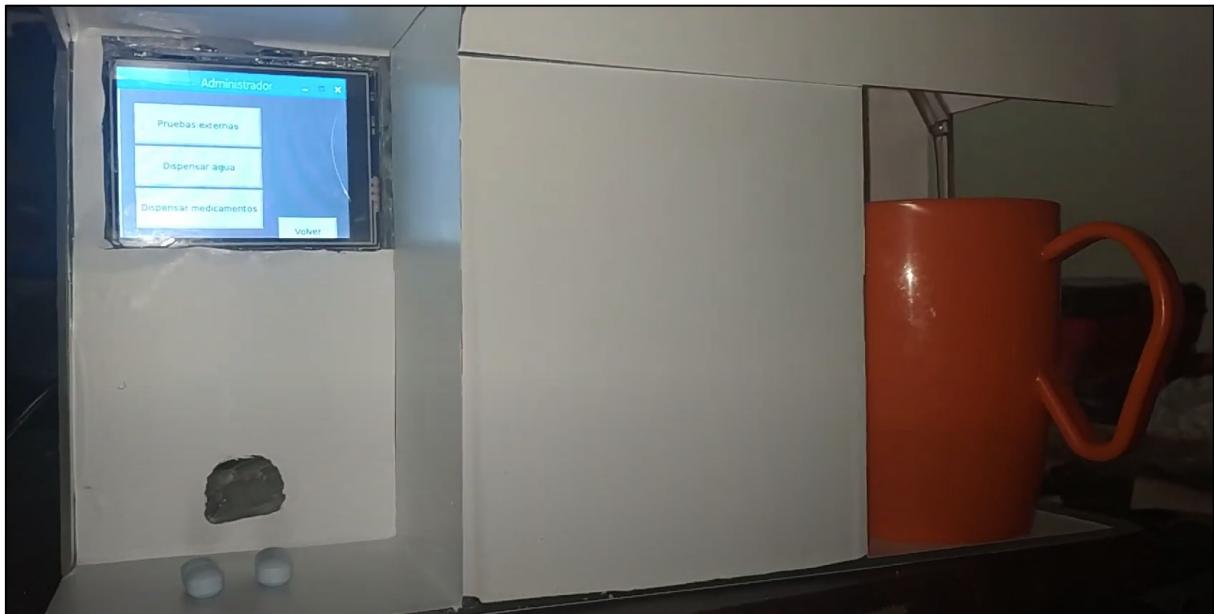


Figura 97. Dispensado de agua

Para esta prueba se tuvo como objetivo verificar los valores en voltaje y corriente suministrados por la fuente y la tarjeta de potencia a todos los subsistemas, así que se procedió a colocar las puntas de prueba del multímetro y medir el voltaje en cada punto y verificar su medida, siendo estos puntos, la salida de la fuente, y las salidas a los subsistemas, verificar que su valor fuera de 5v, no más de 5,5v ni menos de 4,5 v.

13.5 Temperatura y humedad

13.5.1 Implementación

Para el subsistema de temperatura y humedad encargado de medir las variables se utilizaron los siguientes componentes:

- DHT11
- Arduino MEGA
- Raspberry Pi 3B+
- Pantalla LCD

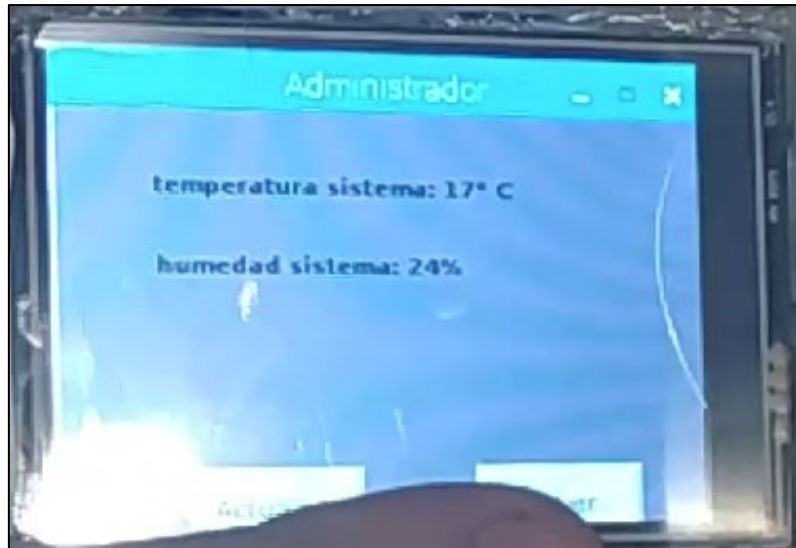


Figura 98. Pantalla con variables de humedad y temperatura

Al principio, el programa deberá de inicializar la librería de control GPIO (WiringOP) y configurar al pin número 7 (PA6) como salida PWM, una vez hecho esto, deberá de consultar la temperatura del sistema periódicamente (cada 5 segundos, para evitar sobrecargar al sistema realizando consultas constantemente) y, si esta ha variado (2 o más grados, para evitar un cambio continuo entre un valor exacto), respecto a la temperatura consultada con anterioridad, configurará la señal PWM según la temperatura a la que se encuentre el sistema; tras esto, se vuelve a realizar la espera (de esos 5 segundos) y comienza nuevamente el proceso de consulta de temperatura y gestión de ventilador.

Si la temperatura actual se encuentra en un valor inferior a una temperatura umbral baja (18°C), no hará falta el uso de ventilador, y, por tanto, deberá estar apagado. Si la temperatura se encuentra entre ese valor umbral bajo y un valor umbral alto de temperatura (entre 18°C y 26°C), el ventilador se encenderá para activar el flujo de aire frío desde la parte inferior del dispositivo hacia los medicamentos, para reducir la temperatura dentro del prototipo. [11]

13.5.2 Pruebas del sistema

Para esta prueba se verifico sencillamente que, al colocar cerca del sensor un generador de calor, el mismo varia la información dada al Arduino para mostrarla en la pantalla como se puede ver en la figura 97. Revisando que el sensor generara variaciones en la temperatura y humedad dentro del pastillero, idealmente la temperatura mostrada se iba a comparar con una termocupla mostrando así en la pantalla y actualizándola la verificación de los datos obtenidos por el sensor.

13.6 Interfaz

13.6.1 Implementación

Para el subsistema de interfaz encargado de la interacción usuario-maquina son:

- DHT11
- Arduino MEGA
- Raspberry Pi 3B+
- Pantalla LCD

Para la interfaz táctil se utilizó una conexión directa del Raspberry a la pantalla por medio del puerto GPIO, se realizó una interfaz gráfica mediante estructuras graficas en Python, generando así una interacción sencilla e intuitiva entre máquina y usuario.



Figura 99. Pantalla de inicio

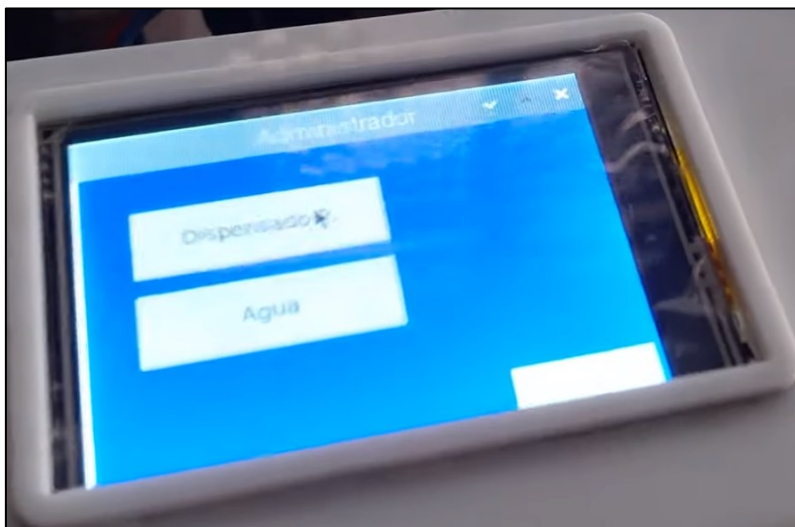


Figura 100. Segunda pantalla

Como se pueden ver en las figuras 97 y 98, este tipo de presentaciones se hacen por medio de códigos en los cuales toca crear cada uno de los objetos que están en cada uno de las pantallas, es decir en la figura 95 se puede observar que hay en total de 2 botones de los cuales el administrador tiene una configuración diferente a la del sistema, puesto que cada uno cumple con funciones diferentes que pueden ver en la figura 99.

```
botonadm=Button(ventanaSist, text="Volver", width=7, height=2, command=ventanaSist.destroy).place(x=240, y=180)
)
#-----Ventana principal-----
Principal = Tk()
Principal.title("Dispensador de medicamentos")
Principal.geometry('320x240')
Principal.resizable(0,0)
Principal.configure(background='black')
time1 = ''
boton1 = Button(Principal, text="Administrador",command=administrador, width=15, height=3,fg='white',bg='gray',font=('ubuntu', 10, 'bold'))
boton1.place( x=30, y=160)

boton2 = Button(Principal, text="Sistema",command=sistema, width=15, height=3,fg='white',bg='gray',font=('ubuntu', 10, 'bold'))
boton2.place( x=170, y=160)
reloj = Label(Principal, font=('ubuntu', 40, 'bold'),fg='white',bg='black')
reloj.place( x=90, y=60)
```

Figura 101. Programación de pantallas.

En la programación de la figura 98 podemos ver que la ventana administradora, se dan las diferentes variables del botón como su posicionamiento, color, texto, esto se repite con el botón de sistema, cada uno de estas funciones internas de la principal crean también otras ventanas con sus respectivas variables de configuración también para sus respectivos botones o información que se quiera dar en cada una.

13.6.2 Pruebas del sistema

Para esta prueba se tuvo como objetivo comprobar el funcionamiento de la interfaz tanto a nivel físico como su implementación con el software, se realizaron una serie de toques en distintas opciones presentadas en la pantalla táctil, y se verificó si se presionó la opción correcta, se realizaron distintos toques a lo largo y ancho de la pantalla y se verificó el funcionamiento.

13.7 Pastillero

13.7.1 Implementación

Este subsistema es externo al sistema principal como se puede ver en la figura 100. básicamente porque solo se encarga de recibir los medicamentos que salen de las tolvas, teniendo unas medidas generalizadas para ciertas pastillas duras que puedan pasar sin problema por las tolvas.



Figura 102. Pastillero

13.7.2 Pruebas del sistema

Para esta prueba se verifica que, al colocar el pastillero en la salida de medicamentos del prototipo, revisando la cantidad de pastillas que caían dentro del pastillero, idealmente cada pastilla dispensada por el medicamento debe caer dentro del pastillero.

14 INTEGRACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA

14.1 Integración del sistema

Para el diseño de la carcasa general del prototipo se utilizó el software Sketchup, que nos permite en tiempo real ver como quedaría el prototipo del dispensador y especificarlos con las medidas como en la figura 47 y 51, donde se puede observar las medidas que tendría el prototipo a la hora de su construcción, en la parte interna del sistema de dispensado, se organizaran los cables para hacerlo más amigable a la vista de tal manera que se presenta orden y una estructura mejor para la realización de pruebas del sistema.

Los cortes una vez establecidos con el anterior software nombrado, se diseñan en CorelDraw a partir de figuras, con las medidas establecidas y se disponen a ponerlo en un $\frac{1}{4}$ de acrílico, cortándolo así con láser. En la integración se tuvo que realizar cambios de este los cuales surgieron después de haber revisado muchos factores. Se realizó una revisión de las condiciones del proyecto para evaluar el número de medicamentos en los cuales puede dispensar el prototipo y el tamaño del dispositivo temperatura para así corregir unos datos en el diseño. [7]

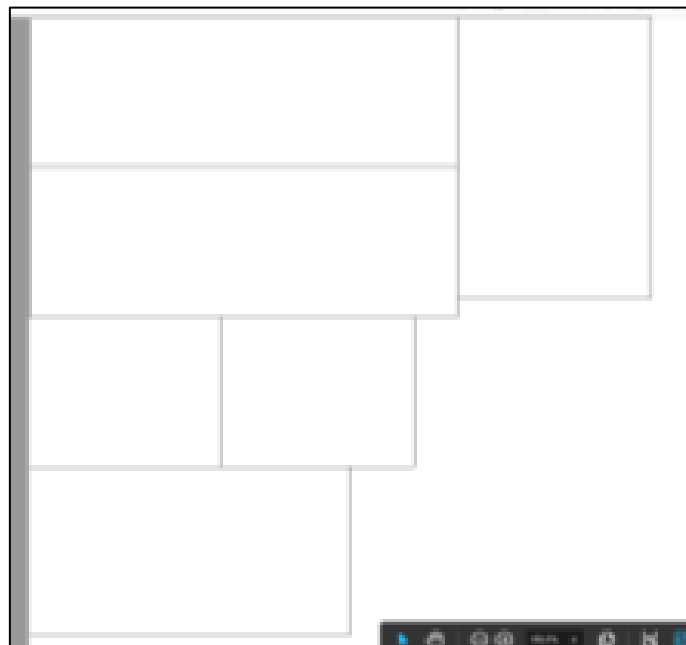


Figura 103. Diseño en Corel para corte laser, parte frontal

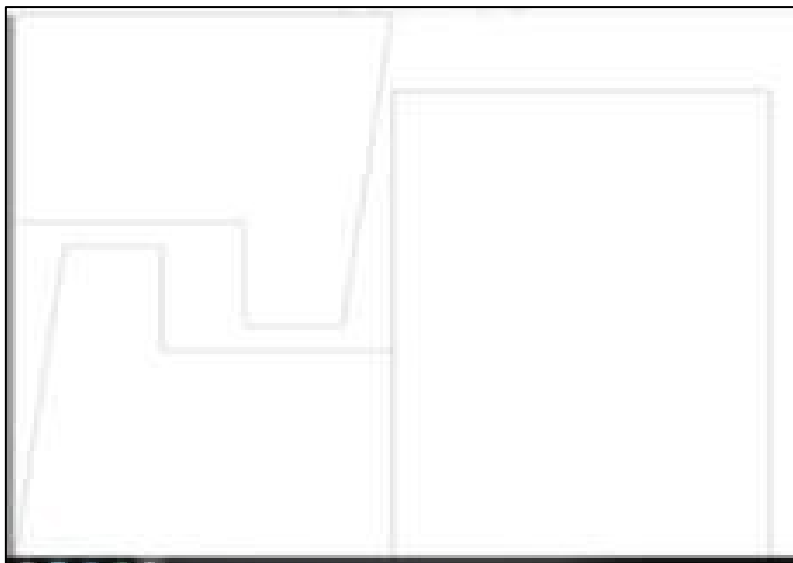


Figura 104. Diseño en Corel para corte laser, parte derecha e izquierda

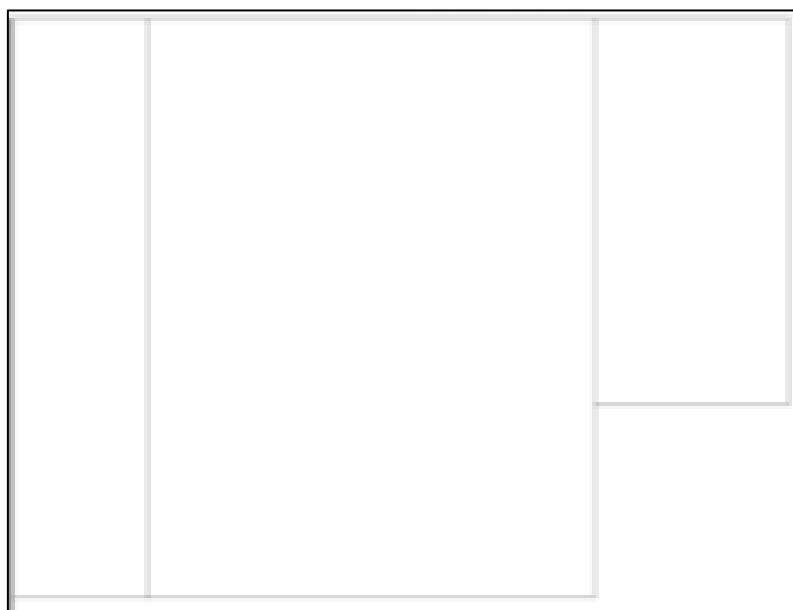


Figura 105. Diseño en Corel para corte laser, parte superior

Una vez obtenidos los cortes se procede a pegar con cloruro de metileno y así formar una estructura sólida para la integración de cada uno de los subsistemas, esto se puede ver en la figura 104.



Figura 106. Base en acrílico del prototipo.



Figura 107. Base con algunos de los componentes

Todos los componentes como el Raspberry y Arduino deben ir conectados al regulador de voltaje que este sería distribuido por medio de la pcb figura 94, como fuente de alimentación debido a que estos sistemas requieren unos voltajes menores a 5v deberán seguir los pasos que nos da los fabricantes para la instalación de cualquier otro sensor que se quiera agregar al sistema para futuras actualización del prototipo.

14.1.1 Integración dispensadora de medicamentos

Como pudimos observar en la figura 105, se dejan las conexiones básicas del prototipo para la integración de cada uno de los subsistemas independientes, en el primero de los casos se agregan el dispensador de medicamentos, que constan básicamente de la unión de todo las partes mecánicas y los micro servos con sus debidas conexiones para las tarjetas de conexión como podemos ver en la figura 106.



Figura 108. Conexión de los subsistemas

14.1.2 Integración sistemas de control CPU

Una vez colocado los micro servos pasamos a colocar nuestros sistemas de control en este caso son la tarjeta Raspberry y el Arduino en el cual se colocan en una base para ventilación y poder unirla con la PCB de potencia.

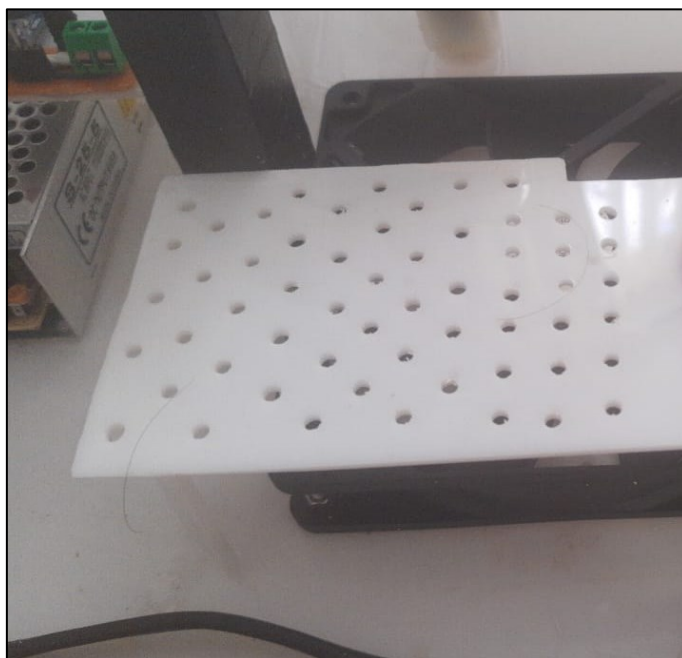


Figura 109. Soporte para Raspberry

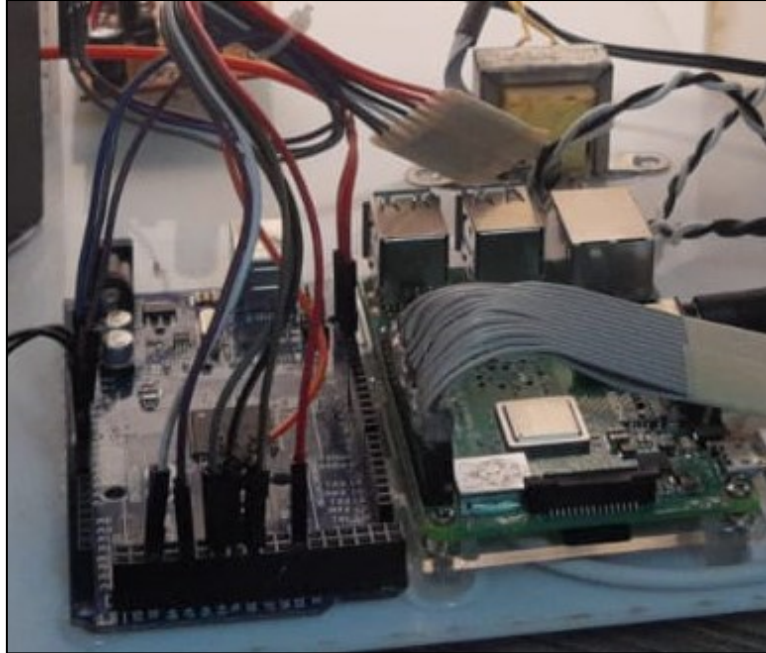


Figura 110. Conexión Raspberry y Arduino

Con esto aseguramos las conexiones en un punto medio para que no se vea gran cantidad de cables de un lado para el otro y en donde a la hora de hacer las respectivas pruebas no se haga tedioso o de alguna forma no interfiera con las mismas.

14.1.3 Integración de dispensador de agua

En este módulo, es un componente que requiere para su funcionamiento 5v, como se especificó anteriormente, posee una pcb que consta básicamente un tip42c y un fotodiodo conectados entre sí por una resistencia de 1k desde la señal del diodo, hasta la base de transistor de media potencia tipo pnp, con esto aseguramos que la señal que se maneja en fotodiodo la estamos regulando para que apenas en menos de 4 cm de distancia con el respecto al sensor ya este enviando señales y se pueda aplicar el correcto funcionamiento de la motobomba a la hora de la ingesta del agua.



Figura 111. Salida de agua en el dispensador

Como se puede observar en la figura 109. Podemos ver que el fotodiodo se encuentra ubicado a una altura de 5cm con respecto a la base, en esto aseguramos que sea para diferentes vasos quepan sin ningún problema y se pueda servir el agua. Este módulo también contempla una pcb pequeña que es donde esta los componentes electrónicos con su debida alimentación.

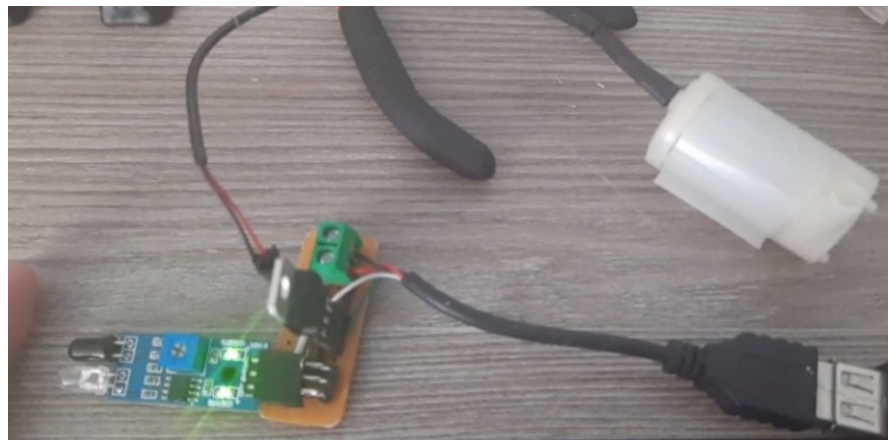


Figura 112. Circuito con alimentación de 2.5v



Figura 113. Montaje de subsistema en la carcasa principal

14.1.4 Integración de Interfaz

La configuración se inicia cuando encendemos el sistema desde la fuente de alimentación, esta configuración se realiza mediante el entorno de desarrollo Raspberry y Arduino, el cual nos permite acceder a estos comandos, para configurar las distintas características de nuestro dispensador desde el cronograma hasta los micro servos. La pantalla se alimentará a partir de los voltajes que salen por los conectores GPIO y así por medio de un cable de bus datos se hace su debida conexión. A continuación, veremos las pantallas previstas para el prototipo



Figura 114. Pantalla principal

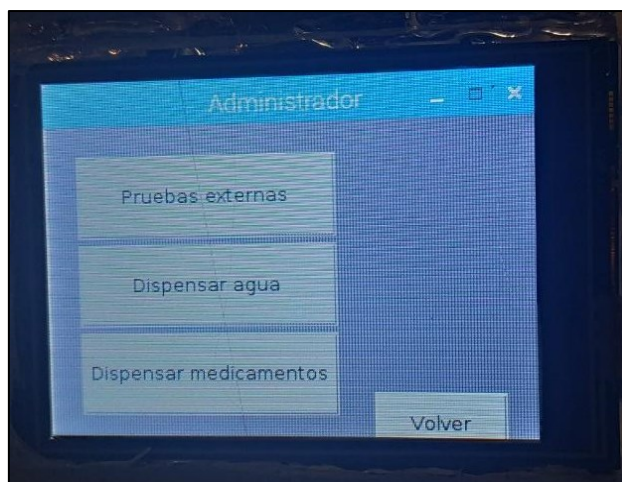


Figura 115. Pantalla administradora de pruebas

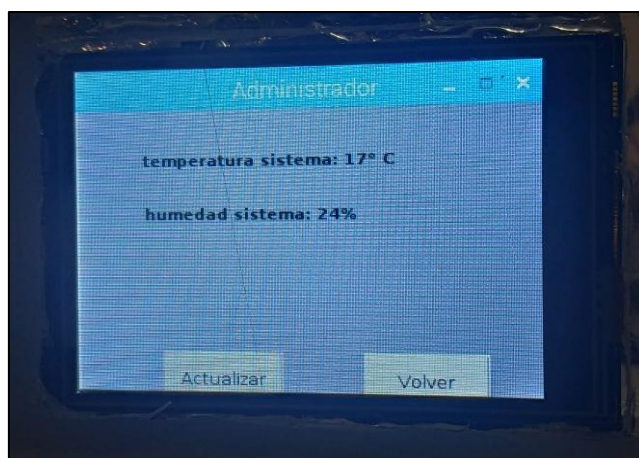


Figura 116. Pantalla sensor DHT11

Se puede ver que cada una de las pantallas cumplen con diferentes funciones en la figura 112, vemos la hora actualizada con sus respectivos cambios de selección para entrar en

modo administrador o sistema, en el primer caso obtendremos una segunda ventana para hacer unas pequeñas pruebas de cada uno de los subsistemas, Estas tres pantallas nos dan la información necesaria para el dispensado de los medicamentos y donde cada ventana tiene su pestaña de volver sea el caso de que toque. En el caso de la ventana final figura 114. que usara el usuario tiene una opción de actualizar los datos obtenidos del sensor de DHT11 de la temperatura y humedad.

La toma de datos en tiempo real de la temperatura y luz se da de la siguiente manera, donde Arduino por puerto serial envía los datos de los sensores cada 2 segundos, y al mismo tiempo envía los de posición en x, y del objeto que la pixy esté realizando el seguimiento:

```
//Sensado temperatura-----
case 'a':

    Serial.println(temperatura);
    //Serial.println("prueba2");
    delay(300);

    break;
//Sensado humedad-----
case 'b'://humedad

    Serial.println(humedad);
    //Serial.println("prueba");
    delay(300);

    break;
```

Figura 117. Programación Arduino para el sensor DHT11

Para probar las diferentes programaciones se puede descargar un software de prueba que se llama Arduino figura 116.

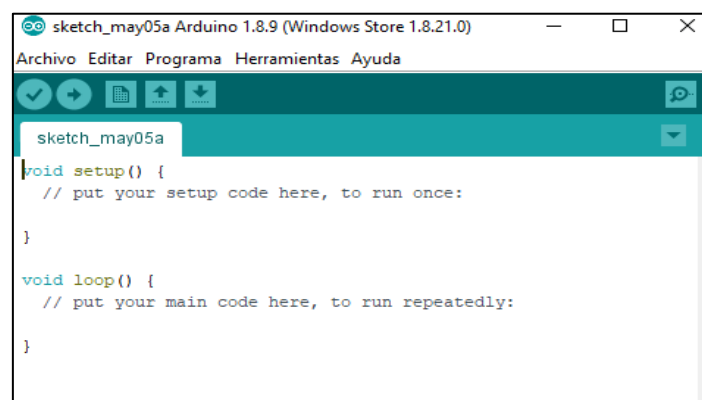


Figura 118. Software de programación Arduino

Para enseñar a programar en Arduino, es necesario tener en cuenta que se trabaja con una serie de librerías que necesita los sensores para determinar los datos y enviarlos especificando las salidas y las entradas en el Arduino.

14.1.5 Integración de PCB de potencia

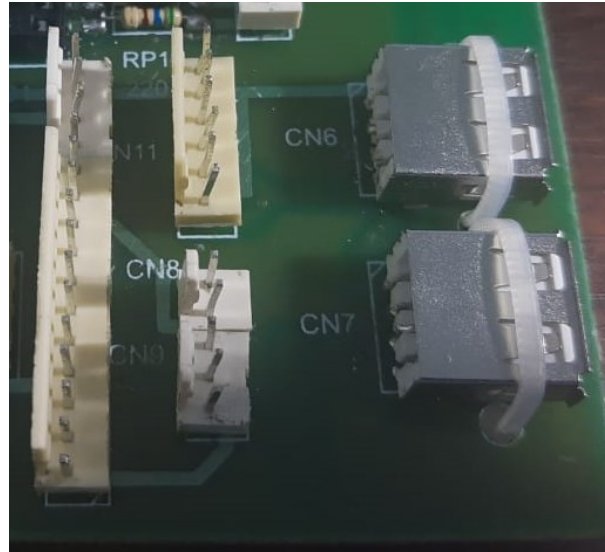


Figura 119. PCB potencia

Para este módulo se hizo una pcb pequeña para el manejo de los voltajes en todos los sistemas necesario como se puede ver en la anterior figura 117, específicamente vimos que las conexiones estaban dadas para los micro servos y los sensores aplicando solo una señal para la Raspberry y el Arduino con el fin de saturar de corriente al Arduino y poder manejar sin problema todos los sensores. La pcb tiene otros dos módulos más que se ven en la figura 91 y 92 que son las que nos da la potencia necesaria para los ventiladores que se hablaran más adelante en el siguiente subsistema.

14.1.6 Integración temperatura y humedad

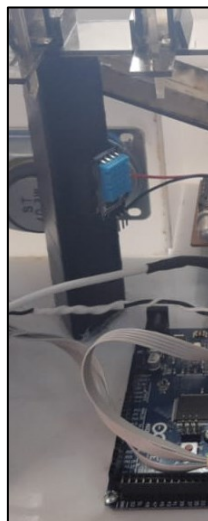


Figura 120. DHT11 con el montaje

Este módulo es más sencillo debido a que las conexiones de este solo implican la fuente de alimentación del sensor y la señal de salida del mismo, conectándolo en su respectivo punto de salida del Arduino, esto que nos permite ver los datos del sensor en la pantalla sin problema y no tener mayor configuración y poder ver así la temperatura interna del prototipo.

Como se vio en la figura 91, este se dedica a controlar las señales de los ventiladores que están en cada lado del prototipo para así poder sacar el aire y siempre tener circulación del mismo para así evitar que la temperatura dañe las pastillas.

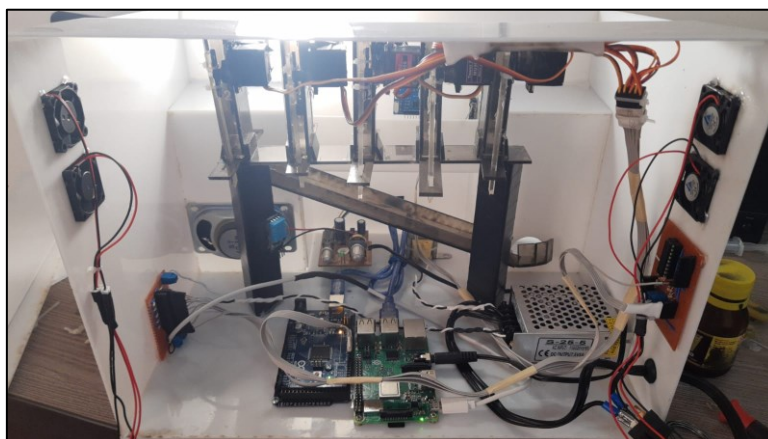


Figura 121. Integración de los sistemas

14.1.7 Integración de pastillero

En este caso y finalización de la integración de cada uno de los subsistemas se aplican una serie de criterios o de pruebas para se sepa que cada uno cumplan con las funciones escritas al principio del documento, como este módulo es externo no habría la necesidad de hacer una integración general si no solo una adaptación a lo que se necesita en este caso, que cumpla con las medidas mínimas para el transporte de medicamentos.

14.2 Pruebas de integración

Tabla 33. Pruebas de integración general

Objetivo de la práctica:	Verificación de la integración de todos los subsistemas en uno solo	
Metodología:	Con la ayuda de programación se comprobará que el sistema cumpla con todos los requerimientos que fueron propuestos para cada subsistema	
Instrumentos necesarios:	- Subsistemas - Batería	-
Criterios de prueba:	La información tiene que coincidir con los propuestos en la entrada del sistema para cada uno de los subsistemas	
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno y con una conexión alguna red.	

En las siguientes tablas encontraremos una serie de pruebas en diferentes entornos como el estado de cada uno de los medicamentos, en el tiempo de entrega de cada uno de los contenedores hasta que se le entregan al usuario. En las siguientes tablas veremos en cada una de los contenedores del uno al cinco el tiempo de entrega en segundos y margen de error.

Dispensador 1:

Tabla 34. Tiempo de entrega dispensador 1

Prueba #	Tiempo estimado hasta la entrega (s)	Estado del medicamento
1	3	5
2	2.63	5
3	2	5
4	3	5
5	3.15	5
6	2.55	5
7	2.57	5
8	3	5
9	3	5
10	2.54	5
11	2.2	5
12	3	5
13	2.6	5
14	3.8	5
15	3.3	5
promedio	2.836428571	5
error	5.452380952	%

Dispensador 2:

Tabla 35. Tiempo de entrega dispensador 2

Prueba #	Tiempo estimado hasta la entrega (s)	Estado del medicamento
1	2.5	5
2	2.2	5
3	2.6	5
4	2.8	5
5	2.5	5
6	3	5
7	2.7	5
8	2.1	5
9	3	5
10	2.8	5
11	2.9	5
12	2.8	5
13	3.4	5
14	3.2	5
15	3	5
promedio	2.766666667	5
error	7.777777778	%

Dispensador 3:

Tabla 36. Tiempo de entrega dispensador 3

Prueba #	Tiempo estimado hasta la entrega (s)	Estado del medicamento
1	3	5
2	3	5
3	3.1	5
4	4	5
5	3.2	5
6	3.6	5
7	3.6	5
8	3.5	5
9	2.9	5
10	3.3	5
11	3.1	5
12	3	5
13	3.1	5
14	2.7	5
15	3.3	5
promedio	3.226666667	5
error	7.555555556	%

Dispensador 4:

Tabla 37. Tiempo de entrega dispensador 4

Prueba #	Tiempo estimado hasta la entrega (s)	Estado del medicamento
1	4	5
2	3.3	5
3	3	5
4	3	5
5	2.5	5
6	2.8	5
7	3.1	5
8	3	5
9	3.8	5
10	3.9	5
11	3	5
12	4	5
13	2.6	5
14	3	5
15	3.1	5
promedio	3.206666667	5
error	6.888888889	%

Dispensador 5:

Tabla 38. Tiempo de entrega dispensador 5

Prueba #	Tiempo estimado hasta la entrega (s)	Estado del medicamento
1	3.15	5
2	2.2	5
3	3	5
4	3	5
5	1.9	5
6	5.2	5
7	3	5
8	3.4	5
9	3.3	5
10	3	5
11	3.22	5
12	2.28	5
13	2.6	5
14	3	5
15	3	5
promedio	3.016666667	5
error	0.555555556	%

La medición del tiempo dentro sistema es una variable en la que se puede determinar bien para la ingesta de los medicamentos, debido a que puede tener desfases en zona horario perjudicando con el cronograma estipulado.

Tabla 39. Tiempo vs tiempo medido

Prueba #	Hora entregada por internet	Hora del dispositivo
1	12:30	12:30
2	13:00	13:00
3	13:30	13:30
4	14:00	14:00
5	14:30	14:30
6	15:00	15:00
7	15:30	15:30
8	16:00	16:00
9	16:30	16:30
10	17:00	17:00
11	17:30	17:30
12	18:00	18:00
13	18:30	18:30
14	19:00	19:00
15	19:30	19:30
16	20:00	20:00
17	20:30	20:30
18	21:00	21:00
19	21:30	21:30
20	22:00	22:00

El sonido de las alarmas es un factor importante debido a que nuestro sistema maneja cierto nivel de decibeles para que sean escuchados por el usuario y así evitar o disminuir la pérdida de medicamentos *tabla 40*.

Tabla 40. Medición distancia vs db

Distancia (desde el dispositivo) (cm)	decibelios(dB)
30	91
60	84
90	80
120	77
150	72
180	68
210	63
240	55
270	41
300	32

Como podremos ver la tabla 41. se hace una breve configuración y se hicieron las respectivas pruebas de la entrega de los medicamentos según las horas y el cronograma ejemplo propuesto, evidencia el funcionamiento del sistema.

Tabla 41. Pruebas de programación

horario programado	medicamentos programados	hora de alerta	medicamentos entregados	tiempo empleado(s)
12:15	1,2,4	12:15	1,2,4	10
13:00	2,2,2	13:00	2,2,2	8
13:07	1,2,3,4,4	13:08	1,2,3,4,4	17
14:12	1	14:12	1	2.8
14:14	4,3,2,1	14:14	4,3,2,1	
14:55	2	14:55	2	3.5
16:10	4,4,5,5,2	16:10	4,4,5,5,2	20
17:00	5	17:01	5	3.2
17:43	5.1	17:43	5.1	7
18:00	1,1,1,1,1	18:00	1,1,1,1,1	13.2

15 PRUEBAS DEL SISTEMA

Para las pruebas del sistema desde la tabla 42 a la 49 se presentan los resultados del plan de pruebas de cada uno de los subsistemas.

Tabla 42. Prueba de Raspberry y Arduino con la pantalla

REQUERIMIENTO	VARIABLES	METODO	INSTRUMENTO
Señal de visualización de la pantalla LCD con Raspberry y Arduino	Recibe señales análogas con voltajes de 0 a 5 v	En la entrada del Arduino se puede notar un voltaje de 4.76 V.	Multímetro
Ver pantalla táctil funcional para el manejo del dispensador	Señales digitales para el manejo de los motores	Señal digital de Raspberry a pantalla táctil	Raspberry

Para esta prueba descrita en la tabla 42, se tuvo como fin el envío y recepción de datos para visualización en pantalla LCD, como primer paso fue necesario contar con un multímetro, las puntas de prueba del mismo se ubicaron sobre los pines digitales designados mediante programación como las salidas lógicas que permitirían la activación de los distintos actuadores presentes en el sistema, como se define como una señal digital o TTL, se verifico que estas salidas al activarse proporcionaran un voltaje superior a los 4,5V para asegurar un HIGH u ON en estos sistemas, a lo cual encontramos voltajes de 4,76V demostrando así que el proceso entre procesos activados mediante la pantalla LCD, ordenados al Raspberry y enviados al Arduino que por consecuencia activan los actuadores del sistema cumplieran su función de activación.

Tabla 43. Prueba Raspberry, Arduino y sensor de temperatura

REQUERIMIENTO	VARIABLE	METODO	INSTRUMENTO
Con base a una termocupla verificar el error de los sensores para sincronizar con nuestro sistema	Señales digitales para la temperatura y humedad del sistema	Enviar señal digital para que el sensor envíe la información	Arduino y Raspberry
Lectura del sensor en diferentes ambientes	Señales digitales	Recopilar las señales enviadas por el sensor	Arduino y Raspberry

Esta prueba tuvo complicaciones ya que para su prueba como esta descrito en la tabla 43 era necesario contar con una termocupla, debido a los problemas sociales que estaban vigentes por el COVID-19, fue imposible acceder a estas herramientas, así que se limitó como prueba al envío de datos desde la interfaz y su visualización en la misma, proceso que implicaba una señal lógica de envío por parte del Arduino por puerto serial se recibían por Raspberry y mostrados en la pantalla LCD, así mismo estos datos obtenidos por el sensor controlaban los ventiladores del dispositivo en temperaturas superiores a los 16°C activándolos.

Tabla 44. Prueba Raspberry, Arduino con sensor

REQUERIMIENTO	VARIABLES	METODO	INSTRUMENTO
Habilitación de sistema por medio de NFC con señales y protocolos	Señal digital que por medio de la tarjeta nos permite acceder a la información	Señal a través de internet para recibir un mensaje de texto	Raspberry con internet y celular con internet

Como se aprecia en la tabla 44 se describió el proceso de pruebas de la lectura e identificación de usuario mediante el NFC, aunque durante la implementación del dispositivo se realizaron ajustes al proyecto los cuales se explican de manera más extensa en el capítulo de Ajustes de este documento, se decidió retirar este componente del sistema debido a fallas y análisis de su uso y complicaciones presentadas para el usuario.

Tabla 45. Prueba Raspberry, Arduino y IoT

REQUERIMIENTO	VARIABLES	METODO	INSTRUMENTO
Enviar información de pastillas por medio de un mensaje de texto o al correo	Señal digital que, por medio de internet, permite que envíe un mensaje al celular	Señal a través de internet para recibir un mensaje de texto	Raspberry con internet y Celular con internet

Presentado en la tabla 45, al revisar previamente que la tarjeta Raspberry cuente con una conexión estable a internet mediante Wi-Fi y el teléfono celular con el número al cual se programaron como destinatario de los mensajes emitidos por el prototipo, al entrar mediante la interfaz en la pantalla de pruebas y oprimir el botón de pruebas IoT dependiendo la velocidad del internet de la conexión se emitirá un mensaje de texto que llegará al teléfono con el número previamente registrado.

Tabla 46. Prueba general de potencia

Objetivo de la práctica:	Verificar que el subsistema de potencia entregue una alimentación de 5v DC 5A	x
Metodología:	Con la ayuda de un multímetro se comprobará que a la entrada del subsistema haya una alimentación de 110V AC/60Hz y a la salida del subsistema de potencia se entreguen 5V DC 5A a los demás subsistemas.	x
Instrumentos necesarios:	- Multímetro - Amperímetro	x
Criterios de prueba:	Debe haber a la salida del subsistema un voltaje de 5V DC y una corriente Max de 5A	x
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno y con una conexión a red eléctrica 110V AC/ 60Hz	x

Para esta prueba como se describe en la tabla 46 se verifica mediante un multímetro en los puntos de prueba indicados en la fuente de voltaje, la cual previamente se debió conectar a una alimentación eléctrica estándar en Colombia la cual entrega un voltaje de 110V AC a 60Hz. Se debe realizar la medición de voltaje y corriente en estos puntos así que al realizarlos se encontró un voltaje de 5V DC y una corriente de 5A, datos los cuales se pueden encontrar también registrados en el sticker puesto por el fabricante sobre la placa metálica que cubre la fuente.

Tabla 47. Prueba general de dispensador de agua

Objetivo de la práctica:	Verificar que el dispensador llene un vaso con la cantidad de agua de 3 onzas en un vaso de 5 onzas.	x
Metodología:	- Revisar que la tolva tenga la cantidad de agua necesaria para el sistema. - Enviar la señal de encendido del dispensador de agua. - Revisar que el sistema no tenga obstrucciones - Medir la cantidad de agua que el sistema con un pluviómetro. - Chequear que cumpla con el fruncimiento establecida en los requerimientos. - Verificar que el sistema llene el vaso de una forma uniforme.	x
Instrumentos Necesarios:	Medidor de flujo.	x
Criterios de Prueba:	La cantidad de agua que el sistema debe entregar debe de ser 3 onzas y se verificara con el medidor de flujo un margen de error del $\pm 5\%$.	x
Consideraciones:	La prueba se puede realizar en cualquier entorno sin exponer el dispositivo a la lluvia o directamente a los rayos del sol y con una toma de 110v/60Hz de tres patas.	x

Para esta prueba como esta descrito en la tabla 47 se debe realizar un dispensado de agua para probar la cantidad de líquido suministrada por el sistema, luego de implementación y como se comenta en el capítulo de ajustes en este documento, se utiliza un nuevo sistema de dispensado que pone a disposición del usuario la cantidad de líquido que el desee para la ingesta de los medicamentos.

Tabla 48. Prueba general de Raspberry con solo pantalla

ACTIVIDAD	VARIABLES A CONTROLAR	ELEMENTOS	METODO
Verificación de Voltaje de operación que se encuentre entre 0 – 5v DC.	Variable esperada. Voltajes que no superen los 5 voltios con tolerancia de	Multímetro digital.	Colocar las puntas del multímetro en modo DC, con escala no mayor a 10v y visualizar el voltaje que hay a tierra y la señal
Verificación de la conexión con la Raspberry y la LCD	Verificar la conectividad con la pantalla LCD	Raspberry y LCD	Insertar la pantalla LCD en sus respectivas entradas para el sistema de visualización.

Según lo comentado en la tabla 48, se debe iniciar el dispositivo y ubicarse frente a la pantalla LCD la cual es la interfaz táctil del dispositivo y realizar distintos toques a la pantalla verificando que lo que se selecciona en la misma, es la acción a la cual se somete la interfaz, esta prueba debido a la calidad de la misma salió funcional al 100% de las funciones requeridas, adicional a esto puede colocarse una punta de prueba + del multímetro en la entrada de alimentación de la pantalla y colocar la punta de prueba - del multímetro en tierra del circuito y comprobar que se estén presentando más de 3,5V, aunque esta prueba puede ser obviada cuando se comprueba que la pantalla enciende y muestra la imagen y permite así mismo interactuar con la interfaz.

Tabla 49. Prueba total del sistema

Tipo de prueba	Objetivo	Precondición	Entrada	Salida	Resultados
Funcionalidad: Primero se debe verificar el correcto posicionamiento del dispensador y la distancia donde va estar ubicado el sistema luego se procede a ejecutar el software iniciando el sistema donde se ajustarán los parámetros de temperatura, humedad y tiempo que se establecen en la CPU.	Verificar el correcto funcionamiento o al integrar las partes mecánicas y electrónicas y comprobando sus entradas y salidas.	Se deberá tener en cuenta el espacio y tamaño donde se instalará el sistema debe ser lo suficientemente alto y ancho, se debe contar con una altura de 1.60 mínimo con respecto al suelo, y para su instalación se necesita de a 2 personas. Y finalmente se debe verificar que el Software este iniciando de la forma correcta apenas se conecte con la toma de 110v, Además de que se debe realizar el montaje del sistema de la siguiente manera: Se deberá armar primero la base y luego se deberá ubicar en la pared o en una mesa. Después se procede a ubicar el cronograma para la ingesta de medicamentos, luego conectar la el sistema dispensado por medio de USB se comprueba su funcionamiento desde el ordenador. Luego se conectará el circuito al Arduino en sus respectivos pines y	Máximo de 6 medicamentos con dimensiones de 3cm como máximo.	Graficas de posición para cada medicamento en su respectiva tolva. Reporte de Humedad y temperatura promedio en la pantalla. Reloj digital para la información de la ingesta de los medicamentos entre 0-24h.	Base de datos del cronograma, tiempo, verificando que los medicamentos se entreguen, este dato se obtenga muestra en la pantalla del prototipo el software de manera casi inmediata y así probar que el tiempo de respuesta del Hardware y software sea inmediato y no exceda el requerimiento, por lo tanto, no debería exceder el margen de error en el requerimiento.
Robustez y recuperación: la configuración de los parámetros fáciles para el operario, con una interfaz de fácil uso para evitar problemas y errores.					
Seguridad: Una vez iniciado el programa ira guardando los datos en una base de datos durante el tiempo ajustado.					
Rendimiento: El tiempo de respuesta del dispensador debe estar verificándose para el rendimiento del sistema al igual que el agua de la tolva de agua.					

Validación de requisitos: los requisitos son dados por el usuario una vez inicia el sistema y se pueden cambiar después de haber terminado el programa.		también el Raspberry irán a los respectivos pines del Arduino se confirma su funcionamiento por medio de la pantalla y listo el sistema está totalmente.			
---	--	--	--	--	--

Tabla 50. Respuesta total del sistema

Horario programado	Medicamentos programados	hora de alerta	medicamentos entregados	tiempo empleado(s)
12:15	1,2,4	12:15	1,2,4	10
13:00	2,2,2	13:00	2,2,2	8
13:07	1,2,3,4,4	13:08	1,2,3,4,4	17
14:12	1	14:12	1	2.8
14:14	4,3,2,1	14:14	4,3,2,1	13.2
14:55	2	14:55	2	3.5
16:10	4,4,5,5,2	16:10	4,4,5,5,2	20
17:00	5	17:01	5	3.2
17:43	5,1	17:43	5,1	7
18:00	1,1,1,1,1	18:00	1,1,1,1,1	13,2

Por las pruebas realizadas en la tabla 49. se realizó una estimación del manejo de la mecánica del dispositivo, se realizaron muestras para apreciar el funcionamiento y la entrega de cada dispensador, al revisar el estado en el cual los entregaban y el tiempo empeñado en su desarrollo se determinó el correcto funcionamiento para este sistema, adicional a esto se realizó una prueba de la exactitud de manejo del tiempo del dispositivo en la cual se determinó que el tiempo manejado por internet para las diferentes tomas de datos en las pruebas se determinó que eran exactamente iguales.

16 AJUSTES

Durante el proceso de implementación a nivel de hardware se evidencio que la tarjeta Raspberry que se seleccionó en primera instancia para suplir la parte de procesamiento del proyecto no contaba con pines que permitieran la generación de pulsos de PWM para controlar los servos y mucho menos para realizar el control de los 5 servo motores necesarios para la implementación, junto a esto se identificó que la pantalla necesaria para el proyecto para su funcionamiento requería del 90% de los pines GPIO que tiene disponibles esta tarjeta, así que después de analizar junto a estos factores y otros adicionales como el manejo de señales digitales y caracterización de sensores necesarios en el proyecto ya que la mayoría establecían diferentes protocolos de comunicación I2C los cuales implicaban una complicación dentro de los argumentos estipulados en la programación en Python, al realizar una investigación acerca de estos procesos se encontró la implementación previa por parte del fabricante de librerías de uso pero presentados en otra plataforma la cual era Arduino y su programación en C++, se tomó la decisión de implementar una tarjeta de Arduino mega para asistir los procesos de adquisición de datos de sensores y control y manejo de servomotores y motores. Este proceso se realizó interconectando las tarjetas mediante un cable USB, realizando ajustes en la programación para realizar una comunicación bidireccional, en la cual pudieran darse instrucciones de una a otra mediante datos enviados por puerto serial.

Así que el Raspberry quedo a cargo de la programación del cronograma de medicamentos, junto con la rutina de dispensado y el manejo y presentación de la interfaz táctil. El Arduino se configuro de modo para trabajar en conjunto con Raspberry para realizar el proceso de dispensado de medicamentos, recibiendo señales por puerto serial y haciendo las respectivas acciones, también quedo encargado de la adquisición de datos de temperatura y humedad, junto al control de estas mismas mediante los ventiladores ubicados dentro del prototipo.

16.1 Cambio en el material de construcción.

Se decidió cambiar el material de plástico ABS a solamente acrílico, ya que se presentaron factores decisivos para tomar esta decisión, la facilidad de adquirir las láminas de este material, el costo de cada lamina, la facilidad para realizar cortes en laser sobre el mismo, junto a esto el asesor industrial realizo la recomendación de implementar el acrílico para el proyecto, esto con su experiencia en proyectos de grados previo donde la facilidad de trabajo en este material para este tipo de prototipos era más que satisfactorio.

16.2 Cambio de pantalla.

Para este documento se planteó una pantalla para Raspberry de 3.5 pulgadas, la cual al momento de implementarse presento varios inconvenientes los cuales fueron:

- Baja resolución (360x180 pixeles), dificultando la lectura de la pantalla a más de 10 centímetros de distancia de la misma.
- Pantalla táctil de tipo resistiva, este tipo de pantalla es muy sensible a los golpes y cualquier daño a la pantalla en su film conductor se traducía inmediatamente en la

inutilización del táctil de la misma, junto con esto al ser resistiva para toques precisos en la misma era necesario utilizar el lápiz que se incluía por el fabricante al momento de la compra y añadía un accesorio más que podía extraviarse fácilmente.

- Pantalla de poca intensidad lumínica y colores muy opacos, adicional a esto el film conductor de la pantalla resistiva a la luz del sol presentaba un tono blancuzco que impedía la visualización del contenido presentado en la misma.
- Pequeño tamaño y dificultaba la precisión para seleccionar las diferentes opciones debido a su baja resolución permitía muy poco contenido legible en una sola imagen. Adicional a esto su reducido tamaño complicaba la interacción entre un adulto de la tercera edad con la misma.

Dado esto se realizó el cambio por una pantalla capacitiva de 5 pulgadas, de resolución de 800x600 pixeles que por su tamaño y resolución permitía la implementación de fuentes de texto de mayor tamaño y mejorando la calidad de definición del contenido presentado en la misma, junto con esto la tecnología capacitiva implementada en la misma permite una mayor precisión en la interacción con la misma ya que es mucho más precisa con la yema de los dedos, es una pantalla mucho más resistente ya que a pesar de presentar fisuras en su lamina protectora sigue funcionando y no impide el funcionamiento ni la perdida de ninguna función. Junto con esto la alimentación de la nueva pantalla se realiza mediante USB así que se alimenta la pantalla externamente y este voltaje no es solicitado al Raspberry, con esto se asegura la correcta alimentación de la misma, cumpliendo a cabalidad con los parámetros de funcionamiento establecidos por el fabricante.

16.3 Cambio sistema de Identificación.

En el sistema de identificación de seguridad para el administrador del sistema se utilizaba previamente un sistema de reconocimiento NFC, el cual presento varios problemas en su implementación debido a que la tarjeta adquirida para el proyecto manejaba una alimentación de 3.3V y el resto del proyecto 5v, lo cual implicaba una regulación en voltaje en el prototipo, debido a que la alimentación de 3.3V de Arduino realizaba una carga adicional en corriente a la misma de 50 mA y según el datasheet del fabricante de la tarjeta Arduino esta puede entregar una corriente máxima de 50mA por el puerto de 3.3V, esto sumado al resto de componentes conectados a la tarjeta presentaba malfuncionamientos, adicional a esto, el utilizar una tarjeta de NFC que se requiriera con el prototipo presentaba nuevos casos de uso para el sistema exponiendo el sistema a no poderse utilizar por el administrador debido a daños en la tarjeta ya que su manipulación es mucho más alta que cualquier otro componente del prototipo, también existía el riesgo de su perdida y para la reposición de la misma se requeriría de una reprogramación y pruebas en la tarjeta Arduino debido al código único de asignación para cada tag de NFC, generando nuevos gastos económicos, de tiempo y esfuerzos adicionales al mantenimiento del dispositivo. Para solventar este cambio, se decidió implementar un sistema de seguridad mediante una contraseña de cuatro dígitos en pantalla, lo cual permitía al administrador delegar sus responsabilidades a personas de confianza tan solo con brindar este número, más accesibilidad al sistema ya que solo es necesario el uso de la interfaz, en caso de olvidar o perder el código la reprogramación del dispositivo es sencilla y de fácil implementación.

16.4 Cambios ventiladores.

En el sistema se realizó un cambio en el sistema de ventilación del dispositivo, ya que el sistema anterior contaba con 4 pequeños ventiladores que cumplían la función de modificar el flujo de entrada y salida de aire en el dispositivo los cuales funcionaban en paralelo en cuanto a entrada y salida de flujo, para aumentar la potencia de los mismos, asegurar la cantidad de flujo de aire fresco al dispositivo desde el exterior se decidió realizar un cambio de ventiladores y en cantidad. Al implementar un ventilador en la parte inferior del dispositivo de mayor tamaño y a 5V el cual aseguraba una mayor cantidad de revoluciones por minuto, facilitando el flujo de aire a través del prototipo, en específico por los contenedores de medicamentos y las tarjetas empleadas para el procesamiento.

17 PRUEBAS DEL SISTEMA DE AJUSTES

Para realizar la prueba de los ajustes del sistema fue imposible realizar la comparación entre los dispositivos previamente planteados y los nuevos dispositivos implementados, debido a que durante el desarrollo de este proyecto de grado, por motivo de la pandemia declarada por el virus COVID-19, el acceso a los laboratorios de la universidad fue totalmente restringido, permitiendo el acceso a las herramientas especializadas para realizar las tablas de comparación, estudio y análisis de resultados de los cambios realizados, adicionalmente el mercado de componentes e instrumentos se vio igualmente afectado ya que no hay tiendas disponibles para la compra o alquiler de los mismos.

En este caso en específico, el poder adquirir un anemómetro, instrumento de medida el cual permite cuantificar el flujo de aire a través de un objeto, canal o superficie, para realizar la comparación y comparar la eficiencia de la entrada de flujo de aire al dispositivo entre los ventiladores antiguos y el sistema de ventilación nuevo, así mismo fue imposible el acceder a una termocupla para comparar la temperatura interna del dispositivo con relación al tiempo de activación del sistema de disipación.

En cuanto al tema de la pantalla, la apreciación es un poco más empírica, debido a que se realizó la comprobación de este cambio al momento de implementar y a nivel personal nosotros como desarrolladores del proyecto con la colaboración de dos adultos de la tercera edad, que la relación de la pantalla antigua a la nueva fue mucho mejor, en cuanto a facilidad para la interacción y visualización de contenido en la misma, aunque debido al aislamiento social fue imposible generar tablas de contenido en las cuales se pudiera apreciar estadísticamente con encuestas el nivel de satisfacción entre manipulación de las dos pantallas para la población objetivo del proyecto.

18 MANUALES

Los manuales se pueden encontrar en la sección de anexos

18.1 Manual de operación e instalación

Este manual se encuentra en la sección 23.5 en la sección de anexos del presente documento.

19 RESULTADOS

Prueba 1. La prueba se realizó, en intervalos aleatorios de tiempo, sencillamente oprimiendo la pantalla seleccionando el dispensador que entregaría la pastilla, junto a esto se tomó un cronometro, al momento de oprimir la pantalla se iniciaba el mismo, al momento de estar la pastilla ya en la bandeja de recogida del prototipo se detenía el cronometro y se realizaba la anotación del tiempo empleado entre que se presionó la pantalla y se tenía listo el medicamento para ser recogido. Al realizar la prueba se estableció como un tiempo correcto para la entrega de una sola pastilla por parte de cada dispensador en 3 segundos como promedio y se estableció un margen de error de más o menos 0,2 segundos, lo cual equivale porcentualmente aproximadamente al 8% del valor promedio establecido anteriormente. Al realizar la prueba se identificó que la mayoría de tiempos no excedían los 2 segundos en algunos pequeños casos, pero al promediar todos los datos adquiridos, se obtuvo un promedio el cual se presenta a continuación con su representación de % de error cumpliendo con la fórmula de:

$$\% \text{ Error} = \left(\frac{\text{Tiempo promedio} - \text{Tiempo base}}{\text{Tiempo base}} \right) * 100$$

Tiempo promedio= tiempo promedio de la prueba en segundos

Tiempo base= 3 segundos

Tabla 51. Porcentaje de error en el dispensado

Dispensador	Tiempo promedio (S)	% Error (+ o -)
1	2.83	5,452380952
2	2.76	7,777777778
3	3.22	7,555555556
4	3.2	6,888888889
5	3.01	0,555555556

Dispensador Tiempo promedio (S) % Error (+ o -)

En esta prueba se tenía también como dato de referencia la calidad con la cual fue entregada la pastilla, ya que en todas las pruebas la pastilla salió en el mismo estado en el cual fue depositada al prototipo se consideró como un valor despreciable para las pruebas y análisis de resultados

Analizando estos resultados ningún dispensador en tiempos de entrega supera el 8% ni tampoco es menor al 8%, así que se da por sentado que el funcionamiento de los dispensadores de medicamentos es correcto.

Prueba 2: Para esta prueba se realizó la comparación y medida del tiempo mostrado y manejado por el prototipo el cual se mostraba en tiempo real en la interfaz, así que se procedió a buscar la medida base que pudiera presentar la mayor confiabilidad, así que se recurrió a la página de internet <https://www.worldtimeserver.com/hora-exacta-CO.aspx>, la cual nos entregaba la hora precisa en ese instante para la zona horaria que se maneja en Bogotá, Colombia.

Así que se realizaron 20 muestras en las cuales cada 30 minutos se verifico la hora entregada en la página y en la interfaz del dispositivo, se despreciaron las unidades de segundos ya que esto disminuye el error humano en esta prueba entre la anotación de cada dato, así que fue factor de comparación la hora en formato de hora militar en HH:MM que corresponde a horas, seguido de minutos.

En las 20 muestras se evidencio una precisión del 100%, ya que el sistema de la interfaz adquiere la hora suministrada al sistema del Raspberry, la cual maneja un sistema operativo basado en Linux y mediante la conexión a internet sincronizaba el reloj interno con la zona horaria en que se registró al momento de la instalación. Así que subsecuentemente a esto se apreció la precisión en cuanto a horas y minutos.

Para la siguiente prueba se tomó como prueba general del sistema, se realizó la programación de un cronograma de pruebas el cual en diez intervalos aleatorios de tiempo iba a realizar dispensados de diferentes medicamentos, el objetivo de esta prueba era determinar los periodos de entrega entre la alerta y posterior entrega de medicamentos, adicional a esto se verifico que el tipo y cantidad de medicamentos previamente asignados correspondieran a los entregados por el prototipo.

Tabla 51. Resultados dispensados de prueba

horario programado	Medicamentos programados	hora de alerta	medicamentos entregados	tiempo empleado(s)
12:15	1,2,4	12:15	1,2,4	10
13:00	2,2,2	13:00	2,2,2	8
13:07	1,2,3,4,4	13:08	1,2,3,4,4	17
14:12	1	14:12	1	2.8
14:14	4,3,2,1	14:14	4,3,2,1	13.2
14:55	2	14:55	2	3.5
16:10	4,4,5,5,2	16:10	4,4,5,5,2	20
17:00	5	17:01	5	3.2
17:43	5,1	17:43	5,1	7
18:00	1,1,1,1,1	18:00	1,1,1,1,1	13,2

Por las pruebas realizadas anteriormente se realizó una estimación del manejo de la mecánica del dispositivo, se realizaron muestras para apreciar el funcionamiento y la entrega de cada dispensador, al revisar el estado en el cual los entregaban y el tiempo empeñado en su desarrollo se determinó el correcto funcionamiento para este sistema, adicional a esto se realizó una prueba de la exactitud de manejo del tiempo del dispositivo en la cual se determinó que el tiempo manejado por internet para las diferentes tomas de datos en las pruebas se determinó que eran exactamente iguales.

Así que el objetivo de esta prueba era la entrega final de los medicamentos, en esta se realizó una programación de prueba al sistema, la cual consistió en asignar valores aleatorios en 10 intervalos de tiempo, se realizó la carga en diferentes tipos de pastillas y así mismo en cantidades marcando las mismas con números del 1 al 5 dependiendo la tolva en la que

estuvieran presentes. Para esta prueba se tomaron como factores la hora a la cual se programó la entrega, los medicamentos que se programaron para la entrega, siendo un numero de 1 a 5 para establecer el dispensador del cual iba a salir el medicamento, siendo ya en un caso real un medicamento en específico almacenado en el mismo. Luego se esperó a que el tiempo coincidiera con el de la programación, así que se anotó la hora a la cual el dispositivo emitió la alarma (mostrando los resultados en el capítulo 14.2 del presente libro en la tabla 40, en la cual se enseña el nivel de intensidad sonora emitida en cada alarma por el dispositivo) y así mismo entrego los medicamentos. Junto a esto se examinó de cuales medicamentos había entregado viendo los números presentes en las pastillas y con la ayuda del cronometro se tomó el tiempo desde que sonó la alarma hasta que termino de salir el ultimo medicamento esperado y se anotó al final, estos datos corresponden a los adquiridos anteriormente y presentados en la tabla 50, estos tienen soporte en las tablas 34 a 38, presentes en el capítulo 14.2 del presente documento.

Siendo presentados estos resultados, se observó que el comportamiento del sistema es muy preciso debido a que cada subsistema necesario en la función del dispensado se comportó de manera acorde a la que fue diseñada, así que al momento de requerir cada uno cumplió con su funcionamiento a cabalidad.

20 DISCUSIÓN

El prototipo dispensador automático de medicamentos, es un proyecto que, aunque presente una alta complejidad se pudo desarrollar a cabalidad, en medio de las diferentes pruebas y obstáculos presentados, el desarrollo e implementación tuvo un excelente proceso, al momento de realizar las pruebas de integración se apreció un buen comportamiento por parte de cada subsistema, los cuales cumplían correctamente con su función diseñada y se cumplieron objetivos y requerimientos, siendo esto un aliciente de la solución presentada al problema y nombrada como prototipo dispensador automático de medicamentos para adultos de la tercera edad, presenta un gran potencial para establecer un desarrollo de más alto nivel para suplir las necesidades del mercado y poderse fabricar como dispositivo de producción masiva.

Aunque en varias ocasiones se presentaron problemas en cuanto a la construcción de circuitos eléctricos y tener que realizar múltiples desarrollos y pruebas se logró el objetivo, de establecer un sistema eléctrico que cumpliera con los objetivos para los cuales fueron diseñados. Al revisar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera con detenimiento y estudiar distintos temas indirectamente implícitos en el desarrollo de los mismos. Junto con el apoyo del director Ernesto Sabogal, aportando en gran parte de su experiencia y conocimientos al proyecto, fue más llevadero el proceso de implementación y solución a los problemas presentados.

El reto en este proyecto para nosotros como ingenieros electrónicos, fue abordar el tema del diseño e implementación de sistemas mecánicos, el cual fue un gran obstáculo para el desarrollo ya que el desarrollo de una herramienta mecánica que permitiera la entrega de medicamentos según lo requería el proyecto, represento para nosotros como estudiantes múltiples exposiciones a situaciones difíciles, el buscar ayuda en profesionales para el asunto como lo fue con el asesor industrial designado a lo largo del periodo en el que se concibió la idea y se elaboró el prototipo. El docente Juan Carlos Caro fue una mano amiga con sus aportes a este proyecto.

Junto con la implementación realizada el tener que llevar a cabo el manejo también de un líquido como lo fue el agua, este represento un problema debido a la construcción del prototipo ya que el adhesivo utilizado no aseguraba una correcta impermeabilización de las uniones, se necesitó de una investigación y encontrar métodos de sellar estas juntas para evitar filtraciones de agua al dispositivo que con tantos componentes eléctricos pueden generar graves daños al sistema y para la parte externa realizando daños que no están contemplados para el funcionamiento del prototipo. Pero mediante investigaciones de distintos materiales adhesivos y sellantes pudimos encontrar el más adecuado y que asegurara la salubridad del contenido líquido en el prototipo, evitando la producción de cualquier tipo de hongo o bacteria en el almacenamiento del líquido.

Para las tecnologías seleccionadas en esta integración en específico el sistema Raspberry, fue un nuevo reto para nosotros como estudiantes y para el proyecto, el empaparse en el tema, el realizar cursos cortos de programación para entender el lenguaje de programación que más cumplió con nuestras necesidades, Python, presentaron uno de los mayores retos para el proyecto, lo cual permitió elaborar satisfactoriamente este sistema, además propuso nuevos retos para la mejora en un futuro de este prototipo, como lo son el integrar un sistema más elaborado y avanzado en cuanto al manejo de bases de datos,

permitiendo que estas se puedan programar remotamente sin tener que acceder físicamente al sistema para la misma acción, adicional a esto el poder implementar nuevas tecnologías inalámbricas para establecer conexiones internas dentro del prototipo para limitar la cantidad de cables usados, facilitando así su mantenimiento y reparación.

Juntamente con este proceso hubo un gran tope en el camino y esta fue la pandemia presentada durante el periodo de implementación de este proyecto, a hoy día 3 de mayo de 2020 en el que se realiza la entrega de este proyecto, la actual crisis sanitaria y aislamiento social obligatorio, no permitió el terminar detalles físicos del equipo en su parte estética, acceder a equipos especializados e instrumentos para realizar pruebas técnicas al dispositivo para plasmar en este documento y así dar unas bases mucho más sólidas a los resultados y conclusiones generadas del desarrollo de este prototipo. adicional a esto no permitió el poder realizar una prueba mucho más detallada y directa con un adulto mayor de la tercera edad, ya que son parte de la población más vulnerable ante el actual virus que tiene en alerta al mundo, aunque se pudo verificar su cumplimiento y el desarrollo de las múltiples variables propuestas para el dispositivo, se espera que ante su eventual levantamiento de cuarentena y fin de la pandemia, poder llevar este prototipo al hogar de un adulto de la tercera edad y dejar así que el fin de este proyecto se lleve en curso, mejorar la calidad de vida mediante la automatización de recordatorios y dispositivos de entrega de medicamentos a los adultos de la tercera edad.

21 CONCLUSIONES

Una vez finalizado el desarrollo e implementación del prototipo dispensador automático de medicamentos para adultos de la tercera edad, mediante las múltiples pruebas y análisis entregados, se comprobó uno a uno el cumplimiento de los objetivos y los requerimientos propuestos, esto implicó una serie de obstáculos y desarrollar un conjunto de habilidades desde la ingeniería electrónica para abordar las adversidades presentadas. Se pudo entregar finalmente un prototipo funcional que tal como fue diseñado realizó cada una de las labores propuestas para brindar la solución a la problemática del olvido de realizar la ingesta de medicamentos en las personas de la tercera edad, siendo una herramienta que cumple con los retos propuestos para su desarrollo, en alertar, controlar, dispensar y apoyar al proceso de seguimiento de consumo de medicamentos en esta población.

En específico al determinar como objetivo general el diseñar, implementar y se realizar pruebas de prototipo de dispensador automático de medicamentos para personas de la tercera edad. Mediante el proceso de desarrollo en etapas de planteamiento, diseño e implementación, se pudieron realizar distintos planes para lograr estos objetivos, aunque el tiempo empleado para el desarrollo del proyecto fue más del esperado para la elaboración del mismo, los resultados cumplen a cabalidad con los retos propuestos y cada uno de los requerimientos.

Ya hecho el proyecto el dispensador de pastillas para personas de la tercera edad, podemos asegurar que se ha cumplido con el objetivo de éste, así como la mayoría de las especificaciones básicas. La solución obtenida, siendo la idea concebida inicialmente y la final, es bastante satisfactorio el resultado. Debido a que permite el control de la administración de pastillas de acuerdo a la preinscripción médica o cronograma por el mismo, así como el control de que se ha realizado la medicación correcta gracias al prototipo. Además, tiene varias adaptaciones para que pueda ser más accesible a las personas por sus facilidades a las personas con discapacidad auditiva y cognitiva.

Aunque la crisis actual de una pandemia y los problemas sociales que esto trajo consigo. El no tener acceso a laboratorios de electrónica, el no poder acceder a tiendas especializadas para adquirir materiales para el proyecto, la imposibilidad de reunirnos como equipo de trabajo y el realizar muchos detalles de este documento de manera virtual, aunque dejó unas huellas en el proyecto en cuanto a sus terminados estéticos y físicos, se pudo asegurar el funcionamiento y cumplimiento de las metas propuestas para el desarrollo de este prototipo.

Aunque así mismo como este documento desarrolla el inicio, desarrollo y cierre de un documento de proyecto de grado, presenta el inicio de un desarrollo para un problema real en la sociedad, que representa nuevos retos para la ingeniería electrónica y futuros desarrollos para solventar los distintos retos propuestos a este proyecto.

22 REFERENCIAS DOCUMENTALES

- [1] OptumHealth, Envejecer y el cuidado de adultos mayores, Bogotá, 2016.
- [2] Facultad de ciencias Universidad Fasta, ¿A qué edad comienza la tercera edad?, Chile, 2015.
- [3] Invima, «Dirección de medicamentos y productos biológicos,» 2007. [En línea]. Disponible: <https://www.invima.gov.co/>.
- [4] U. d. Antioquia, «Aprende en línea Plataforma Académica,» 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.aprendeonline.udea.edu.co>.
- [5] L. Morales, Prototipo industrializable de un pastillero electrónico de medicamentos, Bogotá, 2010.
- [6] M. Expo, «Medical Expo» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.medicalexpo.es/fabricante-medical/pastillero-electronico-7835.html>.
- [7] Corel Draw, «Corel Draw Graphics Suite» 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.coreldraw.com/la/product/coreldraw/?topNav=la>.
- [8] A. Morales, «Indicador electrónico de nivel de agua» 2015. [En línea]. Disponible: <https://tallerelectronica.com/2015/03/10/indicador-electronico-de-nivel-de-agua/>
- [9] Pcb Wizard, «PCB Wizard 3 Edición educativa» 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.new-wave-concepts.com/ed/wizard.html>
- [10] Proteus, «Proteus Virtual System Modelling» 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.labcenter.com/>
- [11] C Pulido, «Diseño e implementación de un prototipo de máquina dispensadora portable de medicamentos para personas con enfermedades crónicas» 2016. [En línea]. Disponible: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3994/1/TESIS%20DISPENSADOR%20DE%20MEDICAMENTOS.pdf>
- [12] Fuente conmutada, «Mercado libre» 2019. [En línea]. Disponible: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453515047-fuente-alimentacion-switchheada-5v-5a-conmutada-_JM?quantity=1#position=7&type=item&tracking_id=0daf8291-ce47-4310-973b-d34091c99dbe.
- [13] Catalogo, «Sigma electrónica» 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.sigmaelectronica.net/catalogo/>
- [14] J. Hernández, «Como funciona una pantalla de un celular para poder diagnosticar su falla» 2016. [En línea]. Disponible: <http://smdelectronicaalgomas.blogspot.com/2016/11/como-funciona-el-circuito-de-interfaz.html#.Xss0xzpKiUl>
- [15] C. Urrea, «Diagrama esquemático servo» 2015. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Diagrama-esquemático-de-un-servomotor-acoplado-a-un-manipulador-robotizado-como_fig3_260525104

23 ANEXOS

23.1 Anexo A. Código del programa.

```
//-----Librerias-----
-----
#include <Servo.h>    //Libreria control servomotores
#include <DHT.h>      //Libreria humedad y temperatura
#include <DHT_U.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
//-----Definicion sensor-----
-----
#define DHTTYPE DHT11    // DHT 11
//Crea los objetos de las pastillas y los servos-----
-----
Servo pastilla1;
Servo pastilla2;
Servo pastilla3;
Servo pastilla4;
Servo pastilla5;
Servo pastilla6;
Servo pastilla7;
Servo pastilla8;

int PosI=100;
int PosF=126;
//-----Variables e iniciacion de variables-----
-----
-
char seleccion; //Variable de la lectura del puerto serial para la
opcion de dispensado
int pos = 0;    // posicion inicial del servo
const int pinhyt = 24; // Pin al que va conectado el sensor de humedad
y temperatura
DHT dht(pinhyt, DHTTYPE);
float humedad;
float temperatura;
float calor;

//-----Definicion NFC-----
-----
---
#define RST_PIN 9    //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 53    //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522
```

```

String tarjeta="";
String admin="491f4f2";
String usuario="79f4bc55";

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    //-----Inicializacion sensor-----
    -----
    -
    dht.begin();
    //-----Vinculacion de servos a cada puerto digital PWM-----
    -----
    -
    pastilla1.attach(2); // vincula el servo al pin digital 2
    pastilla2.attach(3); // vincula el servo al pin digital 3
    pastilla3.attach(4); // vincula el servo al pin digital 4
    pastilla4.attach(5); // vincula el servo al pin digital 5
    pastilla5.attach(6); // vincula el servo al pin digital 6
    pastilla6.attach(7); // vincula el servo al pin digital 7
    pastilla7.attach(8); // vincula el servo al pin digital 8
    pastilla8.attach(9); // vincula el servo al pin digital 9

    //-----Declaracion pines adicionales (ventiladores,dispensador de
    agua)-----
    pinMode(22,OUTPUT);//Dispensador de agua
    pinMode(48,OUTPUT);//Ventilador 1
    pinMode(49,OUTPUT);//Ventilador 2

    //-----Inicializacion Lectura NFC-----
    -----
    SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
    mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
    }

    void loop() {

        //-----Lectura del puerto serial-----
        -----
        if(Serial.available()>0){//Si hay datos en el puerto serial, se
        habilita la lectura
            seleccion=Serial.read();
            //seleccion-='0';
            //Posicion microservos
            //80° estado inicial
            //150° estado dispensado

            switch(seleccion){ //Funcion para determinar la accion
            dependiendo del raspberry

```

```

//Deja todos los servos en posicion inicial-----
-----
    case '1':
        pastilla1.write(PosI);
        pastilla2.write(PosI);
        pastilla3.write(PosI);
        pastilla4.write(PosI);
        pastilla5.write(PosI);
        pastilla6.write(PosI);
        pastilla7.write(PosI);
        pastilla8.write(PosI);
        break;
//Dispensa medicamento 1-----
-----
    case '2':
        pastilla1.write(PosF);//dispensa el medicamento
        delay(1000);//espera a que salga el servo y caiga la pastilla
        pastilla1.write(PosI);//devuelve a estado inicial
        break;
//Dispensa medicamento 2-----
-----
    case '3':
        pastilla2.write(PosF);//dispensa el medicamento
        delay(1000);//espera a que salga el servo y caiga la pastilla
        pastilla2.write(PosI);//devuelve a estado inicial
        break;
//Dispensa medicamento 3-----
-----
    case '4':
        pastilla3.write(PosF);//dispensa el medicamento
        delay(1000);//espera a que salga el servo y caiga la pastilla
        pastilla3.write(PosI);//devuelve a estado inicial
        break;
//Dispensa medicamento 4-----
-----
    case '5':
        pastilla4.write(PosF);//dispensa el medicamento
        delay(1000);//espera a que salga el servo y caiga la pastilla
        pastilla4.write(PosI);//devuelve a estado inicial
        break;
//Dispensa medicamento 5-----
-----
    case '6':
        pastilla5.write(PosF);//dispensa el medicamento
        delay(1000);//espera a que salga el servo y caiga la pastilla
        pastilla5.write(PosI);//devuelve a estado inicial
        break;
//Dispensa medicamento 6-----
-----
    case '7':

```



```

        pastilla6.write(PosF); //dispensa el medicamento
        delay(1000); //espera a que salga el servo y caiga la pastilla
        pastilla6.write(PosI); //devuelve a estado inicial
        break;
//Dispensa medicamento 7-----
-----
        case '8':
            pastilla7.write(PosF); //dispensa el medicamento
            delay(1000); //espera a que salga el servo y caiga la pastilla
            pastilla7.write(PosI); //devuelve a estado inicial
            break;
//Dispensa medicamento 8-----
-----
        case '9':
            pastilla8.write(PosF); //dispensa el medicamento
            delay(1000); //espera a que salga el servo y caiga la pastilla
            pastilla8.write(PosI); //devuelve a estado inicial
            break;
//Sensado temperatura-----
-----
        case 'a':

            Serial.println(temperatura);
            //Serial.println("prueba2");
            delay(300);

            break;
//Sensado humedad-----
-----
        case 'b': //humedad

            Serial.println(humedad);
            //Serial.println("prueba");
            delay(300);

            break;
//Dispensa agua-----
-----
        case 'A':
            digitalWrite(22,HIGH);
            delay(500);
            delay(500);
            delay(500);
            delay(500);
            delay(500);
            delay(500);
            digitalWrite(22,LOW);
            break;
//identificacion NFC-----
-----

```

```

        case 'n': //Identificacion NFC

        if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
        {
            //Seleccionamos una tarjeta
            if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
            {
                // Enviamos serialamente su UID

                Serial.println("Card UID:");
                for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {

tarjeta=tarjeta+(String(mfrc522.uid.uidByte[i],HEX));
                }
                if(tarjeta==admin){
                    Serial.println("a");//Indica que la tarjeta
recibida es del administrador

                }
                if(tarjeta==usuario){
                    Serial.println("u");//Indica que la tarjeta
recibida es la del usuario
                } }

                // Terminamos la lectura de la tarjeta  actual
                mfrc522.PICC_HaltA(); }

            break;
        }
    }
    //-----Sensado humedad y temperatura-----
    -----
    --
    //delay(250);//Retardo para que el sensor adquiera los datos
    temperatura= dht.readTemperature();//lee y almacena la temperatura
    en grados Celsius
    humedad=      dht.readHumidity();//lee y almacena la humedad en %
    relativo
    calor=dht.computeHeatIndex(temperatura, humedad, false);//indice de
    calor en grados centigrados

    //-----Temperatura-----
    -----
    --
        if(temperatura<16){//si la temperatura es menor a 16°C
    apaga los ventiladores
            digitalWrite(48,LOW);
            digitalWrite(49,LOW);
        }
        if(temperatura>=16){//si la temperatura es mayor o igual
a 16°C activa los ventiladores
            digitalWrite(48,HIGH);

```

```

        digitalWrite(49,HIGH);
    }
//-----Humedad-----
-----
        if(humedad>=25){//si la humedad es mayor o igual a 25%
activa los ventiladores
            digitalWrite(48,HIGH);
            digitalWrite(49,HIGH);
        }
        if(temperatura<25){//si la humedad es menor a 25% activa
los ventiladores
            digitalWrite(48,HIGH);
            digitalWrite(49,HIGH);
        }
//-----Comprobacion errores de lectura del sensor-----
-----
        if (isnan(humedad) || isnan(temperatura) ) {
            return;
        }
    }
}

```

Programación en Raspberry- Python

```

#Librerias-----
-----
#from twilio.rest import Client
#client= Client("ACdd9d83b7e432fe29cb79d5d76b6cb7f6",
"d845393fe4d70bb3eaf6a758402d051b")
import datetime
from tkinter import *
from tkinter import messagebox as MessageBox
import time
import serial
ser= serial.Serial('/dev/ttyACM0',9600)

def dispensar():
    h1=17
    m1=35
    h2=17
    m2=37
    h3=17
    m3=20
    h4=0
    m4=0
    h5=0
    m5=0
    h6=0
    m6=0

```

```
tiempo = datetime.datetime.now()
if (tiempo.hour==h1 and tiempo.minute==m1 and tiempo.second==5):
```

```
    pantdisp()
    ser.write(b'2')
    time.sleep(2);
    ser.write(b'3')
    time.sleep(2);
    ser.write(b'4')
    time.sleep(2);
    m1=0
    tiempo = datetime.datetime.now()
```

```
    if (tiempo.hour==h2 and tiempo.minute==m2 and tiempo.second>=0 and
tiempo.second<=15):
```

```
        ser.write(b'5')
        time.sleep(2);
        ser.write(b'4')
        time.sleep(2);
        ser.write(b'3')
        time.sleep(2);
        m2=0
        tiempo = datetime.datetime.now()
        pantdisp()
```

```
    if (tiempo.hour==h3 and tiempo.minute==m3 and tiempo.second>=0 and
tiempo.second<=15):
```

```
        ser.write(b'2')
        time.sleep(3);
        ser.write(b'3')
        time.sleep(3);
        ser.write(b'4')
        time.sleep(3);
        m3=0
        tiempo = datetime.datetime.now()
        pantdisp()
```

```
    if (tiempo.hour==h4 and tiempo.minute==m4 and tiempo.second>=0 and
tiempo.second<=15):
```

```
        ser.write(b'2')
        time.sleep(3);
        ser.write(b'3')
        time.sleep(3);
        ser.write(b'4')
        time.sleep(3);
        m4=0
        tiempo = datetime.datetime.now()
        pantdisp()
```

```

        if (tiempo.hour==h5 and tiempo.minute==m5 and tiempo.second>=0 and
tiempo.second<=15):
            ser.write(b'2')
            time.sleep(3);
            ser.write(b'3')
            time.sleep(3);
            ser.write(b'4')
            time.sleep(3);
            m5=0
            tiempo = datetime.datetime.now()
            pantdisp()

```

```

def pantdisp():
    ventDisp=Toplevel(Principal)
    ventDisp.title("Dispensando...")
    ventDisp.geometry("320x240")
    ventDisp.configure(background='green')
    ventDisp.resizable(0,0)
    botonbck= Button(ventDisp, text="ENTREGADO", width=20, height=10,
command=ventDisp.destroy).place(x=40, y=20)
    #-----Ventana administrador-----
    -----

```

```

def pruebaent():
    #client.messages.create(to="+573193212928", from_="+13852090132"
,body="Tome sus medicamentos")
    ser.write(b'2')
    time.sleep(3);
    ser.write(b'3')
    time.sleep(3);
    ser.write(b'4')
    time.sleep(3);
    ser.write(b'5')
    time.sleep(3);
    ser.write(b'6')
    time.sleep(3);

```

```

def administrador():

    ventanaAdmin = Toplevel(Principal)
    ventanaAdmin.title("Administrador")
    ventanaAdmin.geometry("320x240")
    ventanaAdmin.configure(background='blue')
    ventanaAdmin.resizable(0,0)
    botonbck= Button(ventanaAdmin, text="Volver", width=7, height=3,
command=ventanaAdmin.destroy).place(x=230, y=180)

```

```

    # botondisp= Button(ventanaAdmin, text="Dispensador", width=15, height=2,
command=pruebaent()).place(x=30, y=30)
    botondispensa= Button(ventanaAdmin, text="Dispensado P.", width=15, height=2,
command=pruebaent()).place(x=30, y=30)
    botonag= Button(ventanaAdmin, text="Agua", width=15, height=2,
command=ser.write(b'A')).place(x=30, y=90)

```

```

#-----Ventana Sistema-----

```

```

#def pagua():

```

```

# ser.write(b'A')
# time.sleep(5);
# ser.close()

```

```

def sistema():

```

```

    ventanaSist = Toplevel(Principal)
    ventanaSist.title("Administrador")
    ventanaSist.geometry("320x240")
    ventanaSist.configure(background='gray')
    ventanaSist.resizable(0,0)
    botonadm=Button(ventanaSist, text="Volver", width=7, height=2,
command=ventanaSist.destroy).place(x=240, y=180)

```

```

#-----Ventana principal-----

```

```

Principal = Tk()
Principal.title("Dispensador de medicamentos")
Principal.geometry('320x240')
Principal.resizable(0,0)
Principal.configure(background='black')
time1 = "
boton1 = Button(Principal, text="Administrador",command=administrador, width=15,
height=3,fg='white',bg='gray',font=('ubuntu', 10, 'bold'))
boton1.place( x=5, y=160)

```

```

boton2 = Button(Principal, text="Sistema",command=sistema, width=15,
height=3,fg='white',bg='gray',font=('ubuntu', 10, 'bold'))
boton2.place( x=170, y=160)
reloj = Label(Principal, font=('ubuntu', 40, 'bold'),fg='white',bg='black')
reloj.place( x=90, y=60)

```

```

#-----Funcion del reloj-----

```

```
def conteo():
    global time1
    time2 = time.strftime('%H:%M')
    if time2 != time1:
        time1 = time2
        reloj.config(text=time2)
    reloj.after(200, conteo)
    dispensar()
```

#Bucles basicos de reloj e interfaz grafica-----

```
dispensar()
conteo()
Principal.mainloop()
```

23.2 Anexo B. Diseños originales del sistema de dispensado

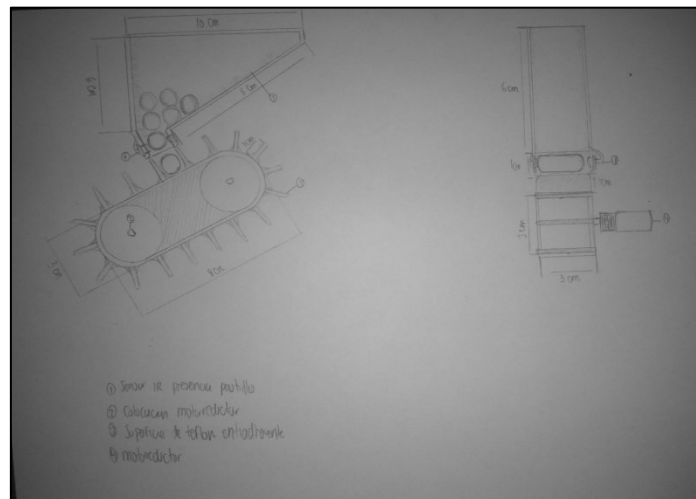


Figura 122. Bocetos de sistemas de dispensado

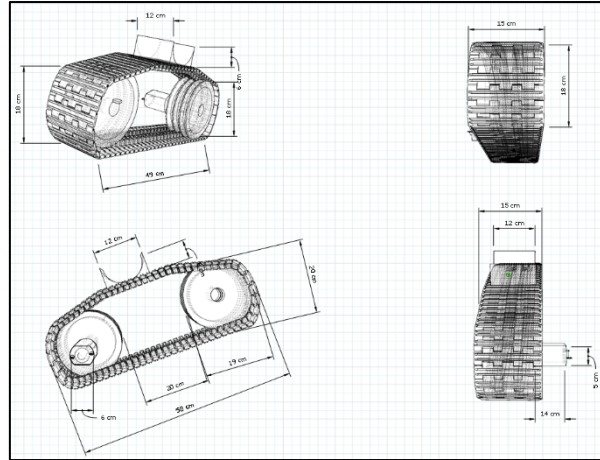


Figura 123. Planos isometricos de bocetos de dsistemas de dispensado

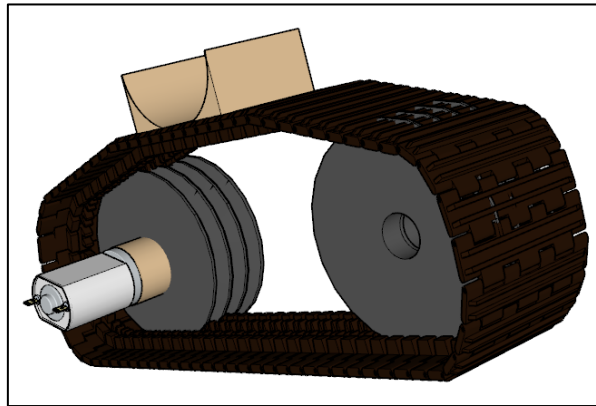


Figura 124. Plano tridimensional

23.3 Anexo C. Datasheets de algunos componentes

Raspberry Pi

En la hoja de especificaciones podremos ver todo sobre la CPU que integra nuestro prototipo que es el encargado de manejar todos los sensores y motores que llevan nuestro proyecto con las diferentes hojas técnicas veremos los voltajes, corrientes, puertos etc. de nuestro CPU.

- Raspberry PI (2015) "Datasheet de la Raspberry" <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/14ba/0900766b814ba5fd.pdf>
- Raspberry PI (2016) "Datasheet de la Raspberry PI 3 B+" <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>

Sensor humedad y temperatura

En la hoja de especificaciones podremos ver todo sobre el sensor de temperatura y humedad que integra nuestro prototipo que es el encargado de monitorear todos los niveles de temperatura y humedad que llevan nuestro proyecto en las diferentes condiciones que se le puedan presentar en la vida cotidiana.

- Aosong (2016) "Temperature and humidity module"
<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>

NFC

En la hoja de especificaciones podremos ver todo sobre el sistema de identificación que integra nuestro prototipo que es el encargado dar acceso al sistema principal que lleva nuestro proyecto.

- Phillips (2011) "NFC controller"
<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/pn532ds.pdf>

Transistores de potencia

En la hoja de especificaciones podremos ver todo sobre el sistema de manejo de motores que integra nuestro prototipo que es el encargado de mover todos los actuadores que lleva el dispensador.

- Texas Instruments (2017) "ULN2803A Darlington Transistor Arrays"
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/uln2803a.pdf>

23.4 Anexo D. Normas Invima

En el documento PDF podemos observar las diferentes regulaciones que nos da el Invima para el manejo de medicamentos tanto para su uso, como para su almacenaje para periódicos tiempos que se quieran manejar los medicamentos, este documento nos permite regular los estándares de calidad para que el sistema cumpla con lo establecido para el almacenaje y suministro de medicamentos para personas de la tercera edad.

- Invima (2007), "Dirección de medicamentos y productos biológicos"
https://www.invima.gov.co/images/pdf/inspeccion_y_vigilancia/ASS-ESADI072-BUENASPRATICASDEALMACENAMIENTOYDISTRIBUCION.pdf.

23.5 Anexo E. Manual de operación e instalación

Introducción

Apreciado usuario,

A continuación, encontrará en este documento los correctos procedimientos para la manipulación y efectivo uso de las funciones prestadas por el prototipo automático de dispensador de medicamentos para adulto de la tercera edad.

Preste atención a cada detalle, este manual tiene como función minimizar el margen de error en la manipulación e interacción con el prototipo, cualquier duda, cualquier error o inconsistencia puede contactar al administrador de dispositivo o escribir un correo a alguna de las direcciones de correo electrónico que se darán a continuación.

aroncancior@unbosque.edu.co
cvelandial@unbosque.edu.co

El prototipo viene ensamblado y calibrado correctamente para asegurar su perfecto funcionamiento siempre y cuando se cumplan a cabalidad las cosas presentadas en este manual, recuerde que el uso de este dispositivo es netamente residencial y el prototipo está diseñado para funcionar en estas condiciones, en caso de ser utilizado en otros ámbitos no se asegura su correcto funcionamiento y en caso de ajustes o mantenimientos del sistema recuerde llamar al administrador o contactar a los correos anteriormente mencionados

Descripción general

El prototipo de dispensador automático de medicamentos, es un proyecto de grado realizado por dos estudiantes de ingeniería electrónica de la universidad el bosque, este tiene como fin el dispensado de medicamentos según los cronogramas de consumo de medicamentos asignados por un médico a un adulto de la tercera edad.

Ubicación espacial

El prototipo está diseñado para operar en espacios cerrados siendo específico el caso de un apartamento o casa familiar, se debe ubicar en una superficie firme y totalmente recta ya que las inclinaciones podrían afectar el funcionamiento de los mecanismos internos de dispensado.

Este dispositivo debe tener una constante alimentación eléctrica para el correcto funcionamiento del mismo, debe estar ubicado cerca de una alimentación eléctrica de 110V ~ 60Hz, lejos de los rayos directos del sol para evitar afectar la temperatura interna del prototipo.

Condiciones iniciales

Una vez el dispositivo se instale correctamente en las condiciones anteriormente mencionadas y estar conectado a la alimentación eléctrica, se deben llenar los espacios para los medicamentos con máximo 20 pastillas cada uno según este definido cada espacio para cada medicamento, se debe llenar el tanque de agua hasta el punto que marca "MAX" y luego se debe activar el switch al respaldo del prototipo para permitir el inicio de los componentes eléctricos y el CPU, lo cual se apreciara en la interfaz cuando el dispositivo inicie mostrando su pantalla inicial.

Después de realizado estos procedimientos el sistema trabajara de forma automática y constante.

Encender/Apagar el dispositivo

El dispositivo cuenta con componentes electrónicos que deben ser conectados a fuentes de energía.

Para encender el dispositivo, debe conectarse a la toma o alimentación eléctrica de 110V~60Hz (alimentación eléctrica estándar en Colombia) para asegurar la carga de la UPS y la alimentación del dispositivo y accionar el switch al respaldo del dispositivo para dar inicio a los sistemas electrónicos.

Para apagar el dispositivo se debe accionar el switch al respaldo a posición de apagado y luego desconectar la alimentación eléctrica.

Interacción con el dispositivo

Como puede apreciar en la imagen anterior se muestra la interfaz principal presentada en el dispositivo. Las cuales consisten en:

- Funciones de administrador: En esta zona requerirá autenticación NFC por parte del administrador para ingresar a dichas funciones. Dentro de las cuales podrá dispensar pastillas extra, dispensar un vaso de agua y adicionalmente efectuar pruebas de los diferentes subsistemas y sus funciones en el dispositivo.
- Funciones de sistema: En esta zona podrá apreciar los valores del dispositivo, datos de temperatura, humedad, calor, si falta algún medicamento y si hay fallos o problemas del funcionamiento del sistema.
- Zona de notificaciones: En esta zona se generarán las alertas del sistema (momento de dispensado de medicamentos, falta de algún medicamento o falla del sistema)
- Reloj del sistema: Este reloj se mantendrá actualizado según la hora del dispositivo interno que está conectado a internet, este dispondrá de la hora exacta y este mismo regirá la dispensación puntual de las pastillas.

En la interfaz del administrador podrá acceder luego de una verificación de identidad mediante NFC a las funciones primarias del sistema, como ejecutar un dispensado fuera del cronograma establecido, dispensar un vaso de agua y realizar las pruebas de funcionamiento de los subsistemas y sus componentes.

- Pruebas del sistema: en este apartado podrá encontrar funciones para accionar el funcionamiento de los diferentes subsistemas o funciones del dispositivo. Y realizar las pruebas pertinentes de los mismos.
- Dispensar agua: En este apartado podrá ejecutar el dispensado de un vaso de agua de 5 onzas luego de localizar el vaso en el lugar asignado para tal función.
- Dispensar medicamentos: En este apartado podrá dispensar uno por uno los medicamentos en caso de necesitar una pastilla adicional de un medicamento en específico.
- Volver: Regresa a la pantalla principal para continuar con su funcionamiento.

NOTA: Mientras se encuentre en esta pantalla el dispositivo continúa cumpliendo sus funciones, así que en caso de ser dispensado un medicamento en ese instante la pantalla se cerrará y dispensará el medicamento establecido para ese momento en específico.

En esta interfaz se presentan los diferentes botones con opciones para realizar las pruebas de ejecución de cada subsistema y funcionamiento del mismo, como se describe en cada cuadro con su respectivo nombre ejecuta la función de cada subsistema

- Humedad y temperatura: Muestra los valores adquiridos de temperatura, calor y humedad mediante el sensor para esta función.
- IoT: Envía un mensaje de prueba al celular al cual se envían las notificaciones.
- Alarmas: Emite los sonidos de alarma para el sonido.

- Dispensado de agua: Dispensa un vaso de agua en el dispositivo para verificar cantidad y salida de agua del motor.
- Dispensada pastilla: Dispensa cualquier medicamento al seleccionar el número de la pastilla.
- NFC: Muestra y verifica la identidad de la tarjeta puesta en el sensor.

Uso básico

Una vez instalado en una superficie correcta y conectado a la alimentación eléctrica, el dispositivo estará listo para su uso, ahora para su primer uso y su uso básico se debe tener en cuenta la disposición en la cual se asignaron los medicamentos en los dispensadores.

Carga de medicamentos:

Para cargar medicamentos en el dispositivo se debe tener en cuenta los tamaños indicados para las pastillas de 0 a 4, y se debe contar de izquierda a derecha en los dispensadores siendo el de el extremo izquierdo el 1 y hacia la derecha el siguiente.

- Para cargar los medicamentos retire los seguros del tanque de agua y retire suavemente recordando tener cuidado con la manguera de la alimentación de agua que va al motor y al dispensador.
- Por la parte superior de cada dispensador hay una bandeja para introducir las pastillas las cuales se deben sacar de su blíster o contenedor e introducirse una por una y dejar caer por esta bandeja teniendo cuidado de que queden perfectamente alineadas al caer dentro del dispensador.
- Máximo 20 medicamentos por cada dispensador y mínimo dos para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.
- En caso de pastillas que queden en mala posición. Suavemente golpee con la yema del dedo desde abajo la paleta que expulsa los medicamentos hasta que el medicamento quede en la posición correcta.
- Coloque nuevamente el tanque de agua en su posición

Carga de agua:

Para llenar de agua el tanque del dispositivo levante el plástico que sobresale del mismo y por ese orificio llene de agua el tanque teniendo en cuenta de no pasar la línea de nivel MAX que está marcada en el tanque.

Luego de realizar estos dos pasos anteriores el sistema estará listo para dispensar los medicamentos durante una semana, recuerde cada domingo llamar al administrador del sistema para hacer los respectivos ajustes al cronograma según las instrucciones dadas por el médico tratante en cuanto a sus medicamentos.

Sencillamente siga estas recomendaciones y revise constantemente que el tanque de agua no disminuya de la línea marcada como MIN para asegurar el funcionamiento del dispensador de agua del dispositivo.