



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UN DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS
MÉDICAS CON EMISIÓN DE ALERTAS A TRAVÉS DE UNA
APLICACIÓN MÓVIL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

ROMINA PAOLA VÁSCONEZ BENAVIDEZ

DIRECTOR: GABRIELA ANDALUZ ORTIZ, MSc.

D. M. Quito, 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Romina Paola Vásquez Benavidez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriela Andalu', written over a horizontal line.

ING. Gabriela Magdalena Andalu Ortiz, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

Dedico a mi familia y amigos por acompañarme en todo momento.

Agradecimientos

Agradezco a mi mamá por el apoyo incondicional, por su paciencia, el esfuerzo y los ánimos que me dio durante todo este proceso, cuando pensé en dejar todo, ella estuvo ahí, no para regañarme sino para hacerme entender que soy dueña de mi vida, que lo que decida siempre me hará aprender y crecer.

Les agradezco a Kurt, Omar y Angel por darme un empujón siempre, por cuidarme, por su ayuda en toda la carrera y en la vida, no cambio por nada el tiempo que compartimos, pues es verdad los amigos son la familia que uno elige y no pude haber tomado mejor decisión que ser amiga de ustedes.

Agradezco por los errores que tuve que pasar, por el aprendizaje y por los momentos que me brindaron estas personas, todo esto me hizo entender que el camino es duro pero con esfuerzo y buenos amigos todo es mucho más llevadero.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Tema	1
2.	Objetivos	1
2.1.	General	1
2.2.	Específicos	1
3.	Problema	2
4.	Hipótesis	2
5.	Dispensadores automáticos de pastillas	2
5.1.	Definiciones	3
5.2.	Clasificación de los dispensadores de pastillas	4
6.	Aplicaciones de los dispensadores automáticos de pastillas	5
6.1.	Dispensadores de pastillas utilizados en hospitales	5
6.2.	Dispensadores de pastillas para uso doméstico	9
7.	Características de dispensadores automáticos en el mercado	12
8.	Materiales para manipulación de pastillas	13
8.1.	Cumplimiento de especificaciones de material	13
9.	Análisis y Selección de Alternativas	14
9.1.	Especificaciones Técnicas	14
9.2.	Diseño Funcional	18
10.	Diseño mecatrónico del dispensador automático de pastillas	21
10.1.	Material de la estructura	23
10.2.	Estructura general	24
10.3.	Contenedores de pastillas	25
10.4.	Alternativas para mecanismo de distribución y ubicación	27
10.5.	Alternativas para túnel de salida y mecanismo de expulsión	29
11.	Diseño mecánico del dispensador automático de pastillas	31
11.1.	Dimensionamiento de módulo de distribución	31
11.2.	Dimensionamiento del módulo de ubicación	44
11.3.	Dimensionamiento de módulo de expulsión	54

12.	Diseño Electrónico del dispensador automático de pastillas	62
12.1.	Sensores de detección	62
12.2.	Controlador A4988 para motor a pasos	65
12.3.	Módulo WiFi	65
12.4.	HMI Nextion NX8048P070-011R-Y	66
12.5.	Microcontrolador	67
12.6.	Batería de emergencia	68
12.7.	Fuente de alimentación	72
12.8.	Interruptor encendido/apagado	74
12.9.	Led de aviso	75
13.	Desarrollo de la programación	75
13.1.	Arduino IDE	76
13.2.	Nextion	77
13.3.	MIT App Inventor	79
14.	Funcionamiento del dispensador automático de pastillas	81
15.	Conclusiones	82
16.	Recomendaciones	83

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Organizador de pastillas marca Aidteq, [5].	v
2. Organizador de pastillas con alarma marca Uplayteck, [6].	v
3. Dispensador de pastillas Hero, [7].	v
4. Pyxis MedStation 4000, [8].	6
5. Gabinete clínico del Certus Latam, [9].	7
6. Carro dispensador del Certus Latam, [9].	7
7. Dispensador automático Certus Latam, [9].	8
8. Lumma Device, [10].	9
9. HERO pill dispensador de pastillas, [7].	10
10. Livi dispensador, [11].	11
11. RXpense dispensador, [12].	11
12. Representación de contenedores de pastillas del dispensador automático . .	16
13. Esquema general de funcionamiento del dispensador automático.	17
14. Análisis funcional nivel cero	19
15. Análisis funcional nivel uno	19
16. Análisis funcional nivel dos	20
17. Diseño 3D del dispensador automático de pastillas.	21
18. Vista superior dispensador automático de pastillas.	22
19. Vista superior dispensador automático de pastillas.	22
20. Rollo de PLA marca Sunlu, [15].	24
21. Partes de estructura de soporte.	24
22. Carcaza del dispensador de pastillas.	25
23. Tipos de contenedores de pastillas.	26
24. Bloque de almacenamiento de pastillas.	28
25. Bloque del mecanismo de engranaje cremallera.	29
26. Túnel de salida del dispensador de pastillas.	30
27. Cajón de expulsión de pastillas	30
28. Módulo de distribución.	31

29. Parte de un engranaje,[16].	32
30. Valores de elementos generales del dentado de un engranaje, [17].	34
31. Resistencia de material, [23].	41
32. Servo motor HITEC HS-311, [24].	43
33. Pieza de soporte del mecanismo de distribución.	44
34. Análisis de cargas en pieza de soporte del mecanismo de distribución.	44
35. Partes módulo de ubicación.	45
36. Representación sistema de engranajes	47
37. Partes del módulo de expulsión.	54
38. Parámetros de un tornillo de potencia, [25].	55
39. Partes módulo de expulsión, [25].	55
40. Diámetro de cresta, número de rosca por pulgada y esfuerzo para roscas ACME, [25].	56
41. Fuerzas que actúan en el paralelepípedo, [25].	58
42. Fuerzas que actúan sobre la sección axial, [25].	58
43. Fuerzas que actúan en el plano tangencial, [25].	59
44. Motor a pasos NEMA 17, [27].	61
45. I/O del dispensador de pastillas.	62
46. Sensor HC-SR505, [30].	63
47. Sensor de contacto magnético MC-38, [31].	64
48. Controlador A4988, [32].	65
49. Módulo WiFi ESP8266, [33].	66
50. HMI Nextion NX8048P070-011R-Y, [34].	67
51. Microcontrolador Arduino Mega, [35].	68
52. Batería LiPo de 7,4 V, [36].	70
53. Circuito regulador de voltaje con diodo zener.	71
54. Diodo zener 1N4733, [37].	72
55. Fuente de alimentación LEDMO 12, [38].	73
56. Regulador de voltaje LM7805, [39].	73
57. Interruptor KCD1-1012, [40].	74

58. Led rojo de alta intensidad, [41].	75
59. Flujograma de control del dispensador automático de pastillas.	76
60. Arduino IDE, [35].	77
61. Pantalla de selección de modelo de HMI.	77
62. Pantalla de estado de HMI del dispensador automático de pastillas.	78
63. Pantalla de horario de HMI del dispensador automático de pastillas.	78
64. Pantalla de instrucciones de aplicación móvil.	79
65. Pantalla de configuración de aplicación móvil.	80
66. Notificación de alerte de pastilla.	81

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Clasificación de dispensadores de pastillas en el mercado.	4
2.	Características básicas de dispensadores actuales en el mercado.	12
3.	Definición de las especificaciones técnicas del dispensador automático. . . .	17
4.	Características de contenedores de pastillas	26
5.	Alternativas para mecanismo de distribución de pastillas	27
6.	Dimensiones de engranaje y cremallera del módulo de distribución.	36
7.	Alternativas para selección de motor de distribución	37
8.	Especificaciones técnicas de servomotor HITEC HS-311, [24].	43
9.	Especificaciones técnicas de motor a pasos NEMA 17, [27].	61
10.	Tabla resumen de elementos mecánicos dimensionados.	61
11.	Análisis de Entrada/Salida.	62
12.	Alternativas para selección sensores infrarrojos	63
13.	Especificaciones generales HC-SR505, [30].	64
14.	Especificaciones generales sensor de contacto MC-38, [31].	64
15.	Especificaciones técnicas de controlador A4988, [32].	65
16.	Especificaciones técnicas de hardware módulo ESP8266, [33].	66
17.	Características de WiFi módulo ESP8266, [33].	66
18.	Características de HMI NX8048P070-011R-Y, [34].	67
19.	Especificaciones técnicas de Arduino Mega, [35].	68
20.	Consumo de corriente de elementos seleccionados.	69
21.	Especificaciones batería, [36].	70
22.	Especificaciones de diodo zener 1N4733, [37].	72
23.	Especificaciones adaptador LEDMO, [38].	73
24.	Especificaciones de regulador LM7805, [39].	74
25.	Especificaciones del interruptor KCD1-1012, [40].	74
26.	Especificaciones de led rojo de alta intensidad, [41].	75

DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS CON ALERTAS A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN MÓVIL

1. Tema

Diseño de un dispensador automático de pastillas médicas con emisión de alertas a través de una aplicación móvil.

2. Objetivos

2.1. General

Diseñar un dispensador automático de pastillas médicas que permita expender pastillas de acuerdo a los horarios definidos por el usuario y sea capaz de emitir alertas a través de una aplicación móvil.

2.2. Específicos

- Investigar y documentar la clasificación, funcionamiento y capacidad de dispensadores de pastillas en el mercado.
- Definir y dimensionar los elementos y mecanismos necesarios para el diseño del dispensador automático de pastillas.
- Diseñar una interfaz HMI que permita visualizar el estado del dispensador automático de pastillas y configurar un máximo de 6 tipos de pastillas, donde se registre nombre de medicamento, horario de administración y número de pastillas.
- Diseñar una aplicación móvil para sistema operativo Android, mediante la cual el usuario pueda ingresar información como: nombre de pastillas, horario de administración y emita alarmas de acuerdo a la configuración realizada.

3. Problema

En la actualidad muchos adultos mayores, como personas más jóvenes se rigen a una administración continua de medicamentos. El tener este tipo de prescripciones médicas, han llevado a este grupo a buscar distintas formas de controlar horarios y dosis de manera más estricta, ya que la ingesta de medicamentos en dosis excesivas o el olvido de las mismas puede ocasionar efectos desfavorables o interrupción de tratamientos. El mercado ofrece una serie de organizadores de pastillas bastante asequibles pero simples, mientras por otro lado se presentan también dispensadores automáticos mucho más completos y eficientes pero con costos bastantes elevados, por estos factores se decide diseñar un dispensador automático que permita al usuario controlar sus dosis y horarios de una forma segura y fácil mediante una aplicación móvil y con un precio menor.

4. Hipótesis

El diseño del dispensador automático de pastillas médicas con emisión de alertas a través de una aplicación móvil, es un dispositivo que facilitará a personas de la tercera edad, pacientes con grandes cantidades y variedades de medicamentos, enfermeras y familiares a cargo, la administración y control de dosis de pastillas. Sus contenedores permitirán tener 6 píldoras distintas, con un capacidad de hasta 24 pastillas, lo suficiente para que el usuario ingrese toda la medicina requerida y tenga una mayor organización, a esto se sumará el uso de la aplicación móvil, la cual ayudará al paciente o persona a cargo recordar el horario de la ingesta de cada medicamento y llevará un seguimiento de las pastillas restantes que quedan en la máquina.

5. Dispensadores automáticos de pastillas

En este apartado se presenta información acerca de los dispensadores automáticos de pastillas que se encuentran disponibles en el mercado, los cuales son comerciales y también han sido destinados para el uso doméstico, con el fin de conocer sus especificaciones.

5.1. Definiciones

Las siguientes definiciones expuestas son términos que aparecerán en el desarrollo del documento, facilitando que el lector se familiarice con mayor rapidez con el contenido.

- **Pastilla:** también conocida como tableta o comprimido, es una porción de pasta consistente la cual esta destinada para fines medicinales y puede tener diferentes formas, tamaños y pesos [1].
- **Cápsula:** es una envoltura soluble que muchas veces esta compuesta por dos partes, dentro de ella se encuentra un medicamento determinado [1].
- **Organizadores de pastillas:** también conocidos como pastilleros, son pequeñas cajas con distintos compartimentos donde el usuario guarda sus pastillas [2]. Existen de diferentes tipos, y en algunas ocasiones emiten alertas sonoras los cuales son considerados pastilleros electrónicos.
- **Dispensador:** es aquella máquina o dispositivo que proporciona al usuario un objeto o producto específico de acuerdo a las necesidades del usuario [3], al ser automático se refiere a que realiza esta actividad de forma autónoma con una programación pre establecida o al activar cierto actuador.

Se han desarrollado nuevos dispositivos para el servicio del ser humano, en este grupo se encuentran los dispensadores de pastillas. En la actualidad presentan una gran variedad de características y funciones para cuidar de las dosis de medicinas y tener una mejor interacción con el usuario.

- **Dispensadores de pastillas:** son sistemas inteligentes que en ocasiones trabajan individualmente para la emisión de alertas, pero en los últimos tiempos se le ha dado un plus a esta característica logrando que el dispositivo trabaje en conjunto con aplicaciones móviles para configurar alarmas y se vuelva mucho más fácil para el usuario conocer su horario y dosis de pastillas [4].

5.2. Clasificación de los dispensadores de pastillas

Actualmente existe una variedad de modelos disponibles en dispensadores de pastillas, no todos son tan sofisticados, algunos poseen características bastante simples, con un bajo valor económico, por lo cual, presentan funciones básicas y son para uso personal. A diferencia de estos también se han presentado nuevos avances tecnológicos donde se han desarrollado dispositivos mucho más complejos, por lo que sus funciones y capacidades son de mayor alcance, los mismos desempeñan un gran papel en centros médicos, clínicas y farmacéuticas. En la Tabla 1 se presenta la clasificación de los dispensadores y sus características.

Tabla 1. Clasificación de dispensadores de pastillas en el mercado.

Tipos	Características	Imagen
Organizadores de pastillas	Ayudan al usuario a organizar las pastillas manualmente en contenedores para un periodo de tiempo el cual puede ser en semanas o meses.	 <p>Figura 1. Organizador de pastillas marca Aidteq, [5].</p>
Organizadores de pastillas con alarma.	Generalmente se dividen para separar las pastillas por los 7 días de la semana. Estos dispositivos cuentan con alarmas electrónicas que se muestran en pantallas incluidas en los mismos.	 <p>Figura 2. Organizador de pastillas con alarma marca Uplayteck, [6].</p>

Tipos	Características	Imagen
Dispensadores automáticos de pastillas	Dispositivo que almacena y dispensa la medicación, avisa al usuario los horarios de administración de la dosis de forma automática, después de realizar una configuración previa.	 <p data-bbox="1090 510 1460 611">Figura 3. Dispensador de pastillas Hero, [7].</p>

6. Aplicaciones de los dispensadores automáticos de pastillas

En la siguiente sección se brinda información acerca de los dispensadores de pastillas que se encuentran disponibles en el mercado, el objetivo es conocer las capacidades de las máquinas, los lugares en los cuales se ha destinado su uso y como facilitan el control de dosis y horarios a los usuarios.

6.1. Dispensadores de pastillas utilizados en hospitales

Un factor importante a conocer es la capacidad que tienen ciertos dispensadores de pastillas, esta es una característica esencial, que permite identificar a qué tipo de público va destinado el producto. En este caso se ha registrado que existen ciertos dispensadores los cuales se han diseñado para ser usados exclusivamente en centros de salud, hospitales y clínicas debido a su gran capacidad y complejidad. En este apartado se presentan algunos de ellos.

- **Pyxis MedStation 4000**

Es un dispositivo desarrollado por Grifols, y es un dispensador de medicamentos de gran capacidad, utilizado generalmente en hospitales y clínicas, se muestra en la Figura 4.

Se lo ha desarrollado para que el manejo de dosis sea mucho más eficiente y seguro. La función principal del Pyxis MedStation 4000 es permitir una interacción entre el área de farmacéutica y enfermería por medio de una base de datos de los pacientes

asistidos. Posee funciones como escaneo de código de barras, órdenes médicas, datos de laboratorios y signos vitales. Tiene la capacidad de almacenar medicamentos de todo tipo y tamaños, esto va desde tabletas hasta jeringas. Emite alertas de acuerdo al horario de la ingesta de pastillas, posibles alergias, agotamiento de medicinas de acuerdo a un paciente específico, a esto se suma la opción de máxima seguridad para medicamentos de alto riesgo, al ser utilizado en un centro de salud se busca disminuir incidentes provocados por un medicamento o dosis equivocadas. El Pyxis MedStation 4000 busca centralizar toda la información por parte de doctores y farmacéuticos para que se eviten errores en el momento de administrar las dosis a los pacientes y que esta información sea de fácil acceso para el personal de enfermería [8].



Figura 4. Pyxis MedStation 4000, [8].

■ **Certus Accuro**

Certus es un dispensador de pastillas, desarrollado en Chile por CERTUS LATAM. Está destinado para el uso en centros de salud donde se ha presenciado una gran afluencia de pacientes, con el fin de que el proceso de distribución de pastillas sea mucho más eficiente [9]. Certus Accuro es un dispositivo con una capacidad de hasta 12 pacientes, cuenta con dos partes principales, una de ellas es el gabinete clínico, el cual se observa en la Figura 5 y la segunda el carro dispensador visualizado en la Figura 6.



Figura 5. Gabinete clínico del Certus Latam, [9].



Figura 6. Carro dispensador del Certus Latam, [9].

Ha sido diseñado para que los usuarios sean doctores o enfermeras, los cuales al pasar su tarjeta de identificación RFID podrán cargar su información y un listado de sus

pacientes, se despliega en la pantalla táctil que posee el gabinete clínico y posteriormente se lo debe conectar por medio de un cable al carro dispensador. Al identificar el paciente a atender, los cajones que posee el gabinete clínico se encenderán, y se cierran los que no son de este paciente, así el encargado tomará la medicación correspondiente y la pasará al carro dispensador el cual también tendrá una señal lumínica donde colocarlos, el mismo será transportado por el centro de salud hasta entregar la medicación al paciente [9].

Con una modalidad bastante similar existe otro dispensador de Certus, se muestra en la Figura 7, el cual se ha diseñado para colocarlo en hospitales, utilizando un sistema informático e historial clínico, se carga toda esta información para que los pacientes que asisten con mayor frecuencia a estos centros de salud puedan retirar su medicación de una forma rápida empleando el dispensador, para su funcionamiento se requiere la identificación del paciente una tarjeta RUT o de lectura CI y una clave de 4 dígitos, posteriormente el sistema se encarga de revisar si se tiene medicación pendiente, si es así, finalmente el dispositivo la entrega con un comprobante impreso donde se muestra las indicaciones y en qué fecha deberá realizar un próximo retiro de medicamentos.



Figura 7. Dispensador automático Certus Latam, [9].

6.2. Dispensadores de pastillas para uso doméstico

Una de las posibilidades que ha dado la tecnología en estos días es que algunos de los beneficios que brindan los dispensadores de pastillas que existen en hospitales y clínicas, es posible tenerlos en la comodidad del hogar, no sean tan costoso y sea utilizado por personas que quizá no siempre pueden acudir a un centro médico. En el siguiente apartado se exponen algunos de los dispensadores de pastillas portátiles que se encuentran actualmente en el mercado. Se realiza una comparación de características esenciales para presentar sus diferencias.

■ Lumma Device

Desarrollado por un grupo de ingenieros independientes, el cual utiliza Kickstarter, que es una plataforma de financiamiento para proyectos creativos para proporcionar información, publicitar su producto y obtener contribuciones para su proyecto [10]. La empresa ofrece actualmente dos modelos, dependiendo del mismo, presenta la capacidad de almacenar de 6 a 12 tipos de pastillas hasta un periodo de 3 meses sin que sufran ningún daño o contaminación. El dispositivo dispone de una aplicación móvil, la cual permite la configuración de horarios y tipos de pastillas, es importante resaltar que el uso de la aplicación no es completamente necesario ya que Lumma Device cuenta con una pantalla táctil para realizar las mismas configuraciones que en la aplicación, y cuenta con alertas por vibración y auditivas [10]. El modelo más económico tiene el valor de \$170,00. En la Figura 8. se presenta este dispositivo.



Figura 8. Lumma Device, [10].

■ HERO Pill Dispenser

Puesto en el mercado por Hero Health, Inc. es uno de los dispositivos más populares y adquiridos, dirigido especialmente para el uso doméstico, se lo aprecia en la Figura 9. Cuenta con una capacidad de almacenaje para 10 tipos de pastillas, sin importar su forma, tipo o tamaño. Utiliza una aplicación móvil para el registro de dosis, y horarios, a más de esto envía notificaciones de alerta por si alguna otra persona utiliza el dispositivo, cuenta con bloqueo y clave de seguridad para el control de niños. Posee la opción para emitir avisos por si alguna pastilla ingresada se está agotando [7].



Figura 9. HERO pill dispensador de pastillas, [7].

■ Livi Dispensador

Otro dispositivo bastante conocido es Livi, dispensador automático de pastillas desarrollado por la empresa Pharmright Corporation, está destinado para el uso en el hogar y se caracteriza por tener una capacidad de hasta 15 pastillas diferentes, sin importar su forma o tamaño, y puede expender hasta 24 veces al día dependiendo de los horarios definidos. En cuanto a su funcionamiento Livi emite una alarma tipo beep cuando es hora de tomar el medicamento, y una señal visual, donde una luz led se enciende alrededor del botón principal. Una de las características destacadas es que posee una batería de respaldo en caso de que se produzca una pérdida de energía, dura de 6 hasta 8 horas. Acerca de la seguridad, Livi cuenta con una llave física la cual es necesaria para abrir la cubierta del dispositivo, para evitar que cualquier persona pueda manipular los medicamentos almacenados [11]. Se lo observa en la Figura 10.



Figura 10. Livi dispensador, [11].

■ **RXPense**

Finalmente se encuentra RXPense, se muestra en la Figura 11, desarrollado por Medipense Inc. Es uno de los dispensadores más populares en el mercado, y uno de los más completos para diferentes públicos. RXPense, ha sido destinado para el uso de personas de la tercera edad, cuidado de pacientes en casa, farmacéuticas, clínicas, centros psiquiátricos y doctores. En este dispensador las dosis deben ser configuradas por los doctores y/o cuidadores en casa con una prescripción médica, así no habrá una posible doble dosis administrada u olvidada. El dispositivo tiene la posibilidad de ser bloqueado con contraseña para evitar cualquier mala configuración o manipulación de los medicamentos [12].

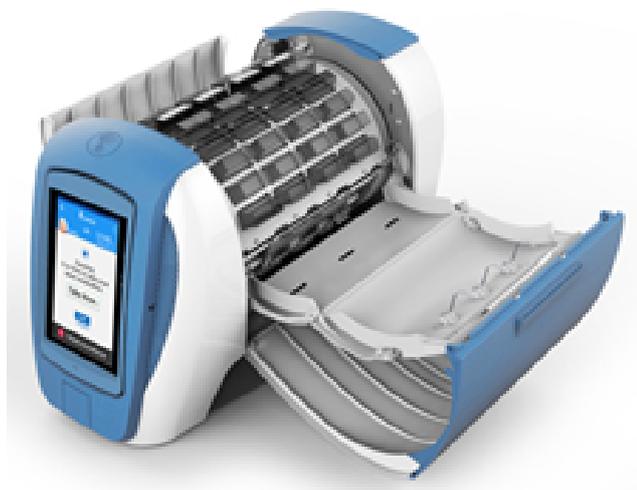


Figura 11. RXPense dispensador, [12].

7. Características de dispensadores automáticos en el mercado

Cada dispositivo presenta una serie de características que los hacen diferentes de otros, pero hay factores que deben ser considerados en cualquiera de ellos. A continuación se exponen un cuadro resumen en la Tabla 2, donde se presenta la información más relevante de dispensadores de pastillas para uso doméstico que se ofertan actualmente.

Tabla 2. Características básicas de dispensadores actuales en el mercado.

Dispositivo	Alimentación	Autonomía	Capacidad	Precio
Lumma Modelo 6, [10].	120 [V]	Si. Batería solo para emergencia.	6 compartimentos para 6 pastillas diferentes.	\$169,00. Suscripción extra para app móvil.
Lumma Modelo 12, [10].	120 [V]	Si. Batería solo para emergencia.	12 compartimentos para 12 pastillas.	\$269,00. Suscripción extra para app móvil.
Hero Dispensador, [10].	120 [V]	No	10 compartimentos para 10 pastillas.	\$99,99 + \$29,99 al mes.
Livi Dispensador opción 1, [11].	240 /120 [V]	6-8 horas de batería de respaldo.	15 compartimentos para 15 pastillas.	\$99,99 al mes. Primera cuota \$130,00
Livi Dispensador opción 2, [11].	240 /120 [V]	6-8 horas de batería de respaldo.	15 compartimentos para 15 pastillas.	\$999,99 +\$54,95 de envío y configuración.
RxPense Dispensador, [12].	120 [V]	3 horas de batería de respaldo.	15 compartimentos para 15 pastillas.	\$600,00 envío y configuración extra.

8. Materiales para manipulación de pastillas

El manejo y almacenamiento de las medicinas es uno de los factores importantes que debe ser tomado en cuenta para el desarrollo del proyecto. El garantizar que el producto (pastillas) se mantenga en condiciones óptimas, que sus componentes no sean alterados con el contacto de algún material y que el envase cumpla con sus funciones son características que deben ser inspeccionadas para la elección del material de los contenedores.

Actualmente el material que está siendo explotado en el mercado para este tipo de aplicaciones es el plástico. Se ha identificado que los envases de este tipo son totalmente seguros para los consumidores después de pruebas y de pasar por procesos de control de calidad. Las ventajas que destacan a este material como buen contenedor de medicinas son:

- **Baja densidad:** posee un bajo peso específico, lo cual permite que su transporte sea mucho más fácil debido a que es ligero.
- **Higiene y seguridad:** los materiales plásticos poseen materia prima completamente higiénica y segura para el consumo del ser humano, y en cuanto a seguridad a pesar de ser muy ligeros soportan caídas leves y roturas manteniendo seguro el producto.
- **Facilidad de diseño:** los plásticos ofrecen libertad en el diseño, porque son fáciles de moldear y poseen gran versatilidad, lo que permite obtener varias formas y realizar modificaciones con facilidad.

8.1. Cumplimiento de especificaciones de material

Como se indicó anteriormente uno de los factores importantes a considerar es la funcionalidad de los envases, la compatibilidad química, es decir que las sustancias orgánicas del material son estables en cuanto a la interacción con las pastillas, que las mismas no tengan una reacción química con el envase, y que este tampoco sufra ninguna alteración como por ejemplo desgaste, deformaciones, etc.

Las características que deben presentar los productos farmacéuticos son recopiladas en un libro de productos médicos, conocido mundialmente como farmacopeas. Los distintos

factores a tomar en cuenta sobre los mismos como diseño, elección de materiales, control de aspectos claves, regulación de formulaciones, entre otros, se los puede encontrar en diferentes documentos, que para el continente americano se definen por la UPS, por sus siglas en inglés, United States Pharmacopeia. Actualmente se encuentra en vigencia la USP 34 NF 29 [13].

En este documento se señala que los materiales empleados para la fabricación de envases contenedores de medicinas son los poliolefinas que pueden ser de alta o baja densidad como HDPE o LDPE, también polipropileno de tipo PP, polietilen tereftalato (PET), policloruro de vinilo (PVC) y otro copolímeros como el etileno de acetato de vinilo (PE-EVA). A partir de esto se puede definir el material a utilizar en la sección de contenedores del proyecto.

En cuanto a condiciones físicas se considera de acuerdo a la resolución N° ARCSA-DE-002-2020-LDCL, artículo 27 del registro oficial edición especial N°455, que el área donde se almacene los medicamentos debe garantizar que durante el almacenamiento temporal de los productos, los mismos se encuentren bajo las condiciones de temperatura y humedad detalladas por el fabricante, y debe contar con los procedimientos y registros necesarios para el área. En este caso para el almacenamiento de este tipo de pastillas, píldoras, cápsulas y comprimidos la temperatura necesaria se encuentra en un rango de 20°C a 25°C, con un margen de seguridad que puede extenderse de 14°C a 30°C sin que se afecte a la calidad de los medicamentos [14].

9. Análisis y Selección de Alternativas

9.1. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas de un producto o dispositivo parten de los requerimientos que plantea el usuario, para que como resultado se obtenga un producto de calidad y que cumpla con la mayoría de las expectativas satisfaciendo las necesidades.

La elaboración de la casa de la calidad se la presenta en los anexos del documento como Anexo 1, a partir de los resultados obtenidos se considera los puntos más relevantes, los cuales se identificaron como las dimensiones y capacidad del dispensador automático.

■ Dimensiones

Para definir las dimensiones se realizó un análisis de los tamaños que presentan los dispensadores automáticos disponibles en el mercado, como se expuso en el marco teórico existen dispensadores portátiles como dispensadores fijos de mucho mayor tamaño, tomando en cuenta la sección de dispensadores móviles y de acuerdo a la información recopilada de las distintas marcas como Hero Health, Medipense, Medacube, entre otros. Se concluye que el dispensador de dimensiones menores presenta 200 mm x 300 mm x 400 mm, y el de mayor tamaño es de 500 mm x 500 mm x 500 mm. Por lo tanto, el tamaño que se selecciona para prototipo será un rango de 400 mm x 400 mm x 400 mm como dimensiones máximas, con el fin de que su movilización sea rápida, fácil y su ubicación no ocupe un gran espacio.

■ **Capacidad**

Un análisis basado en los aspectos sociales, indica que los adultos mayores son las personas que consumen de 2 a 3 veces más medicamentos que personas menores de 60 años, con esto se define que este grupo de personas tienen un consumo regular de medicinas de 4 a más tipos de pastillas. Esto puede provocarse debido a un abuso de los mismos, pero también se debe a que el 25 % de las personas mayores de 65 años consumen prescripciones médicas [15]. Con esta información, se determinó la capacidad del dispositivo para 6 tipos diferentes de pastillas como se muestra en la Figura 12, en cada contenedor se ingresará hasta un máximo de 24 pastillas, esto se delimitó debido a que en general se venden las pastillas en blíster de 12 unidades, se consideró que el almacenamiento de dos blisters es suficiente para un usuario con medicación regular, con el fin de que los medicamentos no se mantengan tanto tiempo en el dispositivo y se lleve un mejor conteo y control del número de pastillas que se encuentran disponibles. En cada contenedor se cargarán las medicinas y mediante programación según corresponda, el medicamento será entregado al consumidor.

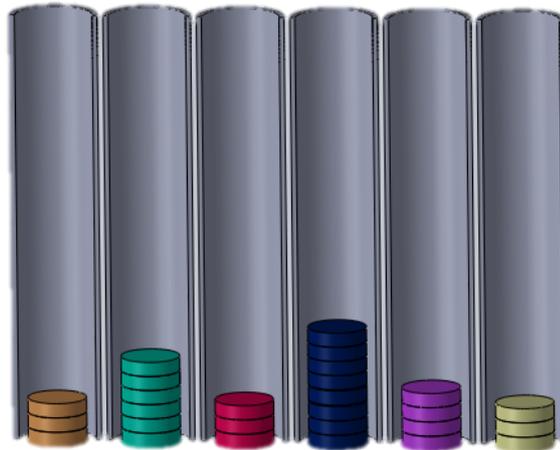


Figura 12. Representación de contenedores de pastillas del dispensador automático

El usuario debe ingresar sus medicamentos manualmente en cada contenedor y cerrarlo completamente, las pastillas estarán almacenadas en el dispositivo. Posteriormente el usuario realizará la configuración de sus horarios y dosis en la aplicación móvil, en este apartado se debe ingresar, nombre de la pastilla de cada contenedor, número de pastillas que se ingresan, el horario de cada una de ellas y cuál es la dosis necesaria, es decir cantidad de pastillas a tomar en cada horario. En la pantalla del dispositivo también se reflejará la misma información. Al finalizar toda la configuración requerida, el dispositivo empezará a funcionar, basándose en el horario definido por el usuario para la administración del medicamento, se selecciona automáticamente el contenedor y se dispensará la pastilla correcta, en la Figura 13 se muestra un esquema general del dispositivo. Cuando el medicamento haya sido expulsado, para que el usuario esté al tanto de esta actividad el dispositivo emitirá una alerta sonora y visual, mientras que en la aplicación móvil se activará otra alerta y se podrá visualizar toda la información del medicamento a administrarse. Además, se presentará una alerta cuando las pastillas de un contenedor estén por agotarse, cuando solo queden 5, para que el usuario esté al tanto de que debe cargar nuevamente su medicina.

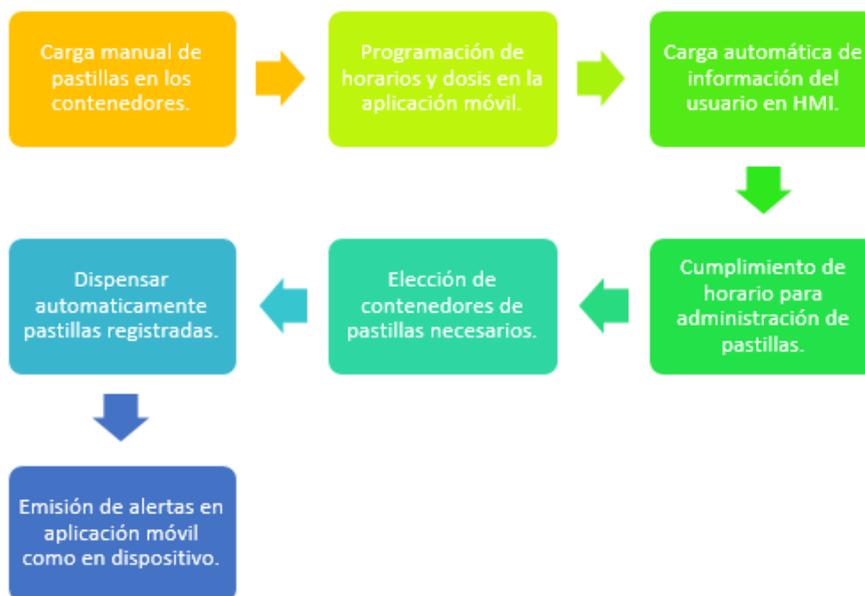


Figura 13. Esquema general de funcionamiento del dispensador automático.

Al realizar el análisis de las necesidades que tiene el usuario, se pasa a transformar esos requerimientos en especificaciones técnicas que tiene el dispensador de pastillas automático, en la Tabla 3 se presentan las mismas, teniendo en cuenta que: Propuesto por: U= Usuario, D= Diseñador R/D= Requerimiento o deseo.

Tabla 3. Definición de las especificaciones técnicas del dispensador automático.

Concepto	Propuesta por	R/D	Descripción
Función	U-D	R	Dispensar 1 pastilla de acuerdo al horario configurado por el usuario en términos de horas y segundos.
Función	U	R	Emitir alertas de aviso tanto en la aplicación móvil como en el dispositivo cuando se haya dispensado una pastilla basándose en los horarios definidos por el usuario.

Concepto	Propuesta por	R/D	Descripción
Dimensiones	D	R	Dimensiones establecidas dentro del rango comercial de dispensadores portátiles de pastillas en un rango de 400 mm x 400 mm x 400 mm.
Transporte y distribución	U-D	R	Capacidad de ser ubicado donde el usuario lo requiera y sea fácil de movilizar de un espacio a otro. Peso establecido hasta 14 Kg.
Fabricación y montaje	U-D	R	Dispensador de pastillas con 6 contenedores para cada tipo de pastilla, cada uno con la capacidad de 24 pastillas.

9.2. Diseño Funcional

Para el desarrollo de un proyecto de este tipo uno de los análisis recomendados a realizar es el diseño funcional, el cual permite dividir el proyecto en bloques para identificar las partes del sistema con mayor facilidad.

■ Nivel Cero

En este nivel se exponen las entradas para el diseño del dispensador, donde de manera muy general se identifica la materia prima, energía y señales para obtener a la salida el objetivo del proyecto, que es el dispensador automático de pastillas, como se observa en la Figura 14.

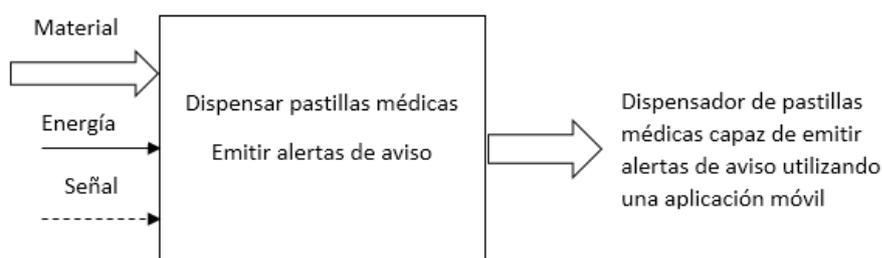


Figura 14. Análisis funcional nivel cero

■ Nivel uno

En este nivel se definen módulos específicos para que el diseño del sistema se lo ejecute de una manera organizada. Se definen dos módulos importantes el módulo de diseño que abarca toda las actividades de dimensionamiento mecánico por secciones que contengan los mecanismos principales y a esto se une el módulo de montaje que empieza con la unión de todas las partes mecánicas con elementos y actuadores electrónicos para finalmente sumarse el control del dispositivo. En la Figura 15 se observa el nivel uno.

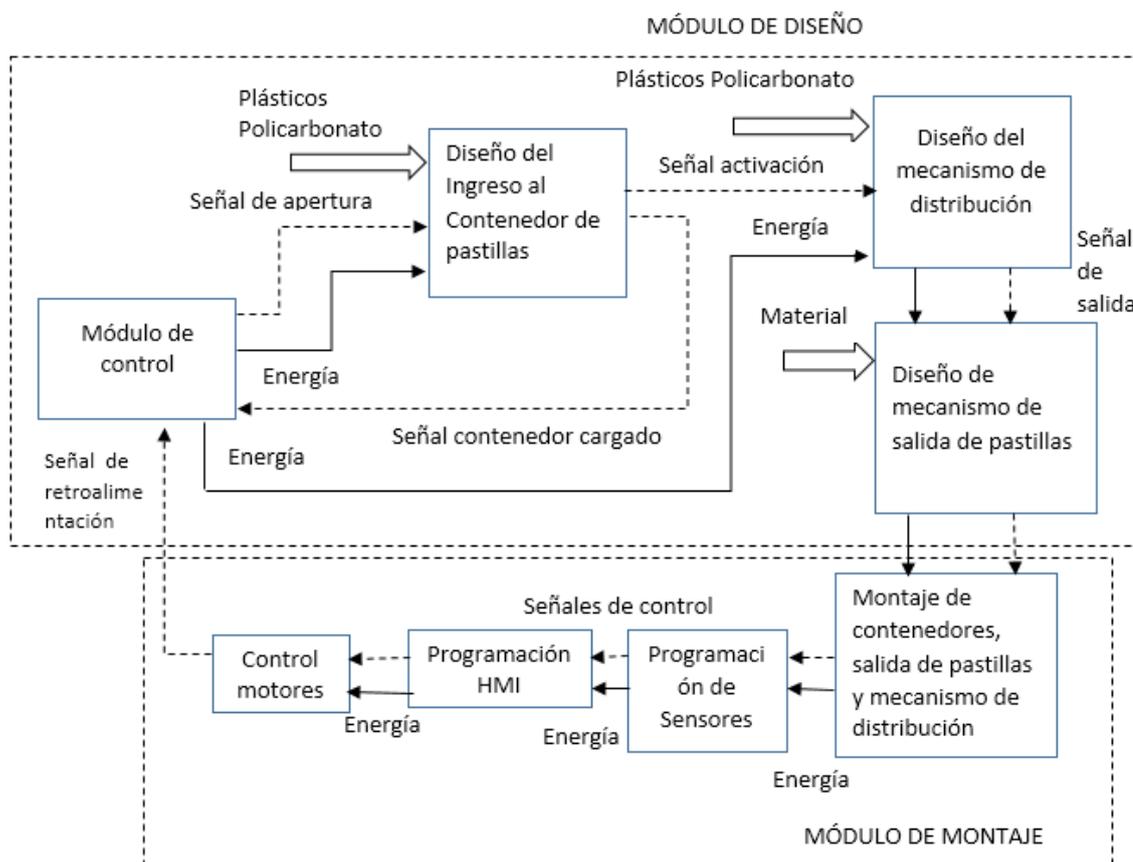


Figura 15. Análisis funcional nivel uno

■ Nivel Dos

Finalmente, como se observa en la Figura 16 en este paso se determina de una forma más profunda todos los módulos que intervendrán en el diseño del dispensador. Se establecieron cuatro módulos basados en la parte mecánica los cuales son: proceso manual para ingreso de pastillas y diseño de contenedores, mecanismo de distribución de pastillas, mecanismo de salida de pastillas y diseño de estructura general, a todos estos módulos posteriormente de definir su parte mecánica se le agrega la selección de los actuadores y elementos electrónicos necesarios para las actividades a las que esta destinada el dispositivo, al realizar la selección más factible se pasa a la programación de cada uno de los elementos para lograr que con este paso el dispensador de pastillas sea automático.

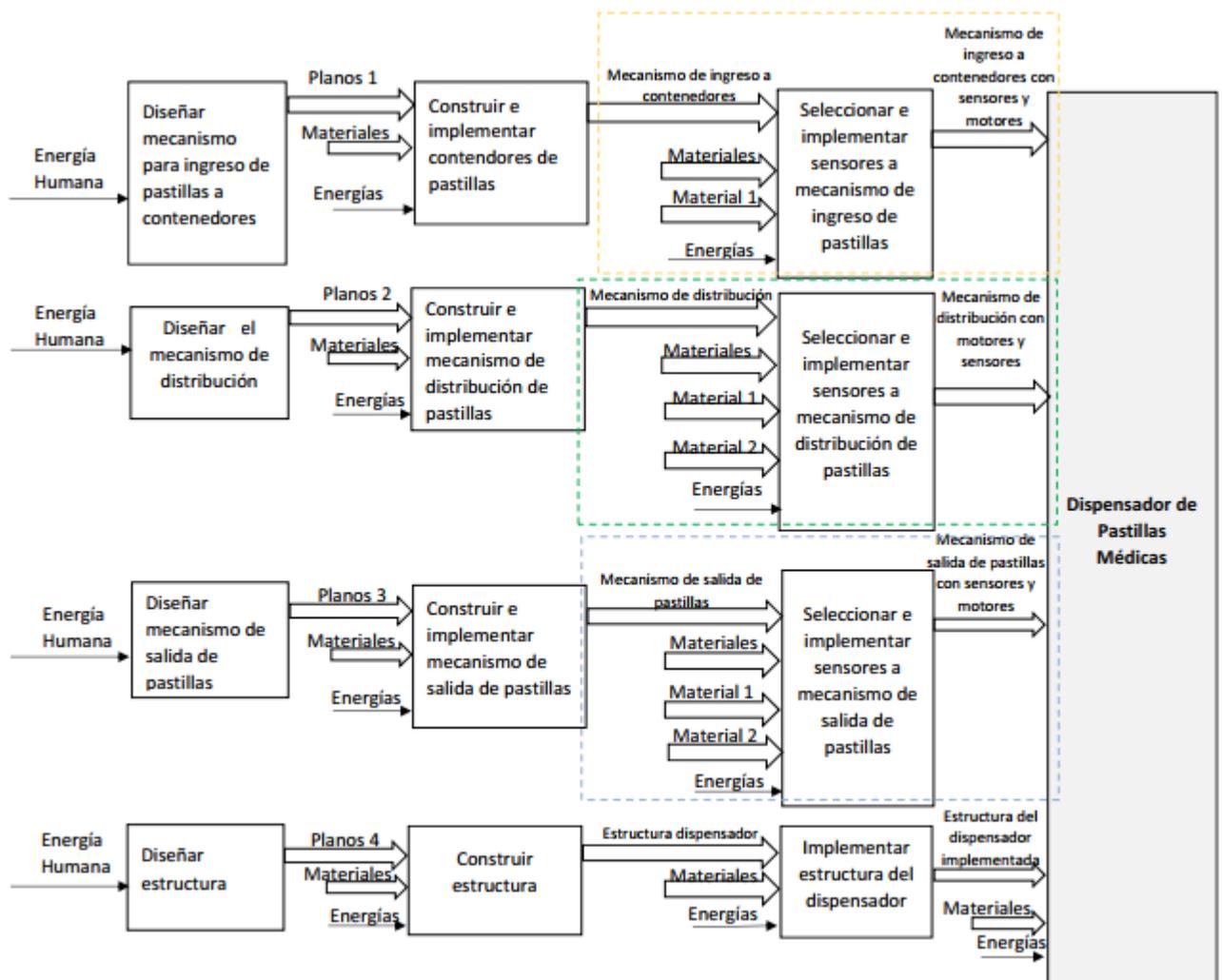


Figura 16. Análisis funcional nivel dos

10. Diseño mecatrónico del dispensador automático de pastillas

El diseño mecatrónico del dispensador automático de pastillas se basó en los requerimientos que solicita el usuario, para luego definir los mismos como especificaciones técnicas, a partir de los resultados analizados en la casa de la calidad presentada en el Anexo 1 se concluyó las siguientes características.

- Peso: hasta 14 Kg.
- Dimensiones: 400 mm x 400 mm x 400 mm.
- Capacidad: 6 tipos de pastillas.
- Capacidad c/contenedor: 24 pastillas.
- Diseño modular.
- Material resistente a golpes.
- Fácil de transportar.

Con estas especificaciones se procedió al diseño del prototipo. Su diseño 3D se muestra en la Figura 17.

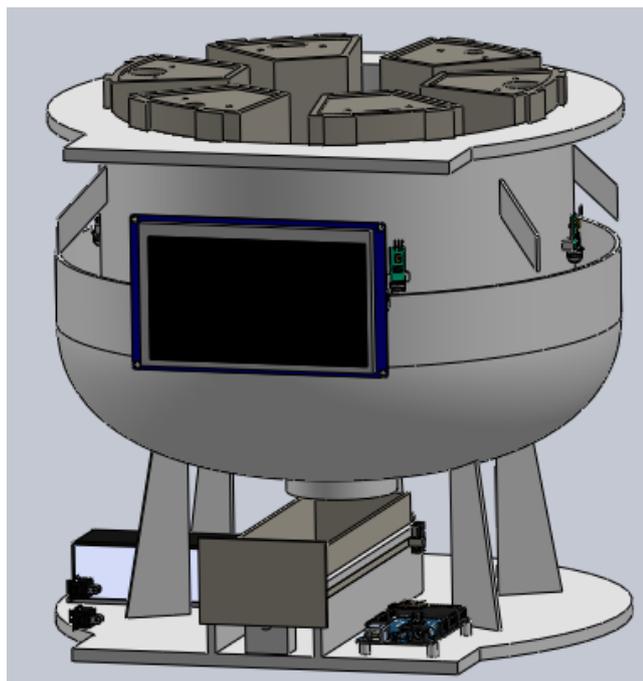


Figura 17. Diseño 3D del dispensador automático de pastillas.

En la Figura 18 se tiene una vista superior, mientras que en la Figura 19 se tiene una vista frontal con el fin de identificar sus partes principales.

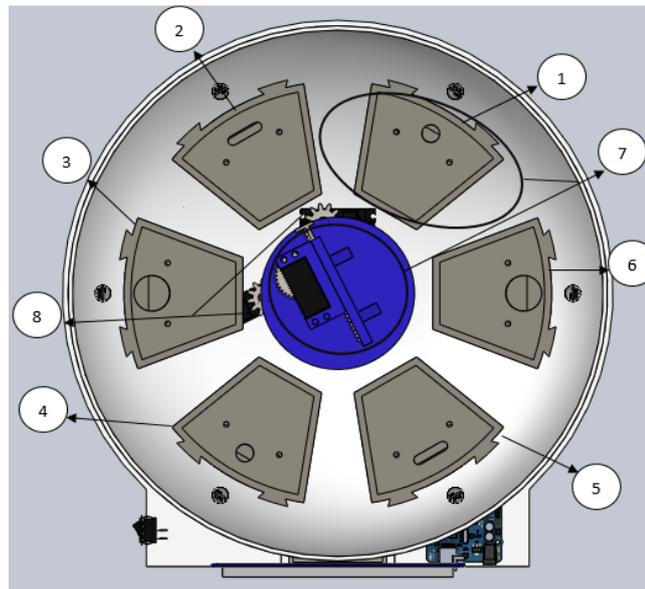


Figura 18. Vista superior dispensador automático de pastillas.

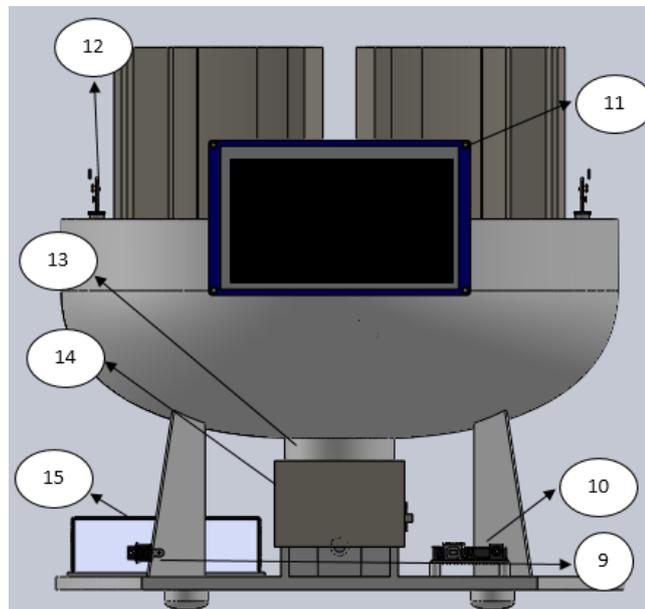


Figura 19. Vista superior dispensador automático de pastillas.

A partir de las figuras anteriores se indica el listado de las partes del dispositivo en la Tabla

- **1 y 4:** Contenedor de pastilla tipo 1.
- **2 y 5:** Contenedor de pastilla tipo 2.

- **3 y 6:** Contenedor de pastilla tipo 3.
- **7:** Módulo mecanismo de distribución.
- **8:** Módulo mecanismo de ubicación.
- **9:** Switch ON/OFF.
- **10:** Placas electrónicas.
- **11:** Pantalla HMI.
- **12:** Sensores detección de pastillas.
- **13:** Túnel de salida.
- **14:** Cajón de expulsión.
- **15:** Batería de emergencia.

10.1. Material de la estructura

Por los resultados del análisis de la casa de la calidad, se exponen en el Anexo 1, los requerimientos en cuanto a estructura del prototipo indican que su peso sea apto para que una persona pueda transportarlo manualmente y que sea resistente a golpes ligeros. A esto se suma la información expuesta la sección 8, la cual indica que para el almacenamiento de medicinas el material indicado debe pertenecer al grupo de los plásticos como poliolefinas, polipropileno, policloruro y otros copolímeros. Con estas referencias se eligió como material principal PLA, ácido poliláctico, se muestra en la Figura 20, al ser un polímero se consideró que no produce ninguna afectación a los componentes de las pastillas, ni efecto secundario si estas permanecen almacenados por varios días en contenedores de este material.

Otro factor que se consideró para esta elección, es que el PLA es un material con gran disponibilidad en el mercado y es utilizado para la impresión 3D, lo cual facilita el diseño de piezas completas o con uniones directas para no utilizar uniones de materiales corrosivos en exceso, porque podrían afectar a la sanidad de las medicinas. Existen una variedad extensa de PLA pero por acceso, calidad y precio se sugiere utilizar un rollo de 1 Kg, marca Sunlu, disponible en varios colores a un precio de \$20,00 [16].



Figura 20. Rollo de PLA marca Sunlu, [15].

10.2. Estructura general

Para el ensamblaje del dispensador se diseñó una estructura general encargada de la sujeción y protección de algunos componentes. Sus piezas se dibujaron en el software de diseño, SolidWorks, para posteriormente enviarlas a impresión 3D y su implementación sea mucho más sencilla. En la Figura 21, se muestra sus partes.

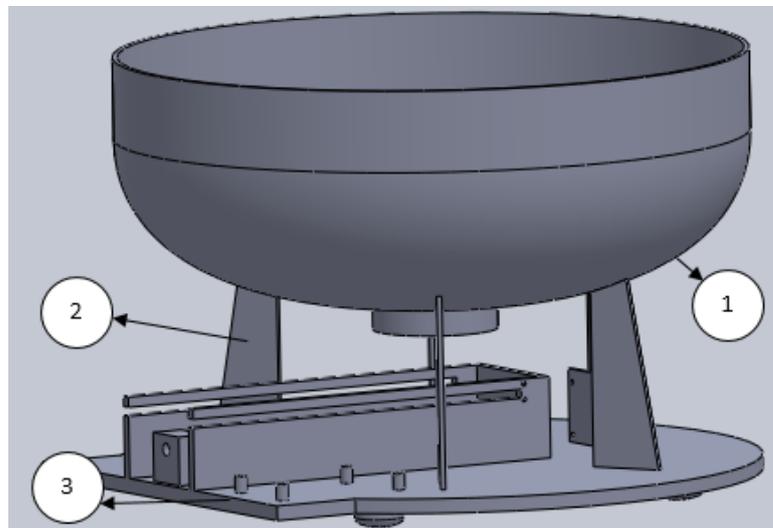


Figura 21. Partes de estructura de soporte.

- 1: Base de recolección.
- 2: Patas de soporte.
- 3: Base estructura.

Para la protección de todas las partes y componentes internos también se diseñó una sola pieza, y es la carcasa del dispensador de pastillas. En la Figura 22 se muestra la misma.

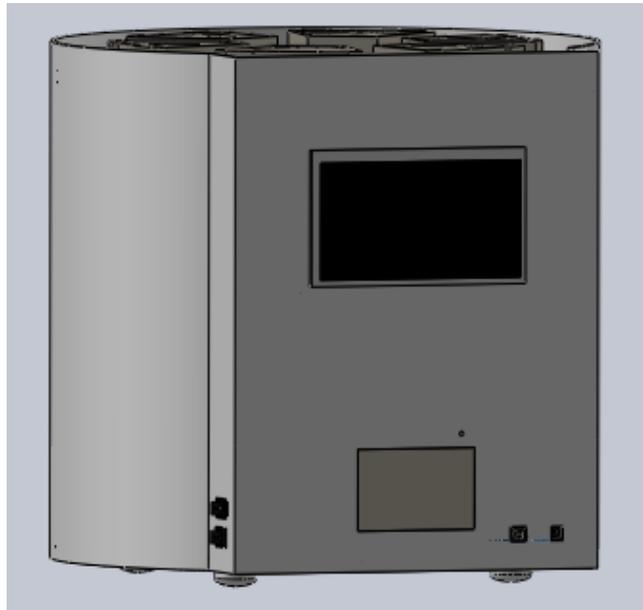


Figura 22. Carcaza del dispensador de pastillas.

10.3. Contenedores de pastillas

El almacenamiento de pastillas considera la información presentada en la sección 9, donde se indica que las personas que llevan una prescripción médica cotidiana toman como mínimo 4 diferentes tipos de pastillas; partiendo de aquí se decide que el dispensador automático posea 6 contenedores.

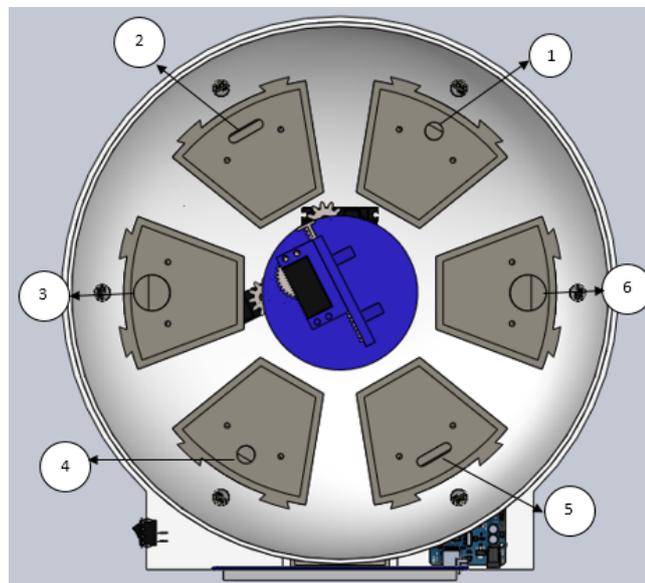
Como una especificación técnica definida por el diseñador se elaboran tres tipos de contenedores, dos de cada tipo, con diferente forma y radio. Se utiliza los radios de las pastillas que frecuentemente aparecen en una receta médica para clasificar las mismas y que su almacenamiento sea más organizado.

El proceso de distribución también interviene en este de diseño. Siempre deben ser dispensadas las pastillas registradas por el usuario, al realizar una clasificación por forma y tamaño se facilita el proceso de dosificación asegurando que se entregue una sola pastilla. Los contenedores tienen las condiciones expuestas en la en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de contenedores de pastillas

Contenedor	Radio	Tipo de pastilla	Cantidad
Contenedor tipo 1	13 mm	Pastillas circulares que generalmente son más pequeñas que las cápsulas y tabletas.	2
Contenedor tipo 2	27 mm	Cápsulas o tabletas con forma helicoidal.	2
Contenedor tipo 3	26 mm	Comprimidos efervescentes, vitaminas C de forma circular.	2

En la Figura 23 se presentan los 3 radios de los contenedores.

**Figura 23.** Tipos de contenedores de pastillas.

- **1 y 4:** Contenedor de pastilla tipo 1.
- **2 y 5:** Contenedor de pastilla tipo 2.
- **3 y 6:** Contenedor de pastilla tipo 3.

10.4. Alternativas para mecanismo de distribución y ubicación

La distribución de las pastillas de forma correcta es uno de los problemas principales a tomar en cuenta para el diseño del dispensador automático, para esta sección se tuvo tres alternativas las cuales se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Alternativas para mecanismo de distribución de pastillas

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<p>Se propone un mecanismo de distribución donde los contenedores se encuentren en paralelo y colocados de forma vertical, cada uno de ellos tendría una compuerta que se abriría cuando reciba la señal, las pastillas a expender caerían en un túnel común para ser tomadas por el usuario.</p>	<p>Se propone un mecanismo con tornillo sin fin para cada contenedor, al necesitar una pastilla el tornillo se activa para levantar la pastilla hasta la salida, luego al llegar a la superficie será empujada por un accionador y caerá al túnel de salida.</p>	<p>Como propuesta se tiene un mecanismo de tipo carrusel, el cual girará por la acción de un motor, sobre esta pieza se tendrá un mecanismo de engranaje cremallera, donde la cremallera se utilizará para empujar la pastilla seleccionada, la misma se encontrará ya posicionada en cada contenedor para su salida, cuando la cremallera toque el accionador la pastilla se expulsará y caerá al túnel de salida, finalmente cae al cajón de expulsión.</p>

La alternativa 3 fue seleccionada como la opción más factible por su diseño de engranaje cremallera el cual ayuda a un mayor control en el movimiento de este mecanismo, logra que la distribución de pastillas sea mucho más exacta, porque uno de los mayores problemas es que existía una posibilidad de que se expendiera más pastillas de las deseadas.

Se tiene dos bloques principales, el primer bloque consta de los contenedores de almacenamiento cada uno de ellos con un actuador, aquí las pastillas se encuentran ya ubicadas y listas para ser expulsadas de los contenedores, se muestra en la Figura 24.

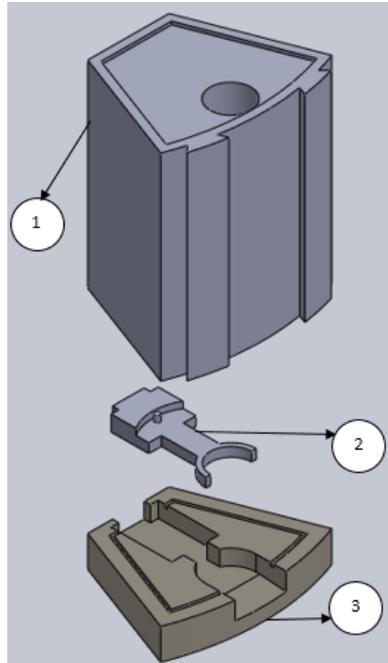


Figura 24. Bloque de almacenamiento de pastillas.

- **1:** Contenedor de pastillas.
- **2:** Actuador.
- **3:** Pieza de ubicación de pastilla para la salida.

El segundo bloque contiene del mecanismo de engranaje cremallera, se muestra en la Figura 25.

Consta de un motor que inicia el movimiento del engranaje, este movimiento circular se convierte en un movimiento lineal a través de la cremallera, permitiendo que esta se mueva hacia el actuador. La cremallera empuja el actuador hasta que la pastilla haya salido del contenedor y vuelve a su posición inicial.

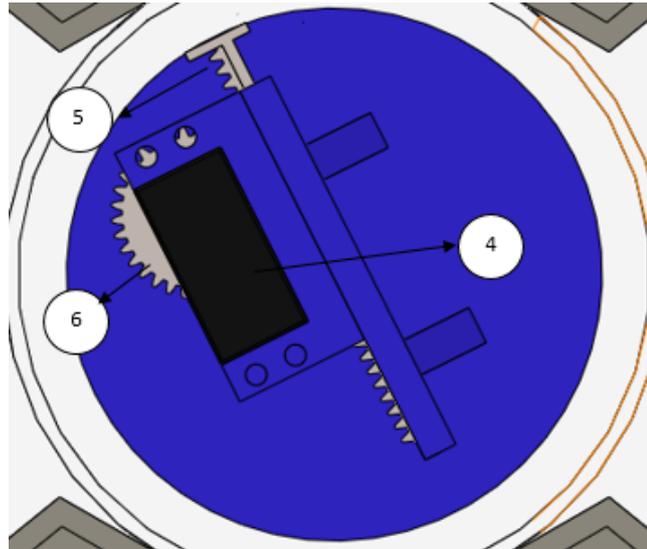


Figura 25. Bloque del mecanismo de engranaje cremallera.

- 4: Motor de mecanismo de distribución.
- 5: Cremallera de distribución.
- 6: Engranaje de distribución.

10.5. Alternativas para túnel de salida y mecanismo de expulsión

Para la salida de las pastillas se consideró dos alternativas:

Alternativa 1: canales individuales para cada uno de los contenedores, cuando las pastillas salgan de su espacio todas caerían en una banda transportadora, la cual al identificar que se encuentran las pastillas requeridas sobre ella, se active y las lleve a la ventana de salida para que el usuario pueda tomarlas.

Alternativa 2: se propone un diseño en el cual la salida de los seis contenedores de pastillas se encuentren conectados a un túnel de salida común. Cuando las pastillas sean expulsadas por la salida de cada contenedor individual estas caerán a una base de recolección que las lleva a la entrada del túnel, por este medio se dirigirán al cajón de expulsión el cual se abrirá automáticamente cuando ya se encuentren dosificadas todas las pastillas de acuerdo a la configuración del usuario, posterior al retiro de las medicinas el cajón se cerrará.

La alternativa 2 fue la más factible, como se observa en la Figura 26, con este diseño se ahorran recursos, en cuanto a material, no se necesita diseñar un túnel para cada contenedor, al tener un túnel de salida general y trabajar con un cajón de expulsión no se requiere

del dimensionamiento de una banda transportadora y se ahorra en todos los elementos necesarios (banda, rodillos, entre otros) para su funcionamiento.

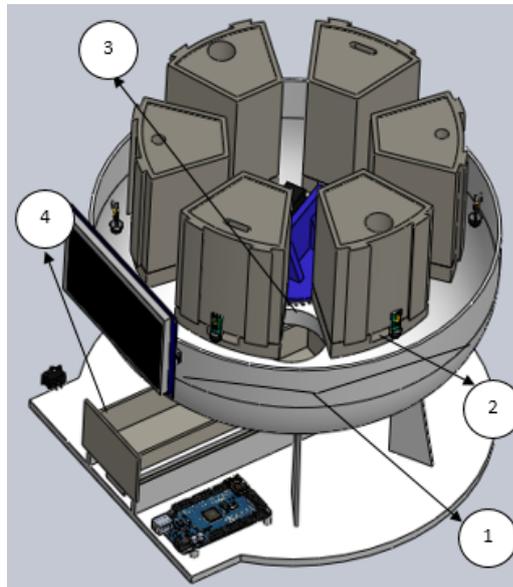


Figura 26. Túnel de salida del dispensador de pastillas.

- 1: Base de recolección.
- 2: Salida de contenedores individuales de pastillas.
- 3: Túnel de salida.
- 4: Cajón de expulsión.

Para la automatización del cajón de expulsión, se utiliza un tornillo de potencia accionado por un motor, el cual abre el cajón para que el usuario tome las pastillas dispensadas y posteriormente se cierre por el mismo mecanismo. Se muestra en la Figura 27.

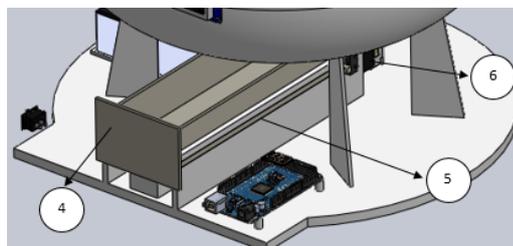


Figura 27. Cajón de expulsión de pastillas

- 4: Cajón de expulsión.
- 5: Tornillo de potencia del cajón.

- **6:** Motor accionador de tornillo.

11. Diseño mecánico del dispensador automático de pastillas

El dispensador automático requiere de algunos elementos que tienen que ser dimensionados para asegurar su correcto funcionamiento. La selección de la alternativa factible depende de los cálculos que se exponen en este apartado.

11.1. Dimensionamiento de módulo de distribución

El módulo de distribución está conformado por las partes que se muestran en la Figura 28.

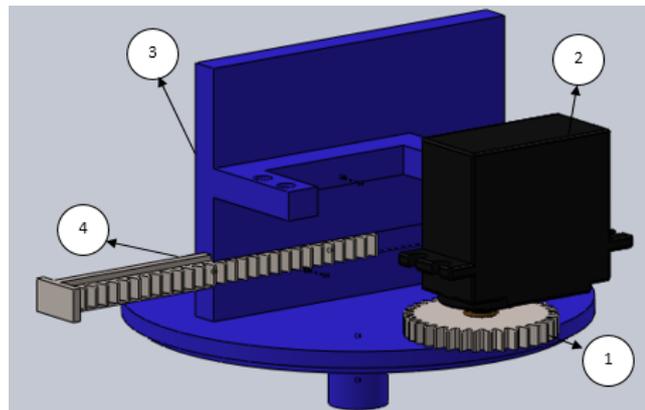


Figura 28. Módulo de distribución.

- **1:** Engranaje de distribución.
- **2:** Motor para mecanismo de distribución.
- **3:** Pieza de soporte.
- **4:** Cremallera de distribución.

Engranaje y cremallera de distribución

Para la distribución de las pastillas se emplea un mecanismo de engranaje cremallera. El diseño empieza por el engranaje, sus partes se muestran en la Figura 29.

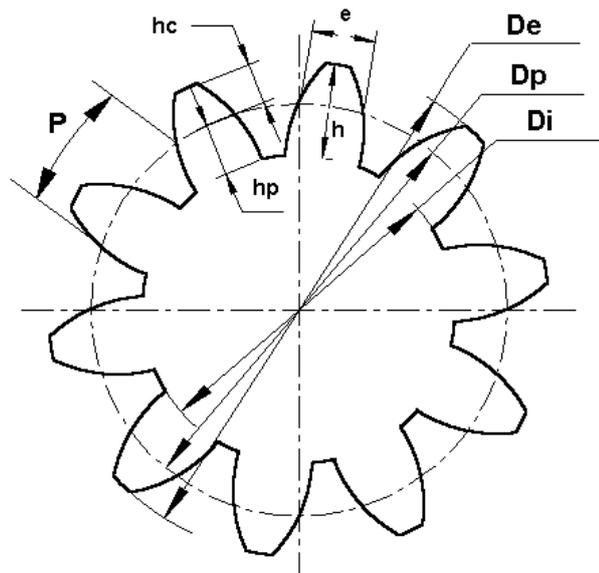


Figura 29. Parte de un engranaje,[16].

Donde:

- D_p diámetro primitivo, en mm.
 D_e diámetro exterior, en mm.
 D_i diámetro interior, en mm.
 p paso circular, en mm.
 h altura del diente, en mm.
 h_c altura de la cabeza del diente, en mm.
 h_p altura del pie del diente, en mm.
 e espesor del diente, en mm.
 z número de dientes.

El diseño del engranaje requiere del cálculo del diámetro primitivo, que se lo realiza empleando (1).

$$D_p = \frac{d}{\pi} \quad (1)$$

Donde:

- d distancia que se quiere recorrer linealmente, en mm.

A partir de la ubicación de las piezas en el dispensador de pastillas se determinó que la distancia que se necesita recorrer es de 90 mm, reemplazando los valores en (1).

$$Dp = \frac{90}{\pi}$$

$$Dp = 28,64 \text{ mm}$$

El número de dientes puede ser definido por el diseñador, tomando en cuenta que mientras a más dientes el movimiento se vuelve mucho más fluido y menos dientes el movimiento es más forzado [17]. Para el dimensionamiento de este engranaje se optó por 34 dientes. Con estos datos se determina el módulo del engranaje a partir de (2), [17].

$$M = \frac{Dp}{z} \quad (2)$$

Donde:

M módulo den engranaje, en mm.

Reemplazando los valores:

$$M = \frac{28,64}{34}$$

$$M = 0,9 \text{ mm}$$

La selección del módulo da lugar al valor del paso, esto se basa en una tabla normalizada, se muestra en la Figura 30, de acuerdo a los cálculos se selecciona el valor de 1 para el módulo por ser el más cercano al obtenido, [17].

Diametral Pitch DP (P) (")	Circular Pitch P' (")	Módulo m mm	Esesor circular s mm	Paso p mm	Dedendum b mm	Altura total del diente h mm
25.3995	0.1237	1	1.571	3.142	1.157	2.157
20	0.157	1.27	1.990	3.98	1.47	2.74
16.933	0.1855	1.5	2.356	4.712	1.7355	3.2155
16	0.196	1.5875	2.5	5	1.836	3.423
12.7	0.2474	2	3.1416	6.2832	2.314	4.314
12	0.262	2.1166	3.33	6.66	2.4489	4.564
10.1598	0.3092	2.5	3.927	7.854	2.892	5.392
10	0.314	2.54	4	8	2.9387	5.488
8.4665	0.371	3	4.712	9.425	3.471	6.471
8	0.393	3.1749	4.98	9.97	3.673	6.848
7	0.449	3.6285	5.7	11.4	4.2	7.83
6.3499	0.4947	4	6.283	12.566	4.628	8.638
6	0.524	4.2333	6.645	13.29	4.9	9.13
5.0799	0.6184	5	7.854	15.708	5.785	10.795
5	0.628	5.0799	7.98	15.96	5.8775	10.96
4.2333	0.7421	6	9.425	18.850	6.942	12.952
4	0.785	6.3499	9.975	19.95	7.347	13.7
3.1749	0.9895	8	12.566	25.132	9.256	17.266
3	1.047	8.4665	13.305	26.61	9.795	18.26
2.54	1.2368	10	15.708	31.416	11.570	21.57
2.5	1.257	10.1598	15.96	31.92	11.755	21.915
2.1166	1.4843	12	18.849	37.699	13.884	25.884
2	1.571	12.6998	19.95	39.90	14.694	27.394
1.5875	1.979	16	25.133	50.24	18.512	34.512
1.5	2.0944	16.9330	26.595	53.19	19.5905	36.623
1.27	2.4737	20	31.416	62.80	23.140	43.140
1.25	2.5133	20.3196	31.92	63.84	23.5097	43.829
1	3.1416	25.3995	39.9	79.80	29.2871	54.7866

Figura 30. Valores de elementos generales del dentado de un engranaje, [17].

Determinando así que:

$$M = 1 \text{ mm}$$

$$p = 3,14 \text{ mm}$$

Con estos datos se obtienen las características de los dientes del engranaje como los de la cremallera, se determina por (3).

$$h = 2,25 \cdot M \quad (3)$$

Donde:

h altura del diente, en mm.

Reemplazando valores:

$$h = 2,25 \cdot 1$$

$$h = 2,25 \text{ mm}$$

Ahora se define la altura del diente, por (4).

$$h_c = M \quad (4)$$

Donde:

h_c altura de la cabeza del diente, en mm.

$$h_c = 1 \text{ mm}$$

A partir de (5).

$$h_p = 1,25 \cdot M \quad (5)$$

Donde:

h_p altura del pie del diente, en mm.

Se reemplaza los valores en (5), y se obtiene:

$$h_p = 1,25 \cdot 1$$

$$h_p = 1,25 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos de la tabla normalizada, a partir de (6) se determina.

$$e = 0,5 \cdot p \quad (6)$$

Donde:

e espesor del diente, en mm.

$$e = 0,5 \cdot 3,14$$

$$e = 1,57 \text{ mm}$$

Utilizando (7) se define.

$$B = M \cdot 10 \quad (7)$$

Donde:

B anchura del diente, en mm.

$$B = 1 \cdot 10$$

$$B = 10 \text{ mm}$$

Al obtener las dimensiones de los dientes de engranaje, finalmente se determinan los dos últimos diámetros, utilizando (8).

$$D_e = D_p + 2 \cdot h \quad (8)$$

Donde:

De diámetro exterior, en mm.

$$De = 28,64 + 2 \cdot 2,25$$

$$De = 33,14 \text{ mm}$$

Y utilizando (9).

$$Di = Dp - 2 \cdot hp \quad (9)$$

Donde:

Di diámetro interior, en mm.

$$Di = 28,64 - 2 \cdot 1,25$$

$$Di = 26,14 \text{ mm}$$

Al ser elementos diseñados que requieren que el uno encaje con el otro, el espesor tanto del engranaje como de la cremallera es el mismo.

gr espesor del engranaje y cremallera, en mm.

$$gr = 8 \text{ mm}$$

Con los cálculos realizados el engranaje y cremallera presentan las siguientes dimensiones que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Dimensiones de engranaje y cremallera del módulo de distribución.

Variable	Dimensión
Dp	28,64 mm
De	33,14 mm
Di	26,14 mm
M	1 mm
p	3,14 mm
h	2,25 mm
hc	1 mm
hp	1,25 mm
e	1,57 mm
B	10 mm
d	90 mm
gr	8 mm

Dimensionamiento motor de distribución

Otro componente a dimensionar del mecanismo de distribución es el motor encargado del movimiento del engranaje. En este caso se tenía tres alternativas para selección de motores, se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Alternativas para selección de motor de distribución

Motor DC	Servomotor	Motor de pasos
Motor de corriente continua produce un movimiento rotatorio, utilizando energía eléctrica y convirtiéndola en mecánica. Al aplicar un voltaje el motor se activa y se mantiene girando a la misma velocidad hasta que se produzca un cambio de voltaje. [18]	Motor que permite conocer la posición del eje y si se requiere corregirla, mantiene su torque constante y tiene una muy alta precisión. [19]	Dispositivo electromecánico que puede ser manejado por impulsos digital, depende de la entrada de control para girar un número determinado de grados, se caracteriza por su alta repetitividad y por su precisión. [20]

Teniendo en cuenta estas tres alternativas se procede a dimensionar el torque del motor, el cual se indicó en la Figura 26. Este es el motor que controla el mecanismo de engranaje cremallera, se realiza un sumatorio de las masas de cada elemento que va a tener que transportar y empujar utilizando (10).

$$p_1 = m_a + m_c + m_p \quad (10)$$

Donde:

- p_1 sumatorio de masas, en kg.
- m_a masa del actuador, en g.
- m_c masa de la cremallera, en g.

Como se conoce existen un cien número de pastillas y cápsulas las cuales no siempre tienen el mismo gramaje, para el diseño se decide utilizar el comprimido con mayor grama-

je, [21]. Definiendo:

m_p masa de la pastilla, en g.

Las otras dos masas fueron determinadas a partir de las propiedades físicas obtenidas al diseñar las piezas en el programa de modelado 3D, donde al dibujar todas sus dimensiones y seleccionar el material de diseño como PLA, se obtuvo los siguientes valores.

$$m_a = 9,56 \text{ g}$$

$$m_c = 3,11 \text{ g}$$

$$m_p = 1,2 \text{ g}$$

Reemplazando los valores en (10).

$$p_1 = 9,56 + 3,11 + 1,2$$

$$p_1 = 13,87 \text{ g}$$

$$p_1 = 0,01387 \text{ kg}$$

A partir del sumatorio de masas se obtiene la carga máxima que se requiere transportar, por (11).

$$F = p_1 \cdot g \quad (11)$$

Donde:

F carga a transportar, en N.

g valor de la gravedad, en m/s^2 .

$$F = 0,0138 \cdot 9,81$$

$$F = 0,135 \text{ N}$$

Teniendo la fuerza requerida, se determina el torque necesario por (12).

$$T = F \cdot r_d \quad (12)$$

Donde:

T torque requerido por el motor, en Nm.

r_p radio primitivo del engranaje de distribución, en m.

$$r_p = 0,0165$$

$$T = 0,138 \cdot 0,0165$$

$$T = 2,27 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

Un parámetro importante a determinar es el factor de seguridad de diseño con el fin de evitar posibles fallos de la pieza. Se empieza determinando el esfuerzo normal promedio utilizando (13).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (13)$$

Donde:

A área del engranaje de distribución, en m.

Para determinar A , se emplea (14).

$$A = \pi \cdot r_p^2 \quad (14)$$

Reemplazando los valores, se obtiene A .

$$r_p = 0,0165$$

$$A = \pi \cdot (0,0165)^2$$

$$A = 0,885 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Se reemplaza en (13).

$$\sigma = \frac{0,135}{0,000855}$$

$$\sigma = 157,89 \text{ Pa}$$

Para que el diseño sea mucho más seguro se requiere definir una carga de diseño, [22], la cual debe ser igual a un múltiplo de la carga existente F , esto con el fin de que se abarquen cargas inesperadas. Se emplea (15).

$$P_d = c_d \cdot F \quad (15)$$

Donde:

P_d carga de diseño, en N.

c_d múltiplo de la carga existente F , adimensional.

Reemplazando:

$$P_d = 1,5 \cdot 0,135$$

$$P_d = 0,205 \text{ N}$$

El factor de seguridad entonces se determina por (16).

$$N_s = \frac{P_d}{F} \quad (16)$$

Donde:

N_s factor de seguridad, adimensional.

$$N_s = \frac{P_d}{F}$$

$$N_s = \frac{0,205}{0,135}$$

$$N_s = 1,5$$

Para verificar que el material no falla con este factor de seguridad, se procede a calcular un esfuerzo de diseño, a partir de (17).

$$\sigma_d = k \cdot (N_s \cdot F) \quad (17)$$

Donde:

σ_d esfuerzo de diseño, en Pa.

k constante de proporcionalidad, en $1/m^2$.

$$k = \frac{1}{A} \quad (18)$$

Reemplazando los valores en (18):

$$k = \frac{1}{0,000885}$$

$$k = 1169,59 \text{ } 1/m^2$$

Con los valores obtenidos, se reemplaza en (17).

$$\sigma_d = 1169,59 \cdot (1,5 \cdot 0,135)$$

$$\sigma_d = 236,84 \text{ Pa}$$

Donde σ_d debe ser un valor menor a S , siendo S la resistencia mecánica del material, en MPa, la cual ya se encuentra definida por tablas, [23]. Se muestra en la Figura 31.

Material	Densidad	Módulo elástico [psi × 10 ³ (MPa × 10 ²)]	Resistencia a la tracción [psi × 10 ³ (MPa)]	Alargamiento a la rotura (%)	Resistencia al impacto ^a (ft-lb _f /in.)
Poliétileno (baja densidad)	0,917-0,932	0,25-0,41 (1,7-2,8)	1,2-4,6 (8,3-31,7)	100-650	No se rompe
Poliétileno (alta densidad)	0,952-0,965	1,55-1,58 (10,6-10,9)	3,2-4,5 (22-31)	10-1200	0,4-4,0
Cloruro de polivinilo	1,30-1,58	3,5-6,0 (24-41)	5,9-7,5 (41-52)	40-80	0,4-2,2
Politetrafluoretileno	2,14-2,20	0,58-0,80 (4,0-5,5)	2,0-5,0 (14-34)	200-400	3
Polipropileno	0,90-0,91	1,6-2,3 (11-16)	4,5-6,0 (31-41)	100-600	0,4-1,2
Poliestireno	1,04-1,05	3,3-4,8 (23-33)	5,2-7,5 (36-52)	1,2-2,5	0,35-0,45
Poli(metacrilato de metilo)	1,17-1,20	3,3-4,7 (22-32)	7,0-11,0 (48-76)	2-10	0,3-0,6
Fenol-formaldehido	1,24-1,32	4,0-7,0 (28-48)	5,0-9,0 (34-62)	1,5-2,0	0,24-4,0
Nilón 66	1,13-1,15	2,3-5,5 (16-38)	11,0-13,7 (76-94)	15-300	0,55-2,1
Poliéster (PET)	1,29-1,40	4,0-6,0 (28-41)	7,0-10,5 (48-72)	30-300	0,25-0,70
Policarbonato	1,20	3,5 (24,0)	9,5 (60)	110	16

Figura 31. Resistencia de material, [23].

$$S = 1,2 \text{ MPa}$$

Se concluye que con el factor de seguridad el material no tendrá ningún fallo durante su funcionamiento. Utilizando el factor de seguridad determinado, para el cálculo del nuevo torque, se lo determina por (19).

$$T_{f1} = T \cdot N_s \quad (19)$$

Donde:

T_{f1} nuevo torque agregado factor de seguridad, Nm.

$$T_{f1} = 2,27 \times 10^{-3} \cdot 1,5$$

$$T_{f1} = 3,40 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

Se puede verificar que que T_{f1} es mayor a T para proporcionar la seguridad al sistema.

$$T = 2,27 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

$$T_{f1} = 3,40 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

A partir de estos cálculos y conociendo que se requiere controlar la posición del motor se decide utilizar un servomotor modelo HS-311 que posee un torque de 0,294 Nm que

a pesar de ser superior al necesario es el más económico y el que más se acerca a las características requeridas.

Para confirmar que la selección del motor es la correcta, se utiliza la hoja técnica de la cual se toma la siguiente información, potencia máxima y velocidad angular respectivamente:

$$W_{max} = 2,02 \text{ W}$$

$$v_1 = 6,98 \text{ rad/s}$$

Donde:

W_{max} potencia máxima del servomotor, en W.

v_1 velocidad angular del servomotor, en rad/s.

Se calcula la potencia necesaria a partir de (20).

$$W_{r1} = T_{f1} \cdot v_1 \tag{20}$$

Donde:

W_{r1} potencia real utilizada por motor de distribución, en W.

$$W = (3,40 \times 10^{-3}) \cdot 6,98$$

$$W = 0,023 \text{ W}$$

Por el resultado se puede confirmar que la selección del motor fue la indicada ya que sigue sin superar la potencia máxima definida por el fabricante.

Finalmente con los cálculos realizados se determina que empleará un servomotor HITEC HS-311, que es uno de los servomotores más utilizados debido a su precio y por su marca que ha sido bastante destacada en el mercado [24], se lo observa en la Figura 32.



Figura 32. Servo motor HITEC HS-311, [24].

Al ser un servomotor tiene un movimiento de 0° a 180° pero como todo servo se tiene la ventaja de poder modificarlo para que funcione continuamente. En la Tabla 8 se exponen sus técnicas más relevantes.

Tabla 8. Especificaciones técnicas de servomotor HITEC HS-311, [24].

Descripción	Características
Voltaje de operación	4,8 - 6,0 V
Rango máximo de torque	0,294 - 0,346 Nm
Velocidad	0,19 - 0,15 s/60
Corriente de operación sin carga	180 mA
Peso	43 g
Dimensiones	40 mm x 20 mm x 36,5 mm

Pieza de soporte del mecanismo de distribución

Para el mecanismo de distribución se diseñó la pieza de soporte, la cual está destinada para el ensamblaje de todas las piezas que conforman este módulo. Una de sus funciones es ser el soporte para mantener el motor que accionará el mecanismo, por lo que se ha diseñado de acuerdo a las dimensiones del servomotor HS-311. En la Figura 33 se muestra sus dimensiones generales.

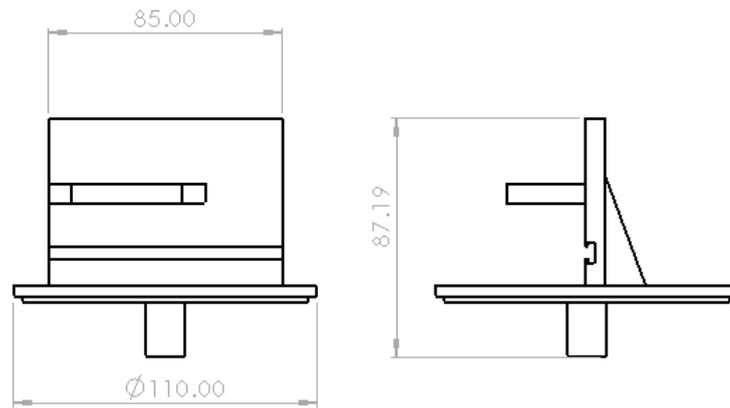


Figura 33. Pieza de soporte del mecanismo de distribución.

La parte crítica de esta pieza es la zona donde se acopla el servomotor, se realizó un análisis de cargas, considerando la masa del servomotor. Como resultado se obtuvo que mientras no se pase una carga de $1,28 \times 10^5$ Pa, la pieza no sufre ninguna deformación, se observa en la Figura 34.

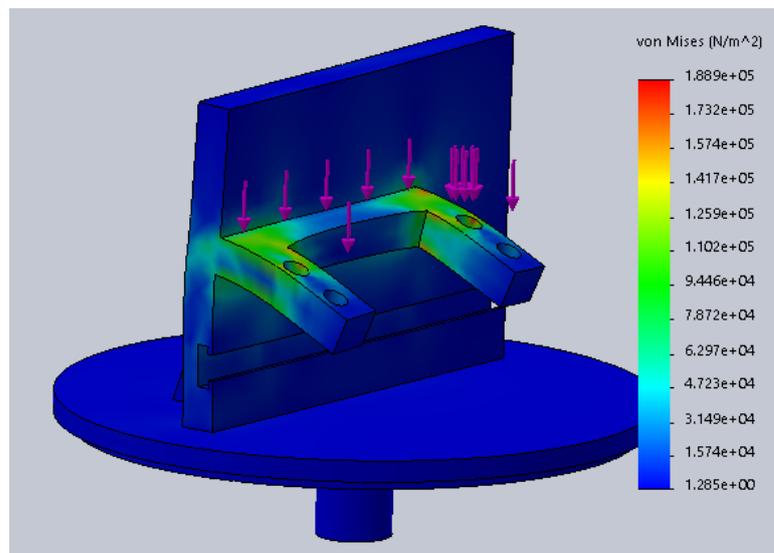


Figura 34. Análisis de cargas en pieza de soporte del mecanismo de distribución.

11.2. Dimensionamiento del módulo de ubicación

Para lograr todo el proceso de distribución de las pastillas fue necesario que se adapte un módulo de ubicación. En la Figura 35 se muestran sus partes.

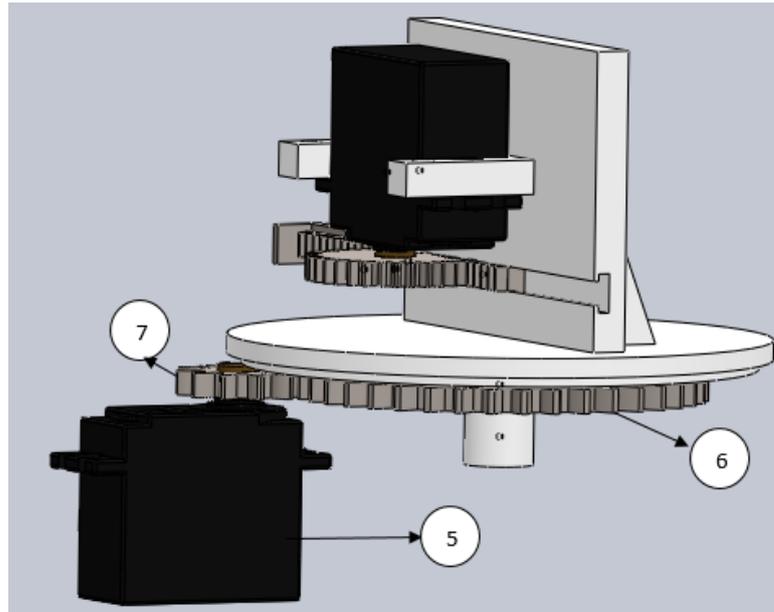


Figura 35. Partes módulo de ubicación.

- **5:** Motor del mecanismo de ubicación.
- **6:** Engranaje conducido del mecanismo de ubicación.
- **7:** Piñón conductor del mecanismo de ubicación.

Dimensionamiento motor de ubicación

Con el fin de economizar recursos se diseñó un mecanismo de tipo carrusel el cual utilice un único motor, que gire 360° y se vaya posicionando en el contenedor que sea seleccionado para expender la pastilla en horario definido por el usuario. Para lograr este movimiento se empleó un sistema de engranajes. Se calcula el torque del motor partir de (21).

$$T_1 = F_1 \cdot d_1 \quad (21)$$

Donde:

- T_1 torque del motor de ubicación, en Nm.
 F_1 carga aplicada en el módulo de ubicación, en N.
 d_1 distancia que ocupa módulo de ubicación, en m.

Se define d_1 como el espacio disponible para implementar el módulo de ubicación:

$$d_1 = 0,056 \text{ m}$$

Se requiere la carga aplicada en el módulo, la cual se determina por (22).

$$F_1 = m_u \cdot g \quad (22)$$

Donde:

m_u masa de todo el módulo de ubicación, en kg.

Este valor pudo ser obtenido después de implementar el módulo de distribución en el software Solidworks, donde al ensamblar todos sus componentes, a través de las propiedades físicas se obtiene la masa total del mismo.

$$m_u = 0,242 \text{ kg}$$

Se reemplaza los valores en (22), para determinar la carga aplicada en el módulo de ubicación.

$$F_1 = 0,242 \cdot 9,81$$

$$F_1 = 2,37 \text{ N}$$

Obtenidos estos valores se reemplaza en (21), donde se definió T_1 y se obtiene el torque requerido.

$$T_1 = 2,37 \cdot 0,056$$

$$T_1 = 0,132 \text{ Nm}$$

Se define el mismo factor de seguridad que se determinó en el dimensionamiento del engranaje de distribución, debido a que se utilizará el mismo material para todas las piezas. Añadiendo el factor de seguridad de diseño, se determina (23).

$$T_{f2} = T_1 \cdot N_s \quad (23)$$

Donde:

$$T_{f2} = 0,132 \cdot 1,5$$

$$T_{f2} = 0,199 \text{ Nm}$$

Con este resultado se selecciona nuevamente el servomotor HS-311 que sigue superando los requerimientos de torque según los cálculos. Es el más económico y aproximado en cuanto a características en el mercado. Se realiza la misma comprobación que en el sistema de distribución en cuanto a potencia máxima para identificar si sigue siendo apto el servomotor, entonces por (24):

$$W_{r2} = T_{f2} \cdot v_1 \quad (24)$$

Donde:

W_{r2} potencia real utilizada por el motor de ubicación, en W.

$$W_{r2} = 0,199 \cdot 6,98$$

$$W_{r2} = 1,39 \text{ W}$$

Se concluye que el servomotor HS-311 tiene la potencia necesaria para soportar el módulo de ubicación.

Dimensionamiento sistema de engranajes

Al conocer el motor que se va a utilizar se procede al diseño del mecanismo de engranajes, presenta dos elementos principales, uno conocido como piñón conductor y el otro que se denomina engranaje o rueda conducida. Este tipo de mecanismos se emplea para transmitir movimiento circular de un componente a otro. Se observa representación en la Figura 36.

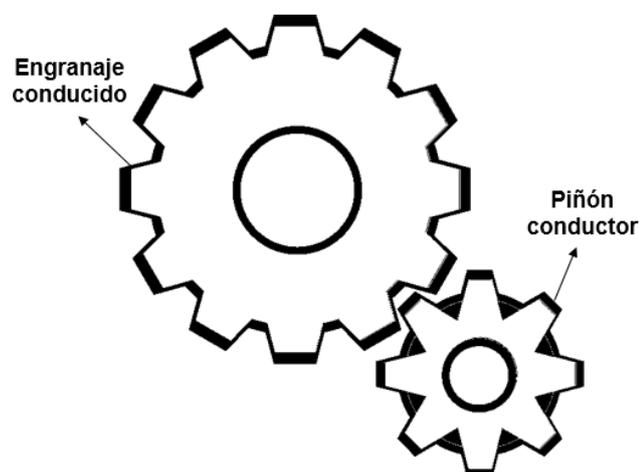


Figura 36. Representación sistema de engranajes

Para empezar el dimensionamiento es necesario determinar los requerimientos de este módulo. Como se indicó el motor de ubicación es el encargado de situar todo el módulo de distribución en la posición donde se encuentre el contenedor de pastillas seleccionado, por esto se define que no se necesita de una velocidad alta, mientras menos velocidad se tenga será mucho más fácil llegar a la posición exacta. Empleando (25) se determina la velocidad angular del motor en la salida.

$$v_1 \cdot Z_1 = v_2 \cdot Z_2 \quad (25)$$

Donde:

v_1 velocidad angular del servomotor, en rad/s.

v_2 velocidad angular del servomotor requerida a la salida, en rad/s.

Z_1 número de dientes del piñón conductor, adimensional.

Z_2 número de dientes del engranaje conducido, adimensional.

Se pueden determinar dos datos tentativos la velocidad angular que se necesita a la salida y el número de dientes del piñón conductor, a partir de los datos del servomotor seleccionado. Se define entonces, que se quiere reducir la velocidad de salida y el número de dientes para el piñón conductor respectivamente:

$$v_2 = 2 \text{ rad/s}$$

$$Z_1 = 12 \text{ dientes.}$$

Se despeja de (25), para obtener que Z_2 es:

$$Z_2 = \frac{v_1 \cdot Z_1}{v_2}$$

$$Z_2 = \frac{6,98 \cdot 12}{2}$$

$$Z_2 = 40,07 \text{ dientes.}$$

Se toma el valor más próximo al calculado, y se determina que:

$$Z_2 = 40 \text{ dientes.}$$

Conociendo todos estos datos, se determina la relación de transmisión por (26).

$$i = \frac{v_2}{v_1} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{dp_1}{dp_2} \quad (26)$$

Donde:

i relación de transmisión, adimensional.

dp_1 diámetro primitivo del piñón conductor, en mm.

dp_2 diámetro primitivo del engranaje conducido, en mm.

Reemplazando los valores en (26).

$$i = \frac{2}{6,98}$$

$$i = 0,3$$

Este resultado indica que cuando el engranaje conducido da 0,3 vueltas, el piñón conductor da una vuelta completa.

Desde (26), se toma un diámetro tentativo del piñón, y se despeja la ecuación para encontrar el valor de dp_2 .

$$dp_1 = 20 \text{ mm}$$

$$dp_2 = \frac{dp_1}{i}$$

$$dp_2 = \frac{20}{0,3}$$

$$dp_2 = 76,66 \text{ mm}$$

Conociendo el diámetro primitivo de los dos elementos, se procede a determinar las características requeridas para el diseño del piñón conductor y del engranaje conducido.

Siendo:

$$dp_1 = 20 \text{ mm}$$

$$dp_2 = 75 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 12 \text{ dientes.}$$

$$Z_2 = 40 \text{ dientes}$$

Con los datos indicados se plantea (27) para determinar el módulo del piñón conductor.

$$M_{pi} = \frac{dp_1}{Z_1} \quad (27)$$

Donde:

M_{pi} módulo del piñón conductor, en mm.

$$M_{pi} = \frac{20}{12}$$

$$M_{pi} = 1,66 \text{ mm}$$

Mientras que a partir de (28), se calcula el módulo del engranaje conducido.

$$M_{en} = \frac{dp_2}{Z_2} \quad (28)$$

Donde:

M_{en} módulo del engranaje conducido, en mm.

$$M_{en} = \frac{75}{40}$$

$$M_{en} = 1,87 \text{ mm}$$

Se recurre nuevamente a la Figura 30, y se selecciona el valor más aproximado a los módulos calculados, determinando así que:

$$M_{pi} = 1,58 \text{ mm}$$

$$p_{pi} = 5 \text{ mm}$$

$$M_{en} = 2 \text{ mm}$$

$$p_{en} = 6,28 \text{ mm}$$

Donde:

p_{pi} paso del piñón conductor, en mm.

p_{en} paso del engranaje conducido, en mm.

Se pasa a calcular la altura de los dientes de cada elemento. Partiendo de (29) se calcula

la altura del diente del piñón conductor.

$$h_1 = 2,25 \cdot M_{pi} \quad (29)$$

Donde:

h_1 altura del diente del piñón conductor, en mm.

Reemplazando valores:

$$h_1 = 2,25 \cdot 1,58$$

$$h_1 = 3,55 \text{ mm}$$

Empleando (30), se determina la altura del engranaje conducido.

$$h_2 = 2,25 \cdot M_{en} \quad (30)$$

Donde:

h_2 altura del diente del engranaje conducido, en mm.

Reemplazando valores:

$$h_2 = 2,25 \cdot 2$$

$$h_2 = 4,5 \text{ mm}$$

Ahora se define la altura de la cabeza de los dientes de los dos elementos. Empezando por (31).

$$hc_1 = M_{pi} \quad (31)$$

Donde:

hc_1 altura de la cabeza del diente del piñón conductor, en mm.

$$hc_1 = 1,58 \text{ mm}$$

Para el engranaje conducido, se determina con (32).

$$hc_2 = M_{en} \quad (32)$$

Donde:

hc_2 altura de la cabeza del diente del engranaje conducido, en mm.

$$hc_2 = 2 \text{ mm}$$

Otra característica a determinar es la altura de pie de diente, definida por (33)

$$hp_1 = 1,25 \cdot M_{pi} \quad (33)$$

Donde:

hp_1 altura del pie del diente del piñón conductor, en mm.

Se reemplaza los valores en (33), y se obtiene:

$$hp_1 = 1,25 \cdot 2$$

$$hp_1 = 1,97 \text{ [mm]}$$

Mientras que para el engranaje se determina por (34).

$$hp_2 = 1,25 \cdot M_{en} \quad (34)$$

Donde:

hp_2 altura del pie del diente del engranaje conducido, en mm.

Se reemplaza los valores en (34), y se obtiene:

$$hp_2 = 1,25 \cdot 2$$

$$hp_2 = 2,5 \text{ mm}$$

Después de determinar los parámetros de los dientes de cada elemento, se define los dos últimos diámetros, utilizando (35).

$$De_1 = dp_1 + 2 \cdot h_1 \quad (35)$$

Donde:

De_1 diámetro exterior del piñón conductor, en mm.

$$De_1 = 20 + 2 \cdot 3,55$$

$$De_1 = 27,1 \text{ mm}$$

Empleando (36), para el engranaje:

$$De_2 = dp_2 + 2 \cdot h_2 \quad (36)$$

Donde:

De_2 diámetro exterior del engranaje conducido, en mm.

$$De_2 = 75 + 2 \cdot 4,5$$

$$De_2 = 84 \text{ mm}$$

Se define el diámetro interior de los elementos, empezando por (37).

$$Di_1 = dp_1 - 2 \cdot hp_1 \quad (37)$$

Donde:

Di_1 diámetro interior del piñón conductor, en mm.

$$Di_1 = 20 - 2 \cdot 1,97$$

$$Di_1 = 16,06 \text{ mm}$$

Finalmente para el engranaje conducido, se determina por (38).

$$Di_2 = dp_2 - 2 \cdot hp_2 \quad (38)$$

Donde:

Di_2 diámetro interior del engranaje conducido, en mm.

$$Di_2 = 75 - 2 \cdot 2,5$$

$$Di_2 = 80 \text{ mm}$$

Se concluye con los cálculos realizados que se emplea un sistema de engranajes con reducción de velocidad para tener mayor control en el posicionamiento del módulo y se dimensiona tanto el piñón conductor con un diámetro primitivo de 20 mm y 12 dientes y un engranaje conducido con diámetro primitivo de 80 mm y 40 dientes para lograr esta relación de transmisión.

11.3. Dimensionamiento de módulo de expulsión

Al finalizar el proceso de distribución, las pastillas caen por un túnel de salida el cual desemboca en un cajón de expulsión. Se automatiza esta parte del mecanismo para que el cajón de expulsión se abra por sí solo para que las pastillas no se queden expuestas al exterior hasta que el usuario vaya por ellas e identificar si las mismas salieron del dispensador. Las partes del módulo de expulsión se muestran en la Figura 37.

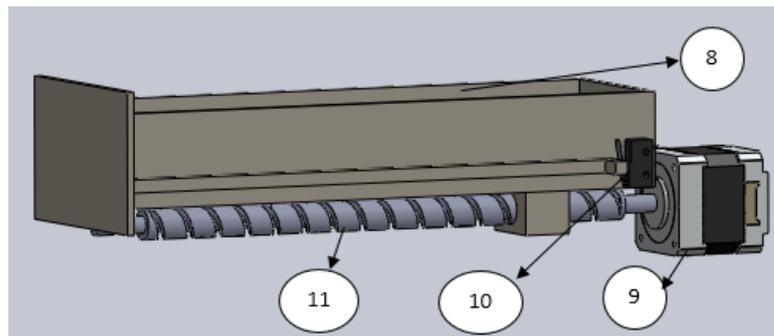


Figura 37. Partes del módulo de expulsión.

- **8:** Cajón de expulsión.
- **9:** Motor de módulo de expulsión.
- **10:** Sensor de contacto.
- **11:** Tornillo de potencia.

Dimensionamiento tornillo de potencia

El cajón de expulsión se diseña de tal manera que se abra y cierre automáticamente, por lo que es necesario el uso de un motor y de un mecanismo que genere un movimiento lineal, para esto se utiliza un tornillo de potencia. Los parámetros que lo definen se muestran en la Figura 38.

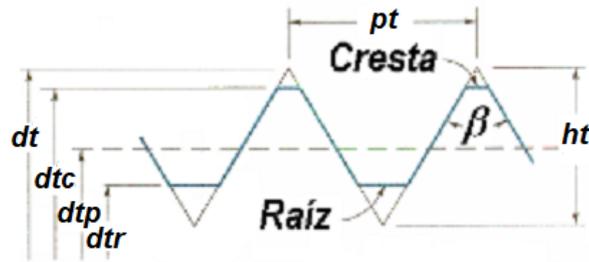


Figura 38. Parámetros de un tornillo de potencia, [25].

Donde:

- dt diámetro mayor, en mm.
 dct diámetro de cresta, en mm.
 dtp diámetro de paso, en mm.
 dtr diámetro de la raíz, en mm.
 ht altura más grande la rosca, en mm.
 β ángulo de la rosca, en $^{\circ}$.

La rosca que se utiliza para los tornillos de potencia es la rosca ACME [25], se caracteriza por tener un perfil de 29° . En la Figura 39, se exponen las características normalizadas de este tipo de rosca.

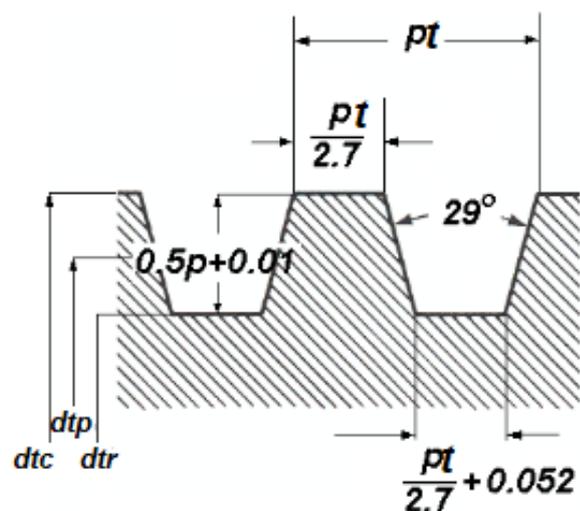


Figura 39. Partes módulo de expulsión, [25].

Al ser una rosca ACME, se tiene valores ya normalizados, en la Figura 40 se indica el

diámetro de la cresta, el número de roscas por pulgada, y las áreas de esfuerzo de tensión y compresión para este tipo de roscas.

Diámetro de cresta, d_{tc} , pul	Número de roscas por pulgada, N	Área del esfuerzo de tensión, A_t , pul ²	Áreas, de los esfuerzos cortantes, A_s , pul ²
1/4	16	0.02632	0.3355
5/16	14	0.04438	0.4344
3/8	12	0.06589	0.5276
7/16	12	0.09720	0.6396
1/2	10	0.1225	0.7278
5/8	8	0.1955	0.9180
3/4	6	0.2732	1.084
7/8	6	0.4003	1.313
1	5	0.5175	1.493
1 ¹ / ₈	5	0.6881	1.722
1 ¹ / ₄	5	0.8831	1.952
1 ³ / ₈	4	1.030	2.110
1 ¹ / ₂	4	1.266	2.341
1 ³ / ₄	4	1.811	2.803
2	4	2.454	3.262
2 ¹ / ₄	3	2.982	3.610
2 ¹ / ₂	3	3.802	4.075
2 ³ / ₄	3	4.711	4.538
3	2	5.181	4.757
3 ¹ / ₂	2	7.330	5.700
4	2	9.985	6.640
4 ¹ / ₂	2	12.972	7.577
5	2	16.351	8.511

Figura 40. Diámetro de cresta, número de rosca por pulgada y esfuerzo para roscas ACME, [25].

Con estas consideraciones, se selecciona un diámetro de cresta normalizado, al no requerir aumentar la potencia del mecanismo sino solo convertir el movimiento angular en movimiento lineal, y por dimensiones se elige:

$$d_{tc} = 1/4 \text{ plg}$$

Que equivale a:

$$d_{tc} = 6,35 \text{ mm}$$

Para proceder se determina el cálculo del paso del tornillo, empleando (39).

$$pt = \frac{1}{N} \quad (39)$$

Donde:

pt paso del tornillo, en mm .

N número de roscas por plg.

Reemplazando los valores que se obtuvieron de la Figura 37.

$$pt = \frac{1}{16}$$

$$pt = 0,062 \text{ plg}$$

Equivalente a:

$$pt = 1,574 \text{ mm}$$

Para determinar el tipo de rosca que posee el tornillo, se emplea (40).

$$l = pt \cdot N \quad (40)$$

Donde:

l avance del tornillo, en plg.

$$l = 0,062 \cdot 16$$

$$l = 1 \text{ plg}$$

Lo que determina que es un tornillo de rosca simple, [25].

Para determinar el diámetro de paso de rosca del tornillo, se emplea (41).

$$dtp_{11} = dtc - 0,5 \cdot pt - 0,254 \quad (41)$$

$$dtp_{11} = 6,35 - 0,5 \cdot 1,57 - 0,254$$

$$dtp_{11} = 5,31 \text{ mm}$$

El tornillo de potencia se mueve por la acción de un motor, para identificar cual motor es el indicado para este sistema, se realiza un cálculo de torque partiendo de (42).

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\pi \cdot dtp_{11}}\right) \quad (42)$$

Donde:

α ángulo de avance, en °.

Reemplazando en (42).

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\pi \cdot 5,31}\right)$$

$$\alpha = 3,43^\circ$$

Dimensionamiento motor de expulsión

Para seleccionar un motor, se hace un cálculo de torque, es necesario identificar el torque que posee el motor para mover todo el módulo. En la Figura 41, Figura 42 y Figura 43 se muestran las fuerzas presentes al mover una carga con un tornillo de potencia.

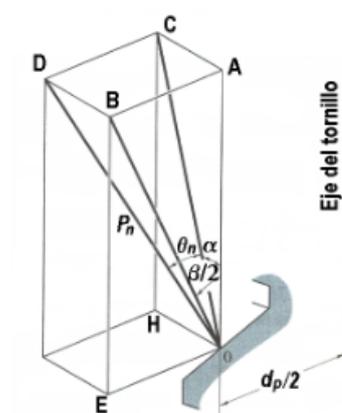


Figura 41. Fuerzas que actúan en el paralelepípedo, [25].

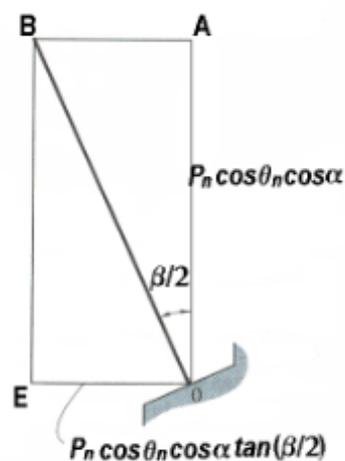


Figura 42. Fuerzas que actúan sobre la sección axial, [25].

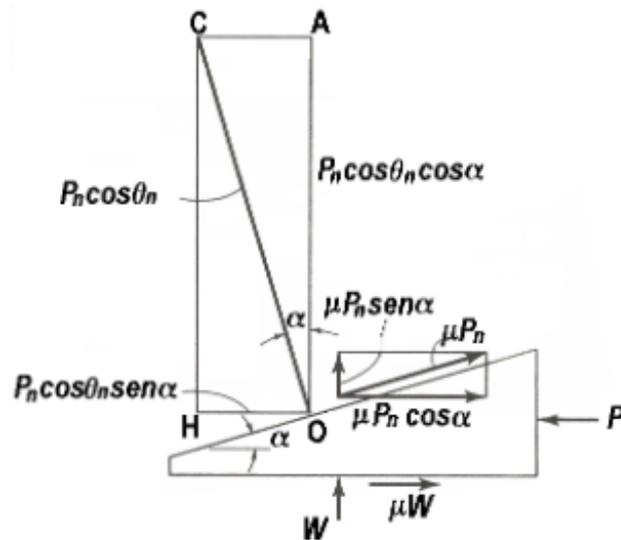


Figura 43. Fuerzas que actúan en el plano tangencial, [25].

Aplicando la geometría en la Figura 41 y Figura 42, [25], se obtiene (43).

$$\text{sen} \theta_n = \text{cos} \theta_n \cdot \text{cos} \alpha \cdot \text{tan} \beta / 2 \quad (43)$$

Donde:

θ_n ángulo que forman las cargas aplicadas, en °.

α ángulo de avance, en °.

β ángulo de rosca ACME, en °.

Despejando:

$$\theta_n = \text{tan}^{-1}(\text{cos} \alpha \cdot \text{tan} \beta / 2)$$

Reemplazando los valores que se tenían previamente:

$$\theta_n = \text{tan}^{-1}(\text{cos}(3,43)) \cdot \text{tan}(29/2)$$

$$\theta_n = 9,64^\circ$$

Se procede a calcular el torque determinado por (44).

$$T_e = F_e \cdot \left[\frac{dtp_{11}/2 \cdot (\text{cos} \theta_n \cdot \text{tan} \alpha + u)}{\text{cos} \theta_n - u \cdot \text{tan} \alpha} \right] \quad (44)$$

Donde:

T_e torque para mover la carga, en Nm.

F_e carga a mover con el tornillo sin fin, en N.

u coeficiente de rozamiento entre roscas, adimensional.

El coeficiente de rozamiento se define de acuerdo al material [26] , por que toma el valor de:

$$u = 0,25$$

Mientras que la carga a mover se la define después del diseño 3D en Solidworks por propiedades físicas se conoce la masa de los componentes, entonces F_e se determina por (45).

$$F_e = m_e \cdot g \quad (45)$$

Donde:

m_e masa de módulo de expulsión, en kg.

$$m_e = 0,61 \text{ kg}$$

$$F_e = 0,61 \cdot 9,81$$

$$F_e = 5,98 \text{ N}$$

Se obtiene el torque, reemplazando los valores:

$$T_e = 5,98 \cdot \left[\frac{(0,005331/2) \cdot (\cos(9,64)\tan(3,43 + 0,25))}{\cos(9,64) - 0,25 \cdot \tan(3,43)} \right]$$

$$T_e = 1,04 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

Esto indica que se necesita un motor con un torque mínimo de $1,04 \times 10^{-3} \text{ Nm}$ para que no haya inconvenientes en el funcionamiento. Finalmente, con los cálculos realizados se concluye que el motor seleccionado es un motor a pasos Nema 17 modelo HT17-268 por presentar un torque de 0,332 Nm, lo cual satisface las necesidades requeridas para mover todo el módulo de expulsión y aunque supere lo calculado es el modelo de motores Nema 17 con características más aproximadas.

El motor seleccionado, se observa en la Figura 44, es un NEMA 17, motor a pasos tipo bipolar, es utilizado en distintas aplicaciones de robótica, [27].



Figura 44. Motor a pasos NEMA 17, [27].

En la Tabla 9 se presentan sus principales características.

Tabla 9. Especificaciones técnicas de motor a pasos NEMA 17, [27].

Descripción	Características
Voltaje de operación	8 - 12 V
Torque	0,332 Nm
Corriente	0,95 A por bobinado
Resistencia	4,2 Ohm por bobina
Peso	208,65 g
Dimensiones	42,3 mm x 48 mm sin eje

Finalmente en la Tabla 10 se muestran los elementos dimensionados con sus características principales.

Tabla 10. Tabla resumen de elementos mecánicos dimensionados.

Descripción	Características
Cremallera	$d = 90$ mm
Engranaje	$Dp = 28,64$ mm, $z = 34$ dientes
Piñón conductor	$Dp_1 = 20$ mm, $Z_1 = 12$ dientes
Engranaje conducido	$Dp_2 = 75$ mm, $Z_2 = 40$ dientes
Servomotor HS-311	0,294 Nm
Nema 17	0,322 Nm
Material	PLA
Espesor material	3 mm

12. Diseño Electrónico del dispensador automático de pastillas

Para la automatización del dispensador de pastillas es necesario añadir ciertos elementos electrónicos que permitan su control, en la Figura 45 se muestra las entradas y salidas del sistema.

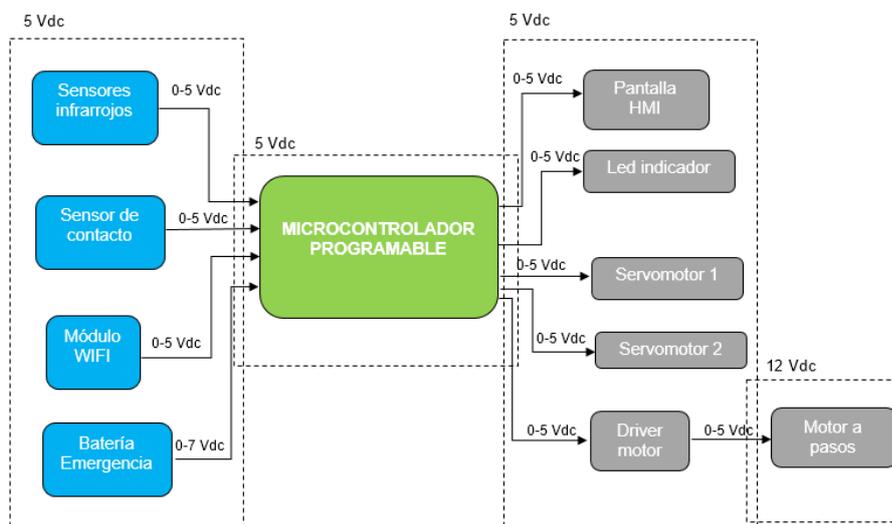


Figura 45. I/O del dispensador de pastillas.

En la Tabla 11 se presentan las entradas y salidas generales del dispensador de pastillas.

Tabla 11. Análisis de Entrada/Salida.

Entrada/Salida	Elemento	Señal	Cantidad
Entrada	Señal switch ON/OFF	Digital	2
Entrada	Señal switch de contacto	Digital	1
Entrada	Señal sensores infrarrojos	Digital	6
Salida	Led indicador de alertas	Digital	1
Salida	Conexión con HMI	Digital	1
Entrada/Salida	Conexión con módulo WiFi	Digital	1
Salida	Señal de activación de servomotores	Digital	2
Salida	Señal de activación driver A4988	Digital	1
Salida	Señal de activación motor a pasos	Digital	1
Salida	Señal de activación luz indicadora	Digital	1

12.1. Sensores de detección

Una de las principales actividades del dispositivo es el conteo y monitoreo de las pastillas, para esto es necesario sensores que logren estas actividades. Para la sección de

distribución de pastillas se requiere detectar cada vez que sale una pastilla de su contenedor, se decide utilizar un sensor en cada una de las salidas. Los sensores de proximidad y de ultrasonido fueron considerados los óptimos para esta aplicación, pero debido al tamaño de los ultrasonidos se optó por los sensores infrarrojos de proximidad. Las alternativas se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Alternativas para selección sensores infrarrojos

JSumo JS40F	CNY70	HC-SR505
Sensor de salida digital, presenta dimensiones de 17,7 mm x 11,5 mm x 12,6 mm, se alimenta con un voltaje de 5 V, no requiere de una placa adicional y su rango de trabajo va de 40 mm hasta 80 mm [28].	Sensor infrarrojo con un rango de trabajo de 0 a 10 mm. Posee un emisor que emite un haz de radiación infrarroja y un receptor que recibe este haz cuando ya ha chocado con alguna superficie. Tamaño 7 mm x 7 mm x 6 mm [29].	Es un mini módulo de sensor de movimiento, su pequeño tamaño lo hace bastante adaptable a las distintas aplicaciones, se caracteriza por tener una alta fiabilidad y estabilidad. Funcionamiento ultra pequeño y ultra-bajo voltaje [30].

A partir de las características generales se definió que el sensor que más se adapta a las necesidades es el HC-SR505, se muestra en la Figura 46, por su alta estabilidad y sensibilidad, tiene el tamaño adecuado para ser ubicado en la salida de cada contenedor sin afectar el diseño.

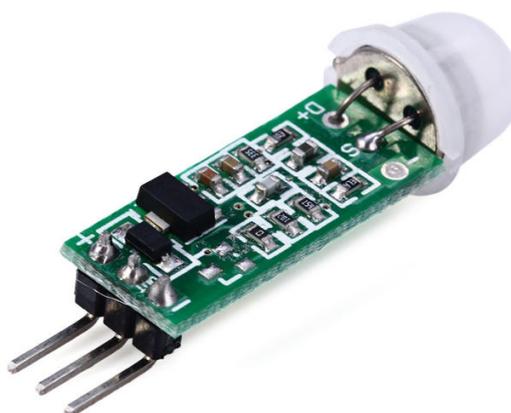


Figura 46. Sensor HC-SR505, [30].

En la Tabla 13 se muestran las técnicas principales.

Tabla 13. Especificaciones generales HC-SR505, [30].

Descripción	Características
Voltaje de funcionamiento	4,5-20 V
Nivel de salida	Alto 3,3V/Bajo 0 V
Dimensiones W x H	10 mm x 23 mm
Rango de trabajo	0 a 3 m
Corriente estática	60 uA

Posteriormente se presenta el mecanismo de expulsión que también cuenta con un sensor en la apertura del cajón, para este mecanismo se utilizará un sensor de contacto magnético, se observa en la Figura 47. Es el indicado para detectar cuando el cajón de expulsión se haya abierto para tomar las pastillas y se haya cerrado para que el dispositivo siga funcionando.



Figura 47. Sensor de contacto magnético MC-38, [31].

Su funcionamiento es bastante simple ya que actúa como un switch el cual puede ser conectado a las entradas digitales del microcontrolador [31], en la Tabla 14 se exponen las características del sensor de contacto magnético modelo MC-38.

Tabla 14. Especificaciones generales sensor de contacto MC-38, [31]

Descripción	Características
Principio de funcionamiento	Normalmente cerrado (NC)
Máximo voltaje	100 VDC
Máxima corriente	500 mA
Máxima potencia	10 W
Dimensiones	34 mm x 41 mm x 6,5 mm

12.2. Controlador A4988 para motor a pasos

Los motores seleccionados para el funcionamiento del dispensador son de dos tipos, servomotores y motores a paso. Para el control de los servomotores se lo realiza directamente con el microcontrolador de todo el sistema, a diferencia del motor a paso NEMA 17, su uso depende de un elemento electrónico conocido como driver. Este tipo de controladores se utilizan con el fin de facilitar el uso del motor a pasos con un microcontrolador, permite manejar los voltajes e intensidades y sirve como un sistema de protección para temperatura y corriente [32], se eligió el driver A4988, se presenta en la Figura 48.

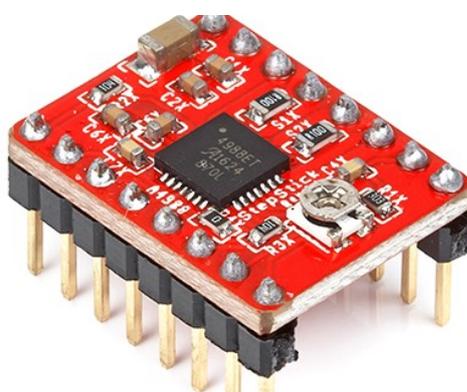


Figura 48. Controlador A4988, [32].

En la Tabla 15 se presentan sus especificaciones más relevantes.

Tabla 15. Especificaciones técnicas de controlador A4988, [32].

Descripción	Características
Voltaje de operación	3,3 - 5,5 V
Corriente máxima	2 A
Micropasos	16
Temperatura de operación	-20 - 85 °C
Diámetro de eje	5 mm x 5 mm x 0,9 mm

12.3. Módulo WiFi

El dispensador de pastillas automático se caracteriza por contar con una aplicación móvil para Android, siendo necesario tener una conexión entre el dispositivo y el celular. Para lograr lo mencionado se decide utilizar un módulo WiFi, específicamente el ESP8266 que se muestra en la Figura 49.

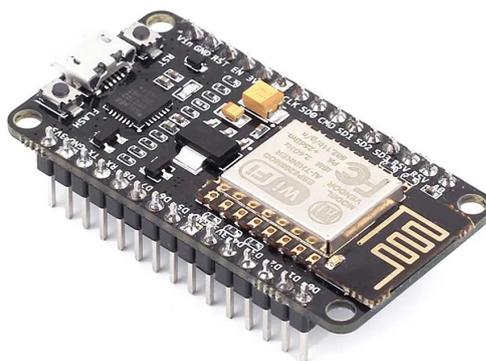


Figura 49. Módulo WiFi ESP8266, [33].

Este tipo de módulos permite que un microcontrolador pueda conectarse a cualquier red de internet, tiene distintas aplicaciones actualmente se lo emplea en domótica, control industrial wireless, detector de redes, entre otros [33]. En la Tabla 16 y Tabla 17 se exponen sus especificaciones en cuanto a hardware y características de WiFi.

Tabla 16. Especificaciones técnicas de hardware módulo ESP8266, [33].

Hardware	Características
Voltaje de operación	2,5 - 5,5 V
Corriente máxima operación	170 mA
Temperatura de operación	-40 °C - 125 °C
Modos de operación	Modo activo, modo dormido y modo sueño profundo

Tabla 17. Características de WiFi módulo ESP8266, [33].

WiFi	Características
Protocolo	802,11 b/g/n (HT20)
Rango de frecuencia	2,4 GHz 2,5 GHz (2400 MHz 2483,5 MHz)
TX Fuente	802,11 b: +20 dBm
Rx Sensibilidad	802,11 g: -75 dbm (54 Mbps)

12.4. HMI Nextion NX8048P070-011R-Y

El dispositivo cuenta con una pantalla que visualiza el estado de los contenedores de pastilla, y la información que ingresó el usuario en la aplicación móvil. Se seleccionó una pantalla para la interfaz humano máquina por su siglas en inglés HMI, por su tamaño ya que el uso del dispositivo esta orientado a usuarios de la tercera edad, se decide utilizar una pantalla de dimensiones suficientes para que la información reflejada se vea con facilidad

y que sea fácil de manipular. La HMI es un pantalla táctil de tipo resistivo de 7 " de marca Nextion, modelo NX8048P070-011R-Y [34], se la visualiza en la Figura 50.



Figura 50. HMI Nextion NX8048P070-011R-Y, [34].

Las características principales de la HMI NX8048P070-011R-Y se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Características de HMI NX8048P070-011R-Y, [34].

Descripción	Características
Voltaje de operación	4,5- 6,5 V
Corriente de operación	430 mA
Área visual	164,90 mm × 100,00 mm

12.5. Microcontrolador

Para controlar todo el dispensador de pastillas se requiere la elección de un microcontrolador que proporcione todas las características necesarias. Todos los elementos explicados anteriormente en este apartado trabajan en conjunto para lograr la automatización del dispensador de pastillas, y para cada uno de ellos se requiere de entradas/salidas de un microcontrolador. Por el número de elementos que se tiene se decidió utilizar un Arduino Mega, se observa en la Figura 51, posee 54 pines digitales, 16 entradas análogas y una entrada para alimentación de la placa [35].



Figura 51. Microcontrolador Arduino Mega, [35].

A continuación en la Tabla 19 se observan las características principales del microcontrolador.

Tabla 19. Especificaciones técnicas de Arduino Mega, [35].

Descripción	Características
Microcontrolador	Atmega2560
Voltaje de operación	5 V
Voltaje entrada (recomendado)	5 - 12 V
Corriente DC por cada pin I/O	40 mA
Pines digitales I/O	54 pines
Pines análogos de entrada	16 pines

12.6. Batería de emergencia

El dispensador automático de pastillas trabaja con un adaptador AC/DC para su funcionamiento, pero en caso de que haya un corte de energía y sea necesario la administración de medicamentos, tiene una batería de emergencia, la cual permitirá el funcionamiento del dispositivo durante un tiempo estimado. Para el cálculo de la batería es necesario conocer la corriente que consume el dispensador con todos sus elementos, para conocer la potencia máxima. En la Tabla 20 se muestra un listado de los elementos con su consumo de corriente.

Tabla 20. Consumo de corriente de elementos seleccionados.

Elemento	Cantidad	Corriente total	Voltaje alimentación
Sensores infrarrojos	6	0,36 mA	4,5 - 20 V
Servomotores	2	500 mA	4,8 - 6 V
Motor a pasos	1	1000 mA	8 - 12 V
Driver	1	500 mA	3,3 - 5,5 V
Módulo WiFi	1	80 mA	2,5 - 5,5 V
Microcontrolador	1	80 mA	5 - 12 V
HMI	1	430 mA	4,5 - 6,5 V

Se suman todas las corrientes de los elementos, y se define:

$$I_{max} = 2950,36$$

Donde:

I_{max} corriente de todo el sistema, en mA.

Si se la requiere en amperios:

$$I_{max1} = \frac{I_{max}}{1000}$$

$$I_{max1} = \frac{2950,36}{1000}$$

$$I_{max1} = 2,95 \text{ A}$$

El sistema aproximadamente tiene un consumo de 3 A.

Se determina la potencia máxima de consumo del sistema a partir de (46).

$$P_{max} = I_{max1} \cdot V_{max} \quad (46)$$

Donde:

P_{max} potencia máxima del sistema, en W.

V_{max} voltaje máximo del sistema, en V.

Se reemplazan los valores y se obtiene que:

$$P_{max} = 2,95 \cdot 12$$

$$P_{max} = 35,4 \text{ W}$$

Conociendo estas características se define que la batería apta para utilizar es una LiPo de 7,4 V y 5000 mAh [36], se muestra en la Figura 52, con el fin de que la autonomía de la batería sea como mínimo dos horas.



Figura 52. Batería LiPo de 7,4 V, [36].

En la Tabla 21 se presentan sus características principales.

Tabla 21. Especificaciones batería, [36].

Descripción	Características
Capacidad mínima	5000 mAh
Configuración	7,4 V/ 2 Celdas
Peso	310 g
Dimensiones	143 mm x 50 mm x 19 mm

La batería de 7,4 V seleccionada es capaz de alimentar el motor Nema 17 en caso de corte de energía, pero para los módulos electrónicos que poseen un voltaje de alimentación de 5 V se realiza un circuito regulador de voltaje con un diodo zener, como se muestra en la Figura 53, para limitar el voltaje hasta este valor con el fin de que no se produzca daño en ellos. Esto se calcula empleando (47).

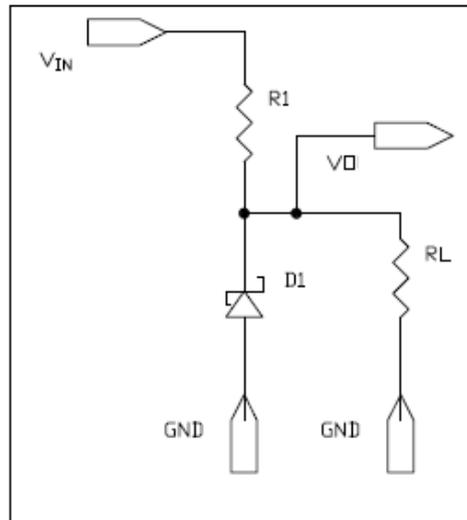


Figura 53. Circuito regulador de voltaje con diodo zener.

$$V_o = V_{in} \cdot \left(\frac{R_L}{R1 \cdot R_L} \right) \quad (47)$$

Donde:

V_o voltaje de salida requerido, en V.

V_{in} voltaje de batería, en V.

R_L carga del sistema, en ohm.

R_1 resistencia número 1 del regulador de voltaje, en V.

La carga del sistema R_L se la determina empleando (48).

$$R_L = \frac{V_{max}}{I_{max}} \quad (48)$$

Reemplazando os valores:

$$R_L = \frac{12}{3}$$

$$R_L = 4 \Omega$$

Los valores de voltaje de entrada y salida ya están definidos:

$$V_{in} = 7,4 \text{ V}$$

$$V_o = 5 \text{ V}$$

Con estos valores se puede determinar el valor de R_1 tomando el valor de resistencias en el mercado, en este caso se emplea:

$$R_1 = 1,5 \Omega$$

Reemplazando los valores en (47).

$$V_o = 7,4 \cdot \left(\frac{4}{1,5 \cdot 4} \right)$$

$$V_o = 5,3 \text{ V}$$

Obteniendo este V_o no se afecta al funcionamiento de ninguno de los módulos electrónicos. Finalmente para completar el circuito el diodo zener seleccionado es el 1N4733, [37], que limita el voltaje hasta 5,1 V. En la Figura 54 se muestra el diodo seleccionado.

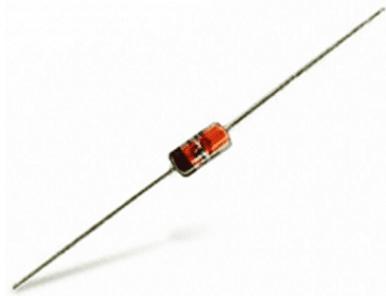


Figura 54. Diodo zener 1N4733, [37] .

Su información técnica principal se muestra en la Tabla 22

Tabla 22. Especificaciones de diodo zener 1N4733, [37].

Descripción	Características
Resistencia termica	110 ° C/W
Voltaje nominal zener	5,1 V
Corriente máxima	200 mA

12.7. Fuente de alimentación

Como se indicó en la sección 12.6, el voltaje de alimentación de los elementos electrónicos es de 5 V aproximadamente para todos, excepto para el motor Nema 17 que funciona con un voltaje mínimo de 8 V. Por este motivo se selecciona un adaptador de voltaje de 120 VAC/ 12 VDC con el fin de que permita el funcionamiento de todo el sistema. Es una fuente de alimentación de 12 V, 5 A, marca LEDMO, [38]. En la Figura 55 se muestra el adaptador.



Figura 55. Fuente de alimentación LEDMO 12, [38].

En la Tabla 23 se exponen su información técnica más relevante.

Tabla 23. Especificaciones adaptador LEDMO, [38].

Descripción	Características
Voltaje de entrada	120 / 240 VAC
Voltaje salida	12 VDC
Corriente máxima	5 mA
Protección térmica	Si
Protección sobretensión	Si

Como se mencionó el adaptador es a 12 V, pero al tener elementos que requieren un voltaje de alimentación a 5 V, es necesario recurrir a un regulador de voltaje con el fin de proporcionar este valor a los módulos electrónicos, para esto se decide utilizar un LM7805, se lo presenta en la Figura 56.

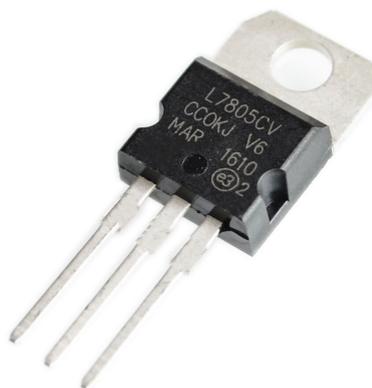


Figura 56. Regulador de voltaje LM7805, [39].

El regulador LM7805 es un elemento electrónico [39], que permite ingresar un voltaje, en este caso por el adaptador será de 12 V, y se obtendrá un voltaje de salida de 5 V, el cual será empleado para alimentar los módulos electrónicos. En la Tabla 24 se exponen sus características.

Tabla 24. Especificaciones de regulador LM7805, [39].

Descripción	Características
Voltaje máximo de entrada	35 V
Voltaje de salida	4,9 - 5,1 V
Temperatura de operación	25 °C

12.8. Interruptor encendido/apagado

Para encender y apagar el dispositivo se emplea un switch tipo ON/OFF, cuando esté cerrado permitirá el paso de voltaje desde la fuente de alimentación para así iniciar el funcionamiento del dispensador. Se selecciona el interruptor KCD1-1012 debido a que trabaja a 6 A, 250 V, [40]. En la Figura 57 se muestra el interruptor.



Figura 57. Interruptor KCD1-1012, [40].

En la Tabla 25 se exponen su información técnica general.

Tabla 25. Especificaciones del interruptor KCD1-1012, [40].

Descripción	Características
Voltaje máximo	250 V
Corriente máxima	6 A
Dimensiones	15 mm x 21 mm

12.9. Led de aviso

El dispensador automático tiene como función emitir alertas de dos tipos, para la alerta auditiva se ha seleccionado la HMI modelo NX8048P070-011R-Y, la cual permite reproducir sonidos por lo que no se necesita de un buzzer externo, mientras que para la alerta visual se ha seleccionado un diodo tipo LED de alta intensidad, el cual se muestra en la Figura 58.



Figura 58. Led rojo de alta intensidad, [41].

En la Tabla 26 se presenta su información más relevante.

Tabla 26. Especificaciones de led rojo de alta intensidad, [41].

Descripción	Características
Diámetro cápsula	5 mm
Corriente de alimentación	20 mA
Voltaje de alimentación	2,4 - 4 V

13. Desarrollo de la programación

Los elementos mecánicos y electrónicos se conjugan a través de la programación de ellos. El dispensador automático de pastillas es un dispositivo encargado de expender pastillas médicas automáticamente de acuerdo a los horarios que el usuario configura. Cuando el dispositivo dispensa la o la pastilla requerida se emite alertas tanto en el dispositivo, como en la aplicación móvil. En la Figura 59 se expone el flujograma para el control del dispensador de pastillas.

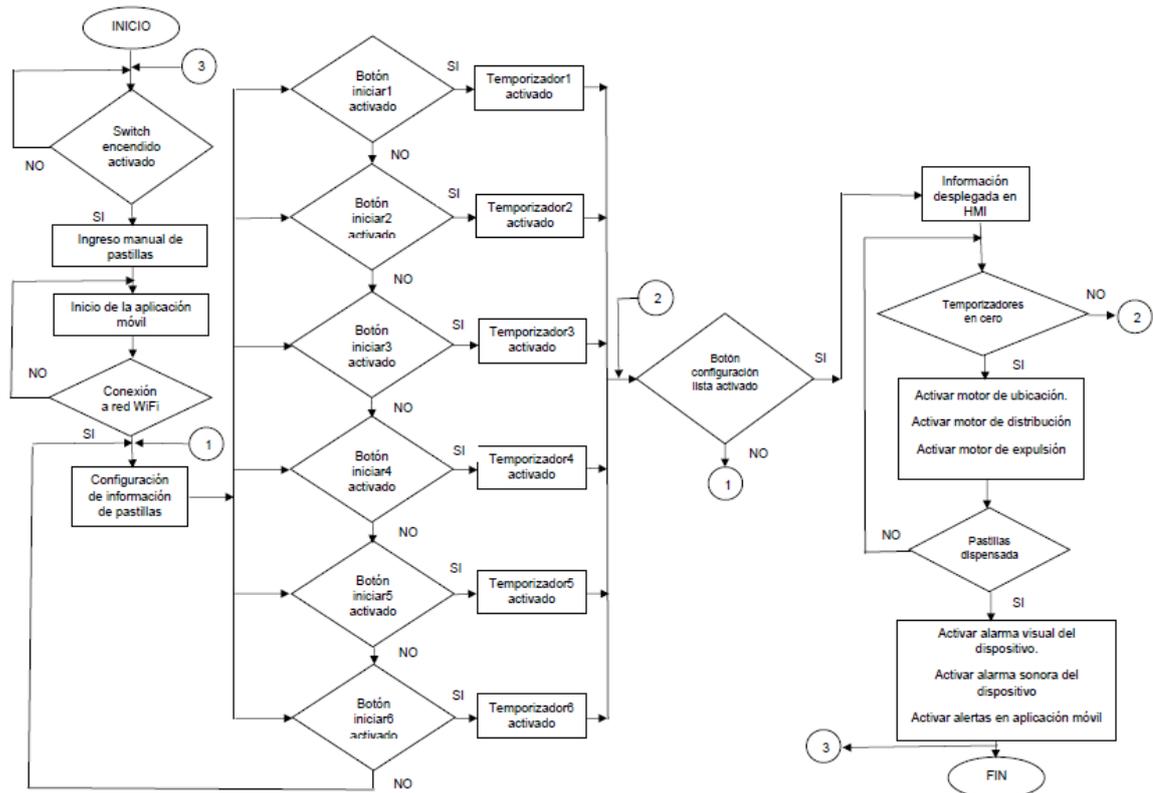
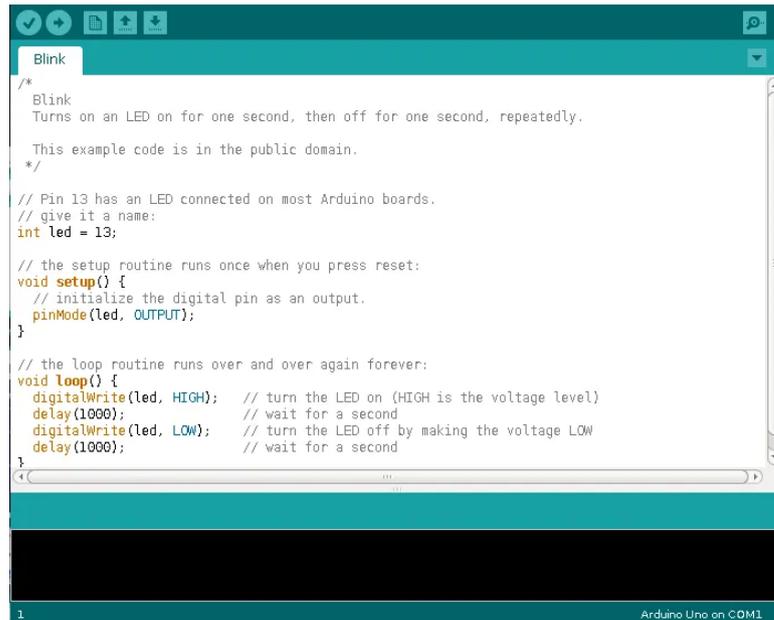


Figura 59. Flujograma de control del dispensador automático de pastillas.

La programación del sistema se realizó principalmente en tres softwares, Arduino IDE, Nextion IDE y MIT App Inventor.

13.1. Arduino IDE

Para implementar todo el proceso que se observó en el flujograma, y al tener como controlador Arduino Mega se utiliza Arduino IDE, que por sus siglas en inglés significa entorno de desarrollo integrado, para la programación general del dispensador automático. En este se realizó el control tanto para los motores de ubicación, distribución y expulsión, para todos los sensores de detección infrarroja, para el driver del motor de expulsión, módulo WiFi y para control de la HMI. En la Figura 60 se muestra el IDE de Arduino.



```

/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}

```

Figura 60. Arduino IDE, [35].

13.2. Nextion

La HMI seleccionada fue una pantalla táctil de marca Nextion, por lo que la configuración para su interfaz gráfica fue realizada en Nextion Editor. Para el funcionamiento del dispensador de pastillas se definió que eran necesarias dos pantallas. Para realizar la interfaz gráfica del dispositivo se tiene que seleccionar el modelo de la HMI, en la Figura 61 se muestra la pantalla de opciones.

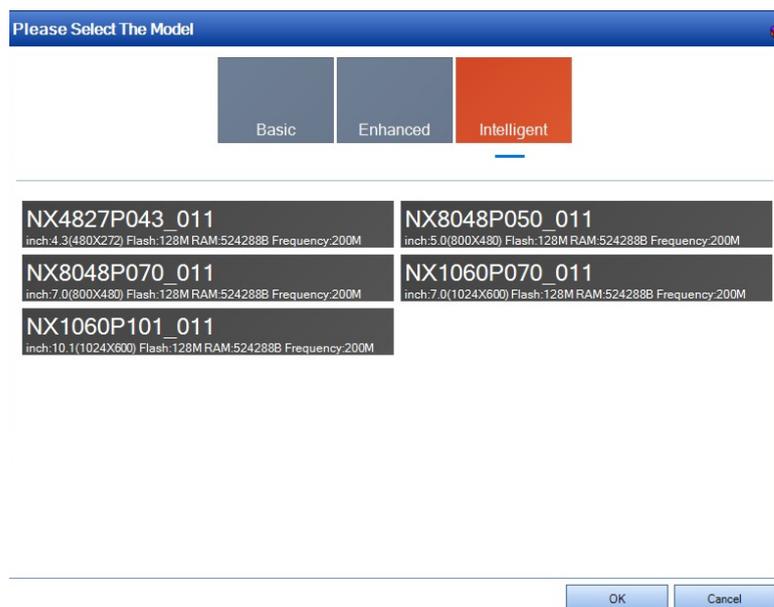


Figura 61. Pantalla de selección de modelo de HMI.

■ Pantalla de estado

Está destinada a exponer el estado en el que se encuentran los contenedores de pastillas, esta información viene proporcionada por la configuración que realiza el usuario en la aplicación móvil. A continuación se muestra la pantalla de estado en la Figura 62.

INFORMACIÓN DE DOSIS AL USUARIO							
CONTENEDOR	NOMBRE PASTILLA	PESO [mg]	P.INGRESADA	P.RESTANTES	ESTADO	DÍAS	HORAS
1	Ibuprofeno	12	18	16		3	4
2	Paracetamol	1111	15	13		5	8
3	Amoxicilina	120	24	22		6	6
4	Glucofage	500	10	9		10	24
5	Meloxicam	300	14	13		7	12
6	Aspirina	1000	15	14		5	8

Figura 62. Pantalla de estado de HMI del dispensador automático de pastillas.

■ Pantalla de horario

Con la información que el usuario configuró en la aplicación móvil se define la pantalla que se muestra en la Figura 63, se despliega en la HMI un horario semanal con las pastillas que se administran actualmente, para que se tenga una visualización general de todas las dosis.

HORARIO SEMANAL DE DOSIS							
HORA	MIÉRCOLES, 17/2	JUEVES, 18/2	VIERNES, 19/2	SÁBADO, 20/2	DOMINGO, 21/2	LUNES, 22/2	MARTES, 23/2
00:00 - 01:00		Aztromicina					
01:00 - 02:00		Aztromicina					
02:00 - 03:00		Aztromicina					
03:00 - 04:00		Aztromicina					
04:00 - 05:00		Aztromicina					
05:00 - 06:00		Aztromicina					
06:00 - 07:00		Aztromicina					
07:00 - 08:00		Aztromicina					
08:00 - 09:00		Aztromicina					
09:00 - 10:00	Aztromicina						
10:00 - 11:00	Aztromicina						
11:00 - 12:00	Aztromicina						
12:00 - 13:00	Aztromicina						
13:00 - 14:00	Aztromicina						
14:00 - 15:00	Aztromicina						
15:00 - 16:00	Aztromicina						

Figura 63. Pantalla de horario de HMI del dispensador automático de pastillas.

13.3. MIT App Inventor

La aplicación móvil se diseñó en la plataforma MIT App Inventor, que permite el diseño de aplicaciones móviles de una forma sencilla. Es importante conocer que consta de tres partes importantes para el desarrollo de apps.

Diseño de aplicación: es la parte donde se realiza la interfaz gráfica.

Editor de bloques: es donde se realiza la programación, la ventaja de MIT App Inventor es que la programación es mucho más visual a partir del uso de bloques.

Generador de la aplicación: esta plataforma permite generar y descargar una APK para que sea instalada en cualquier dispositivo móvil pero con sistema operativo Android.

Al ser una aplicación destinada a usuarios de la tercera la interfaz gráfica es bastante amigable, por lo que solicita los datos elementales para que su uso sea más fácil. Se se decidió diseñar dos pantallas:

■ Pantalla de instrucciones

En esta pantalla se muestran los pasos que debe seguir el usuario para la configuración de la información de pastillas en cada contenedor, se observa en la Figura 64.



Figura 64. Pantalla de instrucciones de aplicación móvil.

■ Pantalla de configuración

En la Figura 65 se expone la pantalla de configuración de la aplicación.

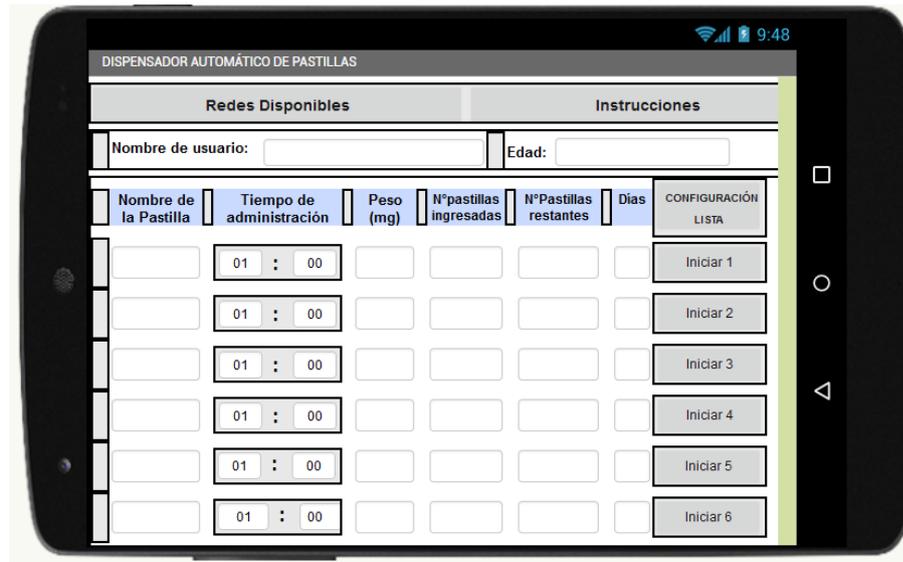


Figura 65. Pantalla de configuración de aplicación móvil.

El usuario debe insertar el nombre de las pastillas que ingresa en cada contenedor, el número de horas en el que debe administrarse la medicación nuevamente, el número de pastillas que ingresa al dispositivo, con un valor máximo de 24 pastillas, el peso en miligramos de la pastilla, número de días a tomar, hacer click en el botón de iniciar en los contenedores que se este utilizando y finalmente cuando se haya revisado que todo esta correcto aplastar el botón de configuración lista para que empiece a funcionar el dispositivo.

Cuando llegue la hora de tomar una pastilla, definida por los temporizadores programados, la pastilla saldrá del dispensador y se emitirá alertas en la aplicación móvil tanto de forma visual, como se observa en la Figura 66, y alerta auditiva.



Figura 66. Notificación de alerte de pastilla.

14. Funcionamiento del dispensador automático de pastillas

El dispensador automático posee una fuente de alimentación de 120 VAC, al ser conectado a la toma eléctrica el usuario procede a activar el interruptor de encendido y espera que se inicie el sistema.

El dispositivo cuenta con 6 contenedores diferentes para 3 tipos de pastillas, el usuario debe ingresar las mismas manualmente en cada uno de ellos con un máximo de 24 pastillas por contenedor.

Cuando se haya ingresado las pastillas necesarias se procede a la configuración del sistema en la aplicación móvil. Dentro de la app se establece la conexión WiFi, que vincula el celular con el dispositivo, se añade la información general del usuario, después se determina todos los datos acerca de las pastillas que se encuentran en el dispositivo, se aplasta el botón de "Iniciar" de cada contenedor y se aplasta el botón de "Configuración Lista" para terminar. Todo lo que el usuario ingresó en la aplicación móvil se refleja automáticamente en la pantalla HMI del dispositivo.

Al llegar la hora de tomar una o más pastillas, los motores del dispositivo se activan y realizan el proceso de distribución de las pastillas solicitadas, cada una de ellas sale de su contenedor, cae a la base de recolección para finalmente pasar al cajón de expulsión, cuando se haya completado este proceso se emite una alerta en la aplicación móvil, una

alerta sonora utilizando la HMI y una alerta visual con el LED indicador. Se abre el cajón de expulsión automáticamente y el usuario toma las pastillas dispensadas para empezar nuevamente el proceso.

Si por algún motivo se da un apagón eléctrico, el dispositivo cuenta con un interruptor para activar una batería de emergencia con una autonomía aproximada de dos horas máximo.

15. Conclusiones

- El dispensador automático de pastillas facilita la organización de pastillas a través de 6 contenedores con radios diferentes, se definió este diseño para clasificar el tipo de medicinas que se consume y para asegurar que la distribución de pastillas sea de acuerdo a lo que solicitó el usuario.
- El elaborar el dispensador de pastillas con PLA como material principal es una ventaja en cuanto a la elaboración de piezas. Al usar PLA para la impresión 3D evita que diseñador tenga que dibujar piezas por partes, es decir el diseñador puede realizar piezas mucho más complejas en el software 3D que se utilice y se las envía directamente a impresión, mientras que si se mecanizara las mismas se tendría un gasto por mano de obra y posiblemente no se deba diseñar las piezas con tanta complejidad para facilitar su mecanizado.
- Aunque en el mercado existe una amplia variedad de dispensadores de pastillas, generalmente presentan costos bastante elevados. Con el prototipo diseñado se ofrece un dispensador destinado únicamente para uso domestico para un control de dosis regulares de 6 tipos de pastillas, trabaja con una aplicación Android, desarrollada en MIT App Inventor y una interfaz diseñada en NEXTION, los cuales son de libre acceso, eso significa que en cuanto a programación no se destinó un presupuesto excesivo, haciendo que el desarrollo del prototipo requiera de menos recursos.
- El uso de MIT App Inventor para implementación de la app móvil es bastante significativa, ya que al ser una plataforma amigable, proporciona facilidad en cuanto a diseño por si en un futuro se requiere mejorar la aplicación se lo puede realizar modificando los bloques del programa.

- El uso de la HMI marca Nextion controlada por Arduino es una característica a destacar, generalmente las pantallas HMI son programadas por PLCs y se necesita de mayor espacio para su implementación pero la sencillez de conexión y librerías que ofrece Arduino para la programación de esta hace que sea una opción bastante viable para su uso en dispositivos portátiles como lo es el dispensador.
- El tener una batería de emergencia para el funcionamiento del dispensador es indispensable si se lo compara con dispositivos del mercado. A pesar de que no exista energía eléctrica con la batería implementada el usuario puede conocer sus dosis próximas y tomar las pastillas requeridas rápidamente hasta que se lo conecte de nuevo y funcione con normalidad.

16. Recomendaciones

- El diseño estético no debe ser tan complejo debido a que en la elaboración de planos, la acotación de las piezas se dificulta. A esto se suma que entre menos complejas sean las piezas el tiempo de impresión se reduce lo cual reduciría costos de manufactura.
- Sería factible que la abertura para la HMI sea adaptable para una mejora en cuanto a la pantalla, es decir que se la pueda cambiar por pantallas de mayores dimensiones con el fin de que el usuario visualice de mejor manera la interfaz.
- La batería podría ser dimensionada para una autonomía de 8-10 horas, ya que los dispositivos que actualmente se encuentran en el mercado ofrecen este tiempo, pero se debe considerar que esto afectaría directamente al costo del dispensador.
- Utilizar la menor cantidad de materiales tóxicos o corrosivos en el diseño del mecanismo con el fin de evitar contaminar las medicinas del usuario ya que el mismo las manipulara.
- El mantenimiento de las partes mecánicas del dispositivo se debe realizar regularmente, con el fin de garantizar que todo el proceso de distribución se este realizando

de manera adecuada. Es importante enfocarse en los engranajes que conforman el sistema ya que son los elementos mayormente expuestos a desgastes o daños.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diccionario de la lengua española, significados. [En línea]. Disponible: <https://dle.rae.es/c%C3%A1psula> [Fecha de consulta: Abril 2019]
- [2] Mejoras medibles en el manejo de medicamentos. [En línea]. Disponible: <https://aerosolms.com/collections/care-fusion> [Fecha de consulta: Agosto 2019]
- [3] Definición de dispensador. [En línea]. Disponible: <https://www.lexico.com/es/definicion/dispensador> [Fecha de consulta: Agosto 2019]
- [4] Dispensador de pastillas. [En línea]. Disponible: <https://medipense.com/es/dispensador-de-pastillas/> [Fecha de consulta: Julio 2019]
- [5] Aditivos y tecnología química. [En línea]. Disponible: <https://www.aditeq.com/> [Fecha de consulta: Enero 2021]
- [6] Organizadores de pastillas semanales. [En línea]. Disponible: <https://www.uplaiteck.com/> [Fecha de consulta: Enero 2021]
- [7] Dispensador y administrador automático de pastillas hero. [En línea]. Disponible: <https://herohealth.com/our-product> [Fecha de consulta: Octubre 2019]
- [8] S. Grifols International, "Pyxis, Sistemas de Dispensación automatizada," vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [9] Certus latam productos. [En línea]. Disponible: <https://www.certuslatam.com/product-page/accuro> [Fecha de consulta: Mayo 2019]
- [10] Lumma: Smart pill dispenser. [En línea]. Disponible: <https://www.kickstarter.com/projects/402921688/lumma-automated-medication-sorter-and-dispenser?ref=category> [Fecha de consulta: Octubre 2020]
- [11] P. Corporation. Livi dispensador características. [En línea]. Disponible: <https://www.liviathome.com/features> [Fecha de consulta: Septiembre 2019]

- [12] S. Grifols International, "El rpxense@hub como componente crítico de la residencia para personas mayores," vol. 1, no. 1, pp. 2–9, 2018.
- [13] U. S. Pharmacopeia., "Envases y conservación de medicamentos," vol. 1, no. 1, p. 1, 2020.
- [14] M. de Salud Pública del Ecuador., "Normativa técnica sanitaria de buenas prácticas de almacenamiento, distribución y/o transporte para establecimientos farmacéuticos y establecimientos de dispositivos médicos"," vol. 1, no. 1, p. 1, 2020.
- [15] P. C. Lasfuentes, "¿consumo de medicamentos en población adulta: influencia del auto-consumo.," vol. 1, no. 1, pp. 1–3, 2013.
- [16] Filamento pla. [En línea]. Disponible: <https://maquinasec.com/filamento-pla/> [Fecha de consulta: Septiembre 2020]
- [17] F. del KBE (Knowledge Based Engineering)., ".aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos"," vol. 1, no. 1, pp. 168–200, 2016.
- [18] F. J. Meza, ""modelo matemático de un motor dc"," vol. 1, no. 1, pp. 21–24, 2017.
- [19] A. Revista, "Elementos finales de control," vol. 4, no. 1, pp. 22–23, 2017.
- [20] C. Canto, "Motores de paso," vol. 1, no. 1, pp. 1–3, 2018.
- [21] Bagó, "Mesalazina 1,2 g," vol. 1, no. 1, pp. 1–2, 2010.
- [22] L. C. Rios, "Análisis y desarrollo de un programa de selección rápida de factores de seguridad, para diseño de elementos mecánicos." vol. 1, no. 1, pp. 255–260, 2017.
- [23] M. R. Carpio, "Ingeniería de los materiales plásticos," vol. 1, no. 1, pp. 10–12, 2017.
- [24] HITEC. Servomotor hs-311. [En línea]. Disponible: <https://hitecrd.com/products/servos/sport-servos/analog-sport-servos/hs-311/product/> [Fecha de consulta: Diciembre 2020]
- [25] C. F. Cordoba, "Cálculo de elementos de máquinas," vol. 1, no. 1, pp. 239–245, 2015.
- [26] G. Hamburg, "Coeficientes de rozamiento de materiales." vol. 1, no. 1, p. 68, 2015.

- [27] S. Electric, "Nema size 17," vol. 1, no. 1, pp. 1–2.
- [28] J. ultimate. Jsumo js40f. [En línea]. Disponible: <https://www.jsumo.com/js40f-digital-distance-sensor-min-40-cm-range> [Fecha de consulta: Diciembre 2020]
- [29] V. Telefunken, "Hoja técnica cny70," vol. 1, no. 1, pp. 1–3, 2018.
- [30] TruSens, "Hoja técnica hc-sr505," vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2016.
- [31] Electan. Detector magnético de apertura de puerta. [En línea]. Disponible: <https://www.electan.com/magnetic-door-switch-set-p-6465.html> [Fecha de consulta: Diciembre 2020]
- [32] T. Instrument. Drv8825. [En línea]. Disponible: <https://www.ti.com/product/DRV8825> [Fecha de consulta: Diciembre 2020]
- [33] E. Systems, "Hoja técnica esp8266," vol. 1, no. 1, pp. 2–7, 2020.
- [34] Nextion. Nx8048p070-011r. [En línea]. Disponible: <https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011r/> [Fecha de consulta: Enero 2021]
- [35] Arduino. Arduino mega. [En línea]. Disponible: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3> [Fecha de consulta: Diciembre 2020]
- [36] M. Corporation, "Hoja técnica lipo batería," vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2015.
- [37] J. H. diode Semiconductor Co. Hoja tecnica 1n4733. [En línea]. Disponible: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/950859/HDSEMI/1N4733A.html> [Fecha de consulta: Enero 2021]
- [38] LEDMO. Adaptador 12 v, 5 a. [En línea]. Disponible: <https://www.ledmo.com> [Fecha de consulta: Enero 2021]
- [39] T. Instruments. Adaptador 12 v, 5 a. [En línea]. Disponible: <https://www.ledmo.com> [Fecha de consulta: Enero 2021]

- [40] A. S. O. H. E. A. Cairns. Interruptor kcd1-1012. [En línea]. Disponible: <https://asiasell.com.au/pages/hobby-industrial-electronics> [Fecha de consulta: Enero 2021]



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**ANEXOS DEL DISEÑO DE UN DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE
PASTILLAS MÉDICAS CON EMISIÓN DE ALERTAS A TRAVÉS DE UNA
APLICACIÓN MÓVIL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

ROMINA PAOLA VÁSCONEZ BENAVIDEZ

DIRECTOR: GABRIELA MAGDALENA ANDALUZ ORTIZ, MSc.

D. M. Quito, 2021

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Desarrollo de la casa de la calidad

Anexo B: Hoja técnicas

Anexo C: Planos mecánicos

Anexo D: Planos electrónicos

Anexo E: Programación

Anexo A: Desarrollo casa de la calidad

1.1. Voz del usuario

La casa de la calidad es un método de análisis que considera los requerimientos del usuario, para convertirlas en un lenguaje de ingeniería, se compara parámetros principales con productos similares ya existentes con el fin de conocer la prioridad que se debe dar a cada factor durante el desarrollo del proyecto. En la Figura 1 se indica los requerimientos del usuario.

Tabla 1. Voz del usuario para dispensador de pastillas.

Ítem	Descripción voz del usuario
1	Difícil de romper
2	Dimensiones pequeñas
3	No sea muy pesado y lo pueda cargar una sola persona
4	Fácil de mover y ubicar de un lugar a otro.
5	Fácil de cambiar sus piezas y de arreglarlo si tiene daños.
6	Posea una pantalla en el dispositivo.
7	Dispositivo fácil de configurar
8	Emita una alerta que sea una luz en el dispositivo
9	Elaborada en partes para que pueda desarmarse
10	Aplicación en el celular fácil de utilizar
11	Agradable visualmente

Estos parámetros que solicita el usuario se convierten a especificaciones técnicas, a través de la voz del ingeniero, se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Voz del ingeniero para dispensador de pastillas.

Ítem	Descripción voz del ingeniero
1	Material resistente
2	Dimensiones estándar del mercado
3	Peso ligero y corto volumen.
4	Fácil movilidad
5	Fácil mantenimiento
6	HMI Integrada
7	Configuraciones y manejo amigable con el usuario
8	Indicadores LED integrados
9	Diseño modular
10	Interfaz simple en la aplicación móvil
11	Dispositivo estético
12	Cumplir con las normas de sanidad para almacenaje de medicamentos.
13	Costo estándar del mercado

En la Figura 1 se presenta la elaboración de la casa de la calidad, en donde se muestra todo el proceso para identificar que parámetros son los que tienen más peso para el diseño del dispensador automático.

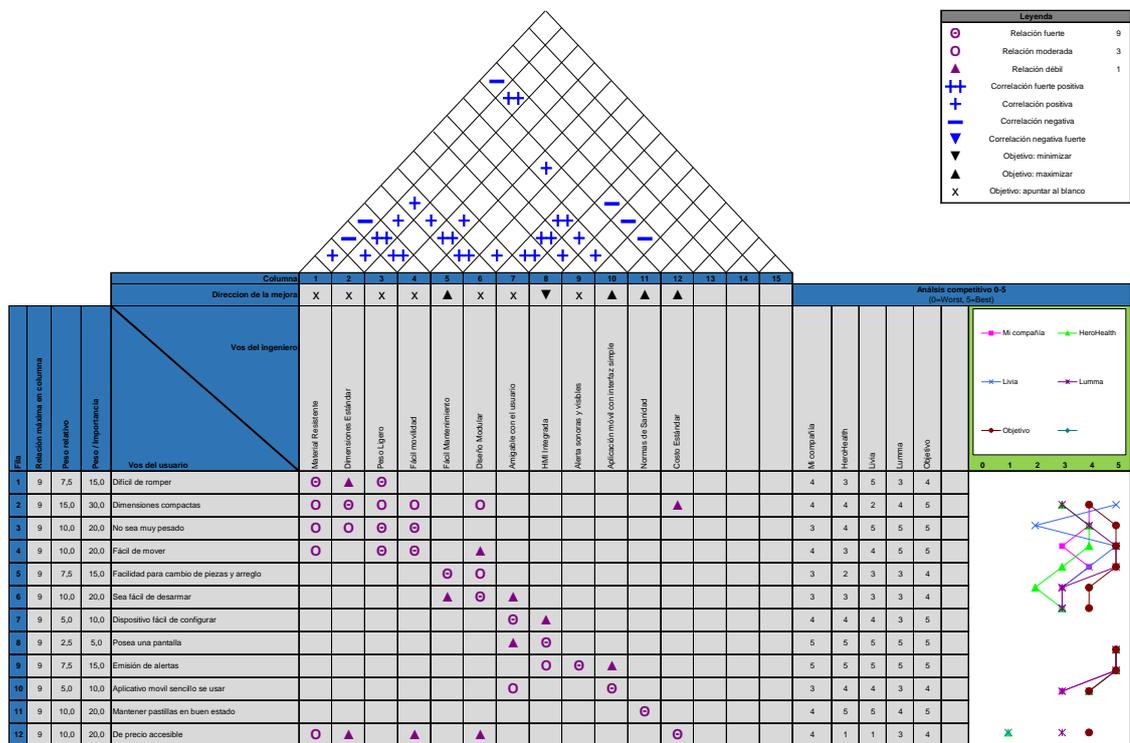


Figura 1. Casa de la calidad del dispensador de pastillas.

Los resultados obtenidos a partir de casa de la calidad, se muestran en la Figura 2, indican que existen parámetros que deben ser considerados para el diseño del dispensador automático, pero algunos de ellos son más críticos y presentan mayor relevancia. Como resultados se observa claramente que el dispositivo debe adaptarse a las medidas estándar, es decir debe encontrarse en el rango de dimensiones que presentan los dispositivos actualmente del mercado, también es necesario que el dispositivo tenga un peso ligero, fácil movilidad y de un material resistente por si se presenta alguna situación de daño o caída. Finalmente es importante tomar en cuenta que diseño debe ser modular, y que sus mecanismos no deben ser manipulados, las partes a las que el usuario tenga acceso deben ser de fácil manejo para el ingreso de medicamentos y mantenimiento del dispositivo.

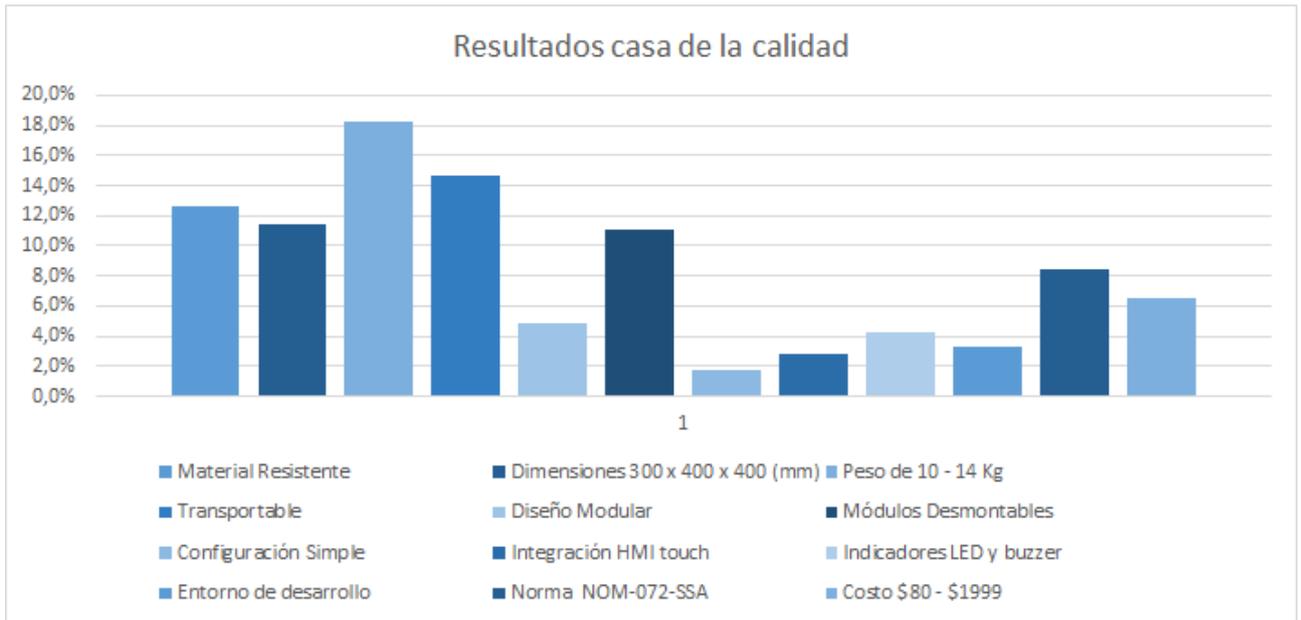


Figura 2. Resultados de la casa de la calidad del dispensador de pastillas.

Anexo B: Hojas técnicas

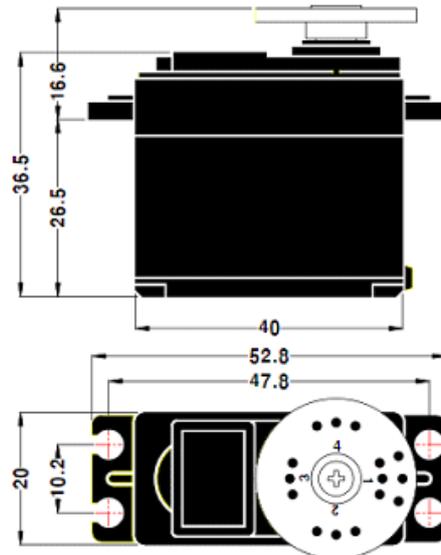
Servomotor HS-311

PREPARED BY JUN HEE, LEE
UPDATE: APR 01, 2002

ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-311 STANDARD SERVO

1. TECHNICAL VALUE

CONTROL SYSTEM	:+PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL	
OPERATING VOLTAGE RANGE	:4.8V TO 6.0V	
TEST VOLTAGE	:AT 4.8V	AT 6.0V
OPERATING SPEED	:0.19sec/60 AT NO LOAD	0.15sec/60 AT NO LOAD
STALL TORQUE	:3.0kg.cm(42oz.in)	3.5kg.cm(48.60oz.in)
IDLE CURRENT	:7.4mA AT STOPPED	7.7mA AT STOPPED
RUNNING CURRENT	:160mA/60 AT NO LOAD	180mA/60 AT NO LOAD
STALL CURRENT	:700mA	800mA
DEAD BAND WIDTH	:5usec	5usec
OPERATING TRAVEL	:40 /ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec	
DIRECTION	:CLOCK WISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec	
MOTOR TYPE	:CORED METAL BRUSH	
POTENTIOMETER TYPE	:4 SLIDER/DIRECT DRIVE	
AMPLIFIER TYPE	:ANALOG CONTROLLER & TRANSISTOR DRIVER	
DIMENSIONS	:40x20x36.5mm(1.57x0.78x1.43in)	
WEIGHT	:43g(1.51oz)	
BALL BEARING	:TOP/RESIN BUSHING	
GEAR MATERIAL	:RESIN	
HORN GEAR SPLINE	:24 SEGMENTS/ 5.76	
SPLINED HORNS	:SUPER/R-XA	
CONNECTOR WIRE LENGTH	:300mm(11.81in)	
CONNECTOR WIRE STRAND COUNTER	:40EA	
CONNECTOR WIRE GAUGE		



2. FEATURES

LONG LIFE POTENTIOMETER, TOP RESIN BUSHING

3. APPLICATIONS

AIRCRAFT 20-40 SIZE, STEERING AND THROTTLE SERVO FOR CARS, TRUCK AND BOATS

4. ACCESSORY & OPTION

CASE SET/ HS322T:1EA HS322M:1EA HS322L:1EA	GEAR SET/ HS322G1:1EA HS322G2:1EA HS322G3:1EA	HORN SET/ R-XA:1EA
---	--	-----------------------

Figura 3. Especificaciones técnicas de servomotor HS-311

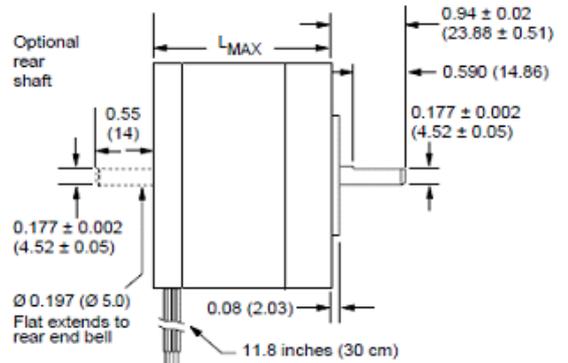
Motor a pasos Nema 17

Quick Reference NEMA size 17 1.8° 2-phase stepper motor

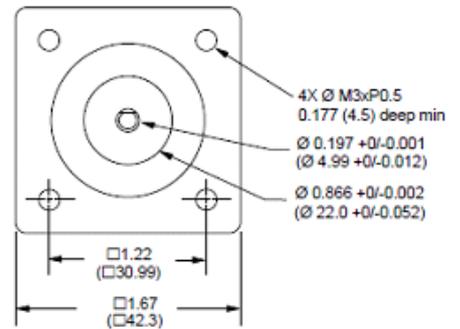


Mechanical Specifications

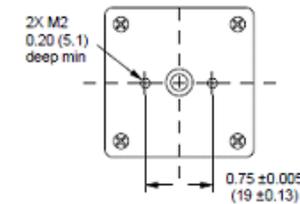
Dimensions in inches (mm)



FRONT VIEW



REAR VIEW (Reduced)



Motor stack length inches (mm)	Single	Double	Triple
LMAX	1.34 (34.0)	1.57 (40)	1.89 (48)



Notes and Warnings

Installation, configuration and maintenance must be carried out by qualified technicians only. You must have detailed information to be able to carry out this work.

- Unexpected dangers may be encountered when working with this product!
- Incorrect use may destroy this product and connected components!

For more information, go to www.inshome.com

Specifications

1.5 Amp motors		Single length	Double length	Triple length
Part number		M-1713-1.5 • (1)	M-1715-1.5 • (1)	M-1719-1.5 • (1)
Holding torque	oz-in	32	60	75
	N-cm	23	42	53
Detent torque	oz-in	1.7	2.1	3.5
	N-cm	1.2	1.5	2.5
Rotor inertia	oz-in-sec ²	0.000538	0.0008037	0.0011562
	kg-cm ²	0.038	0.057	0.082
Weight	oz	7.4	8.1	12.7
	grams	210	230	380
Phase current	amps	1.5	1.5	1.5
Phase resistance	ohms	1.3	2.1	2.0
Phase inductance	mH	2.1	5.0	3.85

(1) Indicate S for single-shaft or D for double-shaft. Example M-1713-1.5S

Wiring and Connections

Signals and wire colors	
Phase A	Red
Phase /A	Blue
Phase B	Green
Phase /B	Black

Part Numbers

Example:	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
Stepper motor frame size	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
M-17 = NEMA 17 (1.7"/42 mm)	
Motor length	M - 1 7 1 3 1 . 5 S
13 - = single stack	
15 - = double stack	
19 - = triple stack	
Phase current	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
1.5 = 1.5 Amps	
Shaft	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
S = single, front shaft only	
D = double, front and rear shafts	
Optional optical encoder (1)	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 E S 1 0 0
ES = Single-end	
ED = Differential	

Figura 4. Especificaciones técnicas de motor a pasos Nema 17.

Módulo WiFi ESP8266

Table 1-1. Specifications

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)
	Frequency Range	2.4 GHz – 2.5 GHz (2400 MHz – 2483.6 MHz)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	2.5 V – 3.6 V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40 °C – 125 °C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
External Interface	-	
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/Tkip/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

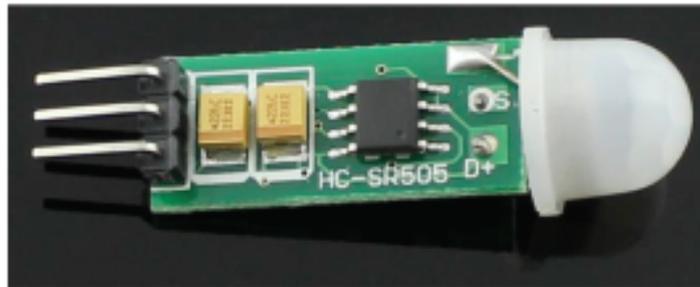
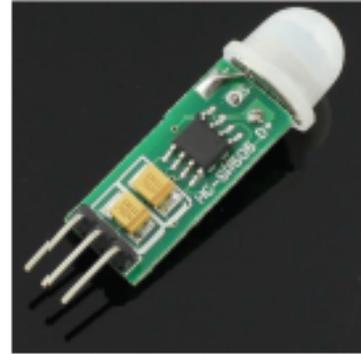
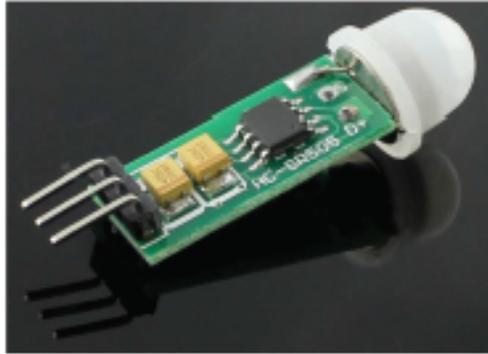
Figura 5. Especificaciones técnicas de módulo WiFi ESP8622.

Sensor infrarrojo HC-SR505



PIR Motion Module HC-SR505

Order code: 78-4110



Product Specification

Operating voltage range: DC4.5-20V

Quiescent Current: <60uA

Level output: High 3.3V / Low 0V

Trigger: reusable trigger (default)

Delay Time: The default 8S + -30%

Board Dimensions: 10 * 23mm

Induction angle: <100 degrees cone angle

Sensing distance: 3 meters

Working temperature: -20 to +80 degrees

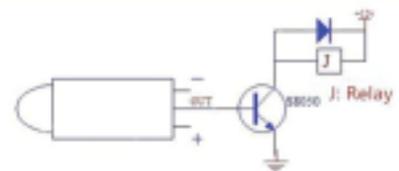
Sensor Lens Dimensions: Diameter 10mm

1.Interface



2.DC Load

Project 1



3.DC Load

Project 2



Figura 6. Especificaciones técnicas del sensor HC-SR505.



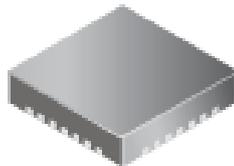
DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection

Features and Benefits

- Low $R_{DS(ON)}$ outputs
- Automatic current decay mode detection/selection
- Mixed and Slow current decay modes
- Synchronous rectification for low power dissipation
- Internal UVLO
- Crossover-current protection
- 3.3 and 5 V compatible logic supply
- Thermal shutdown circuitry
- Short-to-ground protection
- Shorted load protection
- Five selectable step modes: full, $1/2$, $1/4$, $1/8$, and $1/16$

Package:

28-contact QFN
with exposed thermal pad
5 mm × 5 mm × 0.90 mm
(ET package)



Approximate size

Description

The A4988 is a complete microstepping motor driver with built-in translator for easy operation. It is designed to operate bipolar stepper motors in full-, half-, quarter-, eighth-, and sixteenth-step modes, with an output drive capacity of up to 33 V and ≈ 2 A. The A4988 includes a fixed off-time current regulator which has the ability to operate in Slow or Mixed decay modes.

The translator is the key to the easy implementation of the A4988. Simply inputting one pulse on the STEP input drives the motor one microstep. There are no phase sequence tables, high frequency control lines, or complex interfaces to program. The A4988 interface is an ideal fit for applications where a complex microprocessor is unavailable or is overburdened.

During stepping operation, the chopping control in the A4988 automatically selects the current decay mode, Slow or Mixed. In Mixed decay mode, the device is set initially to a fast decay for a proportion of the fixed off-time, then to a slow decay for the remainder of the off-time. Mixed decay current control results in reduced audible motor noise, increased step accuracy, and reduced power dissipation.

Continued on the next page ...

Typical Application Diagram

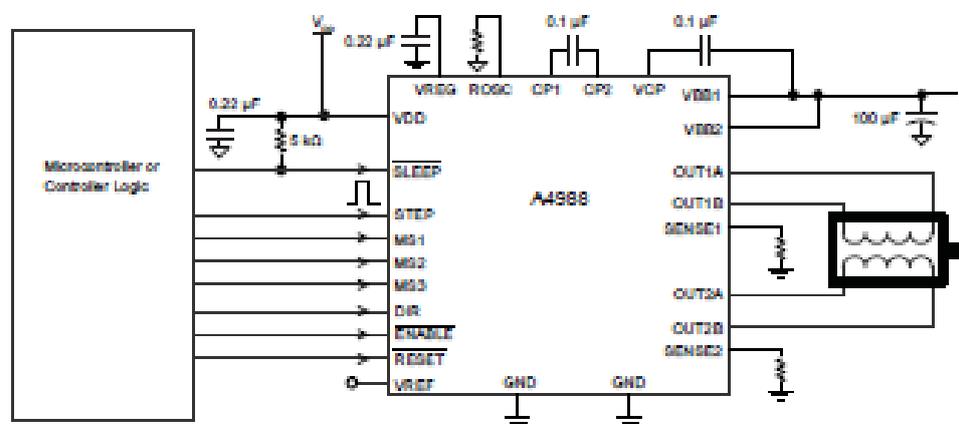


Figura 7. Pines de conexión driver A4988.

Driver motor A4988

A4988

DMOS Microstepping Driver with Translator and Overcurrent Protection

ELECTRICAL CHARACTERISTICS¹ at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{BB} = 35\text{ V}$ (unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ. ²	Max.	Units
Output Drivers						
Load Supply Voltage Range	V_{BB}	Operating	8	–	35	V
Logic Supply Voltage Range	V_{DD}	Operating	3.0	–	5.5	V
Output On Resistance	$R_{DS(ON)}$	Source Driver, $I_{OUT} = -1.5\text{ A}$	–	320	430	m Ω
		Sink Driver, $I_{OUT} = 1.5\text{ A}$	–	320	430	m Ω
Body Diode Forward Voltage	V_F	Source Diode, $I_F = -1.5\text{ A}$	–	–	1.2	V
		Sink Diode, $I_F = 1.5\text{ A}$	–	–	1.2	V
Motor Supply Current	I_{BB}	$f_{PWM} < 50\text{ kHz}$	–	–	4	mA
		Operating, outputs disabled	–	–	2	mA
Logic Supply Current	I_{DD}	$f_{PWM} < 50\text{ kHz}$	–	–	8	mA
		Outputs off	–	–	5	mA
Control Logic						
Logic Input Voltage	$V_{IN(1)}$		$V_{DD} \times 0.7$	–	–	V
	$V_{IN(2)}$		–	–	$V_{DD} \times 0.3$	V
Logic Input Current	$I_{IN(1)}$	$V_{IN} = V_{DD} \times 0.7$	–20	<1.0	20	μA
	$I_{IN(2)}$	$V_{IN} = V_{DD} \times 0.3$	–20	<1.0	20	μA
Microstep Select	R_{MS1}	MS1 pin	–	100	–	k Ω
	R_{MS2}	MS2 pin	–	50	–	k Ω
	R_{MS3}	MS3 pin	–	100	–	k Ω
Logic Input Hysteresis	$V_{HYS(IN)}$	As a % of V_{DD}	5	11	19	%
Blank Time	t_{BLANK}		0.7	1	1.3	μs
Fixed Off-Time	t_{OFF}	OSC = VDD or GND	20	30	40	μs
		$R_{OSC} = 25\text{ k}\Omega$	23	30	37	μs
Reference Input Voltage Range	V_{REF}		0	–	4	V
Reference Input Current	I_{REF}		–3	0	3	μA
Current Trip-Level Error ³	err_i	$V_{REF} = 2\text{ V}$, % $_{TripsMAX} = 38.27\%$	–	–	± 15	%
		$V_{REF} = 2\text{ V}$, % $_{TripsMAX} = 70.71\%$	–	–	± 5	%
		$V_{REF} = 2\text{ V}$, % $_{TripsMAX} = 100.00\%$	–	–	± 5	%
Crossover Dead Time	t_{DT}		100	475	800	ns
Protection						
Overcurrent Protection Threshold	I_{OCPST}		2.1	–	–	A
Thermal Shutdown Temperature	T_{TSD}		–	165	–	$^\circ\text{C}$
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{TSDHYS}		–	15	–	$^\circ\text{C}$
VDD Undervoltage Lockout	V_{DDUVLO}	V_{DD} rising	2.7	2.8	2.9	V
VDD Undervoltage Hysteresis	$V_{DDUVLOHYS}$		–	90	–	mV

¹For input and output current specifications, negative current is defined as coming out of (sourcing) the specified device pin.

²Typical data are for initial design estimations only, and assume optimum manufacturing and application conditions. Performance may vary for individual units, within the specified maximum and minimum limits.

³ $V_{ERR} = [(V_{REF}/8) - V_{SDHYS}] / (V_{REF}/8)$.

Figura 8. Especificaciones técnicas driver A4988.

Batería LiPo 7.4 V- 5000 mAh



Lithium Polymer Battery Safety Data Sheet

Version: 2.9

SECTION 1. Product and Company Identification

Product Name	: Li-Polymer Battery
Synonyms	: LiPo – [See APPENDIX A]
Use of the substance/preparation	: Lithium polymer rechargeable cells
Company identification	: Vertical Partners West 14028 North Ohio Street Rathdrum, ID 83858
Telephone number for information	: 1-800-705-0620 (USA)
24 hour emergency contact	: Chemtrec 1-800-424-9300

SECTION 2. Hazards Identification

2.1. OSHA Regulatory Status

The batteries are hermetically sealed articles under normal conditions of use. The products referenced herein are exempt articles and are not subject to OSHA's Hazard Communication Standard requirements for preparation of safety data sheets. This information is provided as a service to our customers.

2.2. Potential health effects

Lithium cobalt oxide: Odorless blue-black powder - cobalt and cobalt compounds are considered to be possible human carcinogens. By International Agency for Research on Cancer (IARC): May irritate eyes, skin, nose, throat and respiratory system and may cause allergic skin sensitization.

SECTION: 3. Composition/Information on Ingredients

Name	CAS number	%
Carbon (C)	133-86-4	10-25
Lithium-polymer Cobalt Oxide (LCoO ₂)	12057-24-8 1308-04-9	20-40
Lithium-Polymer Hexafluorophosphate (LiPF ₆)	21340-40-3	1.4
Organic Carbonates (EC/EMC/DEC)	N/A	8-18
Polyvinylidene Fluoride (PVDF)	24937-79-9	1-5
PP+PE	9003-07-0 9002-8804	4-6
Copper (Cu)	7440-50-8	15-30
Aluminum (Al)	7429-50-5	10-20
Nickel	7440-02-0	0.5-1

Figura 9. Especificaciones técnicas batería LiPo 7.4 V- 5000 mAh.

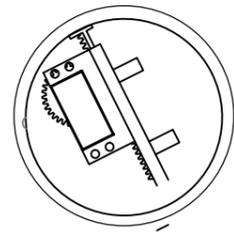
Micontrolador Arduino Mega 2560



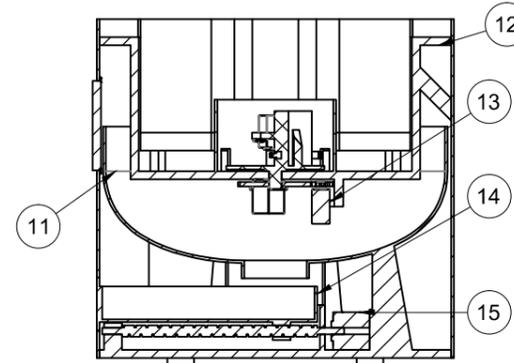
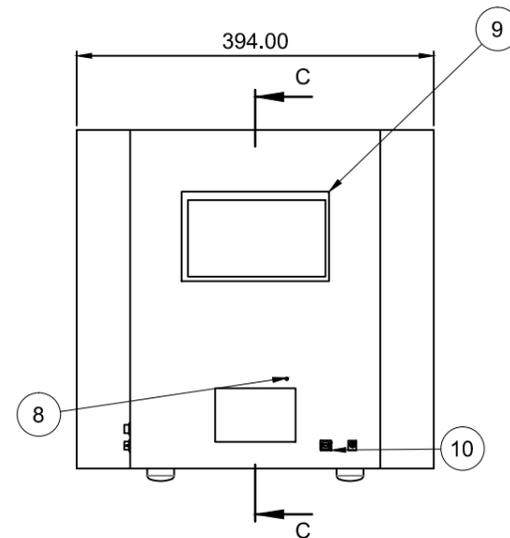
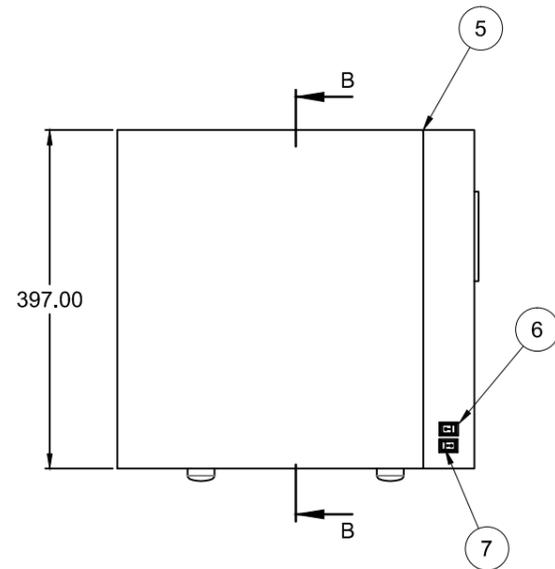
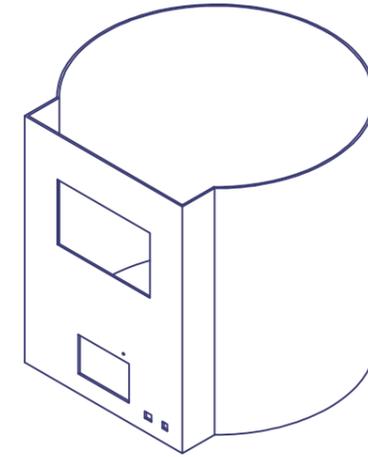
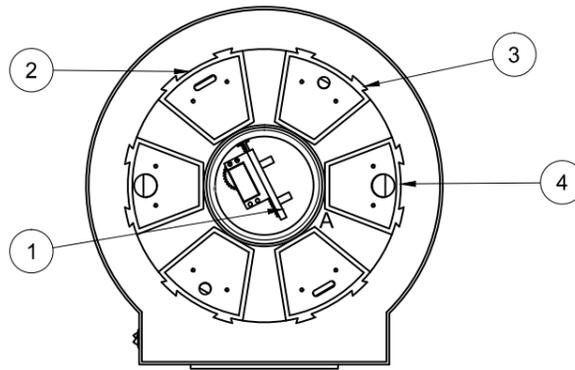
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Figura 10. Especificaciones técnicas Arduino Mega 2560.

Anexo C: Planos mecánicos

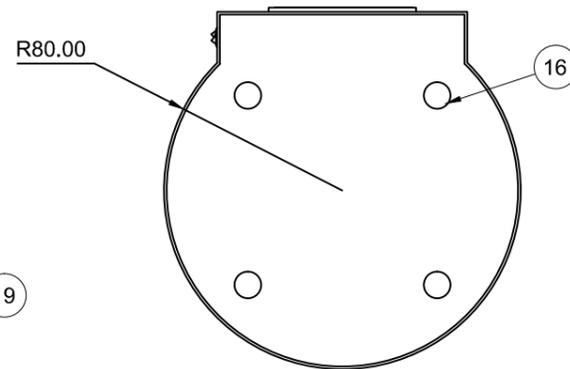
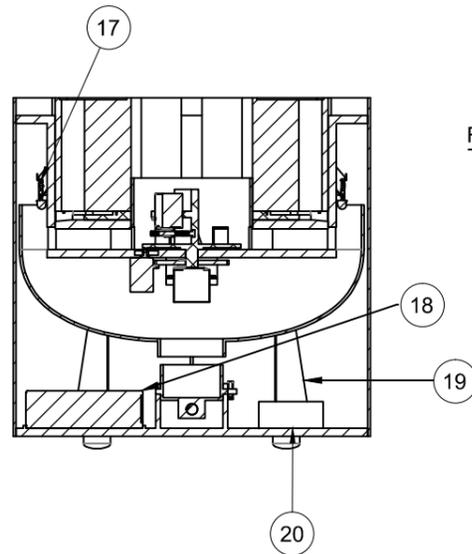


DETALLE A
ESCALA 2 : 5



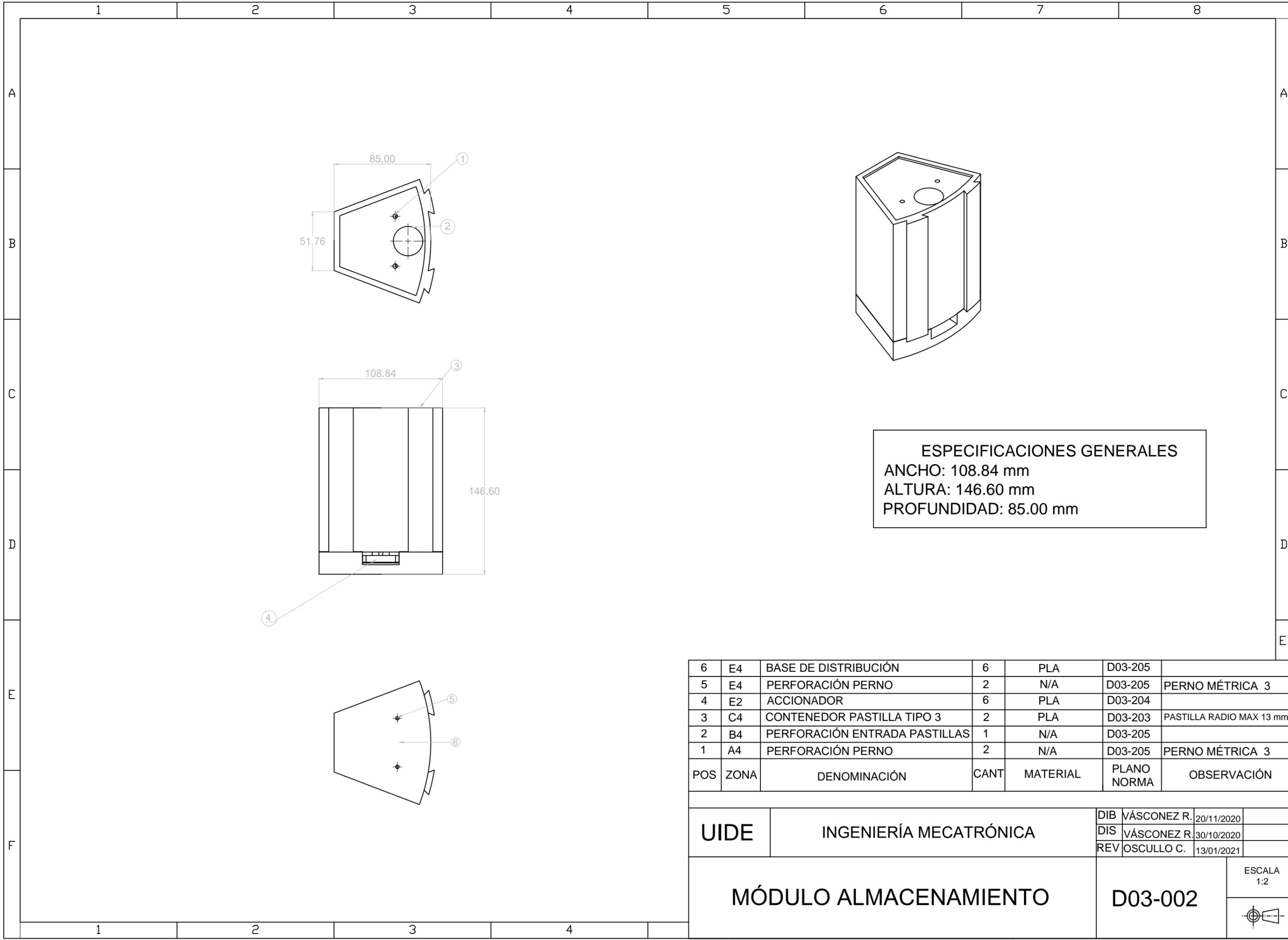
SECCIÓN C-C

ESPECIFICACIONES GENERALES					
ANCHO:	394.00 mm				
ALTURA:	379.00 mm				
PROFUNDIDAD:	400.00 mm				
PESO APROX:	12.750 kg				
ALIMENTACIÓN:	120 VAC				
CAPACIDAD:	6 contenedores				
CAPACIDAD CONTENEDOR:	24 pastillas				



POS	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT	MATERIAL	PLANO NORMA	OBSERVACIÓN
20	F2	CAJA PROTECCIÓN CIRCUITO	1	PLA	D03-009	PCB, ARDUINO, A4988, ESP8266
19	E2	PATA SOPORTE	4	PLA	D03-008	
18	E2	BATERÍA DE EMERGENCIA	1	LITIO Y POLÍMERO	N/A	7.4 V - 5000 mAh
17	D1	SENSORES DE PROXIMIDAD	6	VARIOS	N/A	HC-SR505
16	E4	PATAS BASE	4	PLA	D03-004	
15	C6	MOTOR A PASOS	1	VARIOS	N/A	NEMA 17 HT17-268
14	C6	CAJÓN DE EXPULSIÓN	1	PLA	D03-006	
13	B6	SERVOMOTOR	2	VARIOS	N/A	HS-311
12	B6	SOPORTE DE DISTRIBUCIÓN	1	PLA	D03-005	
11	C5	BASE DE RECOLECCIÓN	1	PLA	D03-004	
10	C2	ENTRADA DE ALIMENTACIÓN AC/DC	1	N/A	N/A	120 V - 12 V
9	B4	PANTALLA HMI NEXTION	1	VARIOS	N/A	NX8048P070-011R-Y
8	C3	INDICADOR LED	1	VARIOS	N/A	
7	C2	SWITCH ON/OFF BATERIA EMERGENCIA	1	VARIOS	N/A	
6	C2	SWITCH ON/OFF DISPENSADOR	1	VARIOS	N/A	
5	B2	CARCASA DISPENSADOR	1	PLA	D03-007	
4	A4	CONTENEDOR PASTILLA TIPO 1	1	VARIOS	D03-201	
3	A4	CONTENEDOR PASTILLA TIPO 2	2	PLA	D03-202	
2	A3	CONTENEDOR PASTILLA TIPO 3	2	PLA	D03-203	
1	A3	MÓDULO DE UBICACIÓN	2	PLA	D03-003	

UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020	
		DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020	
		REV	OSCULLO C.	13/01/2021	
DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS MÉDICAS				D03-001	ESCALA 1:10



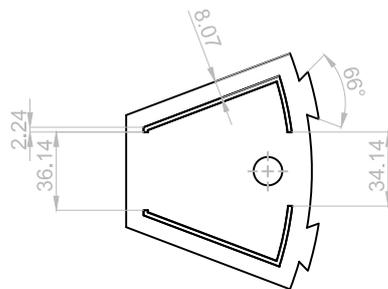
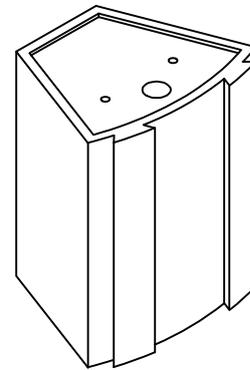
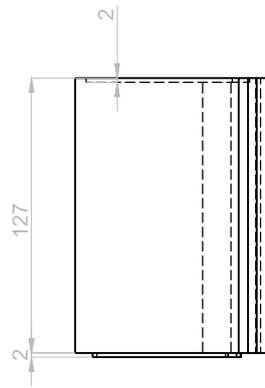
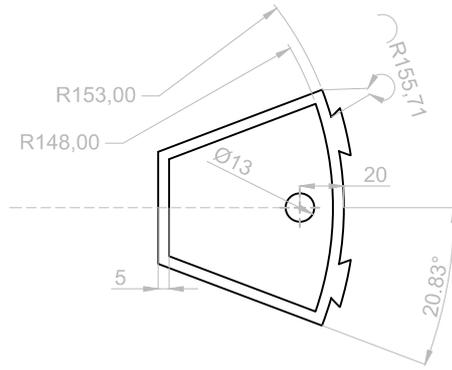
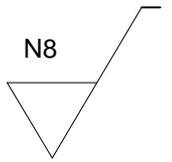
ESPECIFICACIONES GENERALES
ANCHO: 108.84 mm
ALTURA: 146.60 mm
PROFUNDIDAD: 85.00 mm

POS	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT	MATERIAL	PLANO NORMA	OBSERVACIÓN
6	E4	BASE DE DISTRIBUCIÓN	6	PLA	D03-205	
5	E4	PERFORACIÓN PERNO	2	N/A	D03-205	PERNO MÉTRICA 3
4	E2	ACCIONADOR	6	PLA	D03-204	
3	C4	CONTENEDOR PASTILLA TIPO 3	2	PLA	D03-203	PASTILLA RADIO MAX 13 mm
2	B4	PERFORACIÓN ENTRADA PASTILLAS	1	N/A	D03-205	
1	A4	PERFORACIÓN PERNO	2	N/A	D03-205	PERNO MÉTRICA 3

UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020	
		DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020	
		REV	OSCULLO C.	13/01/2021	

MÓDULO ALMACENAMIENTO	D03-002	ESCALA 1:2

N8



ESPESOR: 3 mm

RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO

TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO

MATERIAL:

POLIÁCIDO LÁCTICO

TOLERANCIA

±0,1

UIDE

ESCALA

1:2

INGENIERÍA MECATRÓNICA

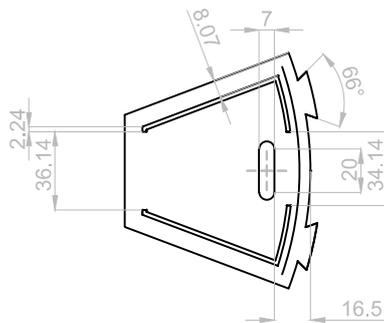
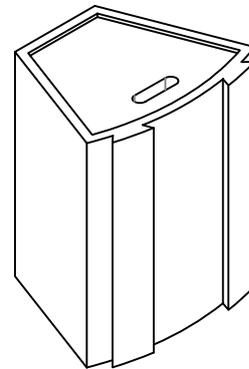
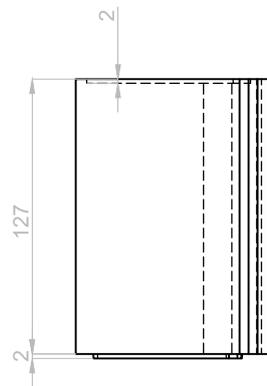
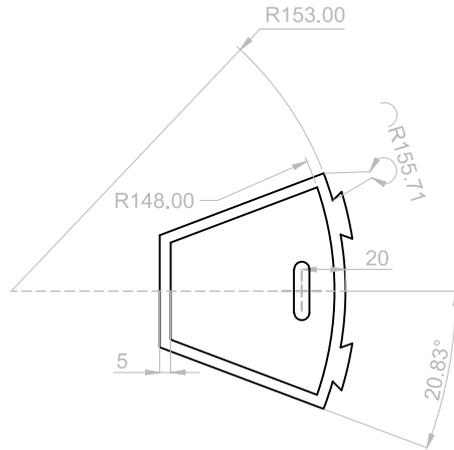
DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
REV	OSCULLO C.	13/01/2021

CONTENEDOR PASTILLA TIPO 1

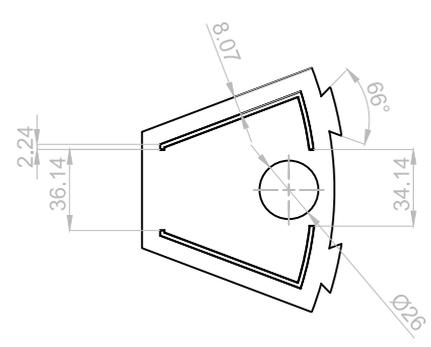
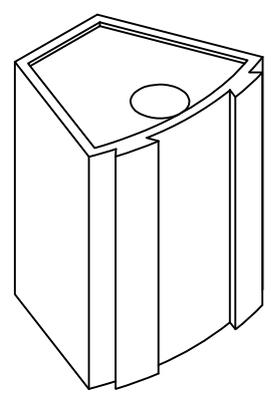
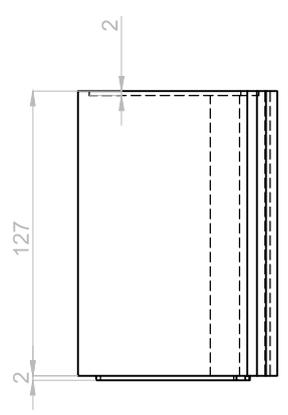
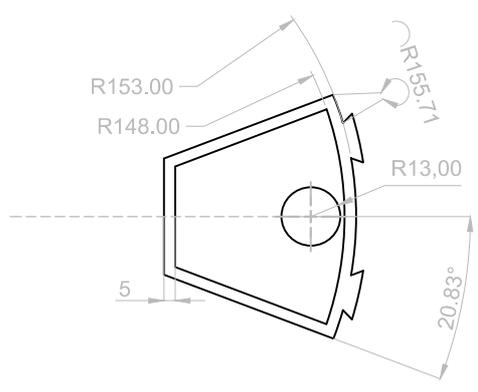
D03-201



N8

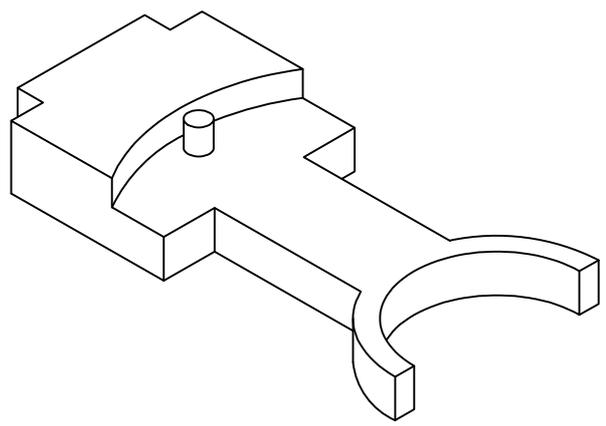
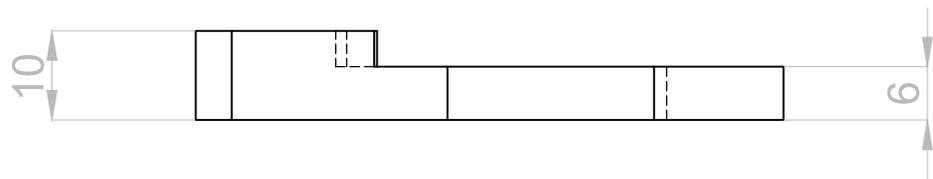
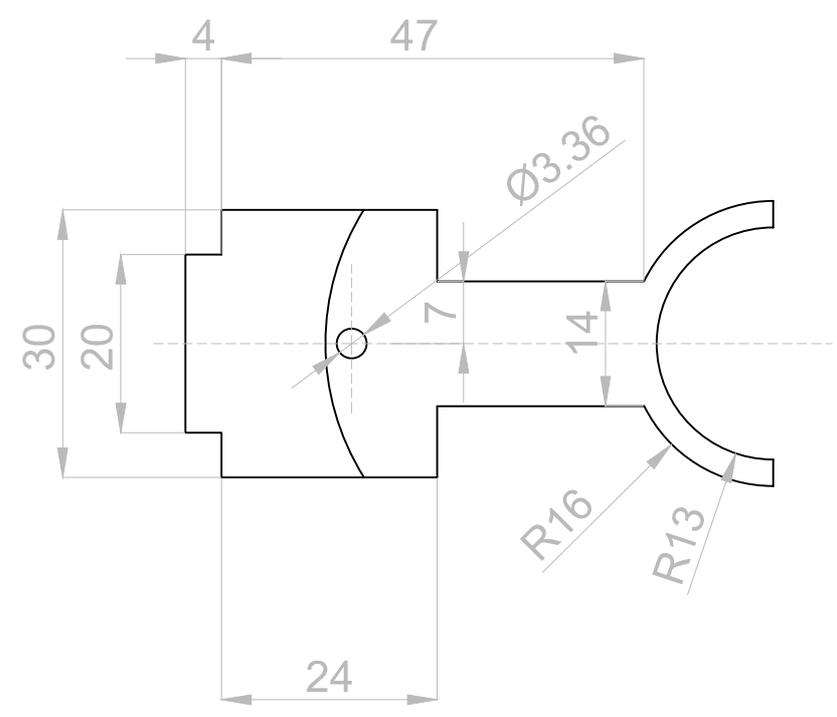


RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO					
MATERIAL:	TOLERANCIA	ESCALA 1:2	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	±0,1		DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
			REV	OSCULLO C.	13/01/2021
CONTENEDOR PASTILLA TIPO 2		D03-202			

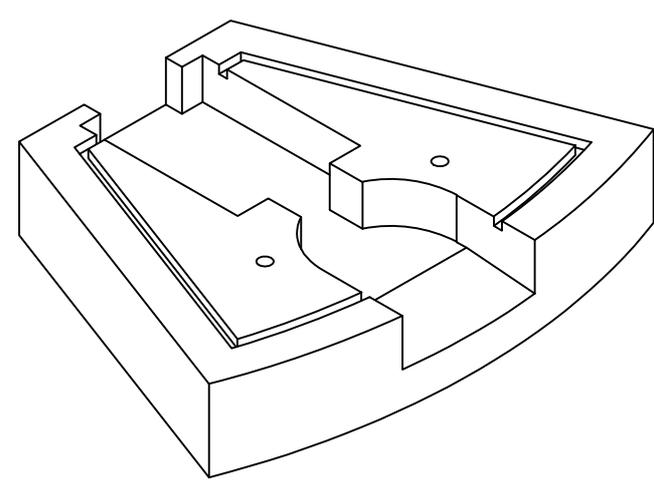
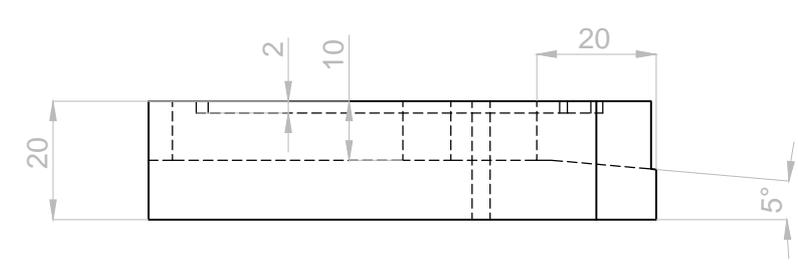
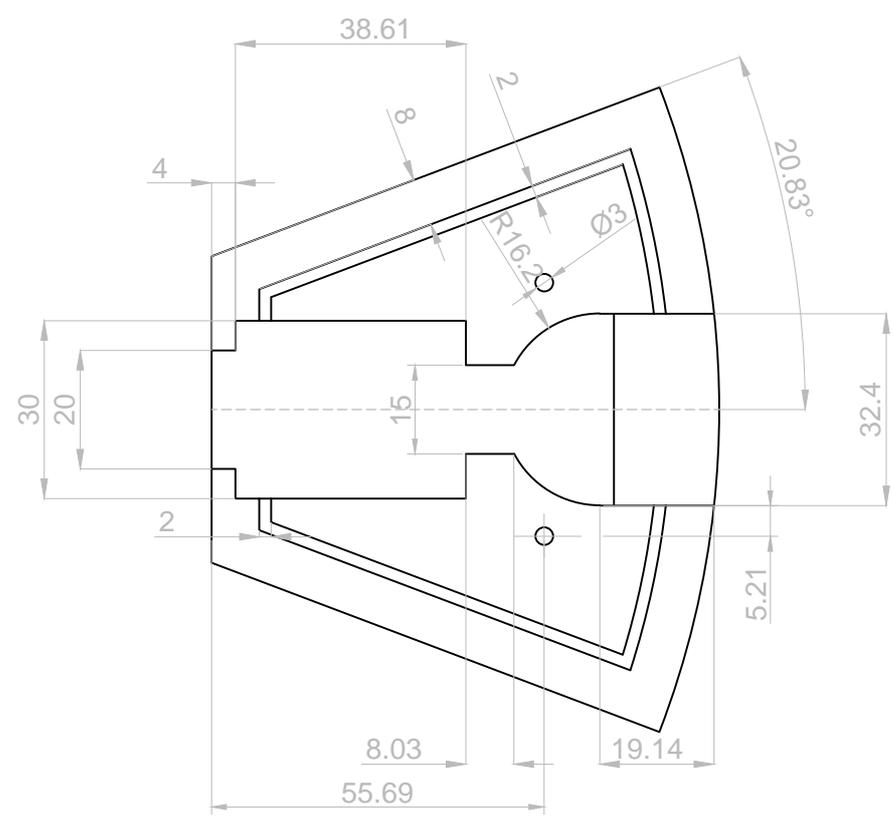
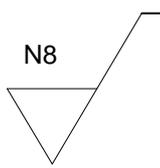


RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO			ESCALA	DIB	VÁSCONEZ R.
MATERIAL:	TOLERANCIA	1:2	DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	±0,1		REV	OSCULLO C.	13/01/2021
CONTENEDOR PASTILLA TIPO 3			D03-203		

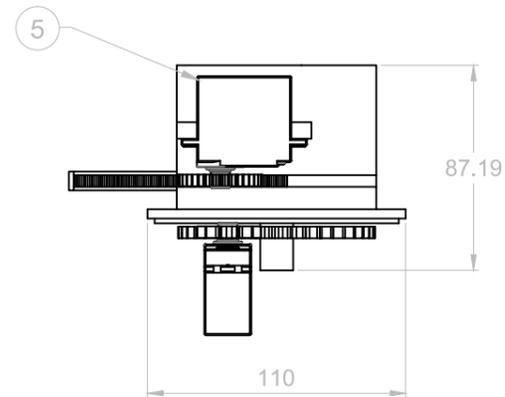
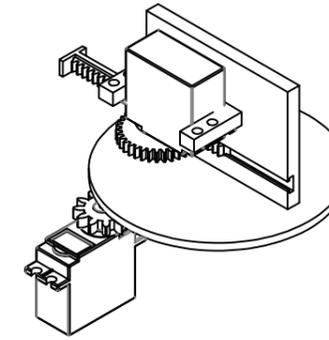
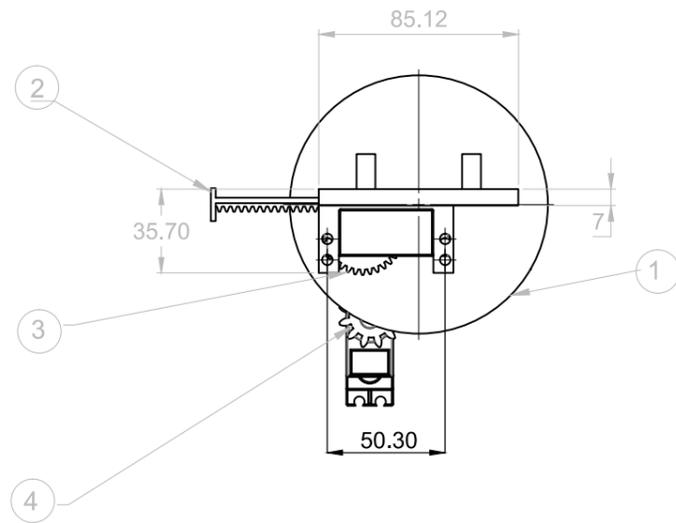
N8



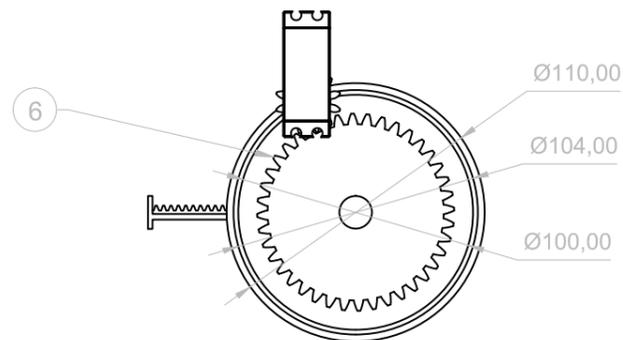
RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO			ESCALA	DIB	VÁSCONEZ R.
MATERIAL:	TOLERANCIA	1:1	DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	$\pm 0,1$		REV	OSCULLO C.	13/01/2021
ACCIONADOR			D03-204		



RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO			ESCALA	DIB	VÁSCONEZ R.
MATERIAL:	TOLERANCIA	1:1	DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	±0,1		REV	OSCULLO C.	13/01/2021
BASE DE DISTRIBUCIÓN			D03-205		



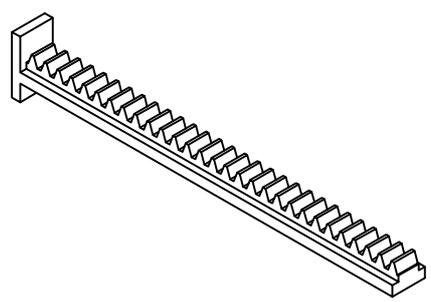
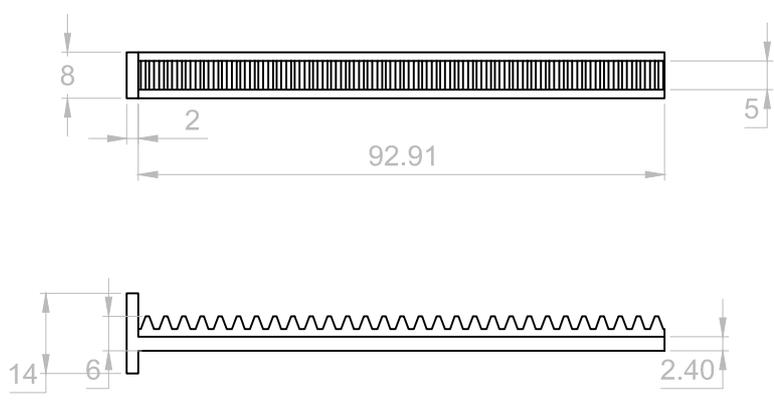
ESPECIFICACIONES GENERALES
 ANCHO: 110.00 mm
 ALTURA: 87.19 mm
 PROFUNDIDAD: 110.00 mm



POS	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT	MATERIAL	PLANO NORMA	OBSERVACIÓN
6	E2	ENGRANAJE RECTO Z40M2	1	PLA	N/A	
5	C2	SERVOMOTOR HS3-11	2	VARIOS	N/A	
4	B2	PIÑÓN CONDUCTOR	1	PLA	N/A	
3	B2	ENGRANAJE RECTO Z34M1	1	PLA	N/A	
2	A2	CREMALLERA L90M1	1	PLA	D03-301	
1	B4	SOPORTE PIEZA DE DISTRIBUCIÓN	1	PLA	D03-302	

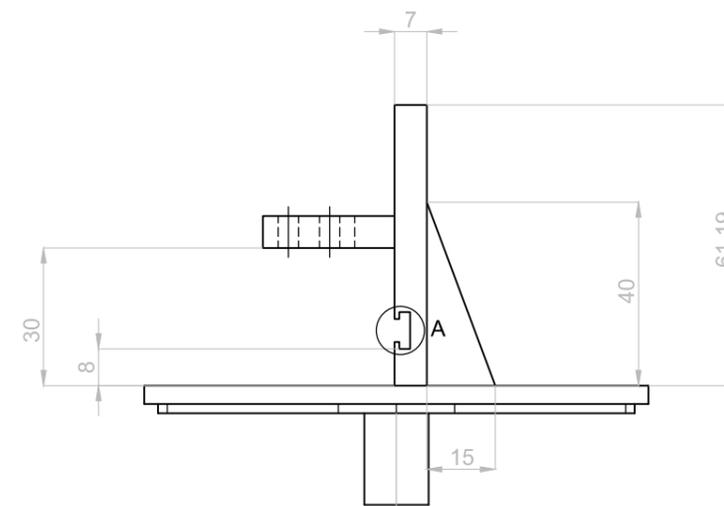
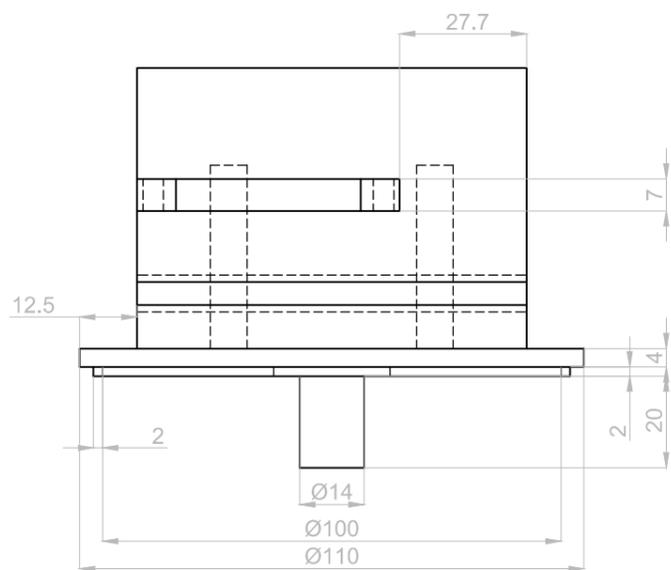
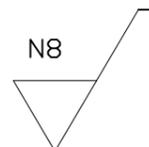
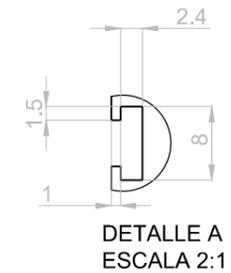
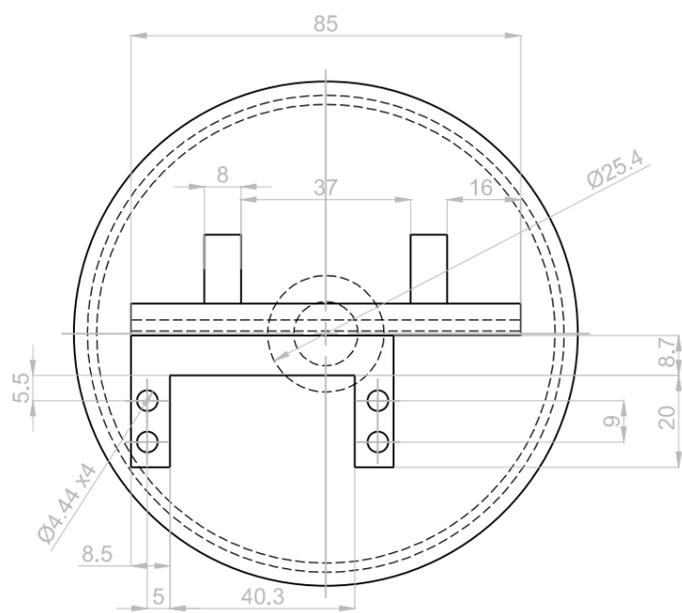
UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020		
		DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020		
		REV	OSCULLO C.	13/01/2021		
MÓDULO DE UBICACIÓN					D03-003	ESCALA 1:2

N8

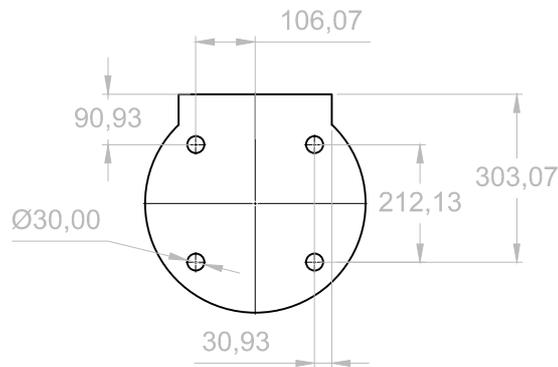
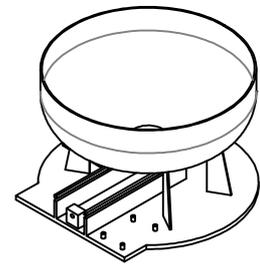
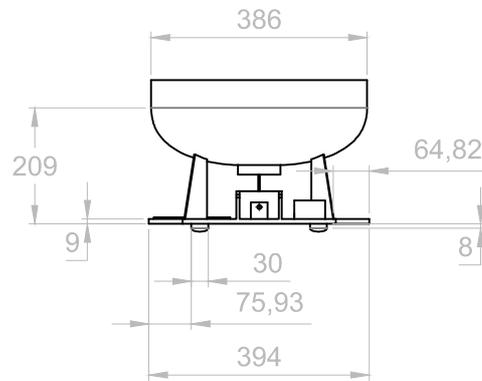
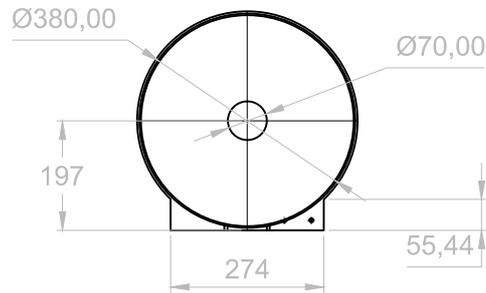
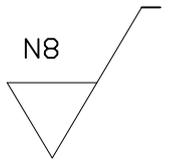


CARACTERÍSTICA	VALOR
MÓDULO	1
ÁNGULO DE PRESIÓN	20°
ANCHO DE CARA	8 mm

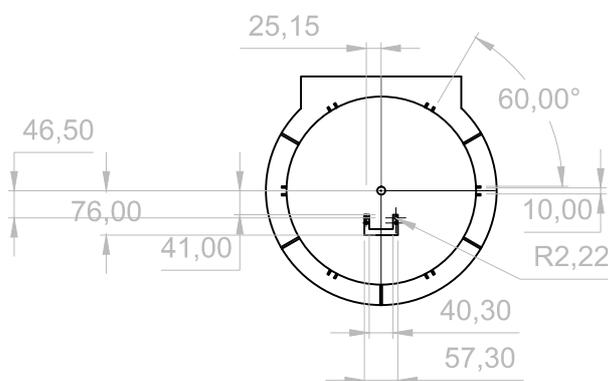
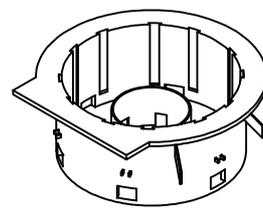
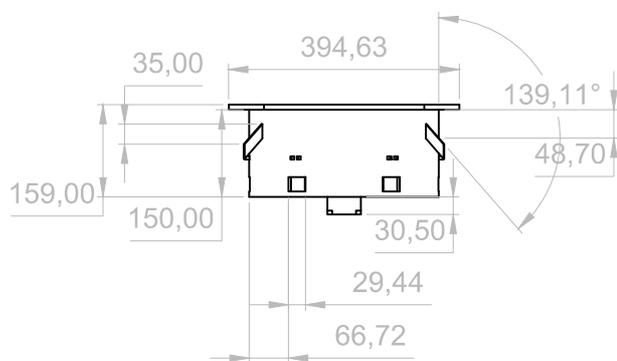
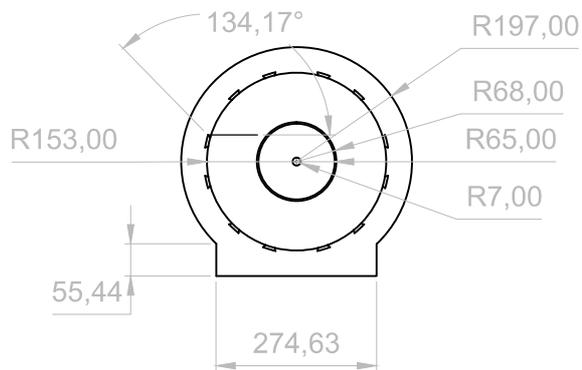
RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO					
MATERIAL:	TOLERANCIA	ESCALA 1:1	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	±0,1		DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
			REV	OSCULLO C.	13/01/2021
CREMALLERA L90M1		D03-301			



RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO					
MATERIAL:		ESCALA 2:1	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO			DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
TOLERANCIA ±0,1			REV	OSCULLO C.	13/01/2021
SOPORTE PIEZA DE DISTRIBUCIÓN		D03-302			



RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO					
MATERIAL:	TOLERANCIA	ESCALA 1:10	DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	±0,1		DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
			REV	OSCULLO C.	13/01/2021
BASE DE RECOLECCIÓN		D03-004			



RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO

TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO

MATERIAL:

POLIÁCIDO LÁCTICO

TOLERANCIA

±0,1

UIDE

ESCALA

1:10

INGENIERÍA MECATRÓNICA

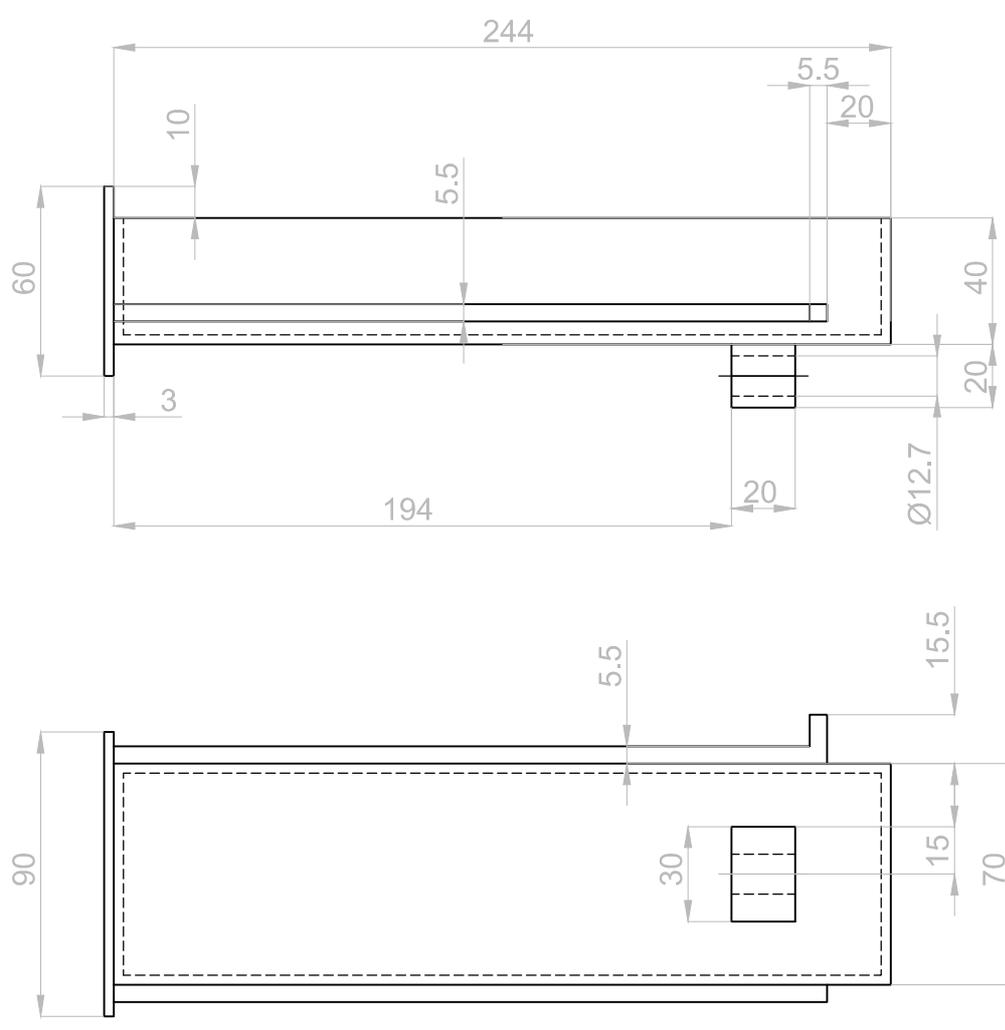
DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
REV	OSCULLO C.	13/01/2021

SOPORTE DE DISTRIBUCIÓN

D03-005



N8



ESPESOR: 3 mm

RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO

TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO

MATERIAL:

POLIÁCIDO LÁCTICO

TOLERANCIA

$\pm 0,1$

UIDE

ESCALA

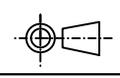
1:2

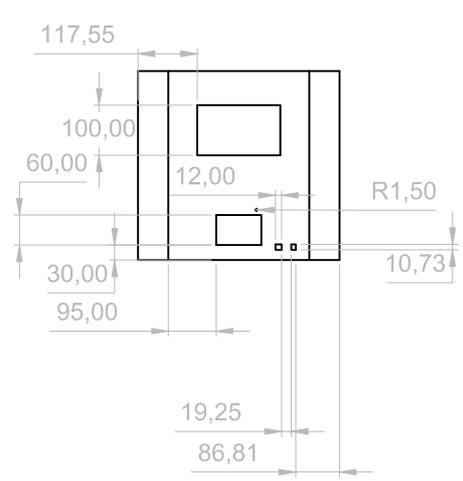
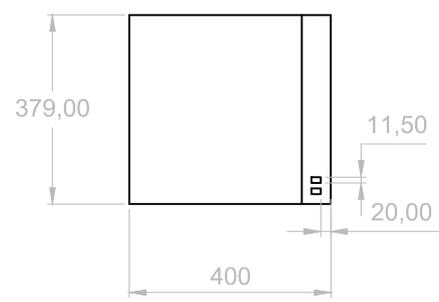
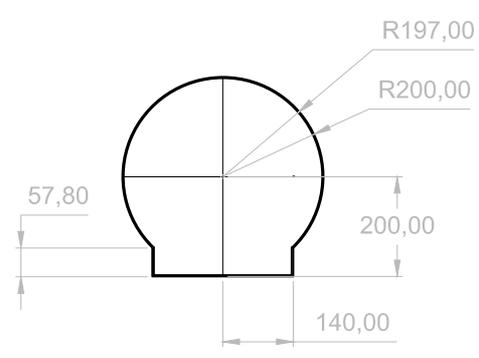
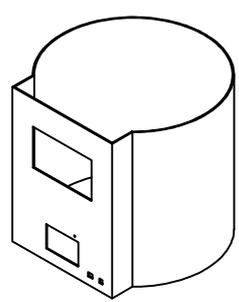
INGENIERÍA MECATRÓNICA

DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
REV	OSCULLO C.	13/01/2021

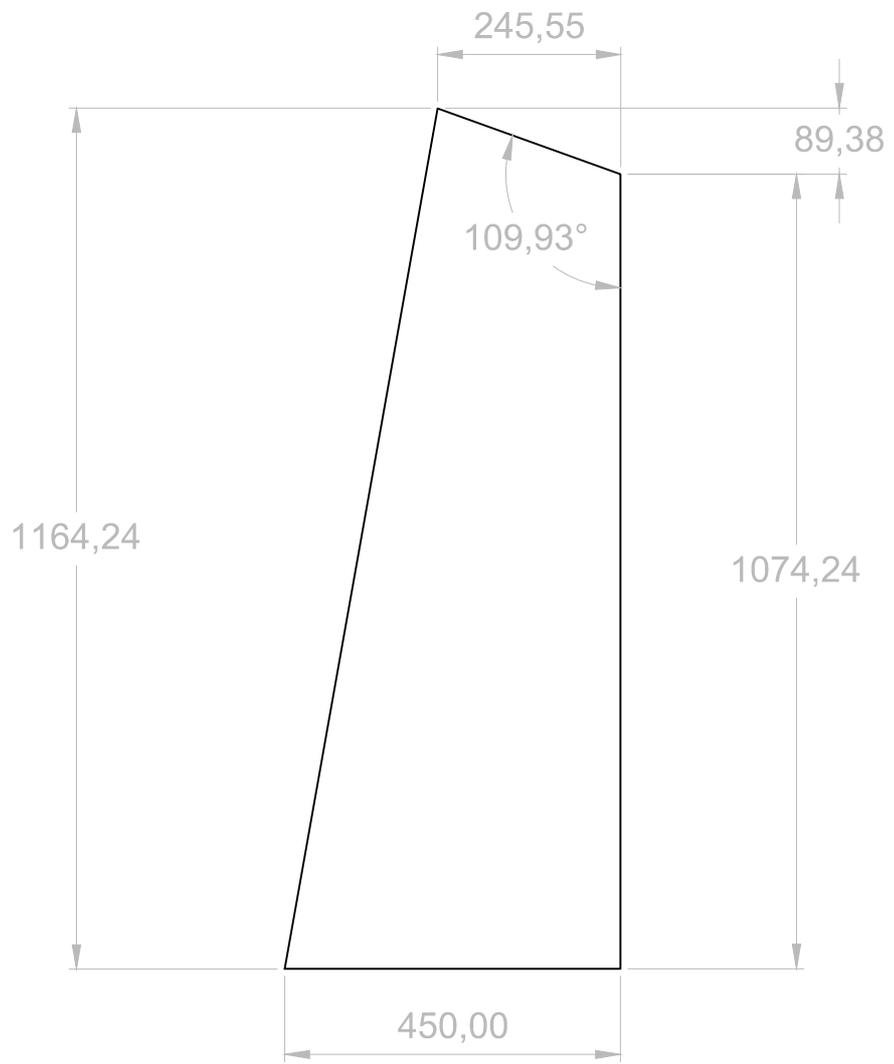
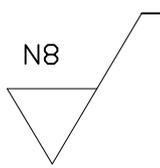
CAJÓN DE EXPULSIÓN

D03-006





RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO			ESCALA	DIB	VÁSCONEZ R.
MATERIAL:	TOLERANCIA	1:10	DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	±0,1		REV	OSCULLO C.	13/01/2021
CARCASA DISPENSADOR			D03-007		



ESPESOR: 3 mm

RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO

TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO

MATERIAL:
POLIÁCIDO LÁCTICO

TOLERANCIA
±0,1

UIDE

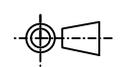
ESCALA
1:1

INGENIERÍA MECATRÓNICA

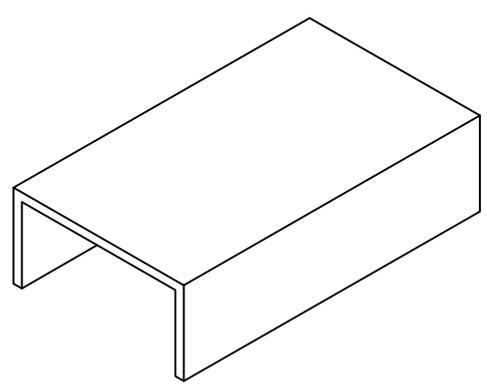
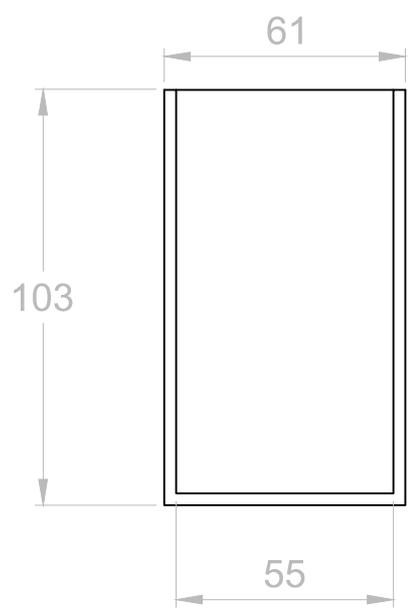
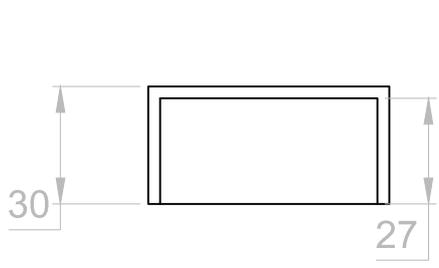
DIB	VÁSCONEZ R.	20/11/2020
DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
REV	OSCULLO C.	13/01/2021

PATA SOPORTE

D03-008

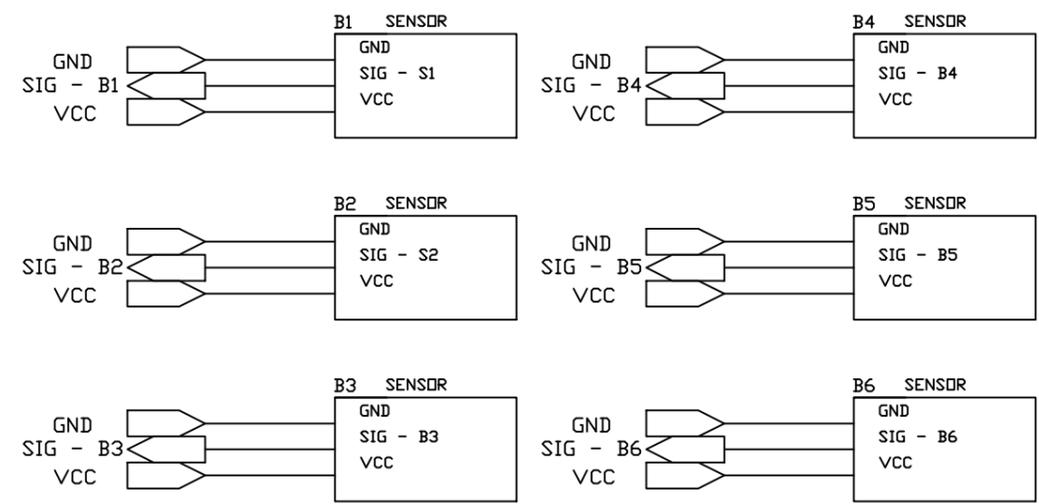
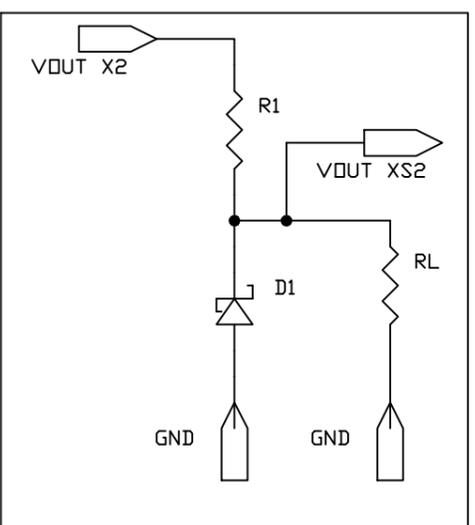
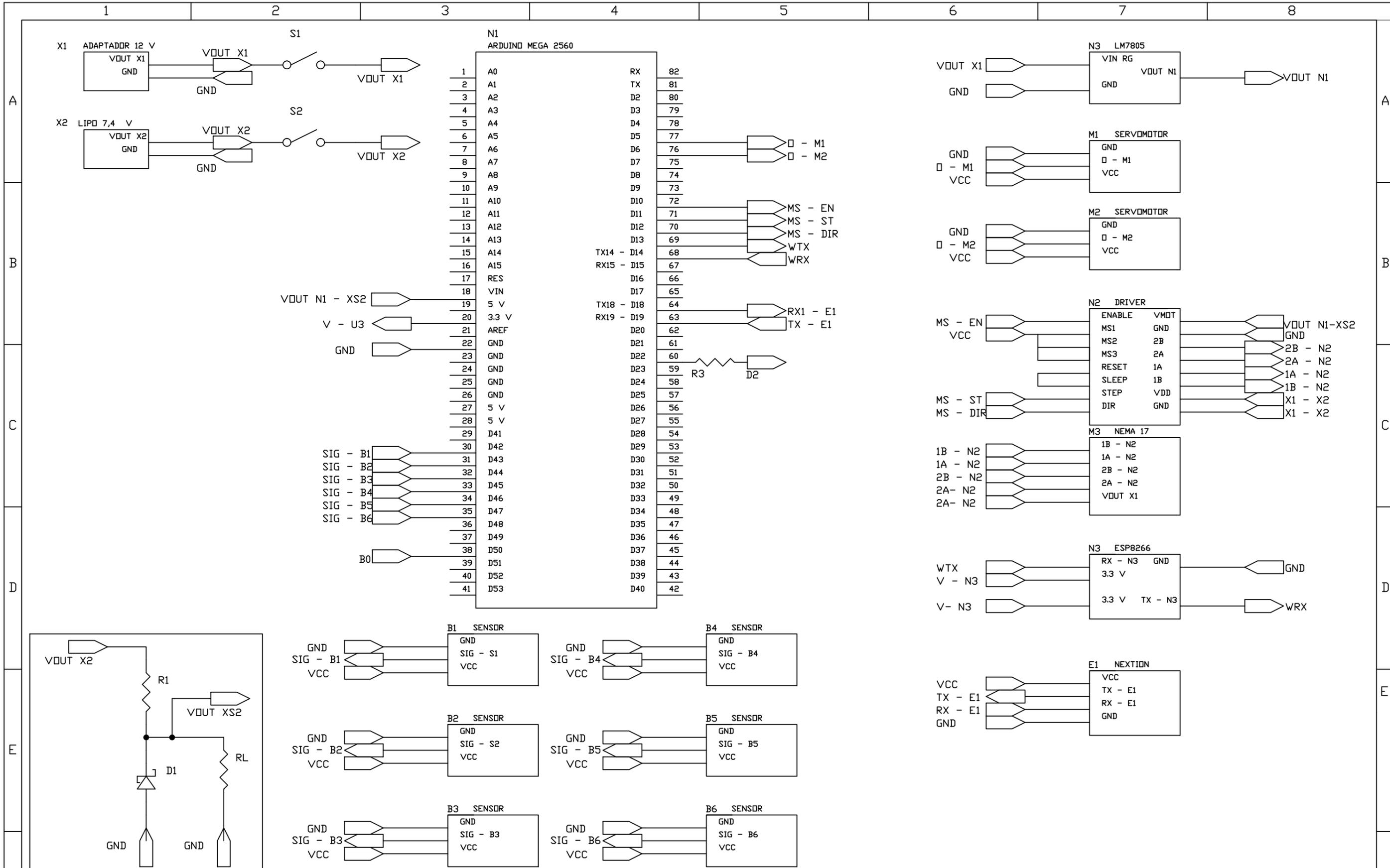


N8



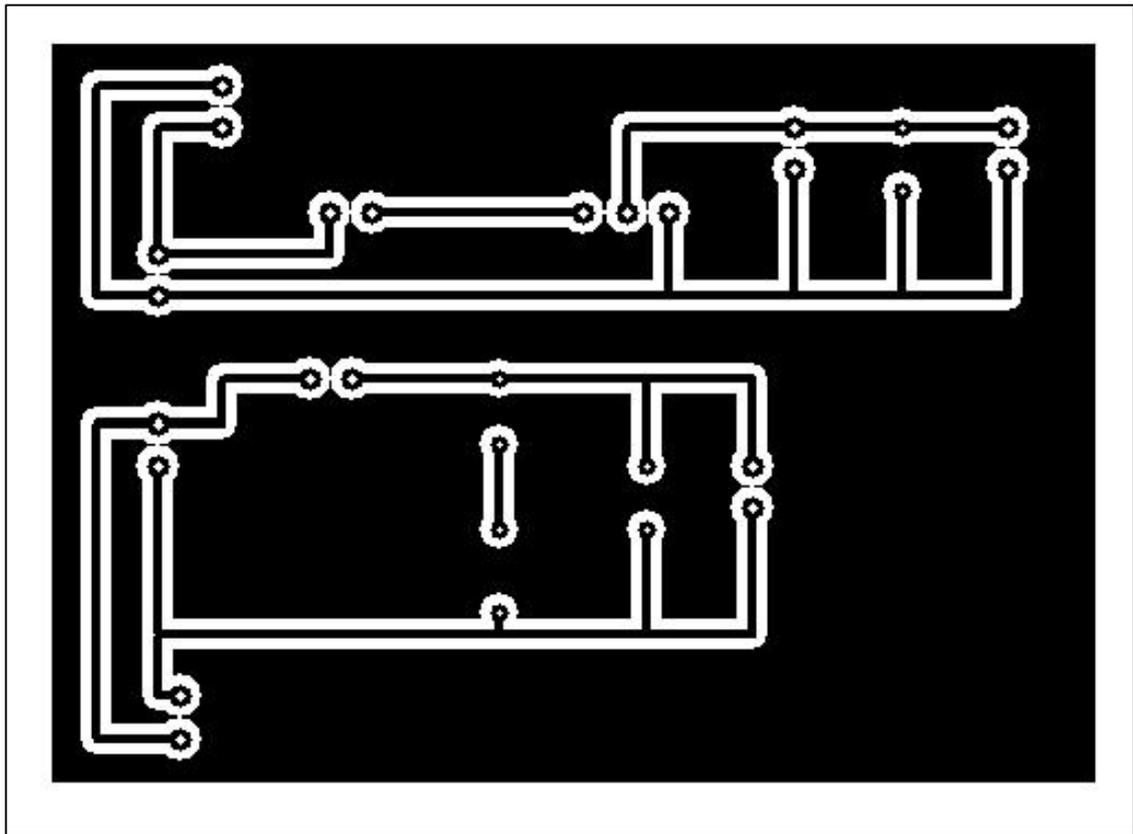
RECUBRIMIENTO: SIN RECUBRIMIENTO		UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		
TRATAMIENTO: SIN TRATAMIENTO			ESCALA	DIB	VÁSCONEZ R.
MATERIAL:	TOLERANCIA	1:2	DIS	VÁSCONEZ R.	30/10/2020
POLIÁCIDO LÁCTICO	$\pm 0,1$		REV	OSCULLO C.	13/01/2021
CAJA CIRCUITO			D03-009		

Anexo D: Planos electrónicos



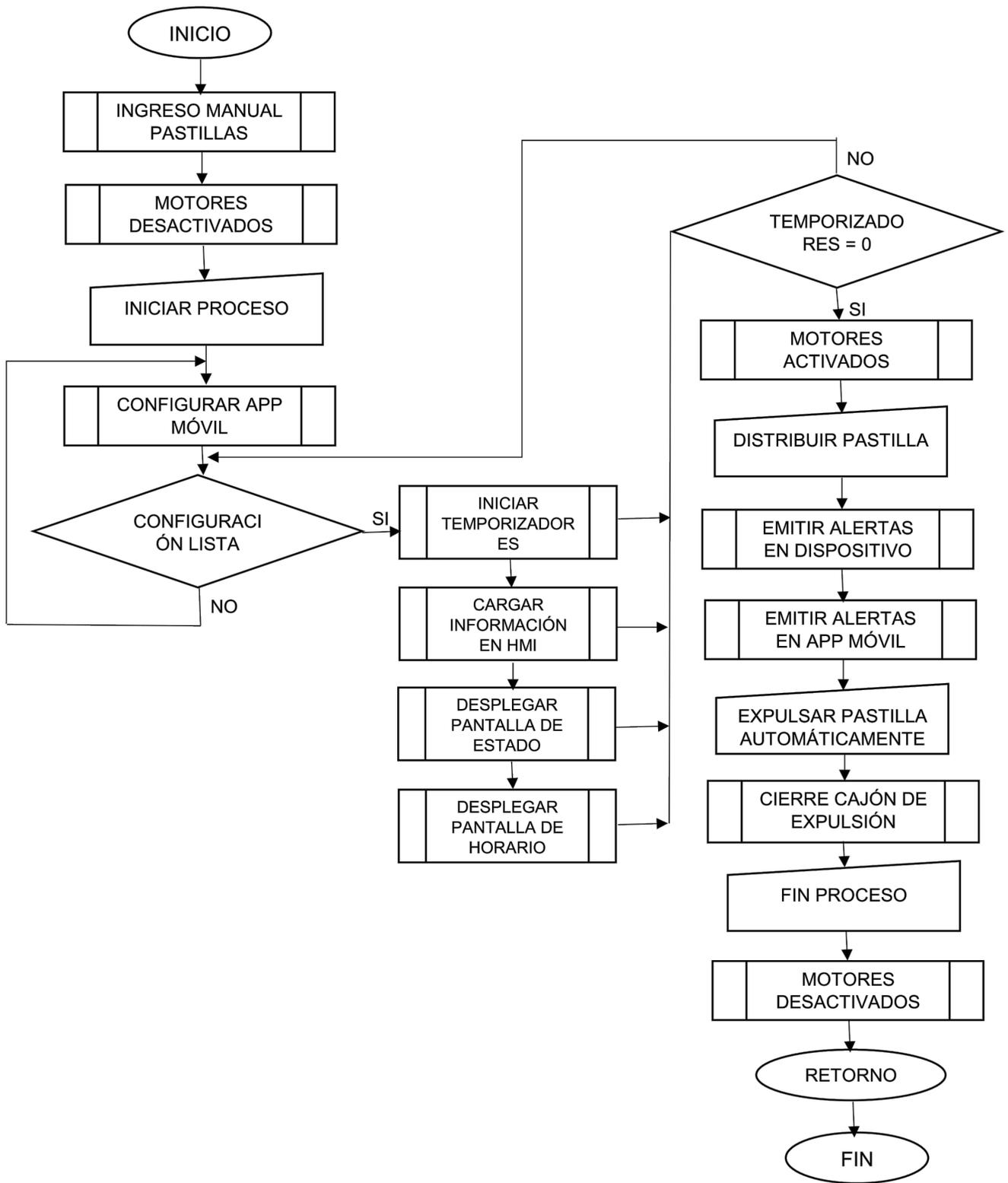
UIDE	INGENIERÍA MECATRÓNICA		DIB	VÁSCONEZ R.	20/01/2021
	DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS MÉDICAS		DIS	VÁSCONEZ R.	19/01/2021
			REV	ANDALUZ C.	21/01/2021
PLANO ELECTRÓNICO		D02-001	ESCALA 1:2		

POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
SENSORES			
B0	SENSOR DE CONTACTO MC-38	1	DETECCIÓN APERTURA CAJÓN DE EXPULSIÓN
B1-B6	SENSOR INFRARROJO HC-SR505	6	DETECCIÓN SALIDAD DE PASTILLAS DE CONTENEDORES
DISPLAYS			
E1	NEXTION NX8048P070-011R-Y	1	PANTALLA HMI
MOTORES			
M1-M2	SERVOMOTOR HITEC HS-311	2	MOTOR PARA MOVER MÓDULO DE UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN
M3	MOTOR A PASOS NEMA 17 HT17-268	1	MOTOR PARA APERTURA Y CIERRE DEL CAJÓN DE EXPULSIÓN
CONTROLADORES			
N1	ARDUINO MEGA 2560	1	MICROCONTROLADOR
DRIVERS			
N2	DRIVER A4988	1	DRIVER PARA CONTROLAR MOTOR NEMA 17
MÓDULOS			
N3	MÓDULO WIFI ESP8266	1	MÓDULO PARA CONEXIÓN DISPOSITIVO CON APP MÓVIL
INTERRUPTORES			
S1-S2	SWITCH KCD1-101 2	2	INTERRUPTORES PARA ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO
ALIMENTACIÓN			
X1	FUENTE ADAPTADOR LEDMO 12 V - 6 A	1	FUENTE ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO
X2	BATERÍA LIPO 7,4 V- 5000 mAh	1	BATERÍA DE RESPALDO
ELEMENTOS DISCRETOS			
N4	REGULADOR DE VOLTAJE LM7805	1	REGULADOR DE VOLTAJE
D1	DIODO ZENER 1N4733	1	DIODO ZENER 5.1 V
D2	LED ALTA INTENSIDAD	1	LED DE AVISO DE ALERTAS
RESISTENCIA			
R1	RESISTENCIA 1 OHM	1	RESISTENCIA 1 REGULADOR VOLTAJE
RL	RESISTENCIA 4 OHM	1	RESISTENCIA DE CARGAREGULADOR VOLTAJE
R3	RESISTENCIA 220 OHM	1	RESISTENCIA PARA LED
UIDE		INGENIERÍA MECATRÓNICA	DIB. VÁSCONEZ R. 20/01/2021
			DIS. VÁSCONEZ R. 19/01/2021
			REV. ANDALUZ G. 21/01/2021
DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS MÉDICAS LISTA DE COMPONENTES			D02-101
			ESCALA N/A
			N/A



UIDE	 INGENIERÍA MECATRÓNICA	DIB. VÁSCONEZ R.	20/01/2021	
		DIS. VÁSCONEZ R.	19/01/2021	
		REV. ANDALUZ G.	21/01/2021	
DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS MÉDICAS CIRCUITO PCB PARA ALIMENTACIÓN MÓDULOS ELECTRÓNICOS		D02-102		ESCALA 1:1
				N/A

Anexo E: Programación



UIDE	 INGENIERÍA MECATRÓNICA	DIB. VÁSCONEZ R. 20/01/2021	
		DIS. VÁSCONEZ R. 19/01/2021	
		REV. ANDALUZ G. 21/01/2021	
DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE PASTILLAS MÉDICAS DIAGRAMA DE FLUJO		D01-001	ESCALA N/A
			N/A

PROGRMACIÓN

```
#include <Nextion.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#include <SPI.h>
#include <WiFi.h>
//paraservmotores
const int servoPin = 3;
const int servoPin = 3;
//para sensores
int pirPin8 = 8;
int pirPin9 = 9;
int pirPin10 = 10;
int pirPin11 = 11;
int pirPin12 = 12;
int pirPin13 = 13;

//Para la configuracion del buffer de lectura
//de la pantalla
const byte buffSize = 32;
char inputSeveral[buffSize];
byte maxChars = 12;

int pirState = LOW;      // de inicio no hay movimiento
int val = 0;

//stepper
int steps = 9;    //Posición del pin contador de pasos
int direccion = 7; //Posición del pin dirección
int reset = 8;    //Posición del reset
int pasos = 2000;
```

```
boolean lockLow = true;
boolean takeLowTime;
//conexion
char ssid[] = "Dispensador123";    //
char pass[] = "pastilla1234";

int status = WL_IDLE_STATUS;
IPAddress server(74,125,115,105);
WiFiClient client;

//HMI
SoftwareSerial nextion(14, 15); // Nextion TX RX to pin of Arduino
int x = 56;
int y = 321;
int width = 195; //barra de estado de pastillas
int height = 8;

int old_sensor_value = 0;

Nextion myNextion(nextion, 9600); //

boolean button1State;
boolean button2State;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  myNextion.init();

  pinMode(LEDPin, OUTPUT);
```

```
pinMode(PIRPin, INPUT);

pinMode(steps, OUTPUT);
pinMode(direccion, OUTPUT);
pinMode(reset, OUTPUT);

delay(1000);

Serial.println();
Serial.print("Configurando acceso");

WiFi.softAP(ssid, password);

IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
Serial.print("Direccion IP de la app: ");
Serial.println(myIP);
server.on("/", handleRoot);
server.begin();
Serial.println("HTTP server started");

Serial.println("Esperando conexion");
Serial.print("SSID: ");
Serial.println(ssid);

status = WiFi.begin(ssid, pass);
if ( status != WL_CONNECTED) {
  Serial.println("No se pudo conectar a la res");

  while(true);
}
```

```
else {
  Serial.println("Conectado a red wifi");
  Serial.println("\nEmpezando conexion");
  // if you get a connection, report back via serial:
  if (client.connect(server, 80)) {
    Serial.println("CONECTADO");
    // Make a HTTP request:
    client.println("GET /search?q=arduino HTTP/1.0");
    client.println();
  }
}
pinMode(LEDPin, OUTPUT);
pinMode(PIRPin, INPUT);
Serial.begin(9600);
}
```

```
void config_nextion(){

  //Este void solo corre una vez
  //es para la configuracion de los caracteres iniciales
  //de la pantalla

  if (ban == 1){
    int brightness = analogRead(A0);
    int bright = map(brightness, 0, 1024, 0, 100);
    String dim = "dim=" + String(bright);
    myNextion.sendCommand(dim.c_str());
    ban =1;
  }
}
```

```

else{
    //Aqui no hago nada porque ya esta configurada
    //la pantalla
}

//Regreso al loop
return;
}

void loop()
{

    //primero realizo las configuraciones iniciales
    //llamando a funcion de configuracion
    config_nextion();

    //Inicializo las variables de lectura
    inputSeveral[0] = 0;
    byte charCount = 0;
    byte ndx = 0;

    //Averiguo si hay algo disponible en el puerto serie
    if (Serial.available() > 0) {
        while (Serial.available() > 0) {
            if (ndx > maxChars - 1) {
                ndx = maxChars;
            }
            //Si entra aqui significa que se envio bien el dato
            inputSeveral[ndx] = Serial.read();
            //Procedo a leer la informacion enviada y aumento los contadores

```

```
ndx ++;
charCount ++;

//Leo un mensaje de entrada
//String message = myNextion.listen();

//En caso de que el mensaje sea recibido muestro el mensaje
//if(message != ""){
//Serial.println(message);}

//Realizo la lectura del modo de operacion
String message = myNextion.listen(); //check for message
if (message == "Modo de sueño activado") {
    myNextion.buttonToggle(button1State, "b0", 0, 2);
}
if (message == "Siguiete página") {
    myNextion.buttonToggle(button2State, "b1", 0, 2);
}

//Leo el estaus de los pines

int sensor = analogRead(A0);
if (abs(sensor - old_sensor_value) > 20) {
    old_sensor_value = sensor;
}

int scaled_value = map(sensor, 0, 1023, 0, 100);

//Actualizo la informacion de la pantalla
myNextion.updateProgressBar(x,y,width,height,scaled_value,0,2);
```

```

//Coloco el estatus del sensor en la pantalla
myNextion.setComponentText("t0", String(sensor));

val = digitalRead(PIRPin8);
if (val == HIGH) //si está activado
{
    digitalWrite(LEDpin, HIGH); //LED ON
    if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
    {
        Serial.println("Sensor 1 activado");
        pirState = HIGH;

        //Aqui debo mover el primero servo
        server.handleClient();

        if(digitalRead(sensorpir)== HIGH)
        {

            Serial.println("Detectado movimiento por el sensor pir");
            digitalWrite(led, HIGH);
            delay(1000);
            digitalWrite(led , LOW);

            //se quiere controlar el motor que se encarga del movimiento de cajon
            de expulsion

            digitalWrite(reset, LOW);
            delay(100);
            digitalWrite(reset, HIGH);
            digitalWrite(direccion, HIGH);

            //si la pastilla es dispensada entonces se activa el motor a pasos

```

```

    if(mot.length(>500)

        for (int i = 0; i<pasos; i++)    //Numero de vueltas (200 es 360º grados)
o micropasos
        {
            digitalWrite(steps, HIGH); //
            digitalWrite(steps, LOW); // al A4988 de avanzar una vez por cada
pulso de energia.
            delayMicroseconds(VELOCIDAD); // Regula la velocidad, cuanto
mas bajo mas velocidad.
        }

    }
}
else //si esta desactivado
{
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // LED OFF
    if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido
    {
        Serial.println("Sensor parado");
        pirState = LOW;
    }
}

val = digitalRead(PIRPin9);
if (val == HIGH) //si está activado
{
    digitalWrite(LEDpin, HIGH); //LED ON
    if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
    {
        Serial.println("Sensor 2 activado");
        pirState = HIGH;
    }
}

```

```

//Aqui debo mover el servo
server.handleClient();

if(digitalRead(sensorpir)== HIGH)
{

Serial.println("Detectado movimiento por el sensor pir");
digitalWrite(led, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(led , LOW);

//se quiere controlar el motor que se encarga del movimiento de cajon
de expulsion

digitalWrite(reset, LOW);
delay(100);
digitalWrite(reset, HIGH);
digitalWrite(direccion, HIGH);

//si la pastilla es dispensada entonces se activa el motor a pasos
if(mot.length(>500)

for (int i = 0; i<pasos; i++) //Numero de vueltas (200 es 360º grados)
o micropasos
{
digitalWrite(steps, HIGH); //
digitalWrite(steps, LOW); // al A4988 de avanzar una vez por cada
pulso de energia.
delayMicroseconds(VELOCIDAD); // Regula la velocidad, cuanto
mas bajo mas velocidad.
}

```

```

    }
}
else //si esta desactivado
{
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // LED OFF
    if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido
    {
        Serial.println("Sensor parado");
        pirState = LOW;
    }
}
val = digitalRead(PIRPin10);
if (val == HIGH) //si está activado
{
    digitalWrite(LEDpin, HIGH); //LED ON
    if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
    {
        Serial.println("Sensor 3 activado");
        pirState = HIGH;

        //Aqui debo mover el primero servo
        server.handleClient();

        if(digitalRead(sensorpir)== HIGH)
        {

            Serial.println("Detectado movimiento por el sensor pir");
            digitalWrite(led, HIGH);
            delay(1000);
            digitalWrite(led , LOW);

```

//se quiere controlar el motor que se encarga del movimiento de cajon de expulsion

```
digitalWrite(reset, LOW);  
delay(100);  
digitalWrite(reset, HIGH);  
digitalWrite(direccion, HIGH);
```

```
//si la pastilla es dispensada entonces se activa el motor a pasos  
if(mot.length(>500)
```

```
    for (int i = 0; i<pasos; i++) //Numero de vueltas (200 es 360º grados)  
    o micropasos
```

```
    {  
        digitalWrite(steps, HIGH); //
```

```
        digitalWrite(steps, LOW); // al A4988 de avanzar una vez por cada  
pulso de energia.
```

```
        delayMicroseconds(VELOCIDAD); // Regula la velocidad, cuanto  
mas bajo mas velocidad.
```

```
    }
```

```
    }
```

```
}
```

```
else //si esta desactivado
```

```
{
```

```
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // LED OFF
```

```
    if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido
```

```
    {
```

```
        Serial.println("Sensor parado");
```

```
        pirState = LOW;
```

```
    }
```

```
}
```

```
val = digitalRead(PIRPin11);
```

```

if (val == HIGH) //si está activado
{
digitalWrite(LEDpin, HIGH); //LED ON
if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
{
Serial.println("Sensor 4 activado");
pirState = HIGH;

//Aqui debo mover el primero servo
server.handleClient();

if(digitalRead(sensorpir)== HIGH)
{

Serial.println("Detectado movimiento por el sensor pir");
digitalWrite(led, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(led , LOW);

//se quiere controlar el motor que se encarga del movimiento de cajon
de expulsion

digitalWrite(reset, LOW);
delay(100);
digitalWrite(reset, HIGH);
digitalWrite(direccion, HIGH);

//si la pastilla es dispensada entonces se activa el motor a pasos
if(mot.length()>500)

for (int i = 0; i<pasos; i++) //Numero de vueltas (200 es 360º grados)
o micropasos

```

```

    {
        digitalWrite(steps, HIGH); //
        digitalWrite(steps, LOW); // al A4988 de avanzar una vez por cada
pulso de energia.
        delayMicroseconds(VELOCIDAD); // Regula la velocidad, cuanto
mas bajo mas velocidad.
    }
}
}
else //si esta desactivado
{
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // LED OFF
    if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido
    {
        Serial.println("Sensor parado");
        pirState = LOW;
    }
}
val = digitalRead(PIRPin12);
if (val == HIGH) //si está activado
{
    digitalWrite(LEDpin, HIGH); //LED ON
    if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
    {
        Serial.println("Sensor 5 activado");
        pirState = HIGH;

        //Aqui debo mover el primero servo
        server.handleClient();

        if(digitalRead(sensorpir)== HIGH)

```

```

{

    Serial.println("Detectado movimiento por el sensor pir");
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(led , LOW);

    //se quiere controlar el motor que se encarga del movimiento de cajon
de expulsion

    digitalWrite(reset, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(reset, HIGH);
    digitalWrite(direccion, HIGH);

    //si la pastilla es dispensada entonces se activa el motor a pasos
    if(mot.length()>500

        for (int i = 0; i<pasos; i++)    //Numero de vueltas (200 es 360º grados)
o micropasos
        {
            digitalWrite(steps, HIGH); //
            digitalWrite(steps, LOW); // al A4988 de avanzar una vez por cada
pulso de energia.
            delayMicroseconds(VELOCIDAD); // Regula la velocidad, cuanto
mas bajo mas velocidad.
        }
    }
}
else //si esta desactivado
{
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // LED OFF
    if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido

```

```

    {
        Serial.println("Sensor parado");
        pirState = LOW;
    }
}
val = digitalRead(PIRPin13);
if (val == HIGH) //si está activado
{
    digitalWrite(LEDpin, HIGH); //LED ON
    if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
    {
        Serial.println("Sensor 6 activado");
        pirState = HIGH;

        //Aqui debo mover el primero servo
        server.handleClient();

        if(digitalRead(sensorpir)== HIGH)
        {

            Serial.println("Detectado movimiento por el sensor pir");
            digitalWrite(led, HIGH);
            delay(1000);
            digitalWrite(led , LOW);

            //se quiere controlar el motor que se encarga del movimiento de cajon
            de expulsion

            digitalWrite(reset, LOW);
            delay(100);
            digitalWrite(reset, HIGH);
            digitalWrite(direccion, HIGH);

```

```

//si la pastilla es dispensada entonces se activa el motor a pasos
if(mot.length(>500)

    for (int i = 0; i<pasos; i++)    //Numero de vueltas (200 es 360° grados)
o micropasos
    {
        digitalWrite(steps, HIGH); //
        digitalWrite(steps, LOW); // al A4988 de avanzar una vez por cada
pulso de energia.
        delayMicroseconds(VELOCIDAD); // Regula la velocidad, cuanto
mas bajo mas velocidad.
    }
}
else //si esta desactivado
{
    digitalWrite(LEDpin, LOW); // LED OFF
    if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido
    {
        Serial.println("Sensor parado");
        pirState = LOW;
    }
}
}

if (ndx > maxChars) {
    //Si supera el numero maximo de caracteres,
    //el valor de la fecha esta mal ingresado
    //y no se debe sacar la pastilla
    ndx = maxChars;
}

```

```
    inputSeveral[ndx] = 0;
}

//Finalmente debo resetear los pines de salida
//Coloco en 0 logico a las salidas
digitalWrite(reset, LOW);
delay(100);
digitalWrite(reset, HIGH);
digitalWrite(direccion, LOW);

//Reviso el estatus del PIR pin
//Para dejarlo en los valores iniciales

int value= digitalRead(PIRPin);

if (value == HIGH)
{
    digitalWrite(LEDPin, HIGH);
    delay(50);
    digitalWrite(LEDPin, LOW);
    delay(50);
}
else
{
    digitalWrite(LEDPin, LOW);
}
//Coloco un delay para estabilizar el programa
delay(500);
}
```