



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA LA EXTRACCIÓN DE APITOXINA EN ABEJAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA PRESERVANDO SU VIDA”

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA:

MARY CELENA FREIRE FEIJO

Riobamba-Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO
ELECTRÓNICO PARA LA EXTRACCIÓN DE APITOXINA EN
ABEJAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA PRESERVANDO SU
VIDA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA: MARY CELENA FREIRE FEIJO

DIRECTOR: Ing. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba-Ecuador

2022

©2022, Mary Celena Freire Feijo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Mary Celena Freire Feijo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de junio de 2022



Mary Celena Freire Feijo

160080712-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Dispositivo Tecnológico, **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA LA EXTRACCIÓN DE APITOXINA EN ABEJAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA PRESERVANDO SU VIDA**, realizado por la señorita **MARY CELENA FREIRE FELJO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

(año-mes-día)

Ing. Ramiro Fernando Isa Jara

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

 2022-06-30

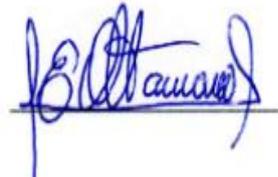
Ing. José Enrique Guerra Salazar

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

 2022-06-30

Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillan

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

 2022-06-30

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular se lo dedico a Dios, por brindarme sabiduría e inteligencia, a mis padres Pedro Antonio Freire y Rosa Himelda Feijo por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas y valores, su arduo trabajo y confianza depositada en mí, por su amor y cariño que me han permitido cumplir mis metas. A mi hermana Mireya Guevara por su ayuda y cariño, también a mis hermanos por su apoyo y darle alegría a mi vida.

Mary

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios, por permitirme el apoyo y amor incondicional de mis padres en cada etapa de mi vida, por darme la fuerza y el ánimo de seguir adelante a pesar de las circunstancias, por convertir a mi familia en mi más grande motivación para cumplir mis sueños y metas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme formar parte de su familia estudiantil, y forjar en mí conocimientos y valores para un ámbito profesional. De igual manera, un especial agradecimiento al Ing. José Guerra, Ing. Edwin Altamirano y al Ing. Ramiro Isa por su guía durante el tiempo de desarrollo del trabajo de integración.

A los docentes de la Facultad de Electrónica y Automatización por la formación académica brindada a lo largo de la carrera, a mis amigos, en especial a Alex Guamán y Jonathan Oleas. A mi amiga Paola Hernández y a sus padres Anita Flores y Jorge Hernández, por su ayuda y apoyo durante el desarrollo de la tesis, de igual manera, a los emprendimientos de productos de colmena de la provincia de Pastaza.

Mary

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
1.1 Apiterapia.....	6
<i>1.1.1 Demanda y aplicaciones.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2 Tipos de especies de abejas de la Región Amazónica.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.3 Características conductuales.....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.4 Morfología de la Apis Mellifera.....</i>	<i>11</i>
1.2 Apitoxina.....	12
<i>1.2.1 Estudio de los métodos de recolección.....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.1.1 Indecencia en índice de mortalidad.....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.1.2 Periodos recomendados por sesión.....</i>	<i>15</i>
1.3 Dispositivos electrónicos para la extracción de apitoxina.....	15
<i>1.3.1 Tipos de control.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.1.1 Características eléctricas.....</i>	<i>17</i>
1.4 Módulo de control.....	17
<i>1.4.1 Microcontrolador.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.2 Tarjetas de desarrollo.....</i>	<i>19</i>
<i>1.4.2.1 Arduino.....</i>	<i>20</i>

1.4.2.2	<i>Raspberry Pi</i>	22
	Raspberry PI	25
1.5	Sensores	25
1.6	Actuadores	26
1.6.1	Eléctricos	27
1.7	Sistemas de alimentación	28
1.7.1	Baterías	28
1.7.2	Módulo de Carga	30
 CAPÍTULO II		
2.	PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO	31
2.1	Análisis de requerimientos del sistema	31
2.1.1	Nivel hardware	32
2.1.2	Nivel software	32
2.1.3	Concepción de la arquitectura general del sistema	32
2.2	Diseño del sistema	33
2.2.1	Arquitectura de los módulos del sistema	33
2.2.1.1	Bloque de temporización	34
2.2.1.2	Bloque de colecta	34
2.3	Implementación	34
2.3.1	Selección de los elementos que conforman los modelos del prototipo	34
2.3.1.1	Tarjeta de desarrollo	35
2.3.1.2	Sensores	35
2.3.1.3	Actuadores	36
2.3.1.4	Componentes estructurales del prototipo.	40
2.3.2	Esquema de conexiones	42
2.3.2.1	Diagrama de conexiones del bloque de temporización	42
2.3.2.2	Diagrama de conexiones del bloque de colecta	43
2.3.3	Alimentación de los módulos del prototipo	44

2.3.3.1	<i>Módulo TP4056</i>	44
2.3.4	Descripción del software de desarrollo	45
2.3.4.1	<i>Diagrama de flujo del bloque de temporización</i>	45
2.3.4.2	<i>Diagrama de flujo del bloque de colecta</i>	47
2.3.4.3	<i>Bibliotecas y librerías</i>	48

CAPÍTULO III

3.	VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	49
3.1	Pruebas a nivel eléctrico y electrónico	49
3.2	Pruebas del bloque de temporización	50
3.2.1	<i>Comprobación del tiempo de sesión</i>	50
3.2.2	<i>Verificación de los tiempos para los pulsos</i>	52
3.3	Pruebas del bloque de colecta	53
3.3.1	<i>Caracterización del sensor de contacto</i>	54
3.3.2	<i>Evaluación de los actuadores eléctricos</i>	55
3.3.2.1	<i>Validación del motor a pasos</i>	55
3.3.2.2	<i>Validación del proceso de colecta automático</i>	57
3.3.2.3	<i>Validación del servomotor</i>	58
3.4	Estabilidad del prototipo electrónico	59
3.4.1	<i>Pruebas de funcionamiento</i>	60
3.5	Consumo energético	61
3.5.1	<i>Prototipo en funcionamiento</i>	61
3.5.2	<i>Prototipo inactivo</i>	63
3.5.3	<i>Autonomía de las baterías</i>	65

CAPÍTULO IV

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	66
4.1	Análisis económico del prototipo electrónico	66
4.2	Valoración económica comparativa	67

CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Subespecies de la <i>Apis mellifera</i> detectadas en la región Amazónica.	10
Tabla 2-1:	Información porcentual de los principales componentes de la apitoxina.	12
Tabla 3-1:	Mortalidad de las abejas por extracción de apitoxina.....	14
Tabla 4-1:	Periodos para la recolección de apitoxina a través de estimulación eléctrica.	15
Tabla 5-1:	Modelos y precios de los extractores de apitoxina marca APITOX.....	16
Tabla 6-1:	Contraste entre dispositivos comerciales para la colecta de apitoxina.	17
Tabla 7-1:	Comparación de las características eléctricas en los recolectores de apitoxina.	17
Tabla 8-1:	Recursos de hardware de los microcontroladores.	18
Tabla 9-1:	Contraste entre las arquitecturas de un microcontrolador.....	19
Tabla 10-1:	Principales características de las placas básicas de Arduino.	21
Tabla 11-1:	Componentes de la placa Arduino UNO R3.....	22
Tabla 12-1:	Característica de los diferentes modelos de placa Raspberry PI.....	23
Tabla 13-1:	Ventajas y Desventajas de Arduino y Raspberry pi	25
Tabla 14-1:	Características estáticas y dinámicas de los sensores.	26
Tabla 15-1:	Características de los tipos de baterías.	29
Tabla 1-2:	Descripción de las funciones de la librería <avr/sleep.h>.	48
Tabla 1-3:	Pruebas y resultados de prototipo post-funcionamiento.	50
Tabla 2-3:	Mediciones del tiempo de duración para distintas sesiones.....	50
Tabla 3-3:	Resultado de las pruebas de sensibilidad al sensor de contacto.	54
Tabla 4-3:	Resultados de la evaluación del funcionamiento del motor a pasos.....	56
Tabla 5-3:	Resultados del proceso de colecta manual versus automática.	57
Tabla 6-3:	Resultados de las medidas de los ángulos en el servomotor.....	58
Tabla 7-3:	Pruebas de repetitividad del prototipo eléctrico para análisis de estabilidad.	60
Tabla 8-3:	Resultado de las pruebas de campo del prototipo electrónico	61
Tabla 9-3:	Características eléctricas mínimas, máximas y de funcionamiento.	62
Tabla 10-3:	Tiempo de muestreo para el consumo en estado activo.	63
Tabla 11-3:	Tiempo de muestreo para el consumo en estado inactivo.....	64
Tabla 12-3:	Medidas del consumo del prototipo electrónico.	64
Tabla 1-4:	Detalle de los costos de los componentes para prototipo electrónico.	66
Tabla 2-4:	Cuadro comparativo entre el prototipo electrónico y un dispositivo comercial.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Concepción general del prototipo electrónico.	33
Figura 2-2:	Placa Arduino Nano.....	35
Figura 3-2:	Sensor fin de carrera KW11-3Z.....	35
Figura 4-2:	Motor a pasos US-17HS4401S.....	36
Figura 5-2:	Driver A4988 para motor a pasos.....	37
Figura 6-2:	Módulo MT3608.....	38
Figura 7-2:	Micro Servomotor SG90.....	39
Figura 8-2:	Relé de 5VDC JQC-3FF-S-Z.	39
Figura 9-2:	Mecanismo Piñón cremallera para el bloque de colecta.	40
Figura 10-2:	Dimensiones del marco del prototipo electrónico.	40
Figura 11-2:	Dimensiones del soporte para el vidrio.....	41
Figura 12-2:	Dimensiones del vidrio para el prototipo.	41
Figura 13-2:	Definición de pines de la tarjeta de desarrollo.	42
Figura 14-2:	Esquema gráfico de conexiones del bloque de temporización.	42
Figura 15-2:	Esquema gráfico de conexiones del bloque de colecta.	43
Figura 16-2:	Integrados del driver A4988 para la simulación.....	44
Figura 17-2:	Batería de Litio BAT562 18650 de 3.7V.....	44
Figura 18-2:	Módulo de carga TP4056.....	45
Figura 1-3:	Prototipo electrónico para extracción de apitoxina.....	49
Figura 2-3:	Prueba de normalidad de los datos.	51
Figura 3-3:	Medida del peso del vidrio de colecta.....	55
Figura 4-3:	Medida de la sustancia de prueba para el motor a pasos.....	57
Figura 5-3:	Mediciones de consumo de amperaje.	62
Figura 1-4:	Dispositivo recolector de apitoxina marca KETLITEN.....	68

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Valores porcentuales de la producción apícola en Ecuador.....	6
Gráfico 2-1:	Porcentajes de explotaciones apícolas en la región Amazónica.	7
Gráfico 3-1:	Análisis estadístico para la introducción de un producto a base de apitoxina.	9
Gráfico 4-1:	Frecuencias para la colecta de apitoxina mediante estimulaciones eléctricas.....	14
Gráfico 5-1:	Tipos de placas de la familia Arduino.	20
Gráfico 6-1:	Modelos de placas de Raspberry PI	23
Gráfico 7-1:	Clasificación de los sensores.	25
Gráfico 8-1:	Clasificación de los actuadores eléctricos según el tipo de alimentación.	27
Gráfico 9-1:	Ejemplos de baterías recargables y no recargables.	29
Gráfico 1-2:	Fases de la metodología en Cascada.	31
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo de bloque de temporización.	46
Gráfico 3-2:	Diagrama de flujo de bloque de colecta.	47
Gráfico 1-3:	Comparativa del valor referencial vs valor real de los pulsos en alto.	52
Gráfico 2-3:	Comparativa del valor referencial vs valor real de los pulsos en bajo.	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3:	Número de pasos	56
Ecuación 2-3:	Coeficiente de variación	60
Ecuación 3-3:	Autonomía de la batería	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Hoja de datos del Arduino Nano.
- Anexo B:** Hoja de datos del motor a pasos.
- Anexo C:** Hoja de datos del servomotor SG90.
- Anexo D:** Hoja de datos del driver A4988.
- Anexo E:** Hoja de datos del módulo cargador TP4056.
- Anexo F:** Hoja de datos del módulo elevador de voltaje MT3608.
- Anexo G:** Hoja de datos del módulo relé de 5V.
- Anexo H:** Código de programación del bloque de temporización.
- Anexo I:** Código de programación del bloque de colecta.
- Anexo J:** Código de programación del modo Sleep.
- Anexo K:** Diseños estructurales del prototipo.
- Anexo L:** Diseño de la placa de circuito impreso.
- Anexo M:** Diseño del prototipo para extracción de apitoxina.

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo el diseño e implementación de un prototipo electrónico para la extracción de apitoxina en abejas de la región Amazónica. A través de la revisión bibliográfica acerca de los métodos de recolección del veneno de abeja y las condiciones óptimas para los dispositivos recolectores se establecieron los requerimientos a nivel software y hardware para su diseño, el cual consta de dos bloques: el primero se encarga del control de la estimulación eléctrica, cuya sesión es de 30 minutos y el segundo concibe al sistema de colecta, que comprende el manejo y control de actuadores eléctricos, que mediante sensores de contacto y la utilización de un mecanismo de transmisión de movimiento cremallera-piñón, permiten el funcionamiento de una colecta automática para la sustancia. Las pruebas de normalidad realizadas a las muestras del bloque de temporización indican la distribución normal de los datos y las pruebas estadísticas señalan un error esperado en pruebas de 0,16 minutos durante las sesiones y 0,07 segundos en el tren de pulsos. De las pruebas al bloque de colecta se comprobó que los sensores de contacto presentan una buena sensibilidad para el vidrio colector de 243 gramos; el servomotor presenta un error constante de 13,89% en sus posicionamientos y para el proceso de colecta se espera una pérdida máxima de sustancia de 1,11 gramos. Por último, de las pruebas de consumo energético se determinó un consumo en estado activo de 870 miliamperios-hora, y en estado inactivo de 350 miliamperios-hora, con una autonomía de las baterías recargables de 5 horas con 10 minutos. Las pruebas concluyeron que el prototipo presenta estabilidad, bajo consumo y costo con respecto a dispositivos comerciales. Es recomendable estudiar la posibilidad de ampliar el tiempo de pruebas que permitan mejorar el diseño y la capacidad de colecta del prototipo.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS>, <VENENO DE ABEJAS>, <ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA>, <ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)>, <SISTEMA DE COLECTA>, <SENSORES>, <ACTUADORES ELÉCTRICOS>

1478-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The present graduate research aimed to design and implement an electronic prototype for apitoxin extraction in bees in the Amazon region. Through the bibliographic for collecting methods of bee venom and the optimal conditions for the collecting devices, the requirements were established at the software and hardware level for its design, which consists of two blocks: the first one is in charge of the control of electrical stimulation, whose session lasts 30 minutes and the second conceives the collection system, which includes the management and control of electric actuators, through contact sensors and the use of a rack-pinion mechanism transmission movement, allowing an automatic substance collection operation. The normality tests carried out on the samples of the timing block show the data normal distribution and the statistical tests indicate an expected error in tests of 0.16 minutes during the sessions and 0.07 seconds in the pulse train, from the tests on the collection block, demonstrated that the contact sensors have a good sensitivity for the 243-gram collector glass; the servomotor presents a constant error of 13.89% in its positioning and for the collection process a maximum loss of substance of 1.11 grams is expected. Finally, from the energy consumption tests, consumption in the active state of 870 milliamp-hour was determined, and in the inactive state of 350 milliamp-hour, with an autonomy of rechargeable batteries with 5 hours and 10 minutes. The tests concluded that the prototype presents stability, low energy consumption, and cost to commercial devices. It is recommended to study the possibility of extending the testing time to improve the design and prototype collection capacity.

Keywords: <ELECTRONIC DEVICES> < COLLECTION SYSTEMS> <BEE VENOM> < ELECTRICAL STIMULATION> < ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)> < SENSORS>



060254610-3

Lenin Iván Lara Olivo

INTRODUCCIÓN

En el planeta Tierra se estima que entre 73% al 84% de plantaciones son polinizadas por abejas, las cuales se desempeñan como agentes polinizadores, un papel determinante dentro del ecosistema (Diodato L. y Fuster A. 2008, p. 15-20), y que además representa un valor económico en el área alimenticia y relevancia en la medicina tradicional y natural (Araneda, Leichtle y Morales 2011, p. 145-150), catalogándose así como los insectos con notable importancia a una escala nacional y mundial. A través de la historia, los procedimientos para la obtención de la apitoxina han evolucionado mucho en los últimos años, por lo que en sus inicios se sacrificaban a muchas abejas con el fin de obtener una mínima cantidad de veneno. Uno de los procedimientos que data entre los años 50's y 60's, era hacer uso de grandes láminas de un material gomoso en el cual se incrustaban los agujones de las abejas, lo que las llevaba a la muerte inevitablemente (Nachbaur y Scribilo 1996, p. 1-25), razón por la cual causaba preocupación por su notable desaparición dentro del ecosistema, generando que organizaciones y grupos de protección de la naturaleza realicen campañas de concientización y sensibilización por tal hecho. En la posteridad surgieron métodos de recolección con el propósito de obtener el veneno sin que involucre la muerte de las abejas que puede perjudicar al ambiente, uno de los procedimientos dentro de esta categoría consistía en anestesiarse a las abejas con éter, haciendo que antes de que la sustancia tenga efecto, estas agujoneaban al recipiente de vidrio que las contenía, luego las abejas se despertaban y retornaban a sus colmenas, pero dicho procedimiento era muy laborioso e incluso la cantidad obtenida era insuficiente a comparación del método anteriormente mencionado (Renzo 2011, p. 10-56).

El veneno de abeja es un líquido cristalino que no tiene color, que luego de su expulsión del cuerpo de la abeja se cristaliza rápidamente. Al quedar impregnado en un vidrio es recolectado y al extraerlo se convierte en un polvo blanco. De acuerdo con Paiva (2019), profesor de la Escuela Técnica de Artigas, menciona que la apitoxina es un potente analgésico, sin tantas contraindicaciones, por lo que no genera adicción, en ocasiones es mucho mejor que los medicamentos convencionales (ANEP 2019, p.1). Es una rica fuente de componentes farmacéuticamente activos porque dentro de su composición contiene péptidos y enzimas, lo que la ubica en la categoría de medicamento de origen natural (Rached 2003, p. 94-94). Existen veinticuatro productos que contienen veneno de abeja, entre ellos se encuentran las cremas, linimentos, ungüentos, formas de inyección para tratar diferentes dolencias humanas. Este tipo de producto se encuentra disponible con o sin receta médica en determinados países. Incluso los veterinarios utilizaron con éxito la inyección de veneno de abeja para tratar la artritis en caballos y perros, por otro lado, los científicos también hacen uso del veneno de abeja o sus componentes en su investigación de los efectos de los componentes completos o separados del veneno (Lee et al. 2005, p. 79-84).

En la actualidad se usan métodos de colecta de apitoxina por descargas eléctricas, por lo que teniendo en cuenta a Aranea et al., (2011), concluye que la colecta por estimulación eléctrica cada 30 días es la más adecuada con un periodo de 30 minutos en días soleados y secos, también hace hincapié referenciando que los voltajes adecuados para lograrlo es mantenerse en un rango de 12 a 18 voltios. Cabe recalcar que mediante el experimento los resultados de la cantidad extraída oscilan entre 0,0799 y 0,0585 gramos a un voltaje de 11,5 y 13,5 voltios; cada descarga fue de 3 segundos con intervalos de 6 segundos. Algo importante que añade en su estudio es que los aparatos eléctricos junto con sonido de estimulación se logran cantidades significativamente altas de apitoxina a diferencia de solo estimulación eléctrica (Araneda, Leichtle y Morales 2011, p. 145-150). Sánchez (2012), señala que un dispositivo electrónico de estímulos eléctricos reduce el riesgo de mortalidad de las abejas, permitiendo que las cantidades recolectadas sean las adecuadas para la formulación de ungüentos para articulaciones y habla además de una explotación más industrializada al promover la innovación de productos apícolas (Sanchez 2012, p. 32). Por otro lado, Sánchez et al. (2017), establece un escenario de seis condiciones donde varía el tipo de alambre, el voltaje y corriente para la extracción de apitoxina cuyo resultado como condición óptima consiste en el empleo de alambre de cobre con 0,5 miliamperios a 144 voltios durante 30 minutos con pulsos cada 4 segundos para obtener 33,02 miligramos de sustancia durante 20 días presentando un índice de mortalidad bajo, también recalcan que la intensidad eléctrica influye en la conducta agresiva de la abeja por ende en la producción de apitoxina (Sánchez et al. 2017, p. 2-10).

Mediante la investigación bibliográfica se puede deducir que los procedimientos que emplean descargas eléctricas tienen por objetivo generar en la abeja una conducta agresiva que la motive a picar un soporte, generalmente de vidrio, para extraer la sustancia que al tener contacto con el exterior se cristaliza y se impregna en el recipiente o módulo recolector. Se han realizado estudios y experimentos para estandarizar los niveles de corriente y voltaje de igual manera el tipo de conductores para la descarga. Estas características eléctricas deben ofrecer al apicultor su modulación, ya que existen variantes en cuanto a la población de abejas, el clima, el estado de las colmenas, entre otros aspectos que influyen en la recolección.

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Uno de los principales ejes estratégicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador en apoyo del sector apicultor es la transferencia de tecnología, a partir de lo cual la propuesta de dispositivos que faciliten la extracción de apitoxina sin atentar con la vida de las abejas se torna en una necesidad, ya que, también representa la sostenibilidad de la economía de pequeños productores y sus familias que se dedican a la apicultura.

La apitoxina o veneno de abeja se encuentra constituida por proteínas como la melitina, apamina, adolapina, fosfolipasa, histamina y dopamina, entre otras. Estas proteínas tienen acciones neurotóxicas, analgésicas, vasoactivas, hemolíticas y citotóxicas (Peiren et al. 2005, p. 1-5), las cuales han sido ampliamente utilizados con fines medicinales en muchos países, especialmente para el uso terapéutico en distintas patologías de tipo reumatológica y autoinmune (Villalobos y Martínez 2019, p. 459-467), donde alrededor del 35% de la población ecuatoriana lo padece. De ahí su importancia de estudio en área de la salud natural y sector apícola, cuyo desarrollo continúa en proceso.

Entre los métodos empleados para la extracción del veneno se hace mención en el cual la abeja es estimulada, para que pique una membrana de material gomoso ocasionando la pérdida de su aguijón y su veneno era depositado en un recipiente para su recolección, pero como resultado era la muerte para la abeja. El propósito principal de los actuales métodos de extracción de apitoxina, es evitar de manera significativa el hecho de producirles la muerte por una cantidad mínima de sustancia.

En la actualidad, muchos apicultores buscan poner en práctica la recolección del veneno de abejas por medio de la estimulación de una corriente eléctrica con el fin de hacerlas agujonear para obtener su veneno en una superficie fácil de recolección. El control debe permitir modificar el voltaje, la intensidad, y el tiempo de estimulación. Por lo tanto, el dispositivo debe ser preciso porque está en riesgo la vida de las abejas. Se debe además tener en consideración el estado de las colmenas, el tipo o duración de la cosecha.

Las condiciones para los extractores de apitoxina actuales, según estudios y diferentes autores, señalan que no deberían matar a más de 5 a 15 abejas por extracción para un tiempo de colecta de veneno de entre 30 a 40 minutos, en cuanto a las características eléctricas, indican que el voltaje no debe superar los 20 voltios, para no arriesgar la vida de las abejas y no ensuciar la apitoxina, sin embargo, sostiene que el voltaje más adecuado se encuentra entre los 12 y 18 voltios (Martínez, Feldman y Álvarez 2016, p. 43). La apitoxina recolectada de los extractores experimentales es

almacenada a la sombra bajo normas de seguridad y secada a temperatura ambiente para no perder sus propiedades.

Según un blog dedicado a difundir temas relacionados a las novedades más relevantes de la apicultura, recalcan que en cuanto se refiere a las cantidades de veneno que se obtienen a través de los distintos métodos de recolección, estos van en dependencia del tipo de abejas, estación climatológica, cuidados de la colmena, periodos de recolección, entre otros. Por lo que, los apicultores se enfrentan en la necesidad de una mayor recolección de esta sustancia para generar mejores ganancias (Capdebila 2020, p. 1-10).

La apicultura es parte de la producción agropecuaria, esta técnica sirve para criar abejas y obtener miel, productos derivados de la colmena y polinizar los cultivos (Moroy 2018, p. 4). En Ecuador es una actividad económica principal para muchos apicultores y sus familias, pero a pesar de los ejes para el fomento de esta actividad por parte del gobierno, muchos apicultores señalan la ausencia de inversión del Estado y buscan impulsar una ley apícola que proteja a este sector productivo del cual no se habla mucho. De igual manera continúan buscando el apoyo de gobiernos autónomos descentralizados municipales y provinciales. A pesar de las normativas, existen artículos que señalan como objetivos promover la investigación, capacitación, innovación, transferencia e introducción de tecnología a la producción de productos agropecuarios.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Como apoyo intelectual al sector Apicultor se propone el diseño de un prototipo electrónico que permita un procedimiento sencillo para la extracción de apitoxina, cuyo propósito primordial es mantener el mínimo índice de mortalidad de las abejas, por lo que, el presente trabajo de titulación curricular muestra una concepción general del diseño y la implementación.

Los elementos que compone el diseño serán seleccionados durante el proceso de investigación con el fin de analizar los componentes de manera adecuada y justificada que permitan cumplir con los requerimientos. Se deben contemplar diversos parámetros que tienen que ver con el ambiente en el cual se realiza la colecta, por lo tanto, debe considerarse un estilo versátil y práctico para el uso del apicultor, asimismo que incorpore de manera adecuada los componentes electrónicos y eléctricos necesarios para el cumplimiento de los requerimientos. Por otro lado, se debe establecer las facilidades o ventajas que el dispositivo puede ofrecer al usuario, por lo que no es suficiente con un determinado valor de sus características eléctricas, a razón que tiene una dependencia de factores como las estaciones del año. Considerando estudios acerca de la temática, expresan que el verano es la mejor estación, y que además intervenga el estado físico de las abejas.

Otro aspecto que no se ha venido considerando en los dispositivos comerciales para la extracción es la incorporación de sonidos estimulantes en la recolección de apitoxina, por ende, no se

menciona los tipos de sonidos o ruidos a los cuales están enfocados y que permiten un aumento en la recolección.

La propuesta pretende apoyar al sector apícola a inmiscuirse y participar de los ejes estratégicos que se han planteado en el gobierno, para impulsar la economía a los apicultores, que no involucre solo la exportación de miel, sino que se incluya la extracción de apitoxina, ya actualmente existe demanda dentro del mercado por su naturaleza y beneficios que aporta a la salud, ya sea en el campo terapéutico o farmacéutico.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo electrónico para la extracción de apitoxina en abejas de la región Amazónica preservando su vida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Fundamentar bibliográficamente los métodos desarrollados para el control y extracción de Apitoxina.

Definir los requerimientos que debe cumplir el prototipo electrónico para la extracción de Apitoxina sin que ponga en riesgo la vida de las abejas.

Establecer el diseño que cumpla con los requerimientos propuestos en esta investigación.

Seleccionar el hardware y software que permita implementar el diseño propuesto.

Evaluar si el prototipo electrónico cumple los requerimientos propuestos.

Para cumplir con los objetivos se pusieron en práctica métodos teóricos para la indagación en estudios relacionados a condiciones adecuadas en dispositivos recolectores de apitoxina sin que involucre crecimientos significativos en el índice de mortalidad en abejas. De igual forma, la selección del hardware apropiado para la implementación del prototipo, dando paso a métodos empíricos que involucran la simulación y comprobación de los bloques que comprenden el sistema, para finalmente validar el prototipo con base en los requerimientos establecidos.

Por tanto, el trabajo desarrollado abarca la investigación en tres capítulos, donde el primero presenta la base bibliográfica de estudios enfocados en la colecta de apitoxina y el hardware para sistemas electrónicos; el segundo capítulo hace referencia a la metodología para el diseño del prototipo, donde se describen los requerimientos y el desarrollo, finalmente el tercer capítulo muestra la validación a través de pruebas y del mismo modo su análisis económico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Los contenidos expuestos a lo largo de esta sección corresponden a conceptos básicos acerca de la apicultura, en énfasis en la apiterapia como tratamiento alternativo, cuyo componente estrella se centra en el uso medicinal de la apitoxina, la cual desglosa temáticas como la demanda, aplicaciones, métodos y dispositivos de recolección que finalmente se complementa con información referente a los elementos hardware principales que constituyen un dispositivo electrónico.

1.1 Apiterapia

En 1870 se introducen a Ecuador las primeras colmenas traídas desde Francia, específicamente a la ciudad de Cuenca según lo indica Cabrera (2017), lo que implicaba la lucha por la supervivencia con las abejas nativas del país y el inicio de la apicultura, que surge con el propósito de preservar la vida de las abejas mediante técnicas de crianza y cuidados necesarios, que permiten aprovechar las bondades que ofrecen las abejas al sector alimenticio y medicinal como la miel, jalea real, polen, propóleo, cera y apitoxina, las cuales presentan una producción apícola según el gráfico 1-1; pero lo más importante radica en el hecho de que las abejas cumplen un rol esencial y estratégico como agentes polinizadores dentro del ecosistema forestal, es así que esta actividad apícola posee una gran importancia social, económica y medioambiental.

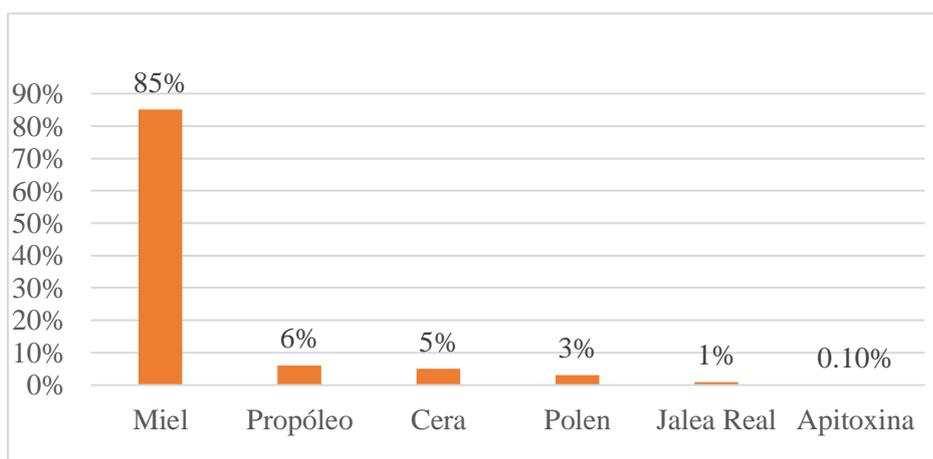


Gráfico 1-1: Valores porcentuales de la producción apícola en Ecuador.

Realizado por: Freire M. 2022

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, en Ecuador se registran 1760 apicultores, cuya mayor parte se concentran en la provincia de Loja, seguida de Manabí, Santa

Elena, Azuay y Chimborazo, además el país cuenta con un total de 19155 colmenas que aportan a la economía nacional (GAP 2018, p. 5). Si se hace referencia a las explotaciones apícolas distribuidas entre las tres regiones naturales ecuatorianas, tan solo el 4% le corresponde a la Amazonía, según datos recabados entre los años 2013 y 2014 por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. Cabe recalcar que de las seis provincias que la comprenden, Pastaza ocupa el segundo lugar, tal como se muestra en el gráfico 2-1, sin embargo, es el 0,56% de las explotaciones apícolas nacionales (AGROCALIDAD 2016, p. 45).

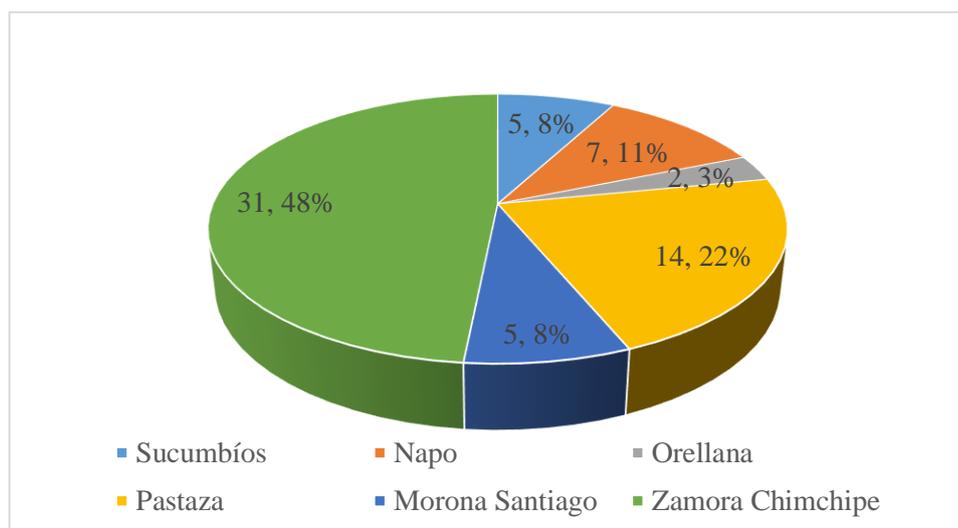


Gráfico 2-1: Porcentajes de explotaciones apícolas en la región Amazónica.

Realizado por: Freire M. 2022

Gracias a la apicultura surge la apiterapia la cual se enmarca como práctica médica alternativa o a su vez complementaria en la prevención y/o tratamiento de diversas patologías con productos provenientes de las abejas. La terapia tiene como componente primordial el uso del veneno de abeja o también denominada apitoxina, la cual es administrada a través de picaduras estimuladas de abejas en zonas específicas del cuerpo, según el tipo de patología o diagnóstico del paciente, siempre y cuando no presenten hipersensibilidad a la sustancia, y en cantidades controladas por especialistas o apiterapeutas (López 2020, p. 4-28).

En este sentido se encuentra también la miel, la cual presenta bondades nutritivas y medicinales, ya que presenta propiedades anti-bacterianas, anti-biótica, anti-oxidantes, anti-inflamatorias, cicatrizantes, físicas y de desbridamiento (Del Sol et al. 2016, p. 385-395), es sedativa, anti-anémica, laxante, combate la fiebre, alivia trastornos intestinales, afecciones de garganta y cardíacas, trata heridas por quemaduras, entre otras (Scott 2001, p. 11).

Por otro lado, se habla del polen, el cual posee un valor alimenticio, cosmético y farmacológico, dado que contiene propiedades anti-bióticas favorece el nivel de hemoglobina, crecimiento, trata

la prostatitis crónica, las infecciones respiratorias, alergias, alivia el estreñimiento, catalogado además como suplemento dietético (Huidobro, Simal y Terradillos 2014, p. 83-87). Se añade a la lista la jalea real, la cual aporta propiedades anti-inflamatorias, anti-bacteriana y anti-séptica, ideal para tratamientos geriátricos y gerontológicos, favorece al sistema digestivo, endocrino y cardiovascular, protege y nutre la piel, presenta efectos tonificantes, etc (Zúñiga 2019, p. 50).

El propóleo aporta como recurso terapéutico, propiedades del tipo: anti-oxidante, anti-bacteriana, anti-inflamatoria, anti-tumoral, anti-reumáticas, anti-viral, cicatrizante, anestésica, y favorece al sistema inmunológico (Noriega 2014, p. 28). Finalmente se encuentra la cera que presenta propiedades emolientes para tratar para la piel, ofrece consistencia a productos cosméticos, no causa alergias y brinda una acción protectora (González 2017, p. 71).

1.1.1 Demanda y aplicaciones

Según lo señala Martínez (2011), el valor económico de la apitoxina se encuentra desde los US\$ 50 hasta US\$ 100, siempre y cuando el producto sea de calidad, es decir, sea avalada a través de un análisis de composición. En sus estudios de demanda para la crema Api cream en Ecuador, donde se enfoca en el 35% de la población ecuatoriana que padece enfermedades del sistema músculo esquelético y aproximadamente el 90% de las mujeres sufren de celulitis, a partir de la premisa, se establece un estudio estadístico en las ciudades en las principales ciudades del Ecuador con el objetivo de cuantificar a personas que padecen lesiones por la práctica del cualquier tipo de deporte cuyos resultados muestran que el 41% de individuos de la ciudad de Quito y el 26% de individuos de Guayaquil practican deporte; las encuestas fueron dirigidas a 100 personas quiteñas y 369 guayaquileños cuyos resultados reflejados en el gráfico 3-1, son alentadores para el producto y en cuanto a la comercialización del producto se encuentra dirigida a farmacéuticas Farcomed y Difare (Martínez 2019, p. 33-135).

En la actualidad, los beneficios para la salud provenientes de la madre naturaleza ya no es solo conocida por comunidades o pueblos indígenas, sino también se han abierto camino en la vida cotidiana de las personas como una opción para tratar o curar enfermedades, por lo cual dependen de medicamentos o tratamientos convencionales que conllevan a costos elevados y sin ninguna garantía. Por lo cual tiene su apogeo en el campo de la medicina natural alternativa, tal es el caso del uso medicinal de la apitoxina o veneno de abeja, cuyos medios para su administración van desde la picadura directa de la abeja, comprimidos sublinguales, inyecciones, la acupuntura, inhalación, frotación mecánica y a través de la transferencia de iones químicos por iontoforesis y fotoforesis (Tabares 2014, p. 42-47).

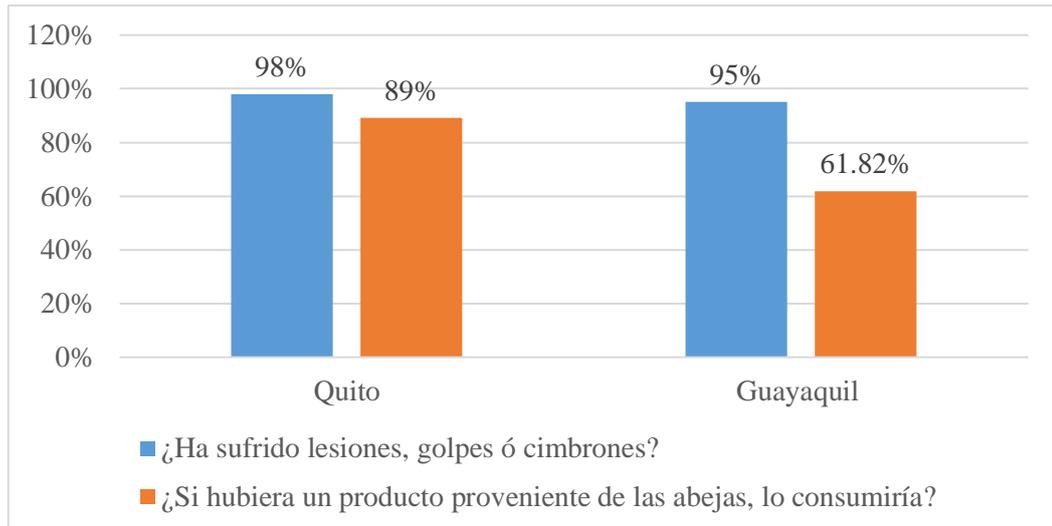


Gráfico 3-1: Análisis estadístico para la introducción de un producto a base de apitoxina.

Realizado por: Freire M. 2022

Tiene su uso en tratamientos terapéuticos para la artritis, osteoartritis, artritis reumatoide, ciática, lumbago, neuralgia, esclerosis múltiple, afecciones cutáneas, lupus, fibromialgia, soriasis, quistes, osteo-condrosis, lesiones causadas por deportes según lo menciona Martínez (2011), como, por ejemplo: esguinces, tendinitis, desgarros, contracturas, hematomas al mejorar la circulación sanguínea. Por su parte, las instituciones farmacéuticas la han introducido como componente en la fabricación y comercialización de medicamentos, cremas, ungüentos, bálsamos, geles, gotas, ampollas para inyecciones dirigidas al uso y consumo humano. En el área cosmética también adquiere relevancia al presentar funciones semejantes a la toxina botulínica por lo que lo puede encontrar en hidratantes o mascarillas que ofrece reducir las arrugas y manchas de la piel (Gonzalez 2019, p. 2-9).

1.1.2 Tipos de especies de abejas de la Región Amazónica

Existen en Ecuador una abundante diversidad de abejas nativas sin aguijón, encargadas de la polinización y elaboración de productos de colmena, sin embargo, se enfrentan a la introducción de nuevas abejas en su habitat y la deforestación. Más adelante, se introducen al país abejas con aguijón, de las cuales se destaca las abejas italianas y africanizadas.

En la provincia de Pastaza se encuentran dos emprendimientos familiares enfocados a la apicultura, que aparte de ofrecer al consumidor productos de colmena, también prestan servicios de apiterapia con tres tipos de razas de abejas *Apis Mellifera* (Valega 2016, p. 4-26). Por tanto, es conveniente acotar, las subespecies que mantienen disponible para este tipo de terapia alternativa, las cuales se encuentran descritas en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Subespecies de la *Apis mellifera* detectadas en la región Amazónica.

	Italianas	Africanizadas	Carniola
Nombre científico	<i>Apis mellifera ligustica</i>	Híbrido <i>Apis Mellifera</i>	<i>Apis mellifera cárnica</i>
Procedencia	Península itálica	Río Claro, Sao Paulo Brasil	Península de los Balcanes
Comportamiento	Generalmente tranquilo	Defensivo muy agresivo	Muy tranquilo y manso
Clima	Mediterráneo: invierno corto, sereno y húmedo	Tropicales	Se adaptan rápido a los cambios climáticos.
Sistema inmunitario	Se enferma fácilmente	Resistencia a enfermedades	Es resistente a las enfermedades de la cría.

Fuente: Valega O, 2016.

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.1.3 Características conductuales

Las abejas poseen un sobresaliente sentido del olfato que lo emplean para la comunicación, búsqueda de alimento y orientación, razón por la cual los investigadores sostienen que el sistema olfativo en las abejas controla su conducta, ya que su genoma presenta cientos de receptores olfativos. De acuerdo con Nates-Parra (2011), la abeja *Apis Mellifera* adquiere conductas tales como:

Comportamiento defensivo: comprende el afán de las abejas de proteger la colonia, ya que toman la posición de guardia y patrullan la entrada de la colmena; siguen una secuencia básica de vuelo y ataque masivo, controlando a las abejas que ingresan por su olor, puesto que si no pertenecen a la colmena son rechazadas y atacadas.

Los factores que influyen en la acción de picar por parte de las abejas son: movimientos bruscos, vibración del sustrato, feromonas de alarma o inclusive otro aroma, cabe recalcar que el nivel de agresividad depende de su genética, esto puede ser beneficioso para las abejas en áreas con altos niveles de depredación, pero es perjudicial para los apicultores en los trabajos de crianza y cuidados.

Comportamiento higiénico: es la capacidad para detectar, eliminar y quitar la descendencia infectada de la colonia, se considera un mecanismo natural para combatir enfermedades bacterianas, micóticas y parasitarias, por otro lado, se ha demostrado que las abejas que muestran

este tipo de comportamiento tienen un sentido del olfato más sensible y pueden distinguir entre crías sanas o enfermas con una intensidad de estimulación baja.

Comportamiento de forrajeo: este tipo de conducta comprende la asignación de actividades dentro y fuera de la colonia, como la de recolección de néctar y polen, pero tienden a ser realizadas de acuerdo con la edad donde las más jóvenes realizan las labores dentro del nido y las más viejas salen en busca del alimento, además cabe destacar que estos aspectos son sustanciales y característicos de la vida social de las abejas.

Comportamiento social: es estudiado por la socio-geonómica, disciplina que se encarga en identificar los genes que regulan su comportamiento social, funciones específicas y su relación con el entorno, con el fin de examinar la evolución en sus diversas maneras de sociabilidad. Ya que dentro de la colonia existen castas, con una clara diferenciación entre reinas y obreras.

Comportamiento anárquico: hace referencia a la actividad reproductora por parte de ciertas abejas obreras en colonias con reinas, dando origen a una ruptura de un orden social establecido y la ausencia de control, por lo que este tipo de comportamiento va en contra de la norma principal establecida dentro de una colmena con reina y puede ser una estrategia utilizada por las abejas obreras para tratar de lograr el éxito reproductivo individual.

En resumen, el comportamiento de las abejas *Apis mellifera*, es por lo general dócil, a menos que deban defenderse o proteger su colmena de cualquier amenaza, y por lo cual toman una conducta defensiva, motivándolas a picar y así depositar su veneno a través del aguijón, lo que en pocos instantes la lleva a muerte.

1.1.4 Morfología de la Apis Mellifera

Para comprender la vital importancia del cuidado y protección de las abejas con aguijón, específicamente en la apiterapia. Solo las abejas hembra obreras y reinas de la colmena poseen dicho órgano abdominal punzante, y al revisar su morfología se explica las fatales consecuencias que implica la obtención de la apitoxina privándole de su aguijón.

La morfología externa de la abeja *Apis mellifera* se basa en tres partes que son: la cabeza, el tórax y el abdomen. En la cabeza se alojan los ojos simples (ocelos), ojos compuestos, las antenas, la mandíbula, los palpos labiales y la lengua. El tórax es la parte media y se encuentra comprendido en una primera instancia por el protórax, seguida por el mesotórax, metatórax y por último el propóleo, cabe recalcar que cada parte presentan un par de patas que cumplen funciones como: limpieza para las antenas, manipulación de la cera y recolección de propóleo y polen; en el metatórax y mesotórax se encuentran un par de alas delgadas y transparentes por cada parte. Por

otro la el abdomen contiene glándulas cereras que segrega un líquido transparente que al tener contacto con el medio se cristaliza y se torna de color blanco, de la misma forma las estructuras reproductivas internas como los ovarios, las glándulas accesorias y los conductos se transforman en órganos que producen, almacenan y envían toxinas al implante, que juntos forman una estructura integrada, eficaz y práctica de implantación del veneno, el cual es administrado a través del agujijón el cual está compuesto por dos lancetas y un estilete cuya función primordial es la de dar respuesta a un comportamiento de defensa, es decir, el aparato picador se compone de una glándula ácida y una alcalina, un saco de veneno y el agujijón (Valderrama 2003, p. 219-225).

1.2 Apitoxina

El veneno de abeja es un líquido transparente, termolábil, sensible a la luz, por lo que tiende a secarse a temperatura ambiente, con un aroma a miel y un sabor un tanto amargo, que tiene su elaboración en el abdomen de las abejas obrera. Cabe resaltar que este tipo de sustancia actúa tanto en el sistema inmunológico como nervioso, con propiedades anti-inflamatoria, analgésica, anti-microbiana, anti-coagulante, entre otras, y según el apiterapeuta Alberto Moreno en una entrevista asegura que la apitoxina es muchísimo más efectiva que la Cortisona y la Morfina como antiinflamatorio y analgésico respectivamente (Dallo 2014, p. 1-12). Si bien es cierto, una abeja puede secretar entre 0,012 y 0,04 miligramos de veneno en una picadura, (Martínez 2019, p. 33-135). La tabla 2-1 muestra los principales componentes de la apitoxina, que en forma general está compuesta por agua, péptidos, polipéptidos, enzimas, aminoácidos y feromonas, contiene también fósforo, calcio, magnesio y proteínas.

Tabla 2-1: Información porcentual de los principales componentes de la apitoxina.

Compuesto	Porcentaje	Efecto
Melanina	52%	Antiinflamatorio
Apamina	2-3%	Neurotóxico Analgésica
Adolapina	2-5%	Antiinflamatoria-Analgésico
Fosfolipasa A2	10-12%	Anticoagulante-Antigénico
Hialuronidasa	1-3%	Anti fibroso
Histamina	0,5-2%	Dilatante
Catecolaminas (Dopamina-Noradrenalina)	1-2%	Aumento de pulsos cardiacos

Fuente: González, 2019.

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.2.1 Estudio de los métodos de recolección

Es posible utilizar veneno de abeja o pequeñas partes del veneno con fines medicinales, para lo cual se han ido desarrollando métodos apropiados de recolección de apitoxina para su uso en estudios de desensibilización y estudios de la naturaleza bioquímica del veneno de abeja, de la misma forma en sus posibles usos terapéuticos.

Para ello, se ha desarrollado un dispositivo que emite corriente eléctrica a través de una llama para estimular el comportamiento de picadura en las abejas, permitiendo la recolección de veneno. El diseño, según Manfredi (1992) consiste en una pequeña caja de madera de 15 x 17 x 3,5 cm de altura con paredes laterales y tapa de acrílico, que encierra a las abejas durante la recolección del veneno y luego se quita para permitir que las abejas escapen, para evitar así que ataquen a los apicultores u otras personas. El dispositivo es utilizado para aplicar una descarga eléctrica intermitente de 10 voltios cada 10 segundos, a través de cables de cobre paralelos separados 0,5cm, que las estimula a picar una lámina de plástico, depositando su veneno para luego ser recolectado (Manfredi 1992, p. 128-130).

Por otro lado, Sánchez et al. (2017) para la recolección de apitoxina utilizan un extractor de electroestimulación, que modula la sincronización del pulso eléctrico a través del Arduino con un intervalo de cuatro segundos entre cada golpe, creando pequeñas descargas eléctricas. Esta actividad se realiza en 30 minutos, en condiciones de clima soleado y seco, con el objetivo de identificar las condiciones óptimas para un dispositivo electrónico extractor de veneno de abeja *Apis mellifera*.

1.2.1.1 Indecencia en índice de mortalidad

El Reglamento para el control de actividades Agrícolas en Ecuador, en el Art. 55., señala que se prohíbe la destrucción de las abejas dentro de sus panales como método relacionado a la cosecha de productos de la apicultura, lo que implica la extracción de apitoxina.

Por su parte, Sánchez et al. (2017) argumenta que los métodos de recolección por medio de estimulación eléctrica han permitido que la tasa de mortalidad de las abejas se vea reducida, por el hecho de no poder incrustar su aguijón en el vidrio, eliminando así el peligro de excreción del cuerpo, como suele ocurrir con las picaduras. Por lo que, en su experimento realizado con 6 colmenas de *Apis mellifera* en la provincia de Imbabura, bajos las condiciones mostradas en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Mortalidad de las abejas por extracción de apitoxina.

N°	Voltaje [V]	Corriente [mA]	Tipo de Alambre	Abejas Muertas
1	29	0,1	Cobre	26
2	87	0,3	Cobre	33
3	144	0,5	Cobre	35
4	29	0,1	Plata	23
5	87	0,3	Plata	36
6	144	0,5	Plata	49

Fuente: Sánchez et al., 2017.

Elaborado por: Freire M, 2022.

Como lo hace notar Durán et al., (2011) en su estudio para la evaluación de dos distintas frecuencias para la extracción de apitoxina, con el afán de establecer su incidencia en la mortalidad de las abejas y la cantidad de apitoxina extraída, concluye que es conveniente una frecuencia de colecta de cada 30 días según los resultados expuestos en el gráfico 4-1, porque presenta menores costos operativos, se torna menos irritante para las abejas y su productividad; en el experimento se hizo uso de colectores de descargas eléctricas regulables que van desde los 11,5 voltios hasta los 13,5 voltios. Cada pulso tenía una duración de 3 segundos con un intervalo de 6 segundos en un tiempo de 30 minutos por sesión a tres colmenas Apis.

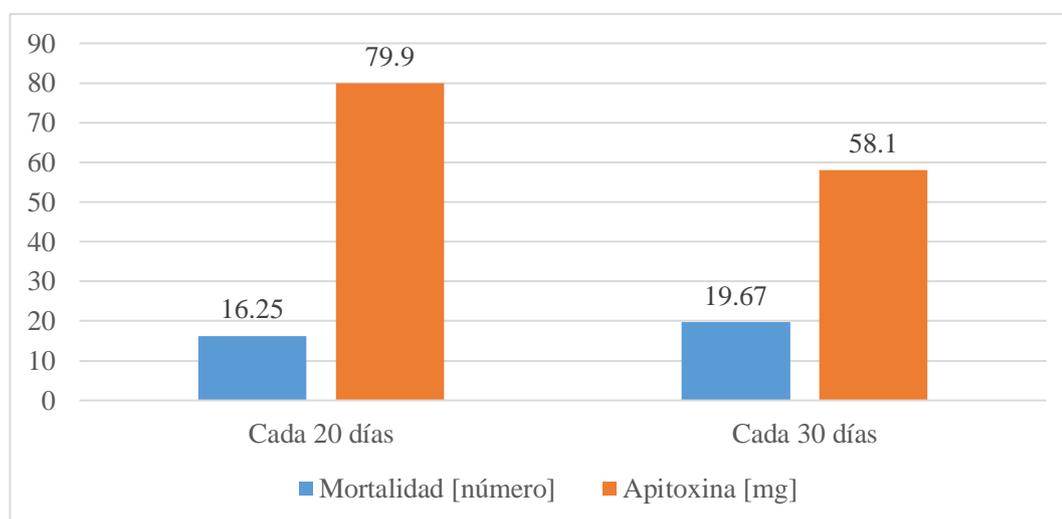


Gráfico 4-1: Frecuencias para la colecta de apitoxina mediante estimulaciones eléctricas.

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.2.1.2 Periodos recomendados por sesión

Según los autores de los dispositivos antes mencionados, destacan en sus experimentos los periodos adecuados para la extracción de apitoxina, enfocados a las colectas con equipos electroestimulantes, ya que debe considerarse que las abejas tienden a una conducta agresiva al someterse a descargas eléctricas ocasionando un déficit tanto en su salud como en la elaboración de productos apícolas, en especial a la producción de miel. Con base en los resultados obtenidos en cada experimento y los cuales se encuentran en la tabla 4-1, las sesiones de extracción no deberían durar más de 30 minutos con intervalos de 3 a 4 segundos; mientras tanto otros autores sostienen que el más efectivo y aparentemente menos dañino corresponde a 15 minutos de extracción con un intervalo de tres días y una repetición del procedimiento después de 14 días a 21 días, ya que el volumen de apitoxina es obtenido y las abejas son menos perturbadas.

Tabla 4-1: Periodos para la recolección de apitoxina a través de estimulación eléctrica.

Autor	Manfredi (1992)	Sánchez et al. (2017)	Durán et al. (2011)
Periodo [min]	60	30	30
Duración [s]	10	4	3
Características eléctricas	10V	144V-0,5mA	11,5-13,5V
Cantidad de apitoxina	≈3mg x colmena	≈25,63mg x colmenas	≈26,63mg x colmena

Fuente: Durán et al., 2011.

Elaborado por: Freire M, 2022.

De los resultados presentados en la tabla 4-1, las características para un dispositivo electrónico para la colecta de apitoxina, dos de los autores concuerdan que debe tener una duración de 30 minutos con intervalos de descargas eléctricas que van desde los 3 hasta 10 segundos, considerando el menor tiempo el más óptimo, debido a su influencia en su comportamiento y tolerancia, por lo que, los resultados según Duran et al. (2011), se toman como referencia para el diseño del proyecto.

1.3 Dispositivos electrónicos para la extracción de apitoxina

El mercado pone a disposición del apicultor dispositivos electrónicos para la recolección del veneno de abeja, uno de ellos es APITOX una marca de extractores de apitoxina, fabricados en Argentina y cuyo dispositivo electrónico presenta un funcionamiento simple, ya que consiste en una fuente electrónica de control, encargada de producir una secuencia de estímulos para que la abeja expulse el veneno, permitiéndole al apicultor graduar los períodos de trabajo y la intensidad

de acuerdo a las condiciones que demanda cada colmena, por lo que en la tabla 5-1 se muestran las características de los productos que ofrece (Pepa 2020, p. 1-22).

Tabla 5-1: Modelos y precios de los extractores de apitoxina marca APITOX

Modelo	Capacidad	Parillas Incluidas	Vidrios Receptores	Precio
APITOX AX 110	10 parrillas	10 parrillas con vidrios	40	U\$S 1.200,00
APITOX AX 220	20 parrillas	20 parrillas con vidrios	80	U\$S 2.500,00
APITOX AX 440	40 parrillas	40 parrillas con vidrios	160	U\$S 3.800,00

Fuente: Pepa, 2020.

Elaborado por: Freire M, 2022.

En cuanto se refiere al mercado español, este ofrece al apicultor un dispositivo electrónico para la extracción de veneno en abejas, la máquina produce descargas eléctricas sobre una placa de vidrio que estimula a las abejas a aguijonear sobre la placa sin llegar a morir. La placa es desmontable para que se pueda extraer el veneno depositado mediante raspado. El producto dispone de un selector de frecuencias de descarga con cuatro posiciones, se puede conectar como máxima cinco placas en forma de parrillas por donde circula la descarga eléctrica a las abejas, el equipo incluye un maletín de protección a prueba de golpes. Las medidas en cuanto a las placas son de 235x80 mm, la caja tiene una medida de 300x150x145 mm, con un peso de 2,75 kg. El precio es de 635,00 € lo que equivale aproximadamente a U\$S 735,71 dólares americanos (Apidroches 2021, p. 1).

Cabe destacar que, dentro del mercado, los países con más notoriedad en el ámbito de dispositivos orientados a la recolección de veneno de abejas se encuentran en Colombia, Argentina, Brasil, China, Japón, entre otros, que además han proporcionado estudios e investigaciones al sector apicultor para una óptima producción respetando su bien más preciado, las abejas.

1.3.1 Tipos de control

Los dispositivos electrónicos para la colecta presentan ventajas para el apicultor en los procesos de recolección de apitoxina, como en el caso de los dispositivos APITOX que presentan un control de potencia que dispone de 6 niveles de intensidad, de acuerdo con la población de cada colmena. El indicador de descanso permite la modulación manual de los períodos de trabajo de acuerdo con la población de cada colmena, por otro lado, los productos Pick o Tronic contiene indicadores led y moduladores para 4 niveles de intensidad y de igual forma para pausar las descargas.

Tabla 6-1: Contraste entre dispositivos comerciales para la colecta de apitoxina.

APITOX	PICK O TRONIC.
Control ON/OFF	Control ON
Control de potencia	Modulación del choque eléctrico
Indicador de descanso	Modulación para pausar

Fuente: Pepa, 2020; Apidroches, 2021

Elaborado por: Freire M, 2022.

A partir de la tabla 6-1, se puede decir que los dispositivos electrónicos para la recolección de apitoxina presentan un control manual para la modulación de intensidad de la descarga eléctrica que se va a aplicar a las abejas, dentro de un rango determinado por el fabricante; incluso manipular los intervalos para la electroestimulación.

1.3.1.1 Características eléctricas

En cuanto se refiere a las características eléctricas de los equipos, ambos operan con una alimentación de 12 voltios como lo evidencia la tabla 7-1, lo cual indica que los estudios para la elaboración de estos tipos de productos van en concordancia con los experimentos para determinar el nivel de voltaje para aparatos de extracción sin ocasionar muertes u comportamiento agresivos en las colmenas.

Tabla 7-1: Comparación de las características eléctricas en los recolectores de apitoxina.

Característica eléctrica	APITOX	PICK O TRONIC.
Voltaje [V]	6 niveles (20, 25, 30, 35, 40, 45)	4 niveles
Corriente	6 niveles	4 niveles
Alimentación	Baterías (12V) recargables	Fuente de 12V

Fuente: Pepa, 2020; Apidroches, 2021

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.4 Módulo de control

Son los encargados del procesamiento y manipulación de señales o eventos dentro de un sistema electrónico que varían según sus prestaciones o el campo de aplicación. En otras palabras, es el núcleo del sistema y va desde los conocidos microcontroladores a las tarjetas de desarrollo, los cuales ofrecen distintos modelos que se caracterizan por sus componentes, entornos de programación, costos y accesibilidad.

1.4.1 Microcontrolador

Es un dispositivo electrónico capaz de ejecutar autónomamente operaciones lógicas programadas con antelación, y es el componente principal para el procesamiento y control dentro de un sistema electrónico; es según Dogan (2008) una computadora de un solo chip con una unidad central de procesamiento, memoria de programa y datos, puertos de entrada y salida en serie y en paralelo, temporizadores e interrupciones. En cuanto al funcionamiento de un microcontrolador, se da con un conjunto de instrucciones almacenadas en su memoria para desarrollar una tarea específica, cuya programación puede ser mediante lenguaje ensamblador o lenguajes de alto nivel como Basic, Pascal o C. Cabe recalcar que los microcontroladores se utilizan hoy en día en muchos dispositivos comerciales, para la automatización de oficinas, como computadoras personales, impresoras láser, máquinas de fax y teléfonos inteligentes. Por lo general, el único requisito para un sistema de microcontrolador es estar en un solo chip. En aplicaciones prácticas, es posible que se requieran otros componentes adicionales para conectar el microcontrolador al entorno (Dogan 2008, p. 327).

Un microcontrolador se compone de recursos como los descritos en la tabla 8-1, pero básicamente consta de elementos como los puertos de entrada y salida responsables de la comunicación con el mundo exterior, los pines de comunicación pueden ser digitales o analógicos, ya sean de entrada para la conexión con sensores; de salida para la conexión de actuadores; o los que tiene ambos. Se encuentra también la Unidad Central de Procesamiento, que es la responsable de ejecutar las instrucciones correctamente, también denominado procesador. Por último, la memoria es el elemento encargado de almacenar toda la información, como los comandos y datos a procesar, permitiendo que la CPU pueda funcionar y acceder a la información en cualquier instante. Existen dos grupos principales: no volátil, la cual almacenan información de forma permanente incluso cuando no hay energía disponible. Además, guarda el programa del microcontrolador; memorias volátiles que almacenan información temporalmente (Moreno y Córcoles 2018, p. 452).

Tabla 8-1: Recursos de hardware de los microcontroladores.

Recurso	Descripción
Tensión de alimentación	Tensión lógica estándar de +5V. Puede ser +2,7 hasta +6V
Reloj	Las operaciones consumen varios ciclos de reloj “ciclo de instrucción”
Temporizadores	Es un contador que se activa con una señal de reloj interna o externa.
Perro Guardián (Watchdog)	Recurso de seguridad que evita la ejecución de un software sin control y que detiene la ejecución de cualquier programa o código sin sentido.
Entrada Reset	Usada para inicializar el microcontrolador.
Interrupciones	Salte del flujo normal de ejecución de su programa y salta a una parte especial del programa, respondiendo a eventos externos e internos

Detector de tensión mínima en la alimentación.	Mecanismos de seguridad que evita un funcionamiento impredecible por bajas tensiones, y proteger los contenidos de la memoria EEPROM.
Convertor Analógico/Digital	Convertir una señal analógica a un formato digital.
Memoria de datos EEPROM	Guardar o cambia datos no volátiles.
Comunicación serie	Conexión entre microcontroladores o un PC usando cable serie.

Fuente: Dogan, 2008

Elaborado por: Freire M, 2022.

La arquitectura de un microcontrolador corresponde a su diseño, a nivel físico y de funcionamiento. Existen dos principales arquitecturas en la ingeniería de microcontroladores que se contrastan en la tabla 9-1; estas arquitecturas pueden emplear procesadores CISC (Complex Instruction Set Computer) los cuales tiene variedad compleja de instrucciones para su programación; también se encuentran procesadores RISC (Reduced Instruction Set Computer) que contienen un conjunto reducido de instrucciones que no afectan las prestaciones del ordenado, son más fáciles y rápidos de programar, ya que mientras están ejecutando una instrucción buscan la siguiente a ejecutar (Moreno y Córcoles 2018, p. 452).

Tabla 9-1: Contraste entre las arquitecturas de un microcontrolador.

VON NEUMANN	HARVARD
Única memoria para instrucciones y datos.	Tiene una memoria para instrucciones y una para datos.
El tamaño de las unidades de datos e instrucciones está determinado por el tamaño del ancho del bus de memoria.	Al disponer de dos memorias se tienen dos buses de comunicaciones distintos.
La longitud de las instrucciones es limitada por la longitud de datos.	Los buses son totalmente independientes y con posibilidad de ser de diferentes anchos.
Existe un cuello de botella en la velocidad operativa debido a un solo bus para instrucciones y datos.	No existe un cuello de botella en la velocidad operativa.

Fuente: Moreno & Córcoles, 2018

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.4.2 Tarjetas de desarrollo

Una tarjeta de desarrollo de acuerdo con Osorio (2011) es un circuito electrónico que contiene un microcontrolador o unidad principal, puertos, conectores y un regulador. En otras palabras, es una placa de un tamaño pequeño, la cual es utilizada en ambientes industriales para el control de sistemas embebidos. Desde un punto de vista técnico, la placa de desarrollo es una herramienta para el diseño y prototipado de sistemas digitales o analógicos, que se presenta como un elemento muy útil para la mejora de procesos de diseño al reducir el tiempo de validación del diseño.

Además de la capacidad que proporciona para ser tanto una solución como un producto final. Es importante mencionar que en la actualidad hay muchas Placas de desarrollo que emplean procesadores ARM, incluidas placas Maple, Beagle, mbed, LPC1769 y LPCxpresso; ya que las arquitecturas ARM optimizan el uso de los recursos, por medio de su procesador “Core”, el cual ha ido evolucionando siendo cada vez más pequeño y con mayor velocidad de procesamiento (González y Silva 2013, p. 1-10).

1.4.2.1 Arduino

Es una placa o circuito impreso de hardware y software libre, multiplataforma, al igual que su entorno de desarrollo, que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines de entrada y salidas adecuado para la elaboración de proyectos basados en sistemas electrónicos, adecuado para el diseño y elaboración de dispositivos independientes y económicos, ya que posee un lenguaje de programación libre basado en C y C++ con instrucciones y elementos para evitar errores en la codificación, además su entorno de programación es compatible con la mayoría de sistemas operativos (Moreno y Córcoles 2018, p. 452).

Los microcontroladores que presentan los distintos modelos de la familia Arduino comporten una arquitectura tipo AVR, por lo que, sus funcionamientos tienden ser similares, pero cada uno ofrece diferentes presentaciones que se adaptan a la necesidad del programador, y se destacan de otras placas por sus características como son: un coste económico, hardware y software libre, facilidad de uso, multiplataforma, placas versátiles y reutilizables entre otras.

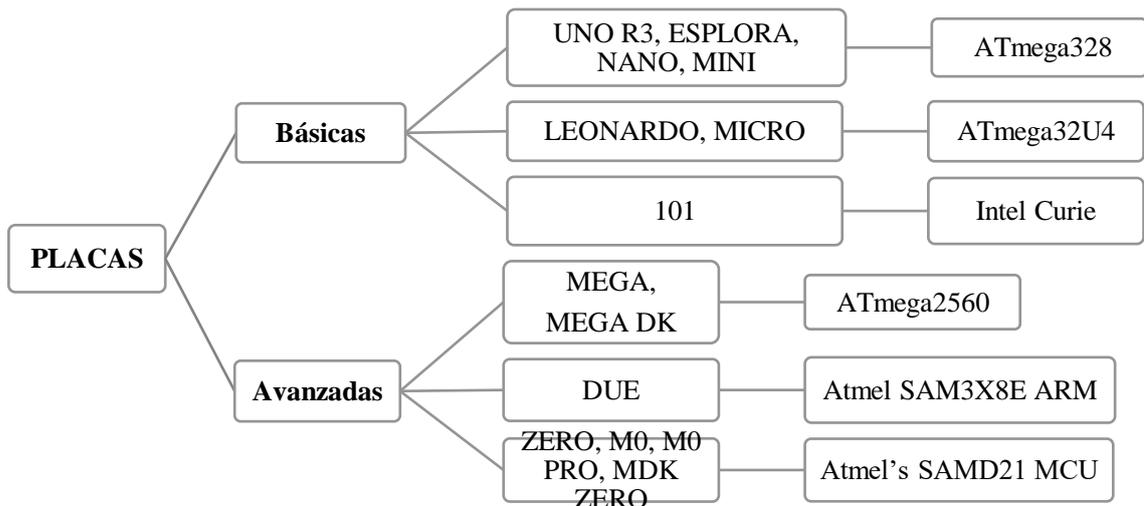


Gráfico 5-1: Tipos de placas de la familia Arduino.

Elaborado por: Freire M, 2022.

Los distintos modelos de placas básicas de Arduino son expuestos mediante el gráfico 5-1, ofrecen distintas ventajas en sus prestaciones para el desarrollo de proyectos, por lo que la tabla 10-1, recopila de forma general las principales características que ofrecen este tipo de placas con el fin de contrastar la información y su vez se torne una guía para la selección de alguna de estas placas según los requerimientos o necesidades del proyecto.

Tabla 10-1: Principales características de las placas básicas de Arduino.

Placa Arduino	Características
LEONARDO	Único microcontrolador para la ejecución del programa y comunicación USB. Posee 12 entradas analógicas y 7 salidas PWM. Memorias: Flash de 32KB, SRAM de 2,5KB y EEPROM de 1KB.
101	Incorpora Bluetooth, acelerómetro y giroscopio. Posee 6 entradas analógicas 4 salidas PWM. Memorias: Flash de 196KB y SRAM de 24KB
ESPLORA	Incorpora una serie de sensores y actuadores en su placa. Presenta las mismas características de memoria del Arduino Leonardo y la comunicación USB integrada.
MICRO	Tiene comunicación serie integrada. Posee 20 E/S: 7 salidas PWM y 12 entradas analógicas. Memorias: Flash de 32KB donde 4KB son para el programa de arranque, SRAM de 2,5KB y EEPROM de 1KB
NANO	Cuenta con 22 pines de E/S: 6 salidas PWM y 8 entradas analógicas. Memorias: Flash de 32KB donde 2KB son para el programa de carga, SRAM de 2KB y EEPROM de 1KB
MINI	No tiene conectividad USB. Cuenta con 22 pines de E/S: 6 salidas PWM y 8 entradas analógicas. Memorias: Flash de 32KB donde 2KB son para el programa de carga, SRAM de 2KB y EEPROM de 1KB

Fuente: Moreno & Córcoles, 2018

Elaborado por: Freire M, 2022.

Uno de los modelos estándar es el Arduino UNO R3, que de igual manera se encuentra dentro de la categoría de placas básicas, y se toma como ejemplo para destacar los componentes de una placa Arduino como tal; y del mismo modo contribuye al proceso de selección anterior, ya que la tabla 11-1, muestra en detalle las características de cada componente de la placa, que a su vez presentan similitudes con el resto de placas básicas, ya sea por el microcontrolador, los pines de entrada y salida o por la memoria que dispone.

Tabla 11-1: Componentes de la placa Arduino UNO R3

Componente	Característica
Alimentación	Conexión a una fuente externa: Admite 6-20 voltios
	Conexión mediante USB a un ordenador: 5 voltios
	Conexión a un puerto de alimentación: 5 voltios
Puerto USB	Alimentación de la placa. Cargar los programas al microcontrolador. Envía información desde la placa al ordenador, y viceversa.
Entradas y salidas digitales	Dispone de 14 E/S digitales del 0-13 que disponen de una resistencia interna Pull-Up. Conocidas como GPIO “General Purpose Input/Output”. Funcionan a 5V y proporciona cada pin un máximo de 40mA.
Entradas y salidas analógicas	Dispone de 6 entradas analógicas de la A0 a A5, reciben un rango de voltaje de 0V a 5V. Si son usadas como E/S digitales su numeración cambia a 14 hasta el 19. No dispone de salidas analógicas auténticas, pero se puede trabajar con los pines de E/S digitales 3,5,6,9,10,11 que además tiene el símbolo de “~”
Pines de alimentación	3,3V, 5V, GND, Vin (alimenta con el nivel que recibe la placa sin regular)
Microcontroladores	Microcontrolador de comunicaciones ATmega16U2, traductor del protocolo USB. Microcontrolador de Arduino ATmega1328P
Memoria	Flash: 32KB, pero se reduce a 512 bytes debido al gestor de arranque. SRAM: 2KB, pero puede ser ampliada, EEPROM: 1KB, pero puede ser ampliada.
Botón reset	Reinicia el microcontrolador.
Reloj	Posee una velocidad de 16MHz
Comunicación	I2C y SPI

Fuente: Moreno & Córcoles, 2018

Elaborado por: Freire M, 2022.

Finalmente, cabe añadir que Arduino posee un entorno de desarrollo integrado o IDE libre y amigable para el usuario que le permite trabajar con las placas de Arduino al cargar un “sketch” al microcontrolador cuyos ficheros tiene una extensión *ino*. El entorno de programación incluye un editor de código fuente, un compilador que traduce el código a un lenguaje de máquina, un depurador para detectar y eliminar errores en la codificación, y además de un constructor de interfaz gráfica (Moreno y Córcoles 2018, p. 452).

1.4.2.2 Raspberry Pi

Según López (2017) es un pequeño ordenador SBC o Single Board Computer de bajo coste, tiene su origen en Reino Unido y surge como metodología para la enseñanza de programación enfocada a niños. En la actualidad es usado por muchas personas con interés en la programación de

Software en lenguajes como Scratch y Python, ya que es una herramienta para el desarrollo de proyectos electrónicos e informáticos. En resumen, las características principales de la placa se pueden agrupar en las siguientes partes: Arquitectura ARM, memoria RAM, tarjeta gráfica en un solo chip, tarjeta SD para almacenamiento permanente (López 2017, p. 262).

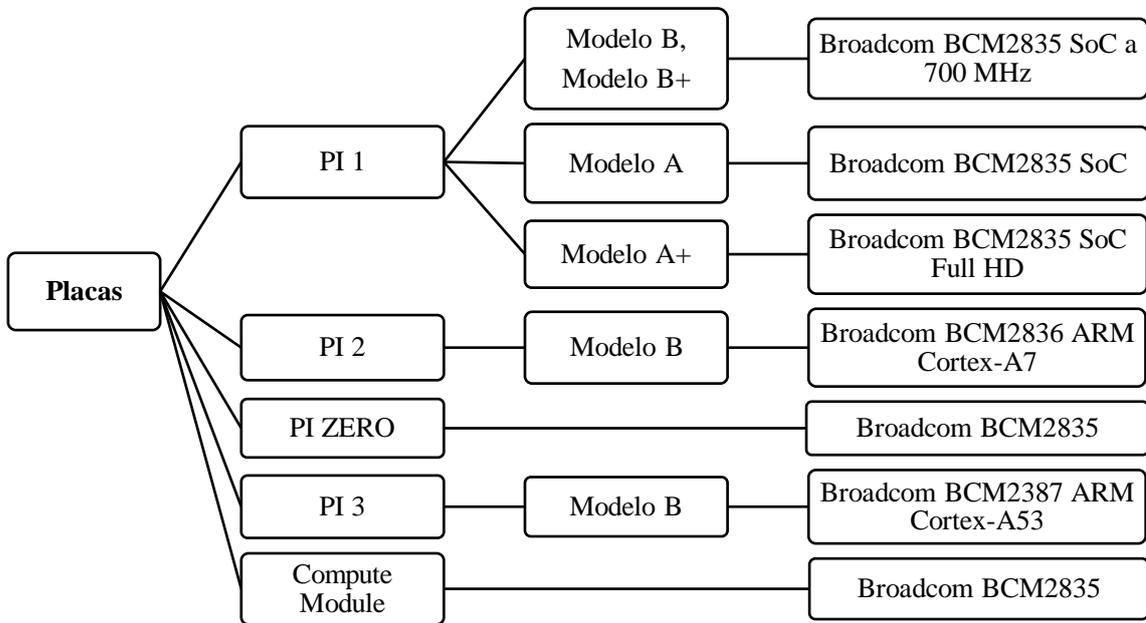


Gráfico 6-1: Modelos de placas de Raspberry PI

Elaborado por: Freire M, 2022.

Existen diferentes modelos de placas de Raspberry PI, tal como se muestra en el gráfico 6-1, los mismos que se presentan en la tabla 12-1 con sus principales características que a su vez permiten un contraste entre ellos y con placas de la familia Arduino, con el propósito de orientar una selección adecuada con base en las presentaciones que ofrece cada familia y las necesidades del proyecto. Cabe destacar que cada modelo tiene diferentes versiones que van mejorando continuamente en función de las nuevas tecnologías.

Tabla 12-1: Característica de los diferentes modelos de placa Raspberry PI

Placa	Modelo	Características
PI 1	B	Memoria: RAM: 256 MB, SDRAM 700 MHz. Tarjeta SD, MMC, ranura para tarjeta SDIO, Puerto de salida HDMI y RCA, Ethernet 10/100 RJ45 para conexión a Internet. Alimentación 5V, y con ranura micro-USB.

		Pines GPIO: 26.
	A	Memoria: RAM: 256 MB SDRAM 700 MHz. Tarjeta MicroSD, puerto USB y puerto de salida HDMI. Alimentación a 5V Pines GPIO: 26
	B+	Memoria: RAM de 512 MB. Alimentación a 5V con protección de polaridad y fusible de 2ª. Fuente de Alimentación para 3,3 V y 1,8 V. 4 puertos USB y 40 pines GPIO. Tarjeta MicroSD, controlador USB/Ethernet y puerto de salida HDMI.
	A+	Memoria: RAM: 256 MB SDRAM 700 MHz. Tarjeta MicroSD, puerto USB y puerto de salida HDMI. Alimentación a 5V Pines GPIO: 40
PI 2	B	Memoria 1 GB LPDDR2 SDRAM. Salida de video 1080p, salida de audio estéreo. Ethernet 10/100 Base, HDMI 1.3 y 1.4. Tarjeta MicroSD, 4 puertos USB 2.0., conector Serie. Pines GPIO: 40
PI ZERO		512 MB de SDRAM LPDDR2. Un socket mini-HDMI para salida de video 1080p a 60fps Tarjeta micro-SD, Micro-USB para datos y energía. Pines GPIO: 40
PI 3	B	RAM: 1GB LPDDR2. Ethernet socket Ethernet 10/100 BaseT, 4 puertos USB de 2,0. Salida de video: HDMI rev 1.3 y 1.4 y RCA, Conector para cámara MIPI 15 pines, conector de 15 vías plana flex cable con dos carriles de datos y un carril de reloj. Ranura de tarjeta de memoria Micro SDIO. Pines GPIO: 40 con 40-clavijas de expansión.
Compute Module		Memoria: RAM de 512 Mb, 4 GB eMMC Flash SODIMM DDR2. Conector HMI y Puerto USB.

Fuente: López, 2017

Elaborado por: Freire M, 2022.

Tanto las placas de la Familia Arduino como Raspberry PI poseen ventajas y desventajas, las cuales constan en la tabla 13-1 y se enfocan en su consumo, capacidad de almacenamiento, arquitecturas, entonos de programación y componentes disponibles. Sin embargo, ambas familias se enfocan al desarrollo del aprendizaje al permitir llevar a cabo varios proyectos enmarcados dentro de la ingeniería electrónica.

Tabla 13-1: Ventajas y Desventajas de Arduino y Raspberry pi

Arduino		Raspberry PI	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Computación básica. Muy bajo consumo. Programación sencilla. Orientado a usuarios básicos. De fácil arquitectura. Variedad de códigos fuentes disponibles.	Escasa potencia: tareas sencillas. Menos memoria. Necesidad de shields para la comunicación. Coste adicional para cada escudo (shield).	Capacidades de computación de propósito general. Bajo consumo Arquitectura ARM y soporte. Orientado al aprendizaje.	Demasiada potencia y gasto de energía. Arquitectura ARM11 obsoleta y con menor soporte. Sin tecnología Wi-Fi Necesita tarjeta SD para el Sistema Operativo.

Fuente: López, 2015

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.5 Sensores

Estos son los componentes o dispositivos de entrada que convierten variables del mundo físico en señales eléctricas de salida, ya sean analógicas o digitales, que pueden ser utilizadas por los circuitos de control en un sistema electrónico, es decir, es un elemento que se utiliza para medir una cantidad física o química o para detectar la presencia de una sustancia dentro de un medio. Los sensores se pueden clasificar de varias formas, ya sea por tipo de principio de transducción o el tipo de variable física que puede medir, algunos ejemplos se enlistan mediante el gráfico 7-1, cada uno con características particulares que los diferencian entre sí, y que permiten la monitorización de un proceso y toma de decisiones con base en la información que estos proporcionan (Corona et al. 2019, p. 321).

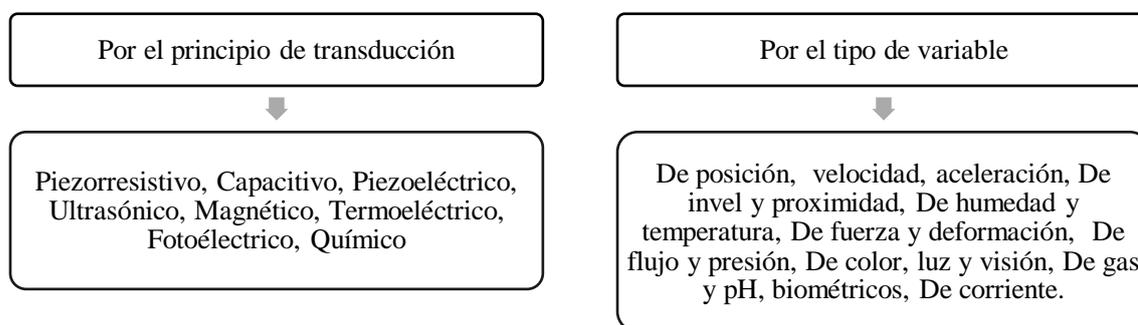


Gráfico 7-1: Clasificación de los sensores.

Elaborado por: Freire M, 2022.

El sensor final de carrera o también conocidos como “bumpers” son empleados principalmente para detectar la posición de un objeto, cuyo funcionamiento es como un interruptor binario, abierto y cerrado con características electromecánicas. Este tipo de sensor de contado es ideal para determinar la existencia de un objeto en cierto lugar y la señal es mantenida hasta que detecte lo contrario, a diferencia de un sensor de proximidad no existe calibración alguna o alcance de detección posible. Esta es una opción mucha más segura para la detección de un recipiente para el almacenamiento de sustancia que debe estar en su posición durante todo el proceso de colecta (Serna et al. 2010, p. 23-24).

Las características atribuidas a los sensores en general se describen en la tabla 14-1, las cuales pueden ser del tipo estáticas al no cambiar con el tiempo, por lo que describen al sensor en régimen estacionario, y finalmente las características dinámicas que describen al sensor en función del tiempo o en régimen transitorio; de hecho todas estas características permiten validar su óptimo funcionamiento en una determinada área y lo que es mejor para su elección entre tantas marcas y modelos dentro del mercado.

Tabla 14-1: Características estáticas y dinámicas de los sensores.

Estáticas	Dinámicas
Sensitividad: entrada mínima que requiere éste para provocar una salida detectable.	Tiempo de respuesta: periodo que transcurre desde que la variable medida presenta un cambio hasta que es registrada por el sensor.
Rango: intervalo entre el valor mínimo y el valor máximo de la variable física	Histéresis: capacidad para seguir a la curva de salida ideal debido a los cambios de la variable física.
Precisión: grado de repetitividad de una medida.	Linealidad dinámica: capacidad para seguir correctamente la curva de salida dada por el fabricante.
Exactitud: diferencia entre la salida del sensor y el valor real de la variable medida.	Error dinámico: diferencia entre la cantidad indicada en un instante de tiempo y el verdadero valor medido.
Linealidad estática: desviación entre la curva dada por el fabricante y la curva de salida actual.	
Offset: corrimiento en el eje y de la curva de salida.	
Resolución: mínimo cambio en la variable física medida.	
Error estático: problemas en las lecturas del sensor.	

Fuente: Corona et al., 2019

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.6 Actuadores

Son dispositivos que logran transformar magnitudes físicas como la fuerza, posición, velocidad y aceleración, sobre otro dispositivo. Se dividen en actuadores eléctricos, mecánicos, neumáticos y hasta piezoeléctricos, por el tipo de energía empleada, o pueden ser lineales y rotatorios por el

tipo de movimiento que producen (Corona et al. 2019, p. 321). Su función dentro de un sistema electrónico es la de recibir una orden y activar algún elemento de control final.

1.6.1 Eléctricos

Este tipo de dispositivos se alimentan de energía eléctrica y la transforma a energía mecánica, cuyo movimiento puede ser tanto rotacional como lineal, y su principio de funcionamiento se basa en el efecto del campo magnético al pasar una corriente eléctrica, generando una fuerza electromagnética, lo que induce un desplazamiento. Según Corona et al. (2019) clasifica a los actuadores eléctricos por el tipo de energía eléctrica usada en su alimentación, por lo que algunos de ellos se presentan en el gráfico 8-1. Es así como su elección va a depender del tipo de alimentación, torque, velocidad y precisión.

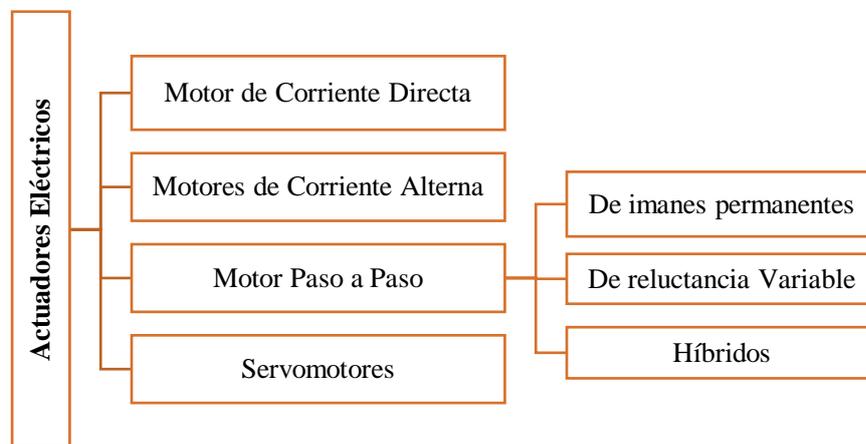


Gráfico 8-1: Clasificación de los actuadores eléctricos según el tipo de alimentación.

Elaborado por: Freire M, 2022.

Los motores de corriente directa o motores DC, utilizan para su funcionamiento corriente continua es decir, una circulación de flujo eléctrico de corriente en un solo sentido, el cual se encuentra constituido por un inductor, el cual se encarga de crear el campo magnético fijo necesario para generar una fuerza electromotriz; por otro lado, está el inducido que es el encargado del giro por acción de la fuerza de Lorentz como resultado de la corriente que circula y el campo magnético de excitación (Martínez 2018, p. 33). Cabe destacar que en este tipo de motores el voltaje es proporcional a la velocidad rotacional, y el torque a la corriente que pasa por los devanados.

De igual forma, se encuentran los motores a pasos que basan su funcionamiento en un campo rotacional a partir de señales eléctricas y se clasifican por el tipo de campo magnético que se genera; se encuentran inmersos en diversas aplicaciones como: sistemas informáticos, robótica,

impresoras, aeronáutica, mecanismos de posicionamiento, entre otros. Una de las ventajas que sobresale de este tipo de motor es la precisión de posicionamiento sin necesidad de algún tipo de control; sin embargo, se debe tener en cuenta que la velocidad es inversamente proporcional al par en este tipo de motores especiales (Conti 2013, p. 48).

1.7 Sistemas de alimentación

Son los encargados de proporcionar energía suficiente a un sistema electrónico. La fuente de alimentación es un dispositivo electrónico capaz de modificar una corriente alterna a continua, y se adapta a las necesidades eléctricas del dispositivo o bloques funcionales que lo componen. En este sentido, hoy en día la mayoría de los equipos electrónicos, como computadores, placas de desarrollo, equipos industriales, entre otros dispositivos eléctricos, utilizan para su funcionamiento tensión continua (López 2016, p. 246).

1.7.1 Baterías

Es un dispositivo que consta de celdas conectadas ya sea en serio o en paralelo que convierte la energía química en eléctrica mediante reacciones, cuya función principal es la de almacenar energía; entre sus partes fundamentales se encuentran el ánodo, el cual pasa de una reacción de reducción al cargarse la batería a una reacción de oxidación al descargarse lo que es contrario para el caso del cátodo, se encuentra también el separador y finalmente el electrolito. Se clasifican en baterías primarias o no recargables, ya que la conversión de energía química a eléctrica es irreversible; y las baterías secundarias o recargables (Quintero et al., 2021). Algunos de los ejemplos de la clasificación de las baterías se encuentran expuestas en el gráfico 9-1.

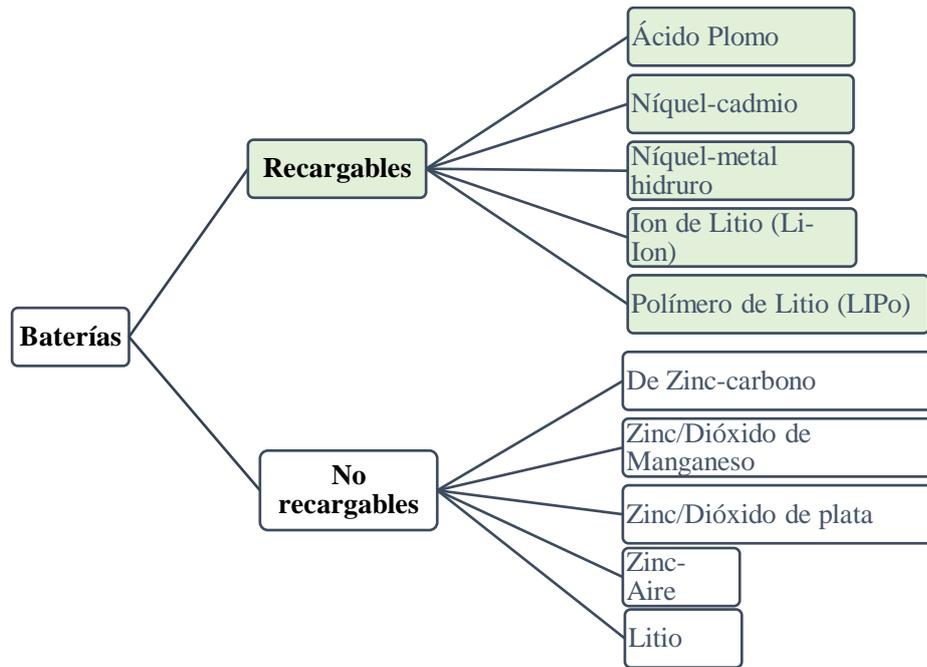


Gráfico 9-1: Ejemplos de baterías recargables y no recargables.

Elaborado por: Freire M, 2022.

Las baterías han sido ampliamente usadas en dispositivos portables, ya sea por su uso en áreas remotas o simplemente para facilitar la movilidad de dispositivos por comodidad y su elección está estrechamente relacionada con los requerimientos del dispositivo electrónico, por lo que la tabla 15-1 expone características de algunas baterías con el afán de contrastarlas en cuanto a sus ventajas ya sea de duración por carga y descarga o costo.

Tabla 15-1: Características de los tipos de baterías.

Tipo	Características
De plomo ácido	Batería primaria, menor densidad de energía por peso y volumen. Tienen la ventaja de ser de bajo costo y tolerantes a un uso intensivo. Estos sistemas requieren un mantenimiento constante Soporta varios procesos de carga y descarga. Hasta 1000 recargas con un tiempo de 8-16h con duración de 5-15 años.
De níquel-cadmio	Mayor tolerancia a altas temperaturas que la batería anterior, pero de alto costo. Tiene el efecto de memoria lo cual acelera su proceso de descarga (limitante) Requieren mantenimiento con menor frecuencia. Baja resistencia interna, y gran duración. Hasta 500 recargas con un tiempo de 10-14h, con duración de 10-20 años.
De sulfuro de sodio	Maneja alta densidad de energía Alto costo.

	Mayor vida útil entre 10-15 años Riesgo de explosión o incendio.
Litio	Tienen una densidad de energía muy alta y de costo medio. Se encuentran en dispositivos electrónicos portables y telefonía móvil. Más ligeras en comparación de otras baterías recargables con capacidad. Mayor capacidad de carga y descarga, pero baja duración entre 2-5 años. Tiene niveles mínimos y máximos de carga y descarga que influye en vida útil.
Aire-zinc	Con una fabricación más barata. En del tipo primarias, o sea que una vez agotada la carga, no pueden recargarse. Tienen como principal ventaja la posibilidad de ser recicladas sin límite.

Fuente: Gonzáles, 2015; Vergara, 2012.

Elaborado por: Freire M, 2022.

1.7.2 Módulo de Carga

Son esenciales para el diseño, la planificación y el funcionamiento de los sistemas de suministro de energía. Algunas baterías demandan ciertos pasos para el proceso de carga completa, por lo cual existen dentro del mercado módulos de carga que simplifica los pasos y permiten acelerar el proceso de carga, y utiliza un algoritmo de carga incorporado que además se encarga de mantener los niveles máximos y mínimos que pueden soportan las baterías, así también protecciones contra cortocircuitos (Quezada 2013, p. 74). Un ejemplo de este tipo de módulos son los TP4056 para las baterías litio.

CAPÍTULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO

El presente capítulo presenta el desarrollo de las etapas del diseño del prototipo electrónico para la extracción de apitoxina, el cual sigue una metodología en cascada con características secuenciales, donde cada fase debe ser completada para avanzar a la siguiente. Sin embargo, debe existir una retroalimentación entre ellas, como se muestra en el gráfico 1-2, con el afán de evitar o detectar posibles errores dentro de los procedimientos de desarrollo, garantizando un correcto diseño e implementación de la propuesta (Aceves 2019, p. 46-52).

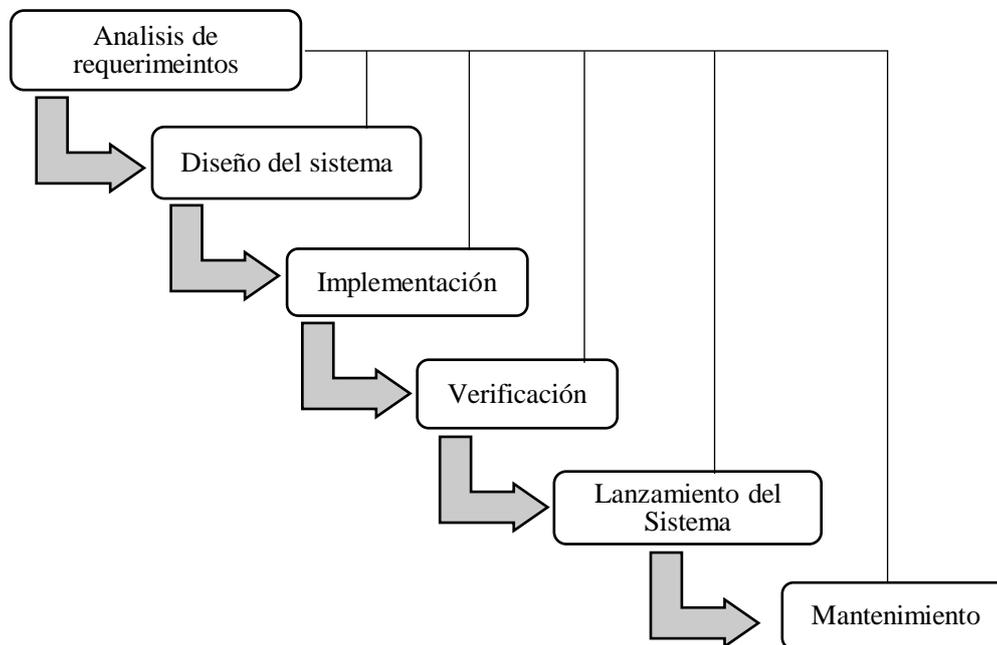


Gráfico 1-2: Fases de la metodología en Cascada.

Elaborado por: Freire M, 2022.

2.1 Análisis de requerimientos del sistema

En relación con el análisis de los estudios experimentales y de las características de los dispositivos electrónicos comerciales expuestos en el primer capítulo, se establecen los requerimientos a nivel hardware y software que debe cumplir el diseño del prototipo electrónico para la extracción de apitoxina en abejas de la región Amazónica. En las siguientes subsecciones se describen cada uno de ellos.

2.1.1 Nivel hardware

- El funcionamiento del dispositivo será de 30 minutos por activación o sesión, con pulsos en alto de 4 segundos y un descanso de 6 segundos.
- Dispone de un pulsador para el encendido, el mismo que activa la sesión, descargas eléctricas y despierta al Arduino del modo Sleep.
- Proporciona un sistema de raspado que se activa con la existencia de un recipiente para almacenar la sustancia.
- La alimentación es mediante baterías recargables, por ende, debe contar con un control de carga.
- Para el ahorro de las baterías, el prototipo dispone de un pulsador para poner en modo reposo a la tarjeta de desarrollo cuando el dispositivo no se encuentre en uso.
- El sistema ofrece indicadores para el inicio y fin de la sesión, cargar y descarga de las baterías.
- Pone a disposición del usuario una opción de mantenimiento dirigida al vidrio colector.
- Para cargar las baterías, el sistema permite una alimentación con corriente alterna mediante una fuente conmutada (cargador).

2.1.2 Nivel software

La programación del prototipo debe dar apertura a:

- Configurar un temporizador del Arduino, el cual mediante interrupciones permita la activación de la sesión durante los 30 minutos, y los pulsos en alto sean de 4 segundos con intervalos de descanso de 6 segundos.
- Habilitar salidas digitales para los indicadores on/off como aviso para el usuario.
- Habilitar la interrupción externa para despertar al Arduino, después de haberlo puesto en modo reposo. (Pines 2 y 3).
- El control del motor a pasos para la salida y entrada del molde que contiene al vidrio listo para el proceso de raspado.
- El control de un servomotor encargado del proceso de raspado.

2.1.3 Concepción de la arquitectura general del sistema

El dispositivo electrónico para la colecta de apitoxina tiene una concepción general tal como la que se muestra en la figura 1-2, en cuya arquitectura se destacan un bloque de temporización, que tiene bajo control los pulsos de estimulación eléctrica, cuyo procedimiento va en dependencia del

tiempo de duración de la sesión establecida en los requerimientos. Posteriormente, se incorpora un bloque de colecta, el cual es activado por la existencia de un objeto para el almacenamiento de la sustancia, y como complemento el prototipo dispone de una opción de mantenimiento del vidrio según lo requiere el apicultor. Finalmente, se encuentran los indicadores luminosos que informa al usuario si está en funcionamiento y el estado de las baterías recargables.

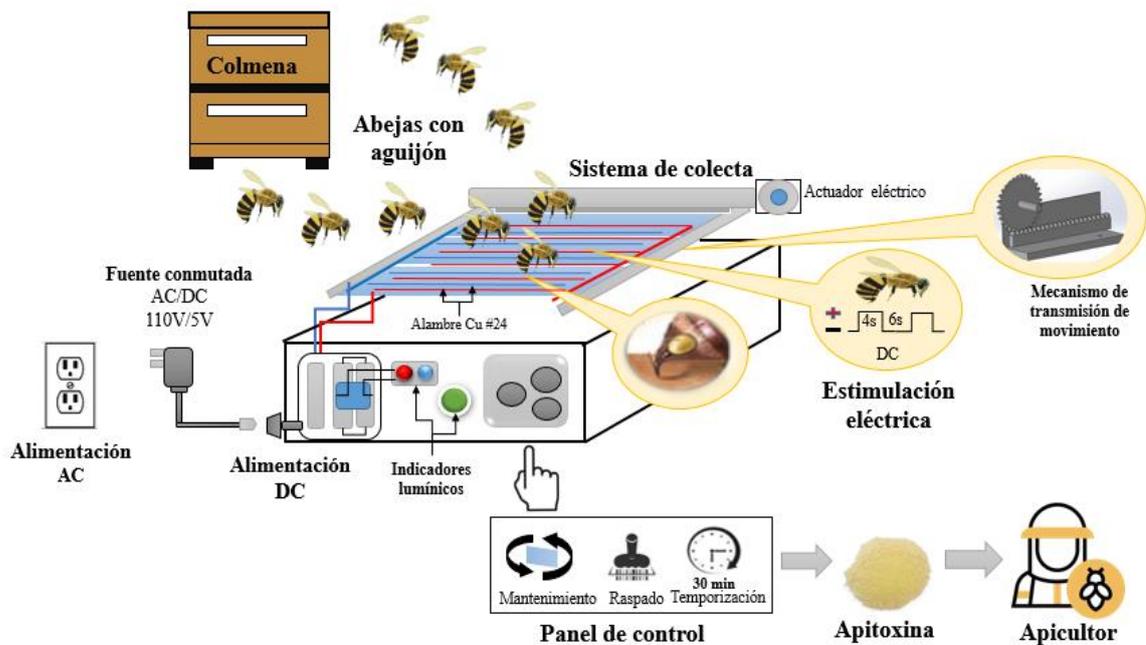


Figura 1-2: Concepción general del prototipo electrónico.

Elaborado por: Freire M, 2022.

2.2 Diseño del sistema

Para el desarrollo del prototipo se describe la función de cada bloque, donde se destacan los aspectos relevantes de su funcionamiento. Del mismo modo, los parámetros que tienen que controlar, para que el acoplamiento permita que el sistema actúe según los requerimientos establecidos.

2.2.1 Arquitectura de los módulos del sistema

El prototipo dispone de dos bloques, donde uno de ellos se hace cargo de la duración de la estimulación eléctrica y de los pulsos. El segundo bloque controla los actuadores eléctricos para el proceso de colecta, y en conjunto los bloques permiten un proceso de recolección de veneno de abeja.

2.2.1.1 Bloque de temporización

Es el encargado de cronometrar el tiempo de funcionamiento del envío de pulsos durante los 30 minutos establecidos por sesión. Durante este tiempo debe encenderse un indicador led, el cual sirve para que el usuario tenga en conocimiento que el dispositivo está activado y enviando estimulaciones eléctricas a las abejas reunidas sobre el marco que contiene los conductores.

Cabe destacar también, que el bloque debe enviar los pulsos con una duración de 4 segundos y un descanso de 6 segundos durante todo el tiempo que dura la sesión, es decir, debe ser capaz de enviar una corriente que estimule a las abejas a agujonear el cristal, para obtener la apitoxina de tal manera que la abeja pueda regresar a su colmena.

2.2.1.2 Bloque de colecta

Cuando el bloque de temporización haya termina su proceso o cuando el apicultor lo requiera conveniente, puede activar el bloque de colecta, cuya función es la de mover el vidrio hasta que pase totalmente por el sistema de raspado, debajo del cual se encuentra un recipiente listo para almacenar la sustancia. Además, permite activar el mecanismo de raspado de apitoxina, el cual ejerce una cierta presión sobre el cristal de tal manera que recolecte la sustancia sin raspar o dañar el vidrio. Luego de proceso de raspado, el mecanismo permite que todo regrese a su posición inicial a menos que el apicultor quiere cambiar el vidrio o limpiarlo. Este proceso es de forma manual con botones que permitan detener el mecanismo para mantenimiento del cristal utilizado en la sesión.

2.3 Implementación

En concordancia con los requerimientos propuestos, se establece a continuación los elementos electrónicos, eléctricos y estructurales que constituyen el prototipo. De la misma forma se presentan los esquemas de conexiones entre componentes y los diagramas de flujo que describen la función que desempeñan cada uno de ellos, para cumplir con los objetivos se hace uso un software para la simulación.

2.3.1 Selección de los elementos que conforman los modelos del prototipo

Una de las estepas clave para la implementación de un prototipo electrónico es elegir cada uno de los componentes que van a permitir el cumplimiento de las funciones de cada bloque y un funcionamiento coordinado. En los siguientes apartados se exponen los elementos considerados en la implementación del prototipo.

2.3.1.1 Tarjeta de desarrollo

En el capítulo I, se dio conocer un contaste las características en cuanto a prestaciones de las tarjetas de desarrollo, en cuyos párrafos se inclinan hacia el uso de las placas de la Familia Arduino, por los que al momento de escoger un modelo y tipo de placa se opta por el modelo estándar como lo es el Arduino Nano el cual se muestra en la figura 2-2, (ARDUINO.cl 2021, p. 1-4).

Las principales características para su elección son:

- Su alimentación es de 5 a 20 voltios siendo la óptima de 12 voltios.
- Dispone de varios pines de E/S digitales para el control de motores e indicadores.
- Gran disponibilidad y bajo coste.
- Dispone de librerías para el control de motores y timers.
- Programación en IDE amigable al usuario.

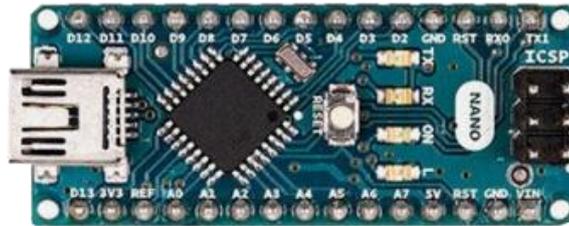


Figura 2-3: Placa Arduino Nano

Realizado por: ARDUINO, 2022

2.3.1.2 Sensores

El prototipo electrónico debe recibir una señal mantenida de la existencia de un objeto o recipiente para el almacenamiento de la sustancia durante la recolección, es por ello que, dentro del diseño se opta, por incorporar un sensor de final de carrera o de contacto, cuyo funcionamiento es semejante a un interruptor, y se encuentra constituido internamente por contactos normalmente abiertos, normalmente cerrado o conmutados, presenta además una palanca normal como se muestra en la figura 3-2 (AV Electronics 2021, p. 2).



Figura 3-2: Sensor fin de carrera KW11-3Z.

Realizado por: AV ELECTRONICS, 2022

Entre sus características eléctricas se tiene:

- Rango de corriente de hasta 3 amperios.
- Rango de voltaje de hasta 250VAC.
- Presenta una resistencia de contacto mayor o igual a $50\text{m}\Omega$.
- Tiene una resistencia de aislamiento menor o igual a $100\text{M}\Omega$.
- Posee una vida útil mayor o igual a 10000 ciclos.

2.3.1.3 Actuadores

El bloque de colecta para su funcionamiento debe contar con motores del tipo paso a paso para la recolección de apitoxina, similar al funcionamiento de un escáner en una impresora, de tal manera que permitan precisión y no velocidad durante la colecta, garantizando una colecta con mínimos de desperdicios de sustancia durante el proceso, ya que pueden bien no recolectarse o adherirse a los mecanismos del bloque. Es por ello, que se hace uso de un motor a pasos bipolar de 4 hilos, como se muestra en la figura 4-2, el cual presenta un buen par para el movimiento del molde que sostiene el vidrio y cuyas características eléctricas permiten su manipulación mediante Arduino (Handsontec 2017, p. 1-22).

Características relevantes para su elección:

- Corriente de 1.7 amperios por fase.
- Voltaje de 2.6 Vdc por fase
- Resistencia por fase de $1.5\Omega \pm 10\%$
- Inductancia de $2.8\text{mH} \pm 20\%$
- Su ángulo de paso es de 1.8° .
- Temperatura de operación menos de 80°C
- Par de retención de 43Ncm .
- Dispone de un cable de alimentación de 4 pines instalado.



Figura 4-2: Motor a pasos US-17HS4401S.

Realizado por: HANDSONTEC, 2017.

Para el control en cuanto a la dirección y velocidad del motor paso a paso correspondiente al bloque de colecta, específicamente para el proceso de raspado de la sustancia, se considera la utilización drivers que permitan el óptimo funcionamiento de los actuadores eléctricos durante la activación y en periodos de demanda del sistema.

El driver A4988 de la figura 5-2 es empleado para el control de motores a pasos bipolares en varios modos de pasos, del mismo modo permite regular la corriente máxima, por lo que puede suministrar 1A con picos de corriente de hasta 2A, sin embargo, si el integrado requiere trabajar con aquellos picos de corriente se debe recurrir a disipadores o métodos de ventilación. Para la conexión al microcontrolador es necesario dos pines, para los pasos y otro para la dirección de giro, es importante que el pin Enable sea contactado a tierra para que el actuador funcione correctamente (Allegro MicroSystems 2014, p. 1-22).

Entre sus características eléctricas se destacan las siguientes:

- Rango de tensión de alimentación de la carga de 8-35 voltios.
- Rango de tensión de alimentación lógica de 3-5.5 voltios.
- Umbral de protección de sobrecorriente 2.1 amperios.
- Bloque por baja tensión entre 2.7 a 2.9 voltios.
- Temperatura de funcionamiento a -20°C a 85°C.
- Tensión de salida al motor de -2 a 37 voltios.



Figura 5-2: Driver A4988 para motor a pasos.

Realizado por: Allegro MicroSystems, 2014

Los voltajes fluctuantes que alimentan los drivers de los motores implican de cierta manera una reducción en su vida útil o daños por el tiempo de funcionamiento de los motores, por tal razón, se considera dentro del diseño los reguladores de voltaje para que mantengan estable la alimentación de los drivers usados para los motores.

Por otro lado, los actuadores rotacionales eléctricos necesitan una alimentación estable y superior a los 5 voltios carga que ofrece el Arduino, para su óptimo funcionamiento cuando estos presentan una carga, por tal razón se utilizó un módulo convertidor de voltaje de la figura 6-2 que contiene un circuito del tipo Boost o elevador, el cual entrega en su salida una tensión estable de 12 voltios para alimentar a motores que componen el sistema electrónico, además cabe recalcar que este tipo de componente entre sus distintas aplicaciones en el campo de la electrónica se destaca en su utilización en equipos alimentados por baterías (Aerosemi Technology 2017, p. 1-7).

Sus las características eléctricas relevantes para su elección son:

- Soporta hasta 2 amperios de corriente.
- Límite de corriente de conmutación interna de 4 amperios.
- Rango de voltaje de entrada de 2-24 voltios.
- Rango de voltaje de salida 5-28 voltios.
- Permite regular la tensión de salida.
- Una frecuencia de conmutación de 1,2MHz.
- Temperatura de operación ente -40°C hasta 85°C.
- Presenta una eficiencia de hasta el 97%.



Figura 6-2: Módulo MT3608.

Realizado por: Aerosemi Technology Co, 2017

Dentro del bloque de colecta se contempla el raspado del cristal, para lo cual se necesita un posicionamiento con cierta presión sobre el vidrio para recolectar la sustancia, por lo que para cubrir dicha necesidad se emplea un servomotor que permita cumplir con dicho requerimiento, y se hace uso de un micro servomotor SG90 como se muestra en la figura 7-2, cuyo giro está limitado hasta los 180°, por las siguientes características expuestas en su hoja de datos técnica (TowerPro 2018, p. 3-5).

- Engranajes de Nylon.
- Par de arranque de 1,8kgf*cm.

- Velocidad de hasta 0.1s/60°.
- Voltaje de operación entre 4.8 – 6 voltios.
- Rango de temperatura de operación de 0°C hasta 55°C.
- Un peso de 9 gramos.



Figura 7-2: Micro Servomotor SG90.

Realizado por: TowerPro, 2018

Para el bloque de temporización que considera la activación de las señales para la estimulación eléctrica, emplea en su circuito electrónico un relé a 5 voltios por seguridad, dado que se hace uso de un módulo elevador de voltaje a la salida para obtener la corriente necesaria circulando por el tendido de cable conductor, este tipo de dispositivo electrónico cierra y abre el circuito según los pulsos establecidos en los requerimientos del prototipo, según su hoja de datos presenta las siguientes características eléctricas y se muestra en la figura 8-2 (Songle 2000, p. 5-6).

- Señal de control a 5 Vdc.
- Rango de corriente alterna máxima 10 amperios.
- Rango de corriente directa máxima 10 amperios.
- Rango de tensión alterna máxima 250 voltios.
- Rango de tensión directa máxima 30 voltios.
- Contactos normalmente abierto y cerrado.



Figura 8-2: Relé de 5VDC JQC-3FF-S-Z.

Realizado por: Songle Relay, 2000

2.3.1.4 Componentes estructurales del prototipo.

El proceso de colecta dispone de un sistema de piñón-cremallera, como se muestra en la figura 9-2, los cuales fueron extraídos de la parte del escáner de una impresora Epson L355 y lo cual permite su desplazamiento, es decir, el movimiento lineal del soporte que contiene al vidrio hasta el proceso de raspado, que posteriormente debe regresar a su posición inicial de forma automática. Este mecanismo es ideal para ese tipo de transmisión de movimiento gracias a los motores a pasos que se tiene a disposición para el ensamble del prototipo electrónico.

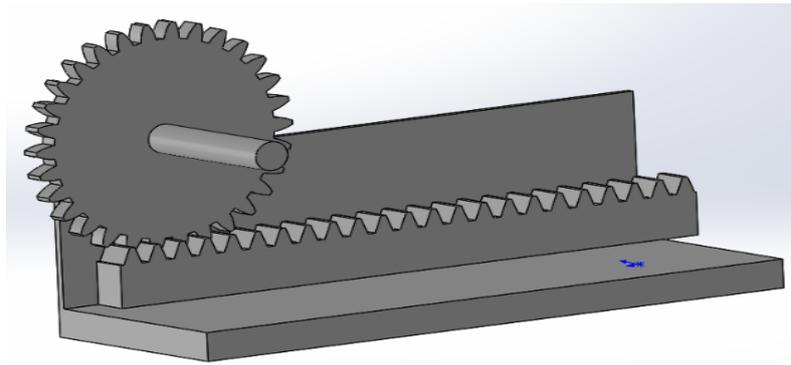


Figura 9-2: Mecanismo Piñón cremallera para el bloque de colecta.

Realizado por: Freire M, 2022

La primera parte que compone el dispositivo electrónico la constituye un marco en el cual se encuentra el tendido de cable de cobre #24 que permite la circulación de corriente para la estimulación eléctrica en las abejas, cuyas dimensiones se muestran en la figura 10-2. El paso de cable es de tal manera que permita la obtención de dos canales positivo y negativo de forma intercalada con una separación máxima de 0,5 cm entre polo opuesto, los cuales al cerrar el circuito y estar conectados a la señal que envía el controlador activan los pulsos eléctricos en los intervalos previamente establecidos en el diseño del prototipo.

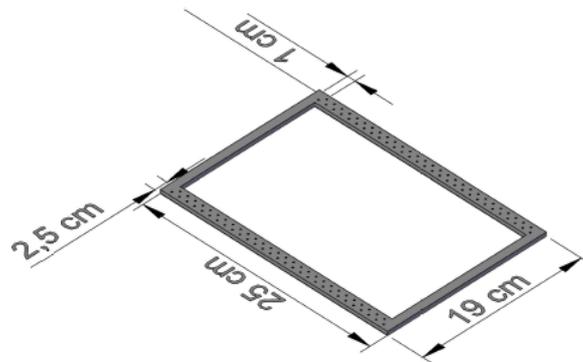


Figura 10-2: Dimensiones del marco del prototipo electrónico.

Realizado por: Freire M, 2022

El molde que va a contener el vidrio debe permitir una abertura para depósito de sustancia después del rapado y soportes para el vidrio, como se observa en la figura 11-2, sobre la base de la zona disponible del molde se debe diseñar el recipiente de manera que cubra la abertura horizontal disponible y active el sensor de contacto para dar paso el proceso de colecta del sistema. Por otro lado, cabe mencionar que los soportes que sostiene el vidrio deben presentar una caída de tal manera que permita que el vidrio sobrepase el molde y así lograr una mínima separación con la malla con el afán de que las abejas puedan picar el vidrio y depositen su toxina.

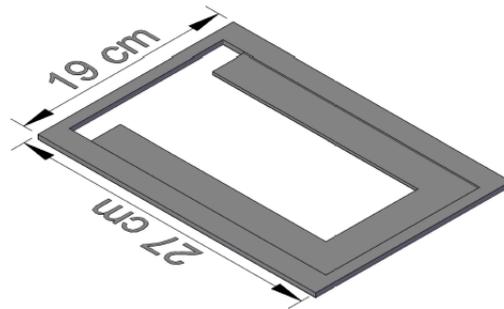


Figura 11-2: Dimensiones del soporte para el vidrio.

Realizado por: Freire M, 2022

El vidrio considerado para el prototipo eléctrico presenta las dimensiones de la figura 12-2, el cual además presenta un espesor de 3 mm, dicho elemento se torna el recipiente para el depósito de apitoxina, por lo que debe darse mantenimiento ya sea de limpieza para una nueva y fresca recolección de la sustancia o para cambiarlo ya sea por motivos de daños o simplemente el apicultor lo requiera conveniente.

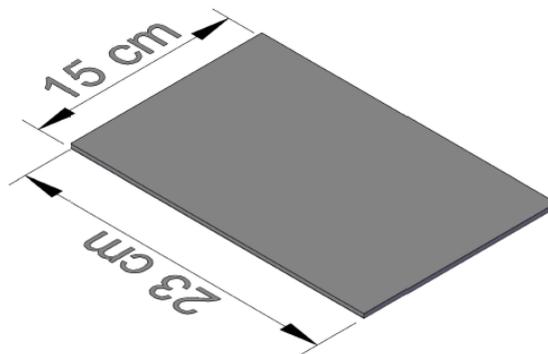


Figura 12-10: Dimensiones del vidrio para el prototipo.

Realizado por: Freire M, 2022

2.3.2 Esquema de conexiones

A cada bloque le corresponde un número determinado de entradas y salidas de la placa de desarrollo Arduino Uno, como se pueda apreciar en la figura 13-2, empleadas para la simulación e implementación del prototipo electrónico. Para la parte de simulación de hardware y software se hace uso de Proteus y la IDE propia de la Familia Arduino, y en los siguientes apartados se detallan los diagramas de conexiones de cada bloque.

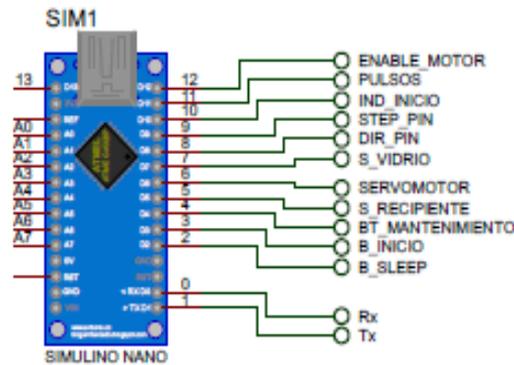


Figura 13-2: Definición de pines de la tarjeta de desarrollo.

Realizado por: Freire M, 2022

2.3.2.1 Diagrama de conexiones del bloque de temporización

Las conexiones destinadas al bloque de temporización son mínimas, pero la parte de programación es la más relevante, no obstante, se encuentran en este bloque, un pulsador para la señal de activación del dispositivo, además de un indicador led que se encuentra encendiendo todo el tiempo que dura la sesión de estimulación eléctrica, por lo que se hace uso de una entrada y una salida digital del Arduino. Finalmente, un tercer pin digital es utilizado para enviar los pulsos, en los intervalos de alto y bajo establecidos. Las conexiones se pueden observar mediante la figura 14-2.

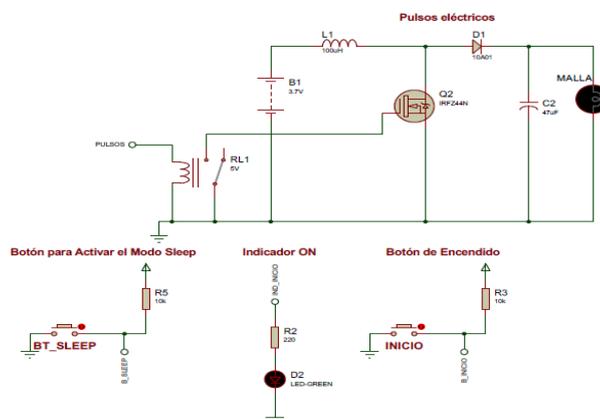


Figura 14-2: Esquema gráfico de conexiones del bloque de temporización.

Realizado por: Freire M, 2022

2.3.2.2 Diagrama de conexiones del bloque de colecta

Para el bloque de colecta se le han asignado la mayoría de pines de la tarjeta de desarrollo como se muestra en la figura 15-2, ya que se consideran un motor a pasos con su driver y un servomotor, además se considera una entrada para señal del sensor de contacto para el almacenamiento de la sustancia en un recipiente que a su vez activa el bloque de colecta; dispone de la posibilidad de cambio o limpieza del vidrio, es así que se considera otro pin para un sensor de contacto que permite condicionar el soporte del vidrio colector.

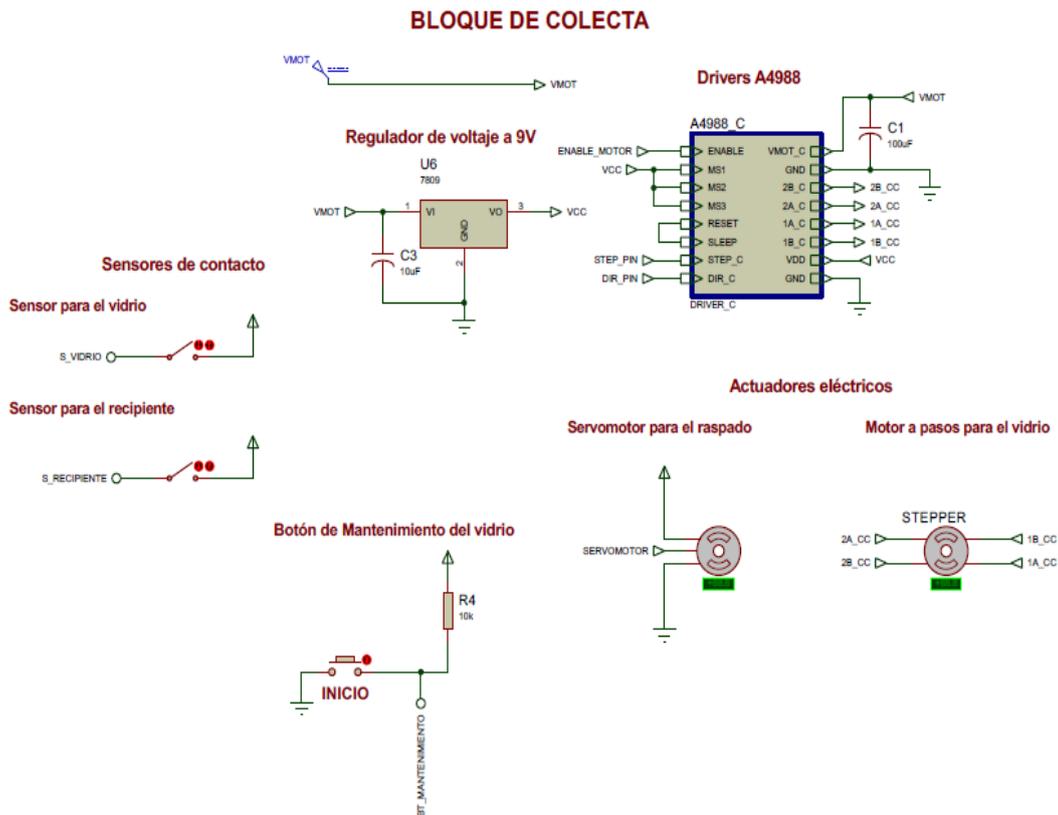


Figura 15-2: Esquema gráfico de conexiones del bloque de colecta.

Realizado por: Freire M, 2022

El driver A4988 no se encuentra disponible dentro de los componentes del software Proteus 8, por lo cual se creó el integrado de tal manera que contuviera todos los pines del driver real, por lo que se hizo uso de dos integrados, L297 y L298 que de igual forma son drivers para motores y que unidos cumplen el mismo funcionamiento del driver necesario para la implementación, sus conexiones se encuentran expuestas en la figura 16-2, y corresponden al contenido del integrado creado para la simulación.

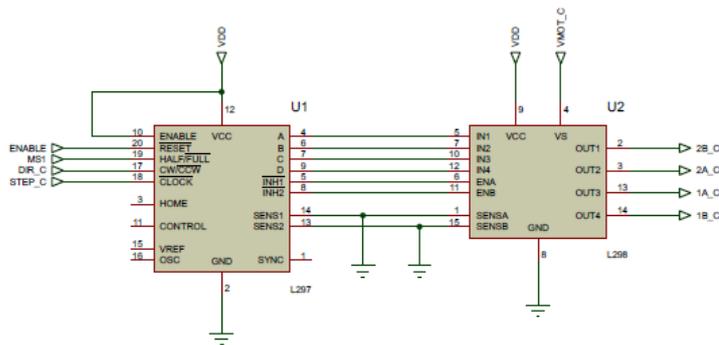


Figura 16-2: Integrados del driver A4988 para la simulación.

Realizado por: Freire M, 2022

2.3.3 Alimentación de los módulos del prototipo

El prototipo será alimentado mediante baterías recargables de Litio de 3,7 voltios como se muestra en la figura 17-2, que al considerar un banco de baterías van a permitir alimentar al dispositivo con un voltaje total de 11,1 voltios. Estas deben de estar acompañadas de un módulo de carga que permita su óptimo funcionamiento tanto del dispositivo como de las baterías, ya que no pueden sobrecargarse o descargarse al mínimo porque afecta su vida útil (Cetronic 2021, p. 1-15).



Figura 17-2: Batería de Litio BAT562 18650 de 3.7V.

Realizado por: CETRONIC, 2021

2.3.3.1 Módulo TP4056

Este módulo de carga lineal para baterías de Litio, que se muestra en la figura 18-2, desconecta la carga cuando el voltaje se encuentra inferior a los 2,4 voltios y protege la batería de una sobretensión y polaridad inversa (Novatronic 2020, p. 1-32). Entre sus características relevantes se tiene:

- Voltaje de alimentación -0,3-8 voltios.
- Corriente variable hasta 1 amperio.
- Temperatura de funcionamiento desde -10°C hasta +85°C.
- Presenta dos leds indicadores Rojo y Verde.
- Tiene una presión de carga del 1.5%.

- Dispone de micro USB.
- Su tamaño es de 25x19x10 mm.



Figura 18-2: Módulo de carga TP4056.

Realizado por: NOVATRONIC, 2020

2.3.4 Descripción del software de desarrollo

La programación de cada uno de los bloques, se basan en flujogramas que permite su secuencia y compresión de los códigos utilizados para cubrir los requerimientos en cuanto a software, de la misma forma se hace uso de librerías para simplificar líneas de códigos que resultan complejas, y las cuales se encuentra disponibles dentro de la IDE de Arduino; todos aquellos aspectos se encuentran explicados y estructurados en los siguientes ítems.

2.3.4.1 Diagrama de flujo del bloque de temporización

Para cumplir con el objetivo establecido en cuanto a las sesiones de estimulación eléctrica en un tiempo de 30 minutos, se hace uso de la función Millis de Arduino. Mediante una condición del botón inicio, ingresa a un ciclo while para receptor los valores de tiempo en variables enteras y establecerlas en un segundo para condicionar el proceso de los pulsos en alto y bajo durante un tiempo de 30 minutos o lo que es lo mismo en 1800 segundos; para una mejor compresión se presenta el siguiente diagrama que describe la programación empleada para el bloque en cuestión y el cual se muestra en el gráfico 2-2.

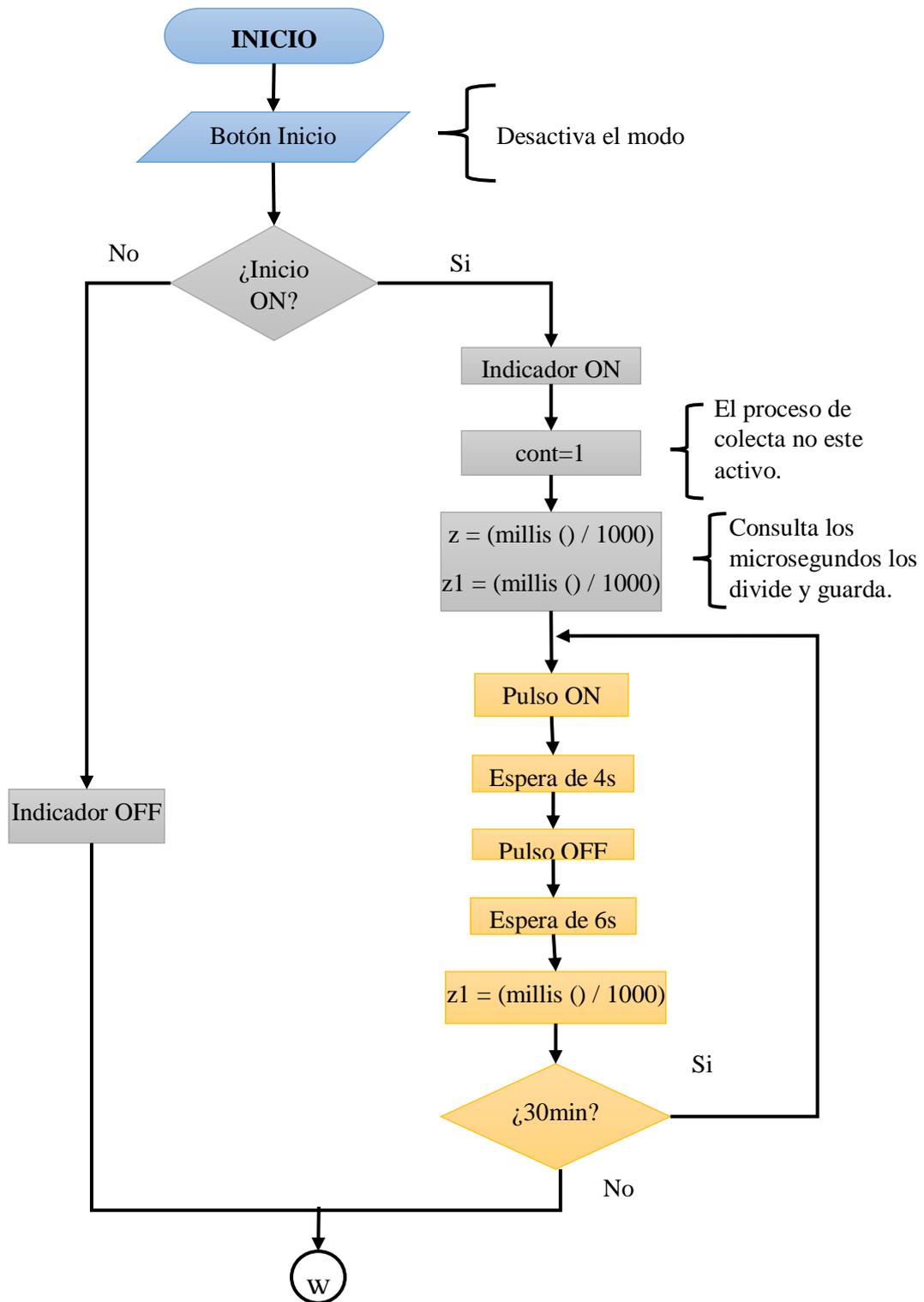


Gráfico 2-1: Diagrama de flujo de bloque de temporización.

Realizado por: Freire M, 2022.

2.3.4.2 Diagrama de flujo del bloque de colecta

El código para el bloque de colecta concebido en el gráfico 3-2, hace referencia a las direcciones o grados de giros de los motores y sus activaciones a través de los sensores de contacto, por lo que la programación hace uso de librerías destinadas para el control del servomotor y parámetros propios para el funcionamiento de cada uno de los motores empleados en el sistema de colecta.

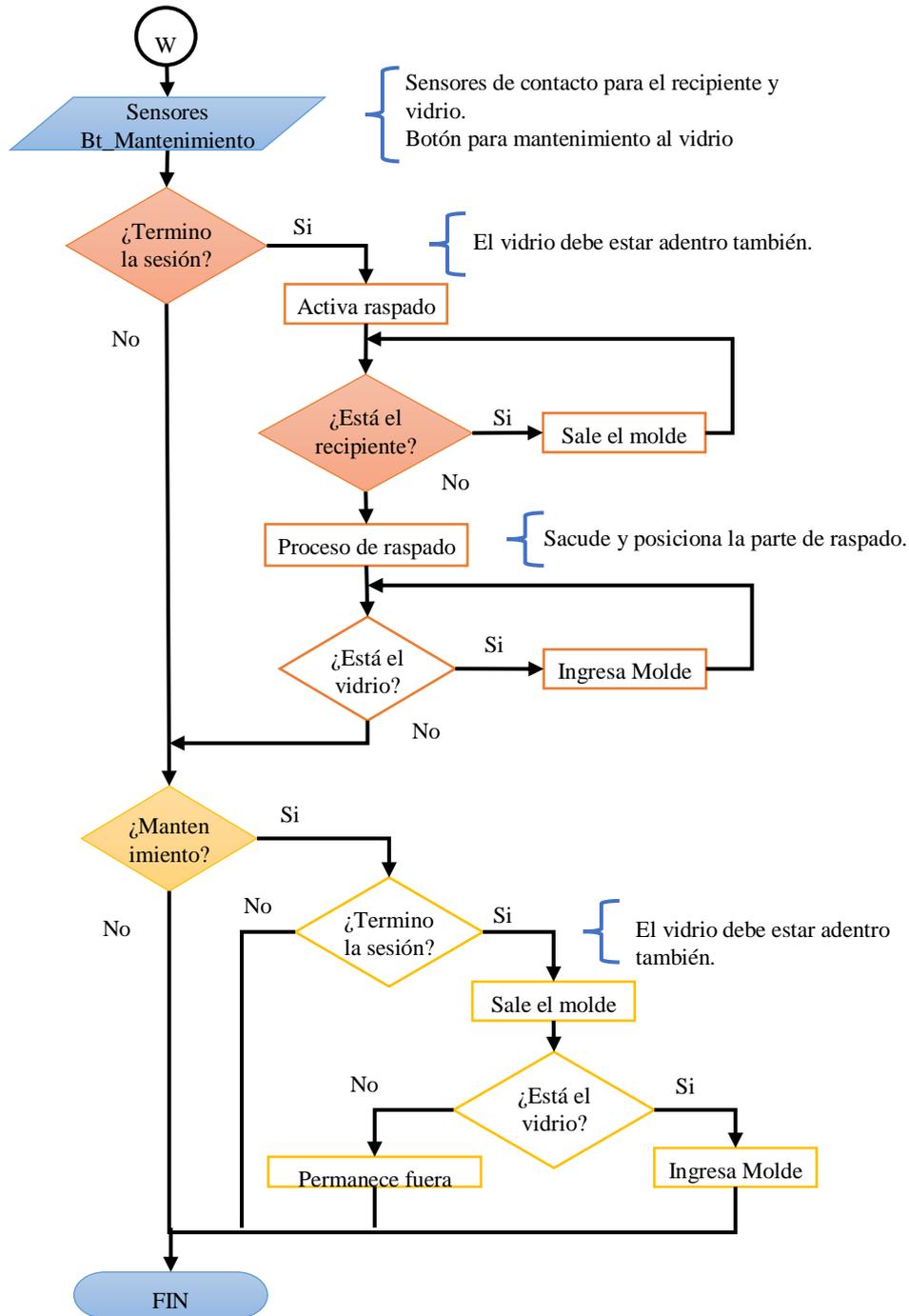


Gráfico 3-2: Diagrama de flujo de bloque de colecta.

Realizado por: Freire M, 2022.

Dentro del sistema el movimiento va a estar destinado a la parte del vidrio colector, por lo que el motor debe estar fijo y permitir la transmisión de movimiento lineal a través del piñón-cremallera. Del mismo modo, existe un actuador eléctrico adicional para el movimiento del proceso de raspado de sustancia.

2.3.4.3 Bibliotecas y librerías

La librería `<servo.h>` permite el control de servomotores, ya sea hasta un giro de 180° o hasta los 360°, por lo que presenta funciones para establecer el grado de giro, la captura de la señal de entrada del motor, la anchura de pulsos, lecturas de los ángulos del motor, vinculación las señales PWM de los pines 9 y 10 del Arduino Uno. Algunos de los comandos utilizados gracias a librería son: `attach()` para asignarle un pin del Arduino como señal para el servo; `write()` para asignar el ángulo de giro (de 0° a 180°), y por último, `Servo` seguido de un nombre para crear un objeto el cual es usado para declarar las acciones destinadas al servomotor (Tannús 2018, p. 1-6).

El prototipo electrónico emplea baterías recargables para la alimentación del sistema de control, por lo cual se debe asegurar por algún método que su consumo al no estar en uso permita un ahorro de energía. Para cumplir el objetivo se emplea la librería de gestión de reducción de energía `<avr/power.h>`, la cual permite una reducir el consumo deshabilitando periféricos según sea la necesidad (AVR-LIBC 2016, p. 1).

Para complementar el modo de bajo consumo en la tarjeta de desarrollo empleada para el prototipo electrónico, se utiliza la librería para Modo Sleep cuyas funciones están descritas en la tabla 1-2, la cual activa el modo de suspensión o reposo hasta que sea despertado nuevamente, ya sea por interrupción internas o externas. Los pines destinados para las interrupciones son el 2 y 3 (AVR-LIBC 2016, p. 1-4). Estas librerías permitirán reducir el consumo de energía del Arduino en momentos no operativos y así permitirá un buen rendimiento de las baterías utilizadas.

Tabla 1-2: Descripción de las funciones de la librería `<avr/sleep.h>`.

Función	Descripción
<code>sleep_bod_disable()</code>	Desactiva la DBO antes de ir a dormir.
<code>sleep_cpu()</code>	Pone el dispositivo en modo de reposo.
<code>sleep_disable()</code>	Borra el bit SE (sleep enable).
<code>sleep_enable()</code>	Activa el modo de reposo. Depende del tipo de reposo.
<code>sleep_mode()</code>	Activa el modo de reposo, establecer el bit SE antes, y de borrarlo luego.

Fuente: AVR-LIBC, 2016b.

Elaborado por: Freire M, 2022.

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de las pruebas experimentales realizadas al prototipo electrónico, se evalúa el funcionamiento de cada uno de los bloques que lo compone, verificando su cumplimiento con los requerimientos establecidos en el capítulo anterior. Posteriormente se llevan a cabo pruebas experimentales de consumo energético del prototipo en estado activo e inactivo de sus funciones, del mismo modo se determina la autonomía de la alimentación considerada y el número de sesiones que estas permiten al apicultor.

3.1 Pruebas a nivel eléctrico y electrónico

Con la etapa de diseño e implementación del prototipo electrónico finalizada, se empieza por realizar pruebas de verificación del funcionamiento mecánico y eléctrico del dispositivo para la detección de posibles fallas que podrían presentarse durante la utilización. Por lo que se verificaron los niveles de voltaje, posicionamiento de los actuadores, accionamiento de los sensores y el funcionamiento del panel de control.

Las características eléctricas fueron comprobadas con una pinza amperimétrica FLUKE 325, cuya precisión es del 1,0% con ± 5 dígitos, y las verificaciones de funcionamiento fueron tomadas mediante el manejo del prototipo de la figura 1-3, y registradas en la tabla 1-3.



Figura 1-3: Prototipo electrónico para extracción de apitoxina.

Realizado por: Freire M, 2022.

Tabla 1-3: Pruebas y resultados de prototipo post-funcionamiento.

Verificación	Descripción	Estado
Voltajes de alimentación	≈7,4V (bloque de colecta) + ≈3,7V (estimulación eléctrica)	✓
Voltaje de salida a los motores	≈9,95V (Motor a pasos)	✓
Voltaje de salida para estimulación eléctrica	≈12,7 V a la malla	✓
Pasos y velocidad del motor STEPPER	Coincide con el inicio y fin cremallera.	✓
Postura del servomotor	Movimiento de la cuchilla	✓
Sensores de contacto	Vidrio y recipiente	✓
Control ON/SLEEP	Botón Inicio despierta al Arduino	✓
Control Mantenimiento	Movimiento del motor STEPPER y sensor de contacto.	✓

Elaborado por: Freire M, 2022.

Las verificaciones de la tabla 1-3, indican que el prototipo se encuentra apto para la realización de pruebas de cada bloque, y así obtener los errores máximos que pueden generarse durante el cumplimiento de su función. Además, determinar si son perjudiciales o aceptables para el correcto funcionamiento. Por último, se presenta una estimación del consumo eléctrico en un estado activo e inactivo de sus funciones.

3.2 Pruebas del bloque de temporización

El objetivo de las pruebas del bloque de temporización es determinar el error que presenta el tiempo de duración, tanto la sesión de estimulación eléctrica como el tren de pulsos. Todas aquellas son cronometradas en una serie de muestras para encontrar el error máximo absoluto que presenta durante el funcionamiento del prototipo.

3.2.1 Comprobación del tiempo de sesión

Esta evaluación está orientada a determinar el error máximo en la sesión de estimulación eléctrica, que están ligadas al indicador led de activación de sesión, para lo cual, se realizaron 25 muestras que consistieron en variar el tiempo de duración de las sesiones hasta los 30 minutos establecidos en los requerimientos y registrar sus resultados medidos en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Mediciones del tiempo de duración para distintas sesiones.

Muestra	Tiempo esperado [min]	Tiempo real [min]	Error Absoluto
1	1	1,15	0,15
2	2	2,14	0,14
3	3	3,13	0,13
4	4	4,12	0,12
5	5	5,15	0,15
6	6	6,13	0,13

7	8	8,15	0,15
8	8	8,14	0,14
9	10	10,15	0,15
10	12	12,14	0,14
11	14	14,12	0,12
12	14	14,13	0,13
13	16	16,15	0,15
14	18	18,16	0,16
15	18	18,15	0,15
16	20	20,13	0,13
17	22	22,15	0,15
18	23	23,14	0,14
19	25	25,12	0,12
20	26	26,13	0,13
21	26	26,15	0,15
22	28	28,14	0,14
23	28	28,13	0,13
24	30	30,15	0,15
25	30	30,12	0,12

Elaborado por: Freire M, 2022.

La prueba de normalización de los datos registrados en la tabla 2-3, mediante el método de Shapiro-Wilk, indica como resultado un p_value de 0,1019, por lo que al ser mayor a una significancia del 5%, se concluye que los datos siguen una distribución normal y su comportamiento se expone en la figura 2-3.

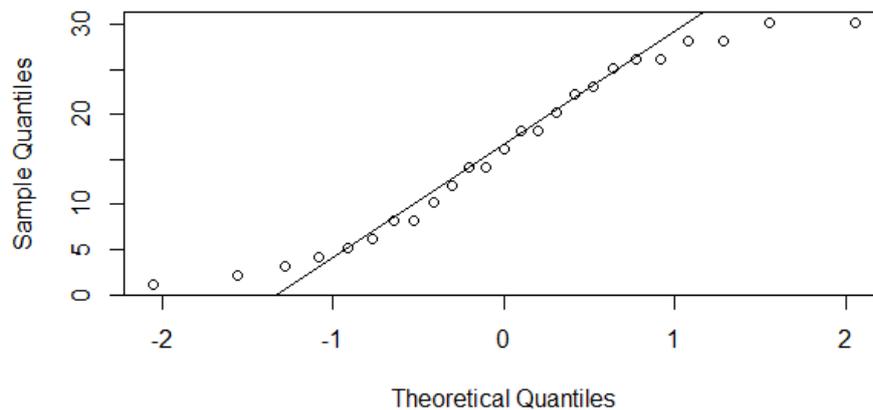


Figura 2-3: Prueba de normalidad de los datos.

Realizado por: Freire M, 2022.

De las pruebas se espera obtener un error menor a 0,2 minutos, por lo que al evaluar la posibilidad mediante una prueba T de Student con 24 grados de libertad, se determina un valor estadístico de

-24, 98 que al ser menor al valor crítico -1,7109, se concluye con el 95% de nivel de confianza que el error absoluto máximo de 0,16 minutos obtenido de las muestras es permisible.

No obstante, dentro de las condiciones para los dispositivos de extracción de veneno de abeja, según diferentes autores, el tiempo de colecta debe ser entre los 30 y 40 minutos, por lo que el margen de error máximo encontrado no afecta al proceso de estimulación eléctrica, ni al funcionamiento normal del dispositivo.

3.2.2 Verificación de los tiempos para los pulsos

El objetivo de las pruebas es determinar el error máximo en la duración de los pulsos en alto y en bajo, responsables de la activación y desactivación de la estimulación eléctrica durante la sesión, para lo cual se establecen dos casos; el primero para el tiempo en alto y el segundo para el tiempo en bajo o descanso.

El procedimiento consistió en un total de 25 muestras, en donde se registraron los valores de duración real para cada uno de los casos establecidos en el apartado anterior. Los datos obtenidos se reflejan mediante los gráficos 1-3 y 2-3, que exponen el valor deseado en un color azul versus el valor real obtenido, en color anaranjado.

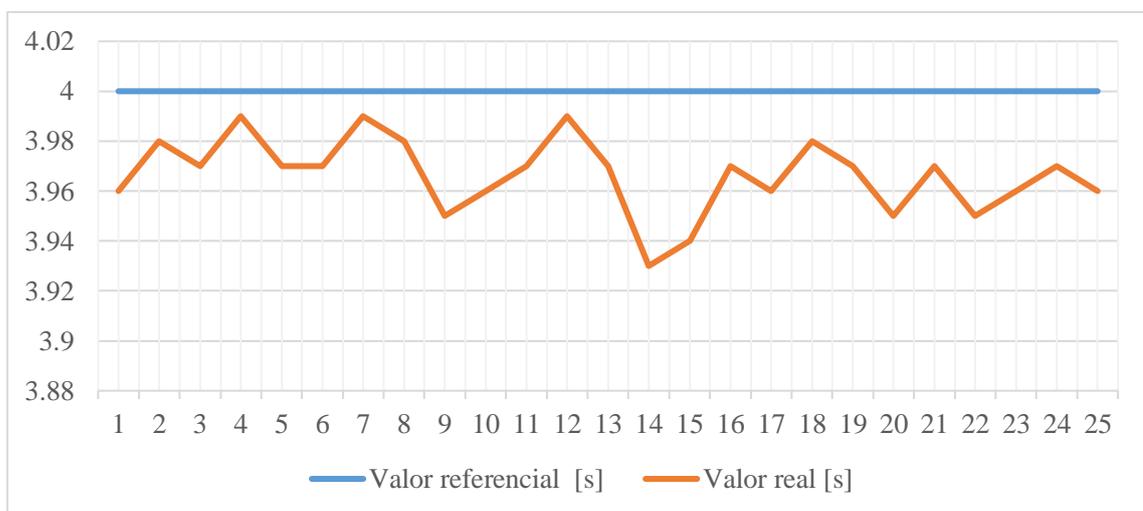


Gráfico 1-3: Comparativa del valor referencial vs valor real de los pulsos en alto.

Realizado por: Freire M, 2022.

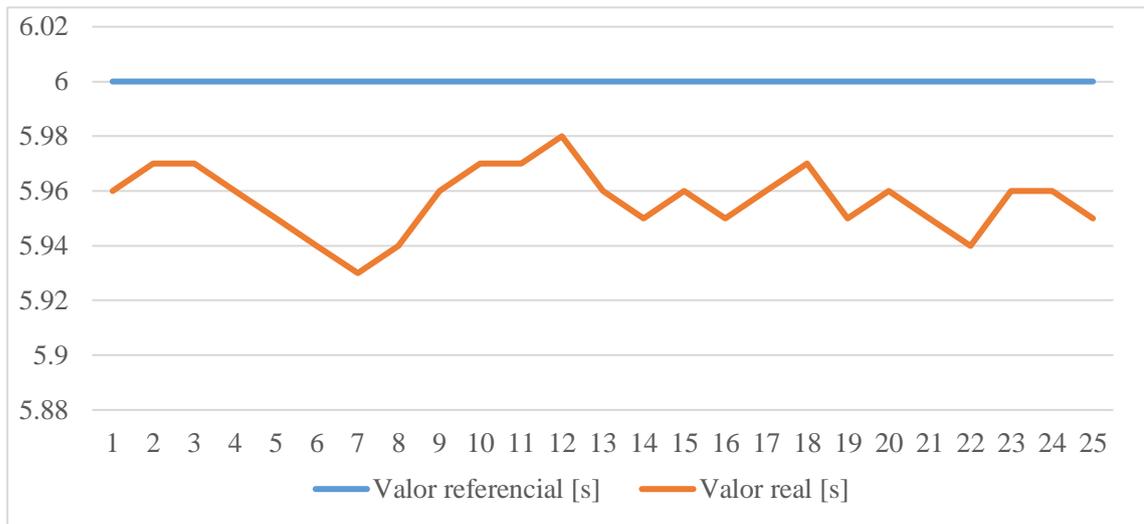


Gráfico 2-3: Comparativa del valor referencial vs valor real de los pulsos en bajo.

Realizado por: Freire M, 2022.

Las pruebas de normalidad mediante Shapiro-Wilk realizadas al conjunto de datos recopilados en los gráficos 1-3 y 2-3, con una probabilidad superior al 5% de significancia, se obtuvo un *p_value* de 0,1329 y 0,133 respectivamente, se determinó que datos se ajustan a una distribución normal para ambos casos.

Para validar los resultados se efectuó una prueba T de Student, obteniendo valores estadísticos de -10,62 y -13,83; se concluye con el 95% de nivel de confianza, la aceptación de un tiempo menor al deseado, por lo que se puede esperar un error máximo de 0,07 segundos, que en ambos casos son valores muy cercanos al valor deseado establecido en los requerimientos.

Los resultados de monitorización indican que el tiempo de descanso se mantiene mayor al tiempo en alto, lo que permite a las abejas recuperarse de las descargas eléctricas recibidas, si por alguna razón se mantuvieran cerrando el circuito.

3.3 Pruebas del bloque de colecta

El presente bloque lleva el control de los actuadores eléctricos y sus accionamientos mediante sensores de contacto, el proceso consiste en el movimiento lineal logrado a través del motor a pasos y el mecanismo de transmisión de movimiento, de un soporte o molde que contiene al vidrio colector. El servomotor mantiene fija la estructura de raspado para la colecta de la sustancia hacia un recipiente, que al finalizar su función retorna a su estado inicial. Por otro lado, el dispositivo pone a disposición del usuario la opción de mantenimiento del vidrio, para el intercambio o

limpieza del mismo, el cual funciona mediante un pulsador y solamente vuelve a su estado inicial si es detectado el vidrio sobre su soporte.

3.3.1 Caracterización del sensor de contacto

Para evaluar la sensibilidad del sensor de contacto, se realizaron 25 muestras, cada una con un peso diferente, por lo que, se utilizó una balanza CAMRY con una capacidad máxima de 5 kilogramo y una mínima de 1 kilogramo con una precisión de 1 gramo o 0,04 onzas, para determinar error que este puede presentar en el proceso.

Tabla 3-1: Resultado de las pruebas de sensibilidad al sensor de contacto.

Muestra	peso [g]	Valor referencial [bit]	Sensor del prototipo [bit]	Error absoluto [bit]
1	39	1	0	1
2	51	1	0	1
3	59	1	1	0
4	60	1	1	0
5	68	1	1	0
6	77	1	1	0
7	80	1	1	0
8	109	1	1	0
9	117	1	1	0
10	120	1	1	0
11	124	1	1	0
12	138	1	1	0
13	151	1	1	0
14	167	1	1	0
15	188	1	1	0
16	192	1	1	0
17	218	1	1	0
18	230	1	1	0
19	243	1	1	0
20	268	1	1	0
21	300	1	1	0
22	327	1	1	0
23	364	1	1	0
24	380	1	1	0
25	423	1	1	0

Elaborado por: Freire M. 2022.

Los resultados de la tabla 3-3, muestran que un peso mayor o igual a 59 gramos el sensor no presenta ningún error, por lo que, al considerar un vidrio colector con un peso de 243 gramos

presentado en la figura 3-3, el sensor de contacto seleccionado es apropiado para detectar su existencia y activar tanto el proceso de colecta como el de mantenimiento.

Para el segundo sensor de contacto destinado al recipiente, y el cual a su vez activar el proceso de colecta, de igual manera, se debe ejercer un peso que este dentro del rango establecido con anterioridad.



Figura 3-5: Medida del peso del vidrio de colecta.

Elaborado por: Freire M. 2022.

3.3.2 Evaluación de los actuadores eléctricos.

Para comprobar el correcto funcionamiento de los motores presentes en el bloque de colecta se han establecido diferentes pruebas para cada uno de ellos según la función que cumplen dentro del proceso, por lo que a continuación se presentan las siguientes pruebas y sus resultados.

3.3.2.1 Validación del motor a pasos.

Se debe determinar el número de pasos óptimo para una buena colecta de la sustancia, y es por ello, que se realizaron 25 muestras registradas en la tabla 3-4, que parten de una misma cantidad de sustancia de entrada y su valor de salida al recipiente, considerando la variación del número de pasos y vueltas del motor utilizado.

Para determinar el número de vueltas ejecutadas por el actuador eléctrico se emplea la ecuación 1-3, teniendo en cuenta que la cremallera tiene una longitud de 32 cm y un total de 128 dientes, además se sabe que el piñón acoplado al motor a pasos tiene un total de 24 dientes.

$$N_p = n * z \text{ Ecuación 1-3}$$

Donde

z: Número de dientes del piñón

n: Número de vueltas.

N_p: Número de pasos.

Tabla 4-3: Resultados de la evaluación del funcionamiento del motor a pasos.

Muestra	N° de vueltas	Pasos	Sustancia Referencia [g]	Sustancia Ouput [g]	Error Absoluto
1	54	1300	5	3,91	1,09
2	55	1320	5	4,03	0,97
3	56	1340	5	4,02	0,98
4	57	1360	5	4,14	0,86
5	58	1380	10	8,93	1,07
6	58	1400	10	9,02	0,98
7	59	1420	10	9,14	0,86
8	60	1440	10	9,01	0,99
9	61	1460	15	14,03	0,97
10	62	1480	15	14,00	1,00
11	62	1490	15	14,06	0,94
12	63	1500	15	13,92	1,08
13	63	1520	15	13,94	1,06
14	64	1540	20	19,15	0,85
15	65	1550	20	18,94	1,06
16	65	1560	20	18,91	1,09
17	65	1570	20	19,02	0,98
18	66	1580	20	18,91	1,09
19	66	1590	25	23,89	1,11
20	67	1600	25	23,90	1,10
21	67	1610	25	24,01	0,99
22	68	1620	25	24,23	0,77
23	68	1630	30	28,94	1,06
24	68	1640	30	28,92	1,08
25	69	1650	30	29,10	0,90

Elaborado por: Freire M. 2022.

Al corroborar la normalidad de los datos recopilados en la tabla 4-3, con un p_value de 0,096 al 5% de significancia. La premisa alternativa considera que la perdida esperada durante la colecta debe ser menor a 1,5 gramos, se concluye con valor estadístico de -27,12 y con un 95% de nivel

de confianza, aceptable una pérdida máxima de 1,11 gramos de sustancia en el proceso de raspado. Por lo que, puede quedarse impregnada en la estructura de raspado o a su vez en el vidrio colector.

Además, para un número de pasos de 1550 y 65 vueltas, el sistema de raspado logra depositar la sustancia en el recipiente correctamente, por lo que el número de pasos establecidos satisface el correcto funcionamiento del proceso de colecta.

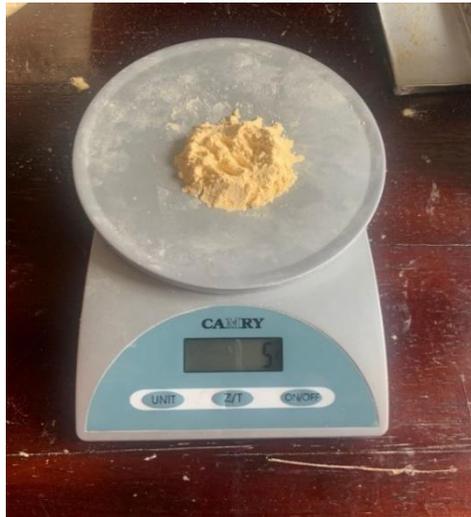


Figura 4-3: Medida de la sustancia de prueba para el motor a pasos.

Elaborado por: Freire M. 2022.

3.3.2.2 Validación del proceso de colecta automático

El propósito de determinar la eficiencia de una colecta automática frente a una manual, para lo cual se toman 25 muestra. Por lo que, se considera 5 gramos de sustancia de prueba para ambos casos y se registra el tiempo que tardan en recolectar la máxima cantidad de sustancia con el mínimo en pérdidas en un vidrio de 15 x 23 cm.

Tabla 5-3: Resultados del proceso de colecta manual versus automática.

Muestra	Sustancia	Colecta	
	Recolecta [g]	Manual [min:seg]	Automática [min:seg]
1	4,92	5:00	2:37
2	4,98	4:32	2:46
3	4,92	4:01	2:11
4	4,84	4:28	2:05
5	4,95	3:56	2:14
6	4,95	4:15	3:07

7	4,97	5:02	2:34
8	4,93	4:37	2:21
9	4,96	3:49	2:32
10	4,94	3:51	3:15
11	4,97	4:26	2:24
12	4,96	4:47	2:37
13	4,94	4:21	2:53
14	4,94	3:54	2:38
15	4,95	4:12	2:16
16	4,94	4:09	2:29
17	4,97	3:58	2:20
18	4,96	4:22	3:19
19	4,95	4:45	2:41
20	4,96	4:38	2:39
21	4,97	4:09	2:42
22	4,89	4:11	3:02
23	4,93	3:56	2:37
24	4,96	3:49	2:24
25	4,97	4:09	2:41

Elaborado por: Freire M. 2022.

De la tabla 5-3, se observa que el tiempo máximo para una colecta manual es de 5 minutos con 2 segundos y para una colecta automática tarda 3 minutos con 19 segundos, concluyendo que, una colecta automática optimiza el tiempo en un 60% respecto a un proceso manual.

Tomando en cuenta que el proceso de raspado tarda 1 minuto en ejecutarse, y basándonos en los datos recopilados, se determina que el proceso de raspado debe activarse al menos 5 veces para alcanzar las mismas perdidas que un proceso manual.

3.3.2.3 Validación del servomotor

En este punto se determina el máximo error que puede presentar el posicionamiento del servomotor, y si estos presentan obstrucciones para el movimiento lineal del vidrio de colecta. Es así que se tomaron 25 muestras con diferentes ángulos y se registraron en la tabla 6-3, considerando el rango permisible de servomotor utilizado.

Tabla 6-3: Resultados de las medidas de los ángulos en el servomotor.

Muestra	Angulo referencial [°]	Servomotor real [°]	Error absoluto
1	0	-0,25	0,25
2	10	9,75	0,25
3	20	19,75	0,25
4	30	29,75	0,25
5	35	34,75	0,25
6	40	39,75	0,25

7	45	44,75	0,25
8	50	49,75	0,25
9	55	54,75	0,25
10	60	59,75	0,25
11	70	69,75	0,25
12	75	74,75	0,25
13	80	79,75	0,25
14	85	84,75	0,25
15	90	89,75	0,25
16	95	94,75	0,25
17	100	99,75	0,25
18	110	109,75	0,25
19	120	119,75	0,25
20	130	129,75	0,25
21	140	139,75	0,25
22	150	149,75	0,25
23	160	159,75	0,25
24	170	169,75	0,25
25	180	179,75	0,25

Elaborado por: Freire M. 2022.

De la tabla 6-3, se tiene que el error absoluto es de 0,25° para cada una de las pruebas establecidas, es así que, mediante las pruebas experimentales con el prototipo, la función de raspado no limita u obstruye al movimiento del vidrio colector, por lo que, se considera un valor de respuesta aceptable para el funcionamiento normal del prototipo.

3.4 Estabilidad del prototipo electrónico

Para la evaluación de la estabilidad del prototipo electrónico se realizaron 20 pruebas de funcionamiento de los sensores de contacto, el servomotor y el bloque de temporización, manteniendo constante el número de pasos y la velocidad del motor, así también se consideró una misma cantidad de sustancia de 10 gramos para cada muestra. Cabe recalcar que para el servomotor se considera su posicionamiento final del proceso de colecta.

Para definir la estabilidad numéricamente se determinó el porcentaje del coeficiente de variación que según el método de promedios y rangos (Llamosa R., Meza Contreras y Botero Arbelaez 2007, p. 455-460) debe ser inferior al 10% para considerarse estable. La expresión que la describe corresponde al cociente entre la media (\bar{X}) y la desviación estándar (σ) de los datos expuestos en la tabla 3-7 y cuya ecuación se expresa de la siguiente manera.

$$CV = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} * 100\% \text{ Ecuación 2-3}$$

Tabla 7-3: Pruebas de repetitividad del prototipo eléctrico para análisis de estabilidad.

Muestra	N° Pasos	Sustancia [g]	Servomotor [°]	Sensor de contacto [bit]		sesión [min]	Pulsos [s]	
				Vidrio	Recipiente		Alto	Bajo
1	1550	9,08	0,25	1	1	30,13	3,96	5,89
2	1550	9,10	0,25	1	1	30,14	3,94	5,96
3	1550	8,94	0,25	1	1	30,14	3,94	5,94
4	1550	9,11	0,25	1	1	30,15	3,92	5,95
5	1550	9,22	0,25	1	1	30,14	3,92	5,96
6	1550	8,97	0,25	1	1	30,15	3,91	5,93
7	1550	9,11	0,25	1	1	30,16	3,94	5,92
8	1550	9,12	0,25	1	1	30,16	3,92	5,94
9	1550	8,79	0,25	1	1	30,15	3,92	5,96
10	1550	9,09	0,25	1	1	30,15	3,89	5,95
11	1550	9,01	0,25	1	1	30,15	3,89	5,92
12	1550	8,97	0,25	1	1	30,14	3,91	5,89
13	1550	9,04	0,25	1	1	30,14	3,91	5,88
14	1550	9,09	0,25	1	1	30,15	3,94	5,91
15	1550	9,03	0,25	1	1	30,15	3,96	5,93
16	1550	9,12	0,25	1	1	30,13	3,97	5,93
17	1550	9,11	0,25	1	1	30,14	3,94	5,97
18	1550	9,16	0,25	1	1	30,14	3,89	5,98
19	1550	8,97	0,25	1	1	30,15	3,94	5,96
20	1550	8,98	0,25	1	1	30,16	3,94	5,94
Media		9,05	0,25	1	1	30,15	3,93	5,94
Desviación estándar		0,10	0,00	0	0	0,01	0,02	0,03
Coefficiente de variación [%]		1,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,59%	0,47%

Elaborado por: Freire M. 2022.

De la tabla 7-3, se determina mediante el coeficiente de variación que el mayor valor obtenido es de 1,06% correspondiente a la sustancia obtenida en el recipiente, lo que, según autores, al ser menor al 10% el prototipo presenta estabilidad.

3.4.1 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas experimentales de campo realizadas con el prototipo electrónico, en el mes de febrero, con diferentes colmenas pequeñas por sesión, en horas de la tarde, son expuestas en la tabla 3-8, de la cual se determina el promedio de la sustancia obtenida en las colectas.

El procedimiento consintió en seleccionar una colmena por prueba con una sesión de 30 minutos, en diferentes días del mes y en un clima soleado. Para registrar los datos resultantes se procedió a medir la sustancia obtenida en el vidrio colector antes de la colecta y la depositada en el recipiente luego del proceso de colecta.

Tabla 8-3: Resultado de las pruebas de campo del prototipo electrónico.

Fecha	Pasos	Sustancia sobre el vidrio [mg]	Sustancia en el recipiente [mg]
6/2/2022	1550	3,2	2,6
10/2/2022	1550	3,0	2,4
13/2/2022	1550	3,3	2,9

Elaborado por: Freire M. 2022.

Los resultados de la tabla 8-3 muestran que la mínima cantidad de recolección de sustancia es de 2,6 miligramos, con los parámetros de diseño y requerimientos establecidos, por tanto, el prototipo permite la extracción de apitoxina a pequeña escala. Además, la cantidad de sustancia va a depender de la capacidad de abejas en el área efectiva de colecta.

3.5 Consumo energético

El prototipo es alimentado mediante tres baterías recargables de litio con una tensión de 3,7 voltios, distribuidas de la siguiente manera: dos baterías para el sistema de colecta y la tarjeta de desarrollo y una batería para la circulación de corriente en la malla. Las baterías para la implementación corresponden al modelo 18650 con una capacidad de corriente entre los 3000 miliamperios hasta los 6000 miliamperios, por lo que se considera para las pruebas prácticas una capacidad 1500 miliamperios-hora. Cabe mencionar, que las baterías han sido conectadas en paralelo y cada una dispone de su módulo de carga TP4056, cuyas salidas semejantes se unen en una sola hacia un micro-USB para su carga.

3.5.1 Prototipo en funcionamiento

Se empieza por determinar si las baterías abastecen al circuito implementado, por lo que, se registran los valores de corriente y voltaje mínimo, máximo y los medidos mediante una pinza amperimétrica FLUKE 325 tal como se expone en la figura 5-3.



Figura 5-3: Mediciones de consumo de amperaje.

Elaborado por: Freire M. 2022.

Tabla 9-3: Características eléctricas mínimas, máximas y de funcionamiento.

Componente	Voltaje min. [V]	Voltaje func. [V]	Voltaje máx. [V]	Corriente min. [A]	Corriente máx. [A]
Arduino Nano	5	9,46	12	0,5	1
Motor a pasos	5,2	9,45	12	1	3,4
Driver A4988	3	4,89	5,5	1	2,1
Servomotor	4.8	4,66	6	0,22	0,08
MT3608	2	3,7	24	1	2
TP4056	-0,3	3	8	1	1
Relé	4,8	4,62	5	1	10
Sensor de contacto	4,8	4,73	5	1	3
Pulsadores	4,5	4,73	5	0,01	0,01
Led indicador	2,4-0,001	2,66	5	0,1	0,5

Elaborado por: Freire M. 2022.

De la tabla 9-3, se determina que las 2 baterías de litio recargables de 3,7 voltios en paralelo satisfacen el circuito principal, de igual manera la tercera batería cuyas salidas abastecen a la estimulación eléctrica. Se hace mención también que los voltajes superiores a 5 voltios son obtenidos mediante un módulo elevador de voltaje, que puede entregar hasta los 12,7 voltios.

Para determinar el consumo del prototipo en funcionamiento se tomaron los valores de corriente cada cinco minutos durante una hora de funcionamiento continuo, tanto para el bloque de colecta como para el bloque de temporización.

Tabla 10-3: Tiempo de muestreo para el consumo en estado activo.

Tiempo	Bloque de temporización [A]	Bloque de colecta [A]
9:50	0,17	0,70
9:55	0,14	0,68
10:00	0,11	0,65
10:05	0,11	0,64
10:10	0,09	0,57
10:15	0,10	0,57
10:20	0,11	0,68
10:25	0,08	0,55
10:30	0,07	0,57
10:35	0,11	0,64
10:40	0,15	0,71
10:45	0,14	0,66

Elaborado por: Freire M. 2022.

Mediante los datos obtenidos en la tabla 10-3, se determina que el bloque de colecta consume el 46,67% y el bloque de temporización el 11,33% de la capacidad total de las baterías en estado activo durante una hora de muestreo.

Se puede observar que existen variaciones en las medidas, y se debe a que en ciertos periodos entra en funcionamiento los actuadores eléctricos, sensores y pulsadores, por lo que, el tipo o nivel de carga que contengan los bloques es proporcional al consumo de las baterías, razón por la cual el consumo del bloque de colecta es mucho mayor que el bloque de temporización.

3.5.2 Prototipo inactivo

De igual manera, se determinó el consumo del prototipo en estado inactivo, para lo cual, se midieron los valores de corriente cada cinco minutos durante una hora de funcionamiento continuo, tanto para el bloque de colecta como para el bloque de temporización.

Tabla 11-3: Tiempo de muestreo para el consumo en estado inactivo.

Tiempo	Corriente de Temporización [A]	Corriente de colecta [A]
10:50	0,03	0,30
10:55	0,03	0,29
11:00	0,03	0,30
11:05	0,03	0,30
11:10	0,04	0,30
11:15	0,03	0,29
11:20	0,03	0,30
11:25	0,04	0,31
11:30	0,03	0,30
11:35	0,04	0,30
11:40	0,03	0,29
11:45	0,03	0,30

Elaborado por: Freire M. 2022.

Cuando el prototipo no se encuentra realizando ninguna acción, el consumo del bloque de colecta es del 20,67% y del bloque de temporización del 2,67% del total de la capacidad que entregan las baterías, según la información recopilada en la tabla 11-3.

Se toman los valores máximos de consumo de corriente de cada una de las pruebas efectuadas y se han resumido en la tabla 12-3, cuyos valores se han transformado en miliamperios hora y multiplicado por el voltaje para registrar la potencia de consumo en estado activo e inactivo del prototipo.

Tabla 12-3: Medidas del consumo del prototipo electrónico.

Estado	Bloque	Corriente consumida [mAH]	Potencia consumida [W]
Prototipo activo	Temporización	170	0,63
	Colecta	700	2,59
Prototipo inactivo	Temporización	40	0,15
	Colecta	310	1,15

Elaborado por: Freire M, 2022.

El prototipo en estado activo tiene un consumo total de 870mAH con una potencia de 3,22W, en cambio, inactivo su consumo de 350mAH y una potencia de 1,3W, lo indica que el consumo total del prototipo en funcionamiento es del 58% y el 23,33% en estado inactivo de la capacidad de las baterías.

Si lo compramos con un escáner EPSON V300 que consume 12W en funcionamiento, 5,5W en modo listo para funcionar y 3,7W en modo latente cuyo voltaje nominal es de 13,5 voltios en continua y 1,5 amperios. El prototipo presenta un bajo consumo, con un 26,83% en funcionamiento y un 35,14% en estado latente.

3.5.3 Autonomía de las baterías

Para determinar el tiempo de duración de las baterías de litio totalmente cargadas, se emplea la fórmula descrita en la ecuación 3-3, para determinar la autonomía en dependencia del consumo total del circuito implementado y su capacidad en intensidad que al estar en paralelo estas se suman.

$$\frac{V_{batt} * I_{batt}}{V_{batt} * I_c} = \frac{P_{batt}}{P_c} = H \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde

V_{batt} : Voltaje de la batería.

I_{batt} : Corriente de la batería.

I_{cir} : Corriente consumida.

P_{batt} : Potencia de la batería.

P_c : Potencia consumida.

Conociendo el valor de la capacidad de carga de las baterías y el consumo del prototipo en la tabla 12-3, el tiempo estimado de duración de la batería aplicando la ecuación 3-3 es de 5 horas con 10 minutos; sin embargo, el tiempo de carga de las baterías es de casi 5 horas.

Una sesión de apiterapia dura alrededor de una hora por paciente y en promedio se realiza seis sesiones por mes. Las abejas utilizadas para el tratamiento son tomadas directamente de su colmena según la dosis que requiera la patología del paciente. Con base a la información se concluye que el prototipo cubre las horas requeridas por el especialista para apiterapia y permite al apicultor un 62,5% de productividad en la extracción de la sustancia, considerando 8 horas laborables.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El presente capítulo abarca un análisis económico del prototipo electrónico tomando en consideración la adquisición de los componentes eléctricos, electrónicos y estructurales utilizados en la implementación, en segundo lugar, se da a conocer una comparativa del prototipo frente a un dispositivo comercial con características similares.

4.1 Análisis económico del prototipo electrónico

En la tabla 1-4, constan los precios de todos los elementos involucrados en la implementación del prototipo para la extracción de apitoxina, donde el 49,91% del costo total se concentra en los elementos estructurales, seguido del sistema de alimentación y finalizando con los elementos eléctricos y electrónicos. Cabe mencionar que cada uno de los elementos utilizados fueron adquiridos a nivel nacional.

Tabla 1-4: Detalle de los costos de los componentes para prototipo electrónico.

Módulo u Bloque	Componente	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
Tarjeta de desarrollo	Arduino Nano	1		\$10,00	\$10,00
Actuadores eléctricos y accesorios	Motor NEMA STEPPER 12V	1		\$12,00	\$12,00
	Servomotor SG90	1		\$3,75	\$3,75
	A4988 + disipador	1		\$2,50	\$2,50
	MT3608	2		\$3,00	\$6,00
Sistema de alimentación	Baterías de Litio 3,7V	3		\$10,00	\$30,00
	Módulo de carga TP4056	3		\$3,00	\$9,00
	Cargador de 110V a 5V	1		\$15,00	\$15,00
Elementos eléctricos-electrónicos	Sensor de contacto	2		\$0,50	\$1,00
	Relé 5v	1		\$5,00	\$5,00
	Botoneras	3		\$0,75	\$2,25
	Capacitor 220uF	1		\$0,20	\$0,20
	Resistencias	1		\$0,05	\$0,05
	Leds	1		\$0,15	\$0,15
Elementos estructurales	Rieles pequeños	1		\$1,50	\$1,50
	Marco para el conductor	1		\$5,00	\$5,00
	Molde para el Vidrio	1		\$5,00	\$5,00
	Tornillos	100		\$0,13	\$13,00

	Alambre de cobre #24	18	metro	\$0,20	\$3,60
	Carcasa	1		\$38,00	\$38,00
	Cinta aislante	1		\$0,45	\$0,45
	Varios			\$30,00	\$30,00
				TOTAL	\$193,45

Elaborado por: Freire M, 2022.

4.2 Valoración económica comparativa

Para establecer una valoración económica comparativa con dispositivos comerciales la tabla 2-4, expone un contraste entre el prototipo electrónico y un dispositivo comercial de procedencia colombiana (Cardona 2018, p. 5) tal como se muestra en la figura 1-4, que además presenta características muy similares al prototipo.

Tabla 2-4: Cuadro comparativo entre el prototipo electrónico y un dispositivo comercial.

Características		Prototipo electrónico	Dispositivo dentro del mercado
Estimulación eléctrica	Duración	30 minutos	Manual
	Periodos	4 segundos en alto 6 segundos en bajo	7 segundos en alto 9 segundos en bajo
Indicadores		Durante la sesión Estado de la batería	De encendido y de apagado Estado de la batería.
Panel de control		Botón de inicio. Botón de modo Sleep. Botón de mantenimiento (vidrio).	Botón de encendido Botón de apagado.
Sistema de colecta		Automático	Manual
Alimentación		Baterías recargables de litio	Baterías recargables de litio
Componentes		Vidrio colector Marco de alambrado paralelo Cargador de 110V a 5V	Vidrio colector Marco de alambrado paralelo Cargador y fusibles de seguridad

Dimensiones efectivo de colecta	15cm x 23cm	28cm x 26cm
Costo	\$193,45	\$380,69

Fuente: Cardona, 2018.

Elaborado por: Freire M, 2022.



Figura 1-4: Dispositivo recolector de apitoxina marca KETLITEN.

Fuente: Cardona, 2018.

De la tabla 2-4, se determina que el costo del prototipo es 50,82% más económico que dispositivo comercial. Sin embargo, los dispositivos de extracción de apitoxina son de difícil accesibilidad en nuestro país, por lo que el factor económico se ve afectado también por costos adicionales de envío y hasta el mantenimiento.

Otro aspecto que se destaca a nivel económico es el valor comercial que posee las colmenas de abejas con aguijón que ronda los US\$ 300, y además se añade el tiempo que tardan en establecerse como tal, es así que la implementación del prototipo no implica la reposición de las colmenas utilizadas para la extracción de apitoxina.

CONCLUSIONES

Se implementó un prototipo electrónico para la extracción de apitoxina para pequeños productores, su funcionamiento se basa en la estimulación eléctrica en abejas con aguijón; consta de un bloque para las sesiones de descarga eléctrica y otro para la colecta automática de la sustancia mediante mecanismos de transmisión de movimiento y sensores de contacto.

Las pruebas de normalidad con el método de Shapiro-Wilk al 5% de significancia determinaron un p-value generalizado mayor al 0,1 demostrando una distribución normal, lo que permitió validar al bloque de temporización a través de la prueba T Student, con valores dentro de zona aceptable, concluyendo con el 95% de nivel de confianza, un error esperado en pruebas de 0,16 minutos durante la sesión de estimulación eléctrica y 0,07 segundos en el tren de pulsos.

De las pruebas de caracterización del sensor de contacto, se determinó un error absoluto nulo al depositar un peso mayor o igual a 59 gramos, que al ser menor a los 243 gramos que pesa el vidrio de colecta, se determina que su funcionamiento en el proceso de colecta y mantenimiento es adecuado.

De las pruebas al bloque de colecta, se obtuvo que el motor a pasos con 65 vueltas y 1550 pasos logra depositar la sustancia en el recipiente, con una pérdida esperada de 1,11 gramos de sustancia, según pruebas estadísticas en los datos. El servomotor presenta un error del 13,89%, en su posicionamiento, el cual no obstaculiza el movimiento del vidrio colector, resultando ambos actuadores adecuados para el diseño.

Mediante las pruebas de estabilidad efectuadas al prototipo electrónico por medio del coeficiente de variación se obtuvo el 1,06%, como valor mayor correspondiente a la sustancia recolectada, que al ser menor al 10% declarado por autores, en estudios de repetitividad el prototipo implementado se considera estable.

Del análisis teórico sobre autonomía de las baterías se determinó una duración de 5 horas y 10 minutos, cubriendo el tiempo de trabajo en una sesión de apiterapia que además permite al apicultor un 62,5% de productividad en la extracción de la sustancia, considerando 8 horas laborables.

De las pruebas prácticas realizadas sobre el consumo energético se determinó un total de 870mAH en funcionamiento y 350mAH en espera, lo que representa el 58% y 23,33% de la capacidad de las baterías respectivamente, que al ser comprado con un escáner comercial el prototipo presenta un bajo consumo de potencia con un 26,83% en funcionamiento y un 35,14% en estado de espera.

Mediante el análisis económico de la implementación del prototipo, considerando la adquisición de componentes eléctricos, electrónicos y estructurales, el costo de desarrollo es un 50,82% más económico con respecto a la comparativa con equipos comerciales, que además cumple con los requerimientos planteados.

RECOMENDACIONES

Estudiar la posibilidad de ampliar el tiempo de pruebas, con el objetivo de encontrar mejoras al diseño del prototipo. Estudiar la posibilidad de reducir el tamaño del prototipo y lograr un diseño más compacto, que a su vez permita ampliar la capacidad de colecta efectiva y posibilitar la implementación para medianos y grandes productores apícolas.

Se recomienda como trabajo complementario realizar un estudio analítico del índice de mortalidad de las abejas en el proceso de extracción de la apitoxina mediante el uso del dispositivo electrónico para validar el método de extracción.

Es de gran importancia un estudio acerca de la resistencia al paso de corrientes eléctricas en abejas según su subespecie, para orientar el desarrollo de dispositivos de estimulación eléctrica más efectivos y de bajo índice de mortalidad.

Desarrollar una colmena automatizada que permita la obtención de todos los productos apícolas, sin alterar el comportamiento de las abejas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVES, M.** Ciclo de desarrollo en Software Embebido. *Hablemos Embebido: Guía para Diseñar Sistemas Embebidos*. Spanish Ed. Columbia: 2019, ISBN 6079824310. pp. 46-52.
- AEROSEMI TECHNOLOGY.** MT3608. *Aerosemi* [en línea]. Shenzhen: 2017, pp. 1-7.
Disponible en: <http://www.aerosemi.com>.
- AGROCALIDAD.** *Manual de Procedimientos para la prevención del pequeños escarabajo de la colmena (PEC) en el Ecuador* [en línea]. 2016. Quito: s.n. Disponible en:
<https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/api1.pdf>.
- ALLEGRO MICROSYSTEMS.** A4988. *Datasheet* [en línea]. 2014. Massachusetts: s.n., pp. 1-22. Disponible en: www.allegromicro.com.
- ANEP.** Estudiantes de UTU de Artigas crean máquina para obtener veneno medicinal de abejas | Administración Nacional de Educación Pública. [en línea]. 2019. [Consulta: 2 junio 2022]. Disponible en: <https://www.anep.edu.uy/breves/estudiantes-utu-artigas-crean-maquina-para-obtener-veneno-medicinal-abejas>.
- APIDROCHES.** Máquina para extracción de veneno de abejas. *La tienda Apidroches* [en línea]. España, 2021. pp. 1. [Consulta: 30 septiembre 2021]. Disponible en:
https://apicolalospedroches.com/index/what/artic/arti/MAQAPEV_001/maquina-para-extraccion-de-veneno-de-abejas.
- ARANEDA, X; et al.** Evaluación de dos frecuencias de colecta de apitoxina extraída de colmenas de *Apis mellifera* L. durante la época estival en la Región de La Araucanía. *Idesia (Arica)*, 2011. vol. 29, no. 2, pp. 145-150. DOI 10.4067/s0718-34292011000200019.
- ARDUINO.CL.** Arduino UNO. [en línea]. 2021. [Consulta: 3 enero 2022]. Disponible en:
<https://arduino.cl/arduino-uno/>.
- AV ELECTRONICS.** Fin de carrera KW11-3Z. [en línea]. 2021. [Consulta: 3 enero 2022].
Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/fin-de-carrera-kw11-3z-5a-250v/>.
- AVR-LIBC.** avr-libc: <avr/power.h>. *Power Reduction Management* [en línea]. 2016. [Consulta: 29 enero 2022]. Disponible en: https://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/group__avr__power.html.
- AVR-LIBC.** avr-libc: <avr/sleep.h>. *Power Management and Sleep Modes* [en línea]. 2016. [Consulta: 29 enero 2022]. Disponible en: https://www.nongnu.org/avr-libc/user-manual/group__avr__sleep.html.
- CAPDEBILA P.** Apitoxina. *Qué es y como extraer Veneno de Abeja* [en línea], 2020. pp. 1-10. [Consulta: 29 septiembre 2021]. Disponible en:
<https://www.latiendadelapicultor.com/blog/apitoxina-que-es-y-como-extraer-veneno-de-abeja/>.

- CARDONA, R.** Ficha Técnica del colector trampa 4G para extracción de Apitoxina. [en línea], 2018. pp 5. Medellín [Consulta: 10 noviembre 2021]. Disponible en: www.ketitlen.com.
- CETRONIC.** 18650 3.7V 1800mAh con Terminales. *Bateria Litio* [en línea]. 2021. [Consulta: 3 enero 2022]. Disponible en:
<https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=111051070&cPath=407>.
- CONTI, F.** Tipos de motores paso a paso. *Motores paso a paso* [en línea]. Primera. Buenos Aires: Librería y Editorial Alsina, pp. 48. [Consulta: 28 enero 2022]. ISBN 9505531265. Disponible en:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6yiXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=motor+paso+a+paso&ots=_YRteSSdsp&sig=5ATgzQHMQDysQC6SgeZsfTUti94#v=onepage&q=motor+paso+a+paso&f=false.
- CORONA, L; et al.** Sensores y actuadores: *Aplicaciones con Arduino* [en línea]. 2da. S.l.: Grupo Editorial Patria, pp. 321. [Consulta: 29 noviembre 2021]. ISBN 9786075501215. Disponible en: <https://elibro-net.ezproxy.utem.cl/es/ereader/utem/121284>.
- DALLO, E.** El Mundo. *La picadura que hasta rejuvenece* [en línea]. Madrid, 5 enero 2014. pp. 1-12. [Consulta: 10 noviembre 2021]. Disponible en:
<https://www.elmundo.es/cronica/2014/01/05/52c7fec622601d1c098b4570.html>.
- DEL SOL, M; et al.** El rol de la Miel en los Procesos Morfofisiológicos de Reparación de Heridas. *International Journal of Morphology*, 2016. vol. 34, no. 1, pp. 385-395.
- DIODATO, L; & FUSTER, A.** Valor y beneficios de las abejas nativas, (Hymenoptera: Apoidea), en los bosques del Chaco Semiárido, Argentina. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales* [en línea], 2008. no. 15, pp. 15-20. ISSN 0328-0543. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/481/48113033003.pdf>.
- DOGAN, I.** Arquitectura de los microcontroladores. *Programación de microcontroladores PIC*. 1er. Madrid: Marcombo, pp. 327. ISBN 9788426714282.
- GAP.** Ministerio de Agricultura y Ganadería. *Ecuador tiene 1760 apicultores registrados* [en línea], 2018. pp. 5. [Consulta: 19 noviembre 2021]. Disponible en:
<https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/>.
- GONZÁLEZ, G; & SILVA, F.** Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing. *Innovation in Engineering, Technology and Education Competitiveness and Prosperity*, 2013. pp. 1-10.
- GONZÁLEZ, N.** *Manual de Diversificación de Productos Apícolas*. [en línea]. S.l.: Universidad Nacional. 2017. pp. 71. Disponible en:
[https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18803/Trabajo Final Nataly González %28Autoguardado%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18803/Trabajo%20Final%20Nataly%20Gonz%C3%A1lez%20Autoguardado%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- GONZALEZ, R.** La Apitoxina. *Medicamento natural* [en línea], 2019. vol. 52, no. Apicultura

- sin fronteras, pp. 2-9. Disponible en: apiculturasinfrenteras.com.
- HANDSONTEC.** Handson Technology. *Hanson Technology* [en línea], 2017. pp. 1-22.
Disponible en: http://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf.
- HUIDOBRO, J.F; et al.** El Polen: Melisopalinología y Polen Apícola. *Offarm* [en línea], 2014.
vol. 4, no. May, pp. 83-87. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/235697660_El_Polen_Melisopalinologia_y_Polen_Apicola.
- LEE, J; et al.** An Overview of Bee Venom Acupuncture in the Treatment of Arthritis. , 2005.
vol. 2, no. 1, pp. 79-84. DOI 10.1093/ecam/neh070.
- LLAMOSA, R; et al.** Estudio De Repetibilidad Y Reproducibilidad Utilizando El Método De Promedios Y Rangos Para El Aseguramiento De La Calidad De Los Resultados De Calibración De Acuerdo Con La Norma Técnica Ntciso/ Iec 17025. *Scientia et Technica*, 2007. vol. 3, no. 35, pp. 455-460. ISSN 0122-1701. DOI 10.22517/23447214.5479.
- LÓPEZ, E.** Arduino. En: EDICIONES DE LA U (ed.), *Guía práctica de fundamentos y simulación* [en línea]. 1er. S.l.: RA-MA Editorial, pp. 246. [Consulta: 29 noviembre 2021]. ISBN 9788499646145. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/sibdi/titulos/106492>.
- LÓPEZ, E.** Raspberry Pi. *Fundamentos y aplicaciones*. 1er. S.l.: Ra-Ma S.A, pp. 262. ISBN 9788499647197.
- LÓPEZ, P.** Grado de satisfacción en la aplicación de apiterapia utilizada como biotecnia. [en línea]. S.l.: s.n., pp. 4-28. Disponible en:
[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47038/PABLO LOPEZ RODRIGUEZdocx.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47038/PABLO_LOPEZ_RODRIGUEZdocx.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- MANFREDI, M.** Safe device for extracting venom from honey bees. *Bee World*, 1992. vol. 73, no. 3, pp. 128-130. ISSN 0005772X. DOI 10.1080/0005772X.1992.11099126.
- MARTÍNEZ, F.** Tecnologías de actuadores Unidad. *Fundamentos de Robótica* [en línea]. 1er. México: s.n., pp. 33. Disponible en:
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70439/secme-35342_1.pdf?sequence=1.
- MARTÍNEZ, K.** Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de crema apitoxina (analgésico natural) y su comercialización en el mercado ecuatoriano. . S.l.: s.n., pp. 33-135. ISBN 1718812728.
- MARTINEZ, R; at al.** Utilización de medicina complementaria. *Procesos degenerativos articulares*, 2016. pp. 43.
- MORENO, A; & CÓRCOLES, S.** Arduino. *Curso práctico* [en línea]. 1er. S.l.: RA-MA Editorial, pp. 452. [Consulta: 25 noviembre 2021]. ISBN 9788499647456. Disponible en: <https://elibro-net.ezproxy.utem.cl/es/ereader/utem/106517>.
- MOROY, A.** El Telégrafo. *Ecuador se familiariza con las bondades de las abejas* [en línea].

- Quito, 20 mayo 2018. pp. 4. [Consulta: 28 septiembre 2021]. Disponible en:
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/apicultura-apiterapia-ecuador-dia-mundial-abejas>.
- NACHBAUR, A; & SCRIBILO, D.** Preguntas frecuentes sobre el veneno de abeja. *Apicultura* [en línea]. 1996. [Consulta: 28 septiembre 2021]. Disponible en:
https://www.ibiblio.org/pub/academic/agriculture/entomology/beekeeping/general/venom_therapy/bevenfaq.html.
- NORIEGA, V.** El propóleo , otro recurso terapéutico en la práctica clínica. [en línea], 2014. pp. 28. Disponible en:
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5580/NoriegaSalmonV.pdf>.
- NOVATRONIC.** TP4056. *Módulo de carga para batería Lipo*. [en línea]. 2020. [Consulta: 3 enero 2022]. Disponible en: <https://novatronicec.com/index.php/product/tp4056-modulo-de-carga-para-bateria-lipo-con-proteccion-de-corriente-microusb-1a/>.
- PEIREN, N; et al.** The protein composition of honeybee venom reconsidered by a proteomic approach. *Biochimica et Biophysica Acta - Proteins and Proteomics*, 2005. vol. 1752, no. 1, pp. 1-5. ISSN 15709639. DOI 10.1016/j.bbapap.2005.07.017.
- PEPA, R.** Novedoso y único extractor de apitoxina, marca APITOX. *DULCYNAT* [en línea]. 2020. [Consulta: 30 septiembre 2021]. Disponible en:
<http://www.dulcynat.com.ar/index.php?pag=25>.
- QUEZADA, L.** Modelos de Carga y sus efectos en estudios sistémicos. *Aplicaciones Al Sing*, 2013. pp. 74.
- QUINTERO, V; et al.** Baterías de Ion Litio : características y aplicaciones Lithium Ion Batteries : features and applications. *Revista de I+D Tecnológico*, 2021. vol. 17, no. 1, pp. 12.
- RACHED, I.** Efeito do veneno de abelha na artrite induzida por antígeno em coelhos. [en línea]. 2003. [Consulta: 30 septiembre 2021]. Disponible en:
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-409020?src=similardocs>.
- RENZO, O.** Bitácora del proyecto recolección de pitoxina electrónico. *Proyecto tecnologico electronico de recoleccion de apitoxina*. [en línea]. 2011. [Consulta: 28 septiembre 2021]. Disponible en: <http://apitoxinaelectronica.blogspot.com/2011/04/proyecto-tecnologico-electronico-de.html>.
- SÁNCHEZ, G; et al.** Determinación de las condiciones óptimas de un equipo extractor de apitoxina en abejas (*Apis mellifera*). *Revista Electronica de Veterinaria*, 2017. vol. 18, no. 12, pp. 2-10. ISSN 16957504.
- SANCHEZ, J.** Dispositivo extractor de apitoxina. *Tecnología en Electrónica*. 2012.
- SCOTT, D.** Programa Nacional de Apicultura. *Centro de investigaciones Apícolas Tropicales. programa Reginal de apicultura y meliponicultura, La Miel y otros productos de las Abejas*

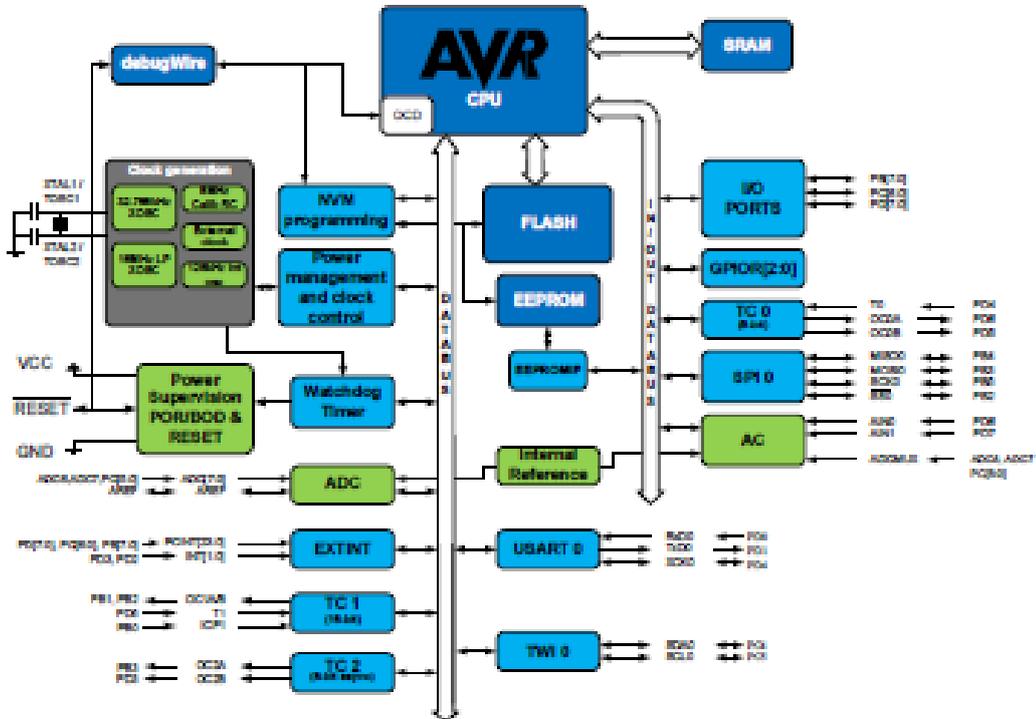
- [en línea]. 2001. San José: s.n. Disponible en:
<http://www.mieldemalaga.com/asociacion/jornadas/ponencias/texto04-4.pdf>.
- SERNA, A; et al.** Tipos de sensores. *Guía Práctica de Sensores* [en línea]. España: s.n., pp. 23-24. [Consulta: 18 diciembre 2021]. ISBN 978-84-92779-499. Disponible en:
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensor+final+de+carrera+&ots=BweSe26Aq0&sig=GLlgAzp2B2iIR43WfdS8gBIWLE0#v=onepage&q=sensor+final+de+carrera&f=false>.
- SONGLE.** Coil sensitivity 6 COIL DATA CHART. *RELAY ISO9002*. S.l.: s.n., pp. 5-6.
- TABARES, V.** Análisis del efecto de la apitoxina introducido en el tejido muscular esquelético por vía transdérmica mediante la fonoforesis en ratas Wistar. *Panorama Cuba y Salud*, 2014. vol. 9, no. 3, pp. 42-47. ISSN 0124-1265.
- TANNÚS, A.** Arduino. *Servomotores*. [en línea], 2018. pp. 1-6. Disponible en: Aula Práctica 07: Servomotores (aee.edu.br)
- TOWERPRO.** SG90 9 g Micro Servo. *Cytron Technologies* [en línea], 2018. pp. 3-5.
Disponible en:
https://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf%0Ahttps://datasheetspdf.com/pdf-file/791970/TowerPro/SG90/1.
- VALDERRAMA, R.** Aspectos toxinológicos y biomédicos del veneno de las abejas *Apis mellifera*. *IATREIA*, 2003. vol. 16, no. 3, pp. 219-225.
- VALEGA, O.** Especies y subespecies de abejas. *Apicultura* [en línea], 2016. pp. 4-26.
[Consulta: 21 noviembre 2021]. Disponible en:
<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1160-especies-y-subespecies-de-abejas>.
- VILLALOBOS, C; & MARTÍNEZ, O.** Extraction of apitoxin with an electric collector in Irapuato , Guanajuato , Mexico. [en línea], 2019. vol. 30, no. August 2016, pp. 459-467. DOI 10.15517/am.v30i2.33987. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/437/43759027011/html/>.
- ZÚÑIGA, E.** Producción de jalea real para el sector apícola costarricense. En: L. PÉREZ (ed.), *Apícola Costarricense*. 1er. San José: 2019, pp. 50.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos del Arduino Nano

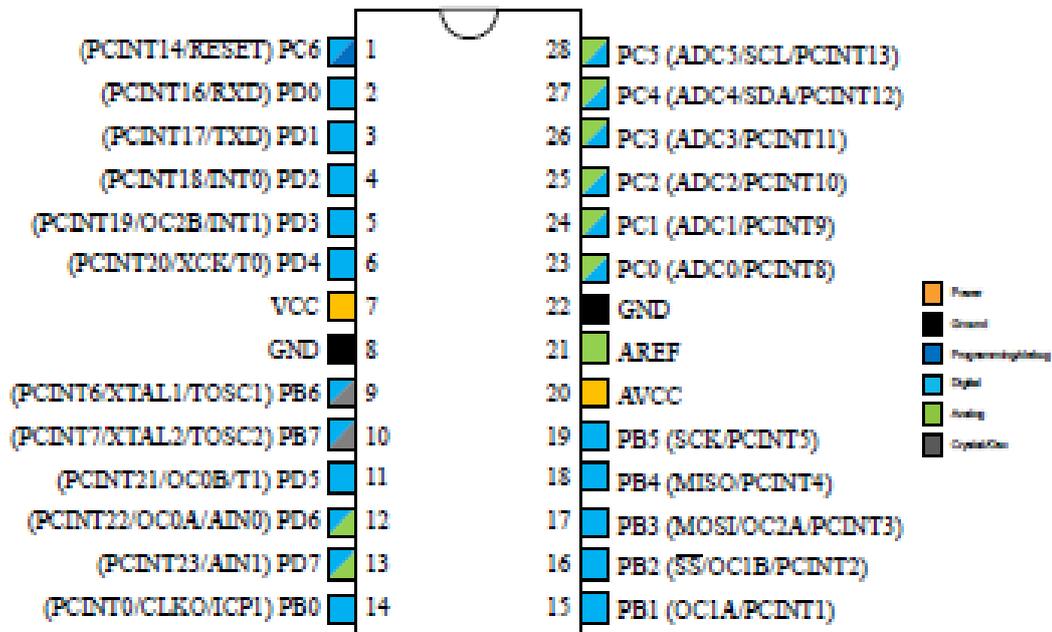
Block Diagram

Figure 4-1. Block Diagram



Pin-out

Figure 6-1. 28-pin PDIP



14.2. Sleep Modes

The following Table shows the different sleep modes, BOD disable ability and their wake-up sources.

Table 14-1. Active Clock Domains and Wake-up Sources in the Different Sleep Modes.

Sleep Mode	Active Clock Domains					Oscillators		Wake-up Sources						Software BOD Disable	
	clkCPU	clkFLASH	clkIO	clkADC	clkASY	Main Clock Source Enabled	Timer Oscillator Enabled	INT and PCINT	TWI Address Match	Timer2	SPMEEPROM Ready	ADC	WDT		Other I/O
Idle			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes ⁽²⁾	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
ADC Noise Reduction				Yes	Yes	Yes	Yes ⁽²⁾	Yes ⁽³⁾	Yes	Yes ⁽²⁾	Yes	Yes	Yes		
Power-down								Yes ⁽³⁾	Yes				Yes		Yes
Power-save					Yes		Yes ⁽²⁾	Yes ⁽³⁾	Yes	Yes			Yes		Yes
Standby ⁽¹⁾						Yes		Yes ⁽³⁾	Yes				Yes		Yes
Extended Standby				Yes ⁽²⁾		Yes	Yes ⁽²⁾	Yes ⁽³⁾	Yes	Yes			Yes		Yes

Note:

1. Only recommended with external crystal or resonator selected as clock source.
2. If Timer/Counter2 is running in asynchronous mode.
3. For INT1 and INT0, only level interrupt.

16. Interrupts

This section describes the specifics of the interrupt handling of the device. For a general explanation of the AVR interrupt handling, refer to the description of *Reset and Interrupt Handling*.

- Each Interrupt Vector occupies two instruction words.
- Reset Vector is affected by the BOOTrST fuse, and the interrupt Vector start address is affected by the IVSEL bit in MCUCR.

16.1. Interrupt Vectors in ATmega328/P

Table 16-1. Reset and Interrupt Vectors in ATmega328/P

Vector No	Program Address ⁽²⁾	Source	Interrupts definition
1	0x0000 ⁽¹⁾	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog System Reset
2	0x0002	INT0	External Interrupt Request 0
3	0x0004	INT1	External Interrupt Request 0
4	0x0006	PCINT0	Pin Change Interrupt Request 0
5	0x0008	PCINT1	Pin Change Interrupt Request 1
6	0x000A	PCINT2	Pin Change Interrupt Request 2
7	0x000C	WDT	Watchdog Time-out Interrupt
8	0x000E	TIMER2_COMPA	Timer/Counter2 Compare Match A
9	0x0010	TIMER2_COMPB	Timer/Counter2 Compare Match B
10	0x0012	TIMER2_OVF	Timer/Counter2 Overflow
11	0x0014	TIMER1_CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
12	0x0016	TIMER1_COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
13	0x0018	TIMER1_COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
14	0x001A	TIMER1_OVF	Timer/Counter1 Overflow
15	0x001C	TIMER0_COMPA	Timer/Counter0 Compare Match A
16	0x001E	TIMER0_COMPB	Timer/Counter0 Compare Match B
17	0x0020	TIMER0_OVF	Timer/Counter0 Overflow
18	0x0022	SPI_STC	SPI Serial Transfer Complete
19	0x0024	USART_RX	USART Rx Complete
20	0x0026	USART_UDRE	USART Data Register Empty
21	0x0028	USART_TX	USART Tx Complete
22	0x002A	ADC	ADC Conversion Complete
23	0x002C	EE_READY	EEPROM Ready
24	0x002E	ANALOG_COMP	Analog Comparator

Anexo B: Hoja de datos del motor a pasos

Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors, including standard, hollow, and extended shaft variations.

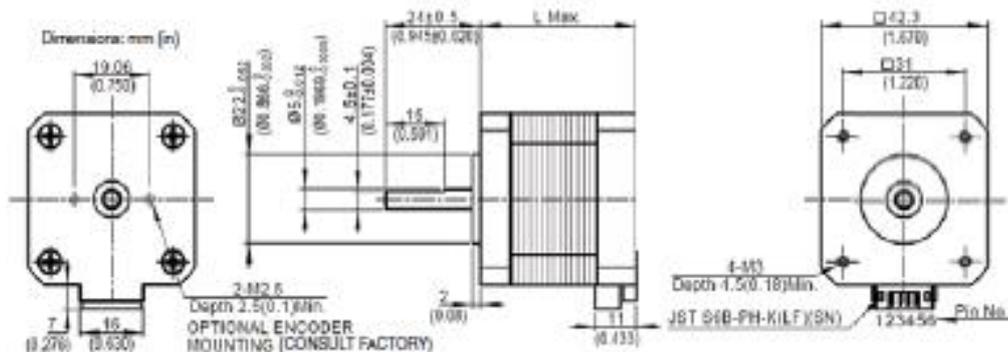


Standard shaft motor shown.

Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	25 N (5.6 lbs.) Push 65 N (15 lbs.) Pull
Radial	29 N (6.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

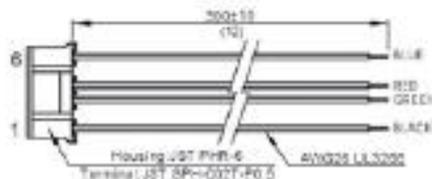
Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque	Winding Ohms	Inductance	Stall Torque	Rotor Inertia	Motor Weight
(Std)	"L" Max	Amps	Nm oz-in Typ. Typ.	±10% @ 20°C Typ.	mH	mNm oz-in	g cm ² oz-in ²	kg lbs
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48 68	1.04 2.2	15 2.1	57 2.1	57 0.31	0.28 0.62
Double	46.3 mm (1.82 in)	2	0.63 89	1.3 2.9	25 3.5	82 3.5	82 0.45	0.36 0.79
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83 120	1.49 3.8	30 4.2	123 4.2	123 0.67	0.6 1.3

*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.



Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

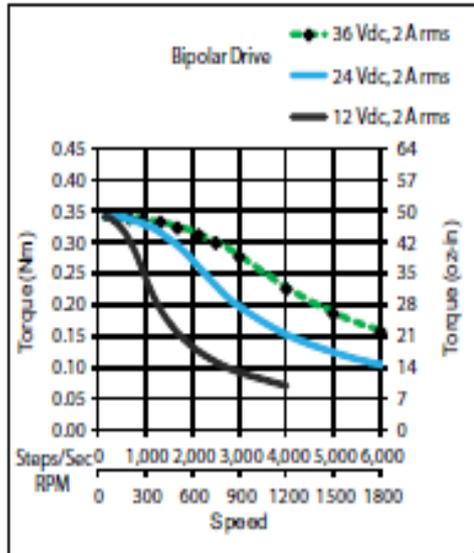
Dimensions: mm (in)
4 Lead Connector, PBC Part#6200490
(Consult factory for optional motor connectors)



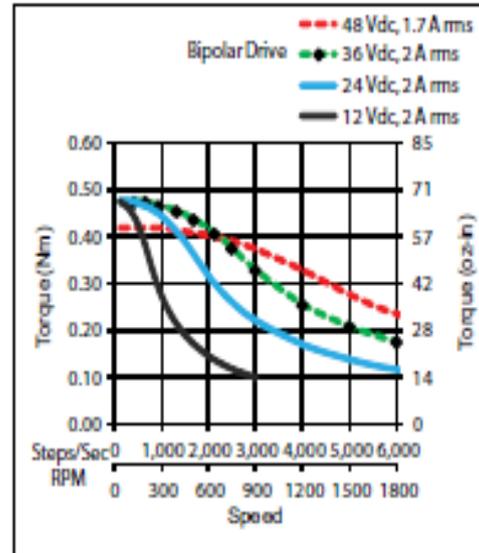
Engineering Your Linear Motion Solutions • pbclinear.com

NEMA 17 Stepper Motor

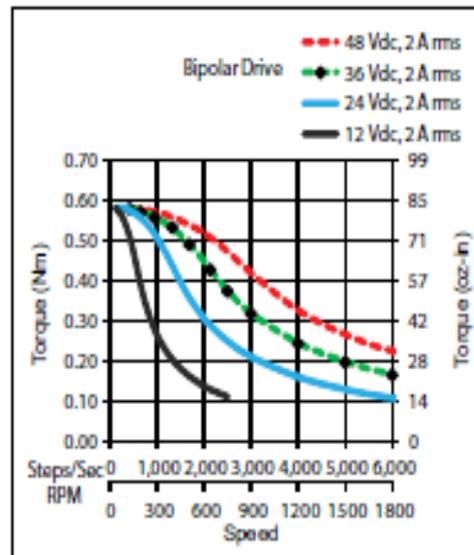
*Performance curves apply to continuous duty cycles.
Consult factory for intermittent cycles or other voltages.



Single Stack



Double Stack



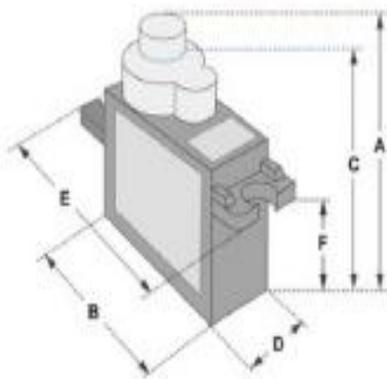
Triple Stack



Anexo C: Hoja de datos del servomotor SG90



Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.

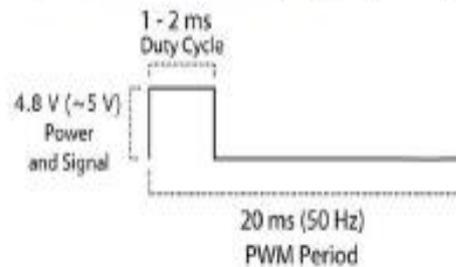


Dimensions & Specifications

A (mm) : 32
B (mm) : 23
C (mm) : 28.5
D (mm) : 12
E (mm) : 32
F (mm) : 19.5
Speed (sec) : 0.1
Torque (kg-cm) : 2.5
Weight (g) : 14.7
Voltage : 4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.

PWM=Orange (⌋⌋)
Vcc=Red (+)
Ground=Brown (-)





Basic Information

Modulation: Analog

Torque: **4.8V:** 25.0 oz-in (1.80 kg-cm)

Speed: **4.8V:** 0.10 sec/60°

Weight: 0.32 oz (9.0 g)

Dimensions:

Length: 0.91 in (23.1 mm)

Width: 0.48 in (12.2 mm)

Height: 1.14 in (29.0 mm)

Motor Type: 3-pole

Gear Type: Plastic

Rotation/Support: Bushing

Additional Specifications

Rotational Range: 180°

Pulse Cycle: ca. 20 ms

Pulse Width: 500-2400 μ s



A4988

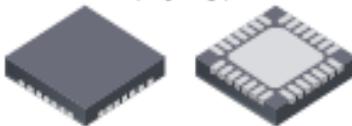
DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection

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)



Description

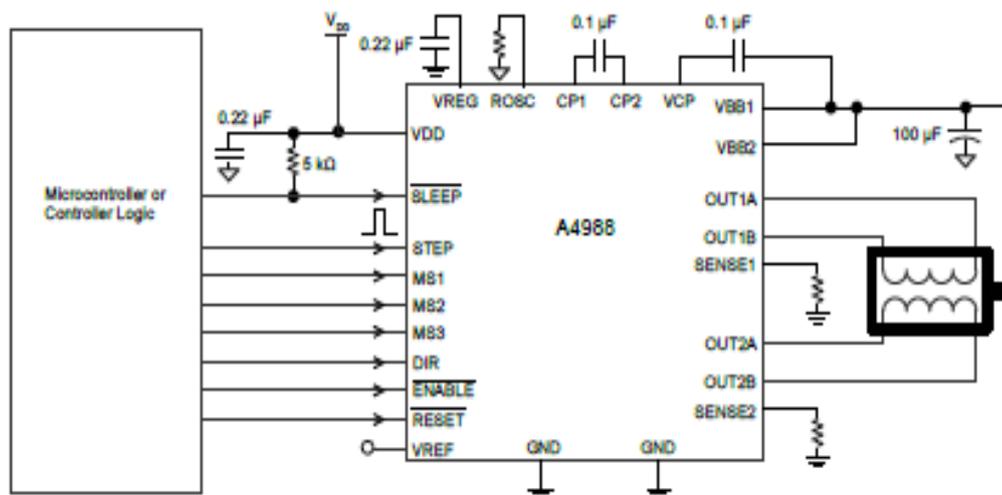
The A4988 is a complete microstepping motor driver with built-in translator for easy operation. It is designed to operate bipolar stepper motors in full-, half-, quarter-, eighth-, and sixteenth-step modes, with an output drive capacity of up to 35 V and ± 2 A. The A4988 includes a fixed off-time current 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



A4988

DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection

Description (continued)

Internal synchronous rectification control circuitry is provided to improve power dissipation during PWM operation. Internal circuit protection includes: thermal shutdown with hysteresis, undervoltage lockout (UVLO), and crossover-current protection. Special power-on sequencing is not required.

The A4988 is supplied in a surface mount QFN package (ES), 5 mm × 5 mm, with a nominal overall package height of 0.90 mm and an exposed pad for enhanced thermal dissipation. It is lead (Pb) free (suffix -T), with 100% matte tin plated leadframes.

Selection Guide

Part Number	Package	Packaging
A4988SETTR-T	28-contact QFN with exposed thermal pad	1500 pieces per 7-in. reel

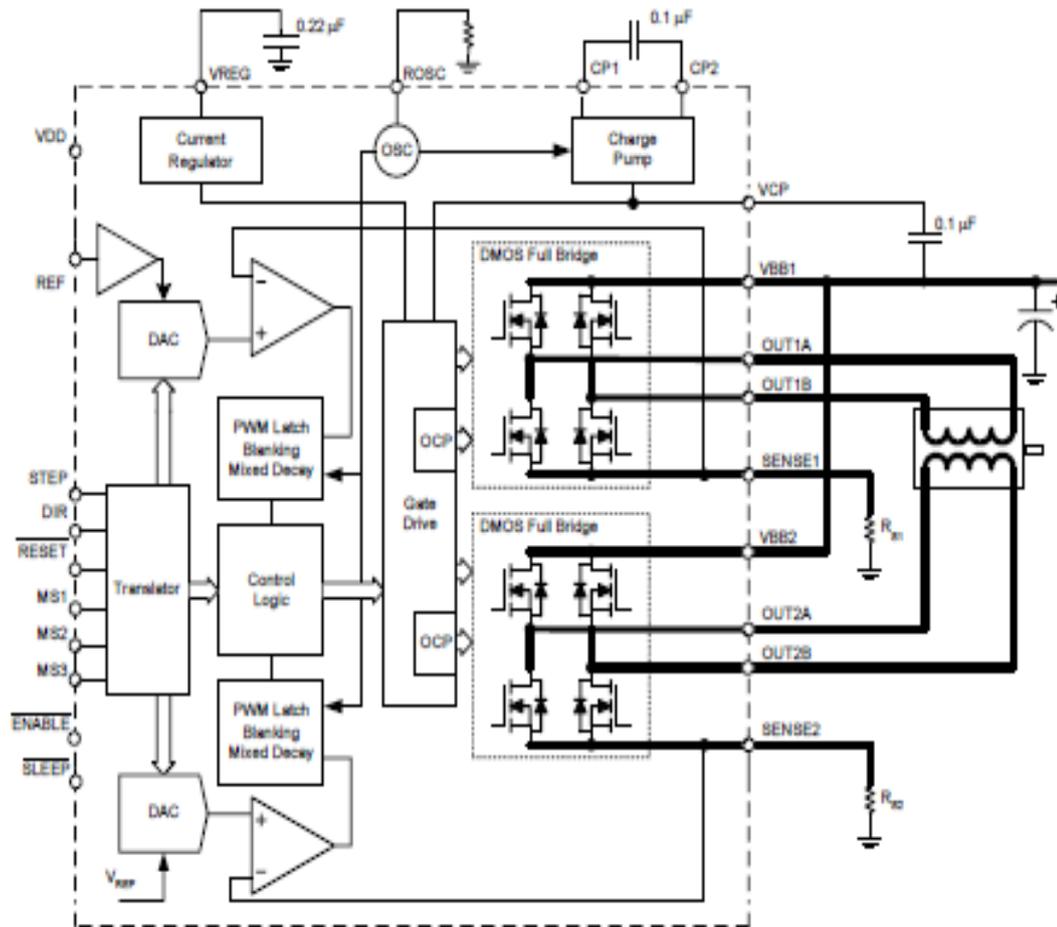
Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Load Supply Voltage	V_{DD}		35	V
Output Current	I_{OUT}		±2	A
Logic Input Voltage	V_{IN}		-0.3 to 5.5	V
Logic Supply Voltage	V_{DD}		-0.3 to 5.5	V
Motor Outputs Voltage			-2.0 to 37	V
Sense Voltage	V_{SENSE}		-0.5 to 0.5	V
Reference Voltage	V_{REF}		5.5	V
Operating Ambient Temperature	T_A	Range 8	-20 to 85	°C
Maximum Junction	$T_J(max)$		150	°C
Storage Temperature	T_{STG}		-55 to 150	°C



Allegro Microsystems, LLC
115 Northwood Court
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Functional Block Diagram



A4988

DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection

ELECTRICAL CHARACTERISTICS¹ at T_A = 25°C, V_{BB} = 35 V (unless otherwise noted)

Characteristic	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 A	–	320	430	mΩ
		Sink Driver, I _{OUT} = 1.5 A	–	320	430	mΩ
Body Diode Forward Voltage	V _F	Source Diode, I _F = –1.5 A	–	–	1.2	V
		Sink Diode, I _F = 1.5 A	–	–	1.2	V
Motor Supply Current	I _{BB}	f _{PWM} < 50 kHz	–	–	4	mA
		Operating, outputs disabled	–	–	2	mA
Logic Supply Current	I _{DD}	f _{PWM} < 50 kHz	–	–	8	mA
		Outputs off	–	–	5	mA
Control Logic						
Logic Input Voltage	V _{IN(1)}		V _{DD} × 0.7	–	–	V
	V _{IN(0)}		–	–	V _{DD} × 0.3	V
Logic Input Current	I _{IN(1)}	V _{IN} = V _{DD} × 0.7	–20	<1.0	20	μA
	I _{IN(0)}	V _{IN} = V _{DD} × 0.3	–20	<1.0	20	μA
Microstep Select	R _{MS1}	M01 pin	–	100	–	kΩ
	R _{MS2}	M02 pin	–	50	–	kΩ
	R _{MS3}	M03 pin	–	100	–	kΩ
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}	OBC = VDD or GND	20	30	40	μs
		R _{OBC} = 25 kΩ	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	er _I	V _{REF} = 2 V, %I _{TripMAX} = 38.27%	–	–	±15	%
		V _{REF} = 2 V, %I _{TripMAX} = 70.71%	–	–	±5	%
		V _{REF} = 2 V, %I _{TripMAX} = 100.00%	–	–	±5	%
Crossover Dead Time	t _{DT}		100	475	800	ns
Protection						
Overcurrent Protection Threshold ⁴	I _{OCPST}		2.1	–	–	A
Thermal Shutdown Temperature	T _{TSD}		–	165	–	°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T _{TSDHYS}		–	15	–	°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.

³V_{ERR} = [(V_{REF}(8) – V_{TRIP}(8)) / (V_{REF}(8))].

⁴Overcurrent protection (OCP) is tested at T_A = 25°C in a restricted range and guaranteed by characterization.



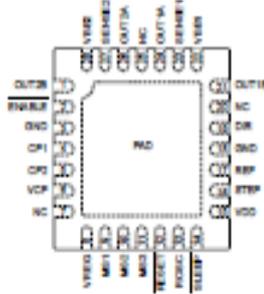
Allegro MicroSystems, LLC
115 Northwest Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Table 2: Step Sequencing Settings

Home microstep position at Step Angle 45°; DIR = H

Full Step #	Half Step #	1/4 Step #	1/8 Step #	1/16 Step #	Phase 1 Current (% I _{STEPMAX})	Phase 2 Current (% I _{STEPMAX})	Step Angle (°)	Full Step #	Half Step #	1/4 Step #	1/8 Step #	1/16 Step #	Phase 1 Current (% I _{STEPMAX})	Phase 2 Current (% I _{STEPMAX})	Step Angle (°)
	1	1	1	1	100.00	0.00	0.0		5	9	17	33	-100.00	0.00	180.0
				2	99.52	9.80	5.6					34	-99.52	-9.80	185.6
			2	3	98.08	19.51	11.3				18	35	-98.08	-19.51	191.3
				4	95.69	29.03	16.9					36	-95.69	-29.03	196.9
		2	3	5	92.39	38.27	22.5			10	19	37	-92.39	-38.27	202.5
				6	88.19	47.14	28.1					38	-88.19	-47.14	208.1
			4	7	83.15	55.56	33.8				20	39	-83.15	-55.56	213.8
				8	77.30	63.44	39.4					40	-77.30	-63.44	219.4
1	2	3	5	9	70.71	70.71	45.0	3	6	11	21	41	-70.71	-70.71	225.0
				10	63.44	77.30	50.6					42	-63.44	-77.30	230.6
			6	11	55.56	83.15	56.3				22	43	-55.56	-83.15	236.3
				12	47.14	88.19	61.9					44	-47.14	-88.19	241.9
		4	7	13	38.27	92.39	67.5			12	23	45	-38.27	-92.39	247.5
				14	29.03	95.69	73.1					46	-29.03	-95.69	253.1
			8	15	19.51	98.08	78.8				24	47	-19.51	-98.08	258.8
				16	9.80	99.52	84.4					48	-9.80	-99.52	264.4
	3	5	9	17	0.00	100.00	90.0		7	13	25	49	0.00	-100.00	270.0
				18	-9.80	99.52	95.6					50	9.80	-99.52	275.6
			10	19	-19.51	98.08	101.3				26	51	19.51	-98.08	281.3
				20	-29.03	95.69	106.9					52	29.03	-95.69	286.9
		6	11	21	-38.27	92.39	112.5			14	27	53	38.27	-92.39	292.5
				22	-47.14	88.19	118.1					54	47.14	-88.19	298.1
			12	23	-55.56	83.15	123.8				28	55	55.56	-83.15	303.8
				24	-63.44	77.30	129.4					56	63.44	-77.30	309.4
	2	4	7	13	-70.71	70.71	135.0	4	8	15	29	57	70.71	-70.71	315.0
				26	-77.30	63.44	140.6					58	77.30	-63.44	320.6
			14	27	-83.15	55.56	146.3				30	59	83.15	-55.56	326.3
				28	-88.19	47.14	151.9					60	88.19	-47.14	331.9
		8	15	29	-92.39	38.27	157.5			16	31	61	92.39	-38.27	337.5
				30	-95.69	29.03	163.1					62	95.69	-29.03	343.1
			16	31	-98.08	19.51	168.8				32	63	98.08	-19.51	348.8
				32	-99.52	9.80	174.4					64	99.52	-9.80	354.4

Pin-out Diagram



Terminal List Table

Name	Number	Description
CP1	4	Charge pump capacitor terminal
CP2	5	Charge pump capacitor terminal
VCP	6	Reservoir capacitor terminal
VREG	8	Regulator decoupling terminal
MS1	9	Logic Input
MS2	10	Logic Input
MS3	11	Logic Input
RESET	12	Logic Input
ROSC	13	Timing set
SLEEP	14	Logic Input
VDD	15	Logic supply
STEP	16	Logic Input
REF	17	G_{ref} reference voltage input
GND	3, 18	Ground*
DIR	19	Logic Input
OUT1B	21	DMOS Full Bridge 1 Output B
VBB1	22	Load supply
SENSE1	23	Sense resistor terminal for Bridge 1
OUT1A	24	DMOS Full Bridge 1 Output A
OUT2A	26	DMOS Full Bridge 2 Output A
SENSE2	27	Sense resistor terminal for Bridge 2
VBB2	28	Load supply
OUT2B	1	DMOS Full Bridge 2 Output B
ENABLE	2	Logic Input
NC	7, 20, 25	No connection
PAD	-	Exposed pad for enhanced thermal dissipation*

*The GND pins must be tied together externally by connecting to the PAD ground plane under the device.



Anexo E: Hoja de datos del módulo cargador TP4056



南京拓微集成电路有限公司
NanJing Top Power ASIC Corp.

TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or Impending

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage(V_{CC}): -0.3V~8V
- TEMP: -0.3V~10V
- CE: -0.3V~10V
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp.(Soldering, 10sec): 260°C

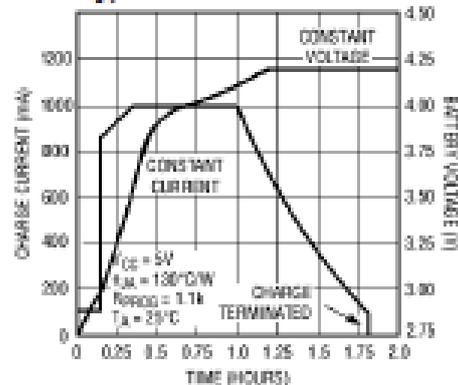
APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers, Chargers

PACKAGE/ORDER INFORMATION

TEMP1	<p>TP4056 XXXX</p>	8 CE
PROG2		7 CHR
GND3		6 STDBY
Vcc4		5 BAT
SOP-8		
photo	ORDER PART NUMBER TP4056-42-SOP8-PP	
	PART MARKING TP4056	

Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)



TEMP(Pin 1) :Temperature Sense Input Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in Lithium Ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 45% or above 80% of supply voltage V_{IN} for more than 0.15S, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin charge current is set by connecting a resistor R_{ISET} from this pin to GND. When in precharge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 0.2V. When in constant charge current mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V. In all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:

$$I_{BAT} = \frac{V_{ISET}}{R_{ISET}} \times 1200 \quad (V_{PRECG}=1V)$$

GND(Pin3): Ground Terminal

Vcc(Pin 4): Positive Input Supply Voltage V_{IN} is the power supply to the internal circuit. When V_{IN} drops to within 30mv of the BAT pin voltage, TP4056 enters low power sleep mode, dropping BAT pin's current to less than 2uA.

BAT(Pin5): Battery Connection Pin. Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 2uA current in chip disable mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

STDBY(Pin6): Open Drain Charge Status Output When the battery Charge Termination, the STDBY pin is pulled low by an internal switch, otherwise STDBY pin is in high impedance state.

CHRG (Pin7): Open Drain Charge Status Output When the battery is being charged, the CHRG pin is pulled low by an internal switch, otherwise CHRG pin is in high impedance state.

CE(Pin8): Chip Enable Input. A high input will put the device in the normal operating mode.

Pulling the CE pin to low level will put the YP4056 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at $T_A=25^\circ\text{C}$, $V_{DD}=5V$, unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNI TS
V_{CC}	Input Supply Voltage		●	4.0	5	8.0	V
I_{CC}	Input Supply Current	Charge Mode, $R_{PROG} = 1.2k$ StandbyMode/Charge Terminated) Shutdown Mode (R_{PROG} Not Connected, $V_{CC} < V_{BAT}$, or V_{CC} $< V_{REG}$)	● ● ●		150 55 55	500 100 100	μA μA μA
V_{REG}	Regulated Output (Float) Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$, $I_{BAT}=40\text{mA}$		4.137	4.2	4.263	V
I_{BAT}	BAT Pin Current Test condition:VBAT=4.0V	$R_{PROG} = 2.4k$, Current Mode $R_{PROG} = 1.2k$, Current Mode Standby Mode, $V_{BAT} = 4.2V$	● ● ●	450 950 0	500 1000 -2.5	550 1050 -6	mA mA μA
I_{TRKL}	Trickle Charge Current	$V_{BAT} < V_{TRKL}$, $R_{PROG}=1.2K$	●	120	130	140	mA
V_{TRKL}	Trickle Charge Threshold Voltage	$R_{PROG}=1.2K$, V_{BAT} Rising		2.8	2.9	3.0	V
V_{THYS}	Trickle Charge Hysteresis Voltage	$R_{PROG}=1.2K$		60	80	100	mV
T_{LIM}	Junction Temperature In Constant Temperature Mode				145		$^\circ\text{C}$

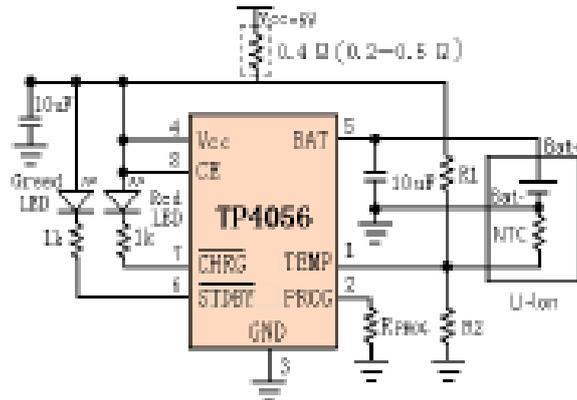
indicator light state

Charge state	Red LED CHRG	Green LED STDBY
charging	bright	extinguish
Charge Termination	extinguish	bright
V _{in} too low; Temperature of battery too low or too high; no battery	extinguish	extinguish
BAT PIN Connect 10u Capacitance; No battery	Green LED bright, Red LED Conuscate T=1-4 S	

Rprog Current Setting

R _{PROG} (k)	I _{BAT} (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000

TYPICAL APPLICATIONS





AEROSEMI

MT3608

**High Efficiency 1.2MHz
2A Step Up Converter**

FEATURES

- Integrated 80mΩ Power MOSFET
- 2V to 24V Input Voltage
- 1.2MHz Fixed Switching Frequency
- Internal 4A Switch Current Limit
- Adjustable Output Voltage
- Internal Compensation
- Up to 28V Output Voltage
- Automatic Pulse Frequency Modulation Mode at Light Loads
- up to 97% Efficiency
- Available in a 6-Pin SOT23-6 Package

APPLICATIONS

- Battery-Powered Equipment
- Set-Top Boxes
- LCD Bias Supply
- DSL and Cable Modems and Routers
- Networking cards powered from PCI or PCI express slots

GENERAL DESCRIPTION

The MT3608 is a constant frequency, 6-pin SOT23 current mode step-up converter intended for small, low power applications. The MT3608 switches at 1.2MHz and allows the use of tiny, low cost capacitors and inductors 2mm or less in height. Internal soft-start results in small inrush current and extends battery life.

The MT3608 features automatic shifting to pulse frequency modulation mode at light loads. The MT3608 includes under-voltage lockout, current limiting, and thermal overload protection to prevent damage in the event of an output overload. The MT3608 is available in a small 6-pin SOT-23 package.

TYPICAL APPLICATION

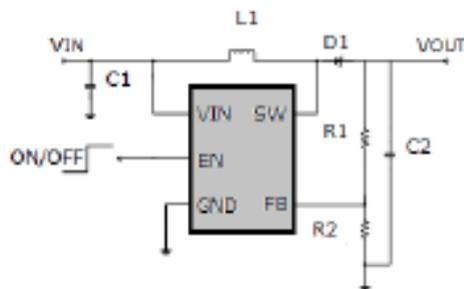


Figure 1. Basic Application Circuit

Efficiency

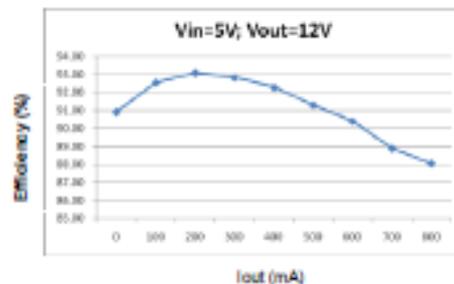


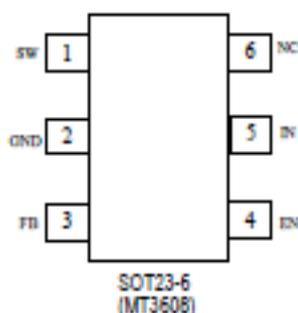
Figure 2. Efficiency Curve

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN, EN voltages-0.3V to 26V
 Operating Temperature.....-40°C to +85°C
 FB Voltages-0.3V to 6V
 Junction Temperature160°C

SW Voltage-0.3V to 30V
 Storage Temperature Range -65°C to 150°C
 Peak SW Sink and Source Current4A
 Lead Temperature (Soldering, 10s) ...+300°C

PACKAGE/ORDER INFORMATION



PIN DESCRIPTION

PIN	NAME	FUNCTION
1	SW	Power Switch Output. SW is the drain of the internal MOSFET switch. Connect the power inductor and output rectifier to SW. SW can swing between GND and 28V.
2	GND	Ground Pin
3	FB	Feedback Input. The FB voltage is 0.6V. Connect a resistor divider to FB.
4	EN	Regulator On/Off Control Input. A high input at EN turns on the converter, and a low input turns it off. When not used, connect EN to the input supply for automatic startup.
5	IN	Input Supply Pin. Must be locally bypassed.
6	NC	NC

ELECTRICAL CHARACTERISTICS(V_{IN}=V_{EN}=5V, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Parameter	Conditions	MIN	TYP	MAX	unit
Operating Input Voltage		2		24	V
Under Voltage Lockout				1.98	V
Under Voltage Lockout Hysteresis			100		mV
Current (Shutdown)	V _{EN} = 0V		0.1	1	μA
Quiescent Current (PFM)	V _{FB} =0.7V, No switch		100	200	μA
Quiescent Current (PWM)	V _{FB} =0.5V, switch		1.6	2.2	mA
Switching Frequency			1.2		MHz
Maximum Duty Cycle	V _{FB} = 0V	90			%
EN Input High Voltage		1.5			V
EN Input Low Voltage				0.4	V
FB Voltage		0.588	0.6	0.612	V
FB Input Bias Current	V _{FB} = 0.6V	-50	-10		nA
SW On Resistance (1)			80	150	mΩ
SW Current Limit (1)	V _{IN} = 5V, Duty cycle=50%		4		A
SW Leakage	V _{SW} = 20V			1	μA
Thermal Shutdown			155		°C

Note:

1) Guaranteed by design, not tested.

APPLICATION INFORMATION

Setting the Output Voltage

The internal reference V_{REF} is 0.6V (Typical). The output voltage is divided by a resistor divider, R_1 and R_2 to the FB pin. The output voltage is given by

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Inductor Selection

The recommended values of inductor are 4.7 to 22 μ H. Small size and better efficiency are the major concerns for portable device, such as MT3608 used for mobile phone. The inductor should have low core loss at 1.2MHz and low DCR for better efficiency. To avoid inductor saturation current rating should be considered.

Capacitor Selection

Input and output ceramic capacitors of 22 μ F are recommended for MT3608 applications. For better voltage filtering, ceramic capacitors with low ESR are recommended. X5R and X7R types are suitable because of their wider voltage and temperature ranges.

Diode Selection

Schottky diode is a good choice for MT3608 because of its low forward voltage drop and fast reverse recovery. Using Schottky diode can get better efficiency. The high speed rectification is also a good characteristic of Schottky diode for high switching frequency. Current rating of the diode must meet the root mean square of the peak current and output average current multiplication as following :

$$I_D(RMS) \approx \sqrt{I_{OUT} \times I_{PRM}}$$

The diode's reverse breakdown voltage should be larger than the output voltage.

Layout Consideration

For best performance of the MT3608, the following guidelines must be strictly followed.

- Input and Output capacitors should be placed close to the IC and connected to ground plane to reduce noise coupling.
- The GND should be connected to a strong ground plane for heat sinking and noise protection.
- Keep the main current traces as possible as short and wide.
- SW node of DC-DC converter is with high frequency voltage swing. It should be kept at a small area.
- Place the feedback components as close as possible to the IC and keep away from the noisy devices.

Anexo G: Hoja de datos del módulo relé de 5V

SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRS/SRSZ
---	---------------	-----------------



1. MAIN FEATURES

- Subminiature Type.
- Silver or Silver Alloy Contacts with Gold Plated.
- Low Dissipation.
- Sealed Type Available.
- Design conforms to foreign safety standard UL, CUL, TUV

2. APPLICATIONS

- Microprocessor Control, Store Program Exchanger and Household Appliance.

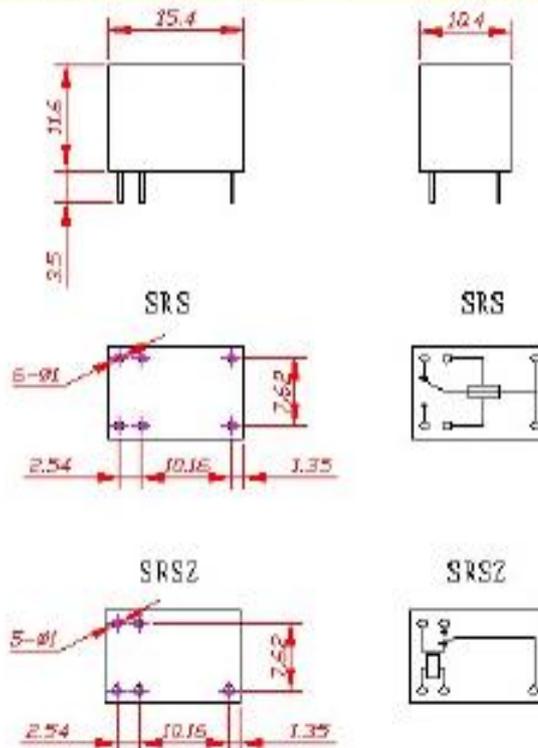
3. ORDERING INFORMATION

SRS/SRSZ	XX VDC	S	L
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity
SRS/SRSZ	03, 05, 06, 09, 12, 24VDC	S: Sealed type	H: 0.20W
		F: Flux free type	L: 0.36W
			D: 0.45W

4. RATING

UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	1A/120VAC 24VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	1A/240VAC 24VDC
3A/250VAC	30 VDC	

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRS(Z) (High Sensitivity)	03	03	66.7	45	abt. 0.2 W	75% Max.	5% Min.	110%
	05	05	40	125				
	06	06	33.3	180				
	09	09	22.2	405				
	12	12	16.7	720				
SRS(Z) (Standard)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75% Max.	5% Min.	110%
	05	05	66.7	75				
	06	06	60	100				
	09	09	40.9	220				
	12	12	30	400				
SRS(Z) (Normal Sensitivity)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	5% Min.	110%
	05	05	89.3	58				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.75	1280				

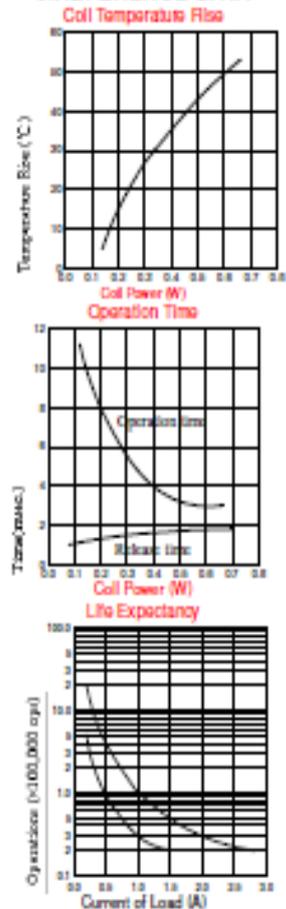
7. CONTACT RATING

Item	Type	SRS/SRSZ 1 Amp type	SRS/SRSZ 1 Amp type
Contact Capacity		Coil-0.2W	Coil-0.2W
Resistive Load ($\cos\phi=1$)		1A 125VAC 1A 30VDC	1A 240VAC 1A 30VDC
Inductive Load ($\cos\phi=0.4$ L/R=7msec)		0.3A 125VAC 0.3A 30VDC	0.3A 240VAC 0.3A 30VDC
Rated Carrying Current		1 A	1 A
Contact Material		Ag Alloy	Ag Alloy

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRS/SRSZ
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength		
Between coil & contact		500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts		500VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching		
Mechanically		300 operation/min
Electrically		30 operation/min
Operating Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration		
Endurance		10 to 55HZ Single Amplitude 0.35mm
Error Operation		10 to 55HZ Single Amplitude 0.35mm
Shock		
Endurance		50G Min.
Error Operation		10G Min.
Life Expectancy		
Mechanically		10 ⁷ operations. Min. (no load)
Electrically		10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 4grs.

9. REFERENCE DATA



Anexo H: Código de programación del bloque de temporización

```
////////////////////////////////////
//Declaración de librerías
////////////////////////////////////

#include <Servo.h> //Librería para el servomotor.
#include <avr/power.h> // Librería para el manejo de bajo consumo
#include <avr/sleep.h> //Permite manejar el modo Sleep en la tarjeta

#define enablemotor 12 //Para que no se caliente el motor
#define bt_mantenimiento 4 //Botón de mantenimiento
#define senrecip 5 //Sensor del recipiente
#define servom 6 //Señal para el servomotor
#define senvidr 7 //Sensor del vidrio
#define dirPin 8 //Pin de dirección del motor
#define stepPin 9 //Pin de pasos del motor

#define B_Inicio 3 //Botón Inicio de sesión // Despierta al Arduino del modo Sleep
#define B_Sleep 2 // Entra al Modo Sleep
#define Ind_Inicio 10 //Led Indicador de Inicio
#define Pulsos 11 //Señal de pulsos

#define tiempo 1800 //Define el tiempo en segundos (1800)

//-----
Servo servoMotor; //Crear objeto servomotor
//-----

////////////////////////////////////
//Declaración de variables
////////////////////////////////////

int cont, cont1 , aux_motor = 0; //Control de procesos del motor

////////////////////////////////////
//Control Motores
////////////////////////////////////

const int pasos = 1550; //Pasos del motor
int microPausa = 1000; //Control de velocidad de motor

//Declaración de Variables

void setup() {

  Serial.begin(9600); //Habilita la comunicación Serial

  //////////////////////////////////////
  //Asignación de pines de la tarjeta de desarrollo
  //////////////////////////////////////
  pinMode(Ind_Inicio , OUTPUT); //Indicador de Inicio de sesión
  pinMode(Pulsos, OUTPUT); //Activación Pulsos
  pinMode(B_Inicio , INPUT_PULLUP); // Botón Inicio
```

```

////////////////////////////////////
//Control Motores
////////////////////////////////////
servoMotor.attach(servom); //Enlazar el servo al objeto creado anteriormente
servoMotor.write(0); //Alza la cuchilla (0 grados)
Serial.println("SERVO");
delay(300);

pinMode(dirPin, OUTPUT);
pinMode(stepPin, OUTPUT);
pinMode(enablemotor, OUTPUT);

pinMode(bt_mantenimiento, INPUT_PULLUP);
pinMode(senrecip, INPUT_PULLUP);
pinMode(senvidr, INPUT_PULLUP);

////////////////////////////////////
//Iniciación de las variables para el conteo de los pulsos
////////////////////////////////////

Serial.println("SetUp completed"); // Verificación de la rutina setup
}

void loop() {
////////////////////////////////////
//Activa el proceso de conteo
////////////////////////////////////

if (digitalRead(B_Inicio) == LOW) { // Inicia la sesión solo si presiona el botón Inicio
    cont = 1;
    digitalWrite(Ind_Inicio , HIGH); //Enciende el Indicador LED de inicio de sesión
    int z = (millis () / 1000);
    int z1 = (millis () / 1000);
    Serial.println(z); //Verificación del valor de temporización
    while ( (z1 - z) < tiempo) { //Continúan los pulsos mientras no se cumpla los 30min---->>>> 1800s
        digitalWrite(Pulsos , HIGH); //Envío de los pulsos en alto
        delay(4000); //Espero de 4s
        digitalWrite(Pulsos , LOW); //Pulsos en bajo
        delay(6000); //Espera de 6s
        z1 = (millis () / 1000);
        Serial.println(z1 - z); //Verificación de la condición
    }
} else
{
    digitalWrite(Ind_Inicio , LOW);
}
}

```

Anexo I: Código de programación del bloque de colecta

```
////////////////////////////////////
//Control de Motores
////////////////////////////////////
if (cont == 1 && aux_motor == 0 ) { //Verifica que debe estar dentro el vidrio y se cumplió la sesión
//BAJADA DE LA CUCHILLA
delay(100);
servoMotor.write(120);
delay(1000);
Serial.println("Bajo cuchilla");
//SALIDA DE VIDRIO
int i = 0;
while ( i < pasos) { // mientras se cumpla los pasos siempre y cuando este el recipiente
if (digitalRead(senrecip) == LOW) {
digitalWrite(enablemotor, LOW);
digitalWrite(dirPin, HIGH); // Establezco una dirección
digitalWrite(stepPin, HIGH);
delayMicroseconds(microPausa);
digitalWrite(stepPin, LOW);
delayMicroseconds(microPausa);
i++;
}
}
Serial.println("Salio bandeja");
//SACUDE CUCHILLA
servoMotor.write(90);
delay(600);
servoMotor.write(0);
delay(600);
servoMotor.write(90);
delay(600);
servoMotor.write(0);
delay(600);
servoMotor.write(90);
delay(600);
servoMotor.write(0);
Serial.println("Sacudio y subio cuchilla");

//REGRESA EL VIDRIO
for (int i = 0; i <= pasos; i++) {
digitalWrite(enablemotor, LOW); //Seguridad (Activar solo para determinado proceso )
digitalWrite(dirPin, LOW); // Establezco una dirección
digitalWrite(stepPin, HIGH);
delayMicroseconds(microPausa);
digitalWrite(stepPin, LOW);
delayMicroseconds(microPausa);
}
Serial.println("Entro bandeja");
cont = 0;
} else {
digitalWrite(enablemotor, HIGH);
}
}
```

```

//INTERCAMBIO DE VIDRIO
if (digitalRead(bt_mantenimiento) == LOW) {
  cont1 = 1;
  Serial.println("Función mantenimiento");
}
if (cont1 == 1 && aux_motor == 0) {
  Serial.println("SALE");
  for (int i = 0; i <= pasos; i++) {
    digitalWrite(enablemotor, LOW);
    digitalWrite(dirPin, HIGH); // Establezco una dirección
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delayMicroseconds(microPausa);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delayMicroseconds(microPausa);
  }
  cont1 = 0;
  aux_motor = 1;
}
if (cont1 == 1 && aux_motor == 1) {
  if (digitalRead(senvidr) == LOW) {
    Serial.println("ENTRA");
    for (int i = 0; i <= pasos; i++) {
      digitalWrite(enablemotor, LOW);
      digitalWrite(dirPin, LOW); // Establezco una dirección
      digitalWrite(stepPin, HIGH);
      delayMicroseconds(microPausa);
      digitalWrite(stepPin, LOW);
      delayMicroseconds(microPausa);
    }
    cont1 = 0;
    aux_motor = 0;
  } else {
    cont1 = 0;
    Serial.println("FALTA EL VIDRIO");
    delay(1000);
  }
}
}

```

Anexo J: Código de programación del modo Sleep

```
////////////////////////////////////
//MODO SLEEP
////////////////////////////////////

if (digitalRead(B_Sleep) == LOW) { // ¿El pin de "ir a dormir" está ahora en LOW?

    // Desactivar el ADC (convertidor analógico-digital, pines A0 [14] a A5 [19])
    static byte prevADCSRA = ADCSRA;
    ADCSRA = 0;

    /* Establecer el tipo de modo de suspensión que queremos. Puede ser uno de (en orden de ahorro de
    energía):
        SLEEP_MODE_IDLE (Timer 0 will wake up every millisecond to keep millis running)
        SLEEP_MODE_ADC
        SLEEP_MODE_PWR_SAVE (TIMER 2 keeps running)
        SLEEP_MODE_EXT_STANDBY
        SLEEP_MODE_STANDBY (Oscillator keeps running, makes for faster wake-up)
        SLEEP_MODE_PWR_DOWN (Deep sleep)
    */

    set_sleep_mode (SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
    sleep_enable();

    // Nota: Estado del microchip: BODS y BODSE sólo disponibles para dispositivos picoPower
    ATmega48PA/88PA/168PA/328P
    // BODS debe ser puesto a uno y BODSE debe ser puesto a cero dentro de cuatro ciclos de reloj. Esto
    establece
    // el registro de control de la MCU (MCUCR)

    MCUCR = bit (BODS) | bit (BODSE);

    // El bit BODS se borra automáticamente después de tres ciclos de reloj, así que será mejor que nos
    pongamos manos a la obra
    MCUCR = bit (BODS);
    // Asegurar que podemos despertar de nuevo, primero deshabilitando las interrupciones (temporalmente)
    para que
    // el wakeISR no se ejecute antes de que estemos dormidos y así evitar las interrupciones,
    // y luego definiendo el ISR (Interrupt Service Routine) para que se ejecute cuando nos despierten
    noInterrupts();
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(B_Inicio), sleepISR, LOW);

    // Enviar un mensaje sólo para mostrar que estamos a punto de dormir la tarjeta
    Serial.println("Modo Sleep Activado");
    Serial.flush(); // El programa no avanzará hasta que se realice la transmisión en serie.
    // Allow interrupts now
    interrupts();

    // And enter sleep mode as set above
    sleep_cpu();

    //////////////////////////////////////
    // El controlador está ahora dormido hasta que sea despertado por una interrupción
```

```

////////////////////////////////////

// Se despierta en este punto cuando B_Inicio se pone en LOW - la rutina de interrupción se ejecuta
primero
Serial.println("Modo Sleep Desactivado");

// Volver a activar el ADC si ya estaba en marcha
ADCSRA = prevADCSRA;

}
////////////////////////////////////Fin Loop////////////////////////////////////
}

////////////////////////////////////
//Funciones para el Modo Sleep
////////////////////////////////////

// Cuando el wakePin es llevado a LOW esta interrupción se dispara PRIMERO (incluso en el sueño
PWR_DOWN)
void sleepISR() {
// Evitar el modo de reposo, para no volver a entrar en él, salvo deliberadamente, por código
sleep_disable();

// Separar la interrupción que nos sacó del sueño
detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(B_Inicio ));

// Ahora seguimos ejecutando el bucle principal () justo después de que nos hayamos dormido
}

```

Anexo K: Diseños estructurales del prototipo



Figura 1: Diseño del acoplamiento para el piñón del motor a pasos.

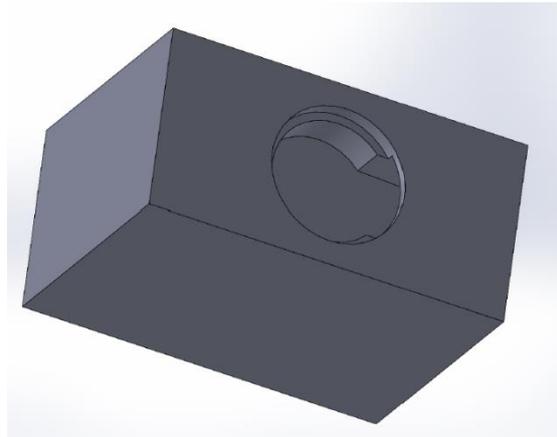


Figura 2: Diseño del acoplamiento para la estructura de la cuchilla del servomotor.

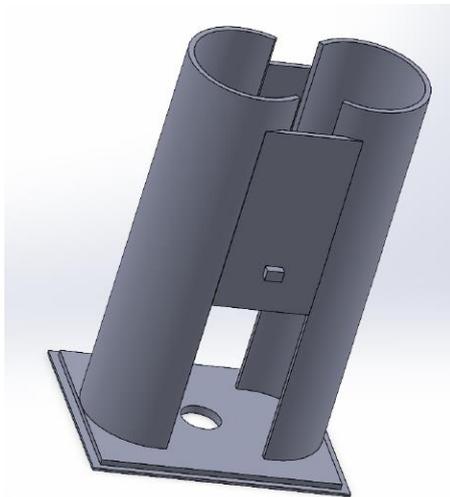


Figura 3: Diseño de la carcasa para las baterías.



Figura 4: Diseño de la tapa para la carcasa de las baterías.

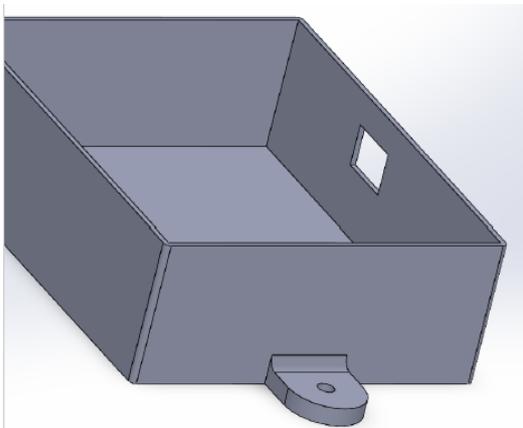


Figura 5: Diseño de la carcasa para la PBC del dispositivo.

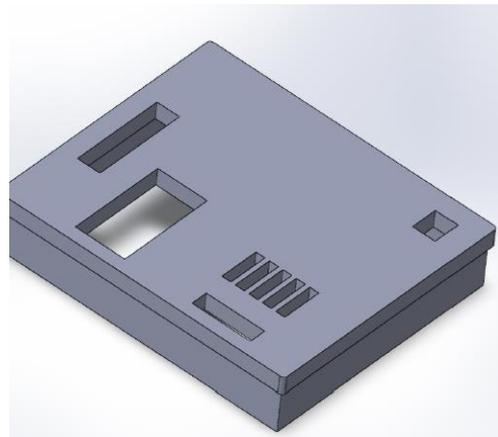


Figura 6: Diseño de la tapa de la carcasa para la PBC del dispositivo.

Anexo L: Diseño de la placa de circuito impreso

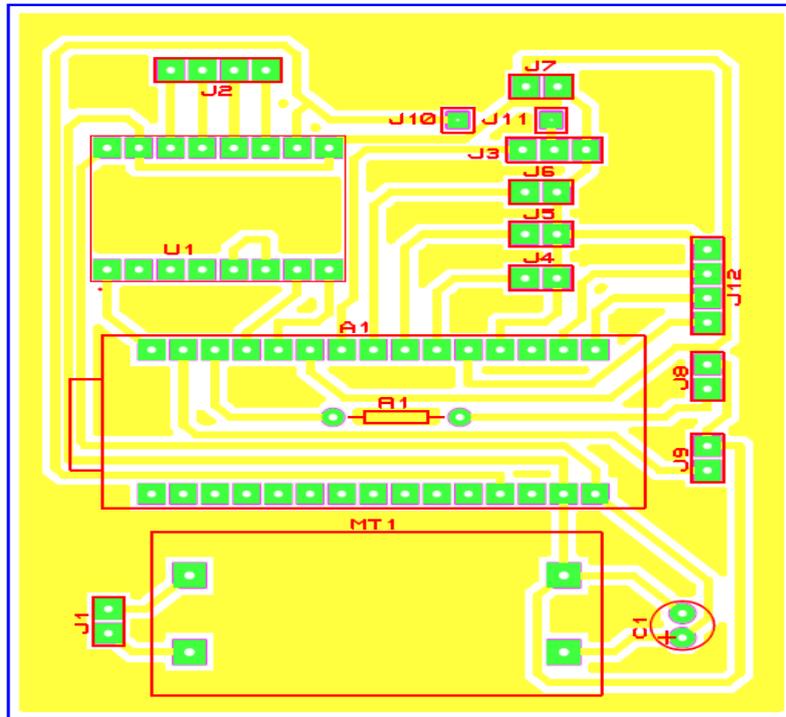


Figura 7: Diseño del PBC en una vista 2D.

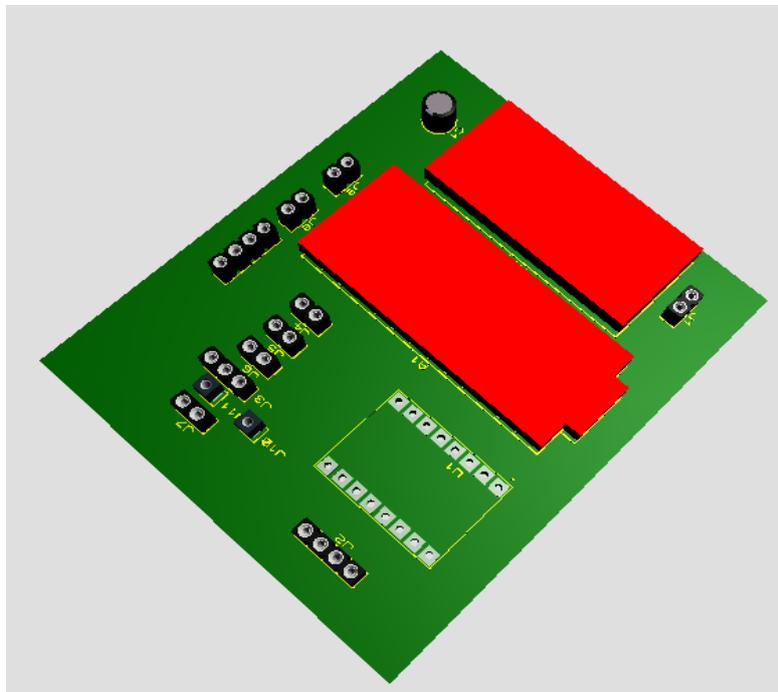


Figura 8: Diseño del PBC en una vista 3D.

Anexo M: Diseño del prototipo para extracción de Apitoxina

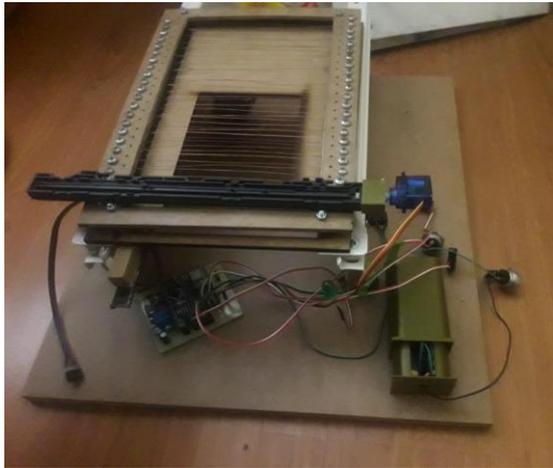


Figura 9: Ensamble del prototipo electrónico.

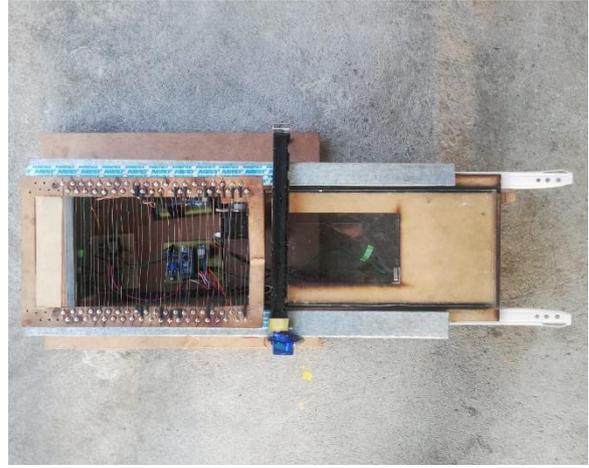


Figura 10: Prototipo electrónico para extracción de apitoxina.



Figura 11: Vista frontal del prototipo.



Figura 12: Vista superior del prototipo.

Anexo M: Diseño del prototipo para extracción de Apitoxina

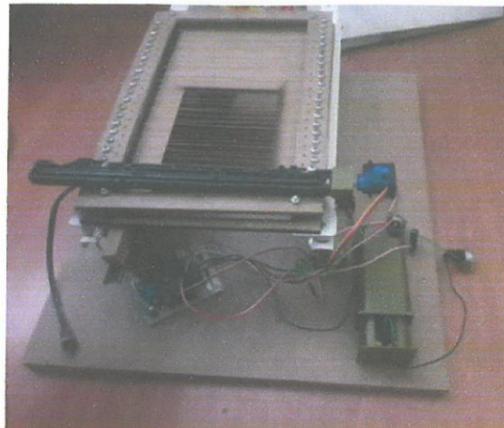


Figura 9: Ensamble del prototipo electrónico.

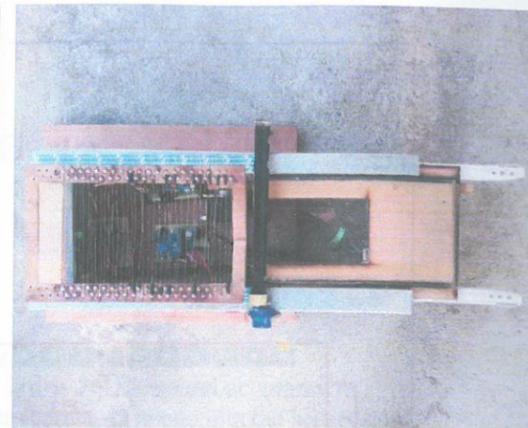


Figura 10: Prototipo electrónico para extracción de apitoxina.



Figura 11: Vista frontal del prototipo.

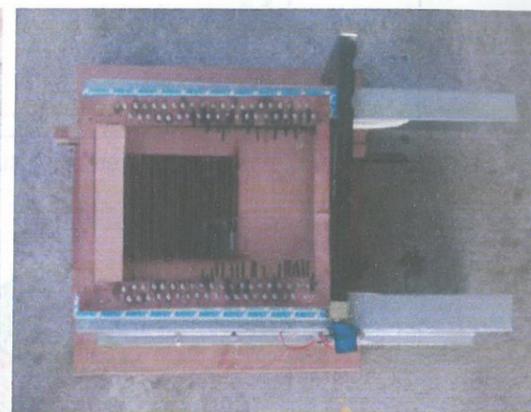


Figura 12: Vista superior del prototipo.



epoch

Dirección de Bibliotecas y Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 28 / 07 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: MARY CELENA FREIRE FEIJO

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Título a optar: INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

1478-DBRAI-UPT-2022

