

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

TEMA:

**Diseño e implementación de un prototipo dosificador mediante el control de bombas peristálticas por modulación por ancho de pulso para la preparación de bebidas funcionales.**

AUTOR:

Montenegro Mackliff, José Luis

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR:

M. Sc. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador

Guayaquil, Ecuador

28 de febrero del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Montenegro Mackliff, José Luis** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**.

TUTOR

---

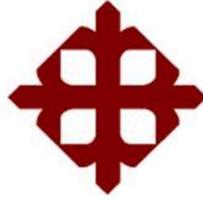
M. Sc. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador

DIRECTOR DE CARRERA

---

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 27 de febrero del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Montenegro Mackliff, José Luis**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de un prototipo dosificador mediante el control de bombas peristálticas por modulación por ancho de pulso para la preparación de bebidas funcionales”**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 27 de febrero del 2020

EL AUTOR

---

MONTENEGRO MACKLIFF, JOSÉ LUIS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Montenegro Mackliff, José Luis**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño e implementación de un prototipo dosificador mediante el control de bombas peristálticas por modulación por ancho de pulso para la preparación de bebidas funcionales”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 27 de febrero del 2020

EL AUTOR

---

MONTENGRO MACKLIFF, JOSÉ LUIS

## REPORTE DE URKUND

**Documento:** Trabajo de Titulación

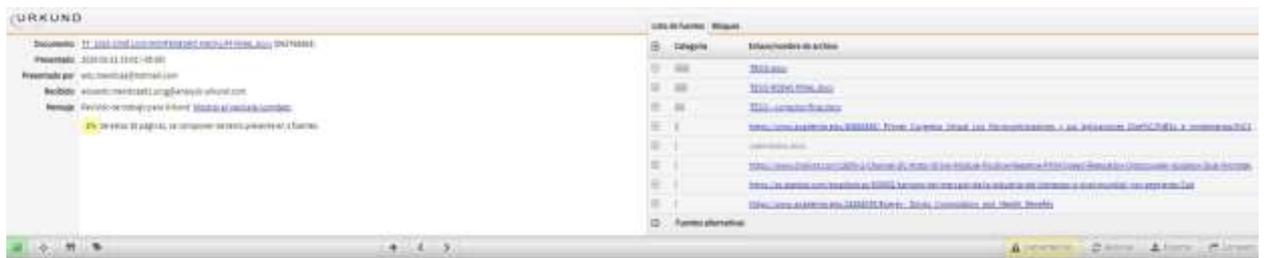
**Título del Trabajo:** " Diseño e implementación de un prototipo dosificador mediante el control de bombas peristálticas por modulación por ancho de pulso para la preparación de bebidas funcionales. "

**Carrera:** Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo

**Estudiante:** Montenegro Mackliff, José Luis

**Semestre:** B-2019

**Fecha:** FEB/2020



El trabajo de titulación del estudiante Montenegro Mackliff, José Luis, observa un porcentaje de 1% coincidencias con otros documentos encontrados en el internet.

F. \_\_\_\_\_

Ing. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador, Msc.

DOCENTE UCSG

## DEDICATORIA

Quiero dedicarle el presente trabajo a Dios. A mis padres, quienes son el motivo de mi impulso para salir adelante. A mi hermano y mi familia, por estar pendientes de mi desarrollo en la carrera universitaria.

EL AUTOR

---

MONTENEGRO MACKLIFF, JOSÉ LUIS

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por llenarme de salud y fe para poder seguir adelante.

A mis padres, por encaminarme en mi carrera de ingeniería y apoyarme constantemente. Por la gran confianza y dedicación que han puesto en mí, mediante la cual me han llenado de fuerza para salir adelante con cada uno de mis objetivos. A mi hermano, por su apoyo incondicional.

A mis amigos, aquellos que me han ayudado con ideas para el trabajo y me han apoyado constantemente.

A mi tutor, el ingeniero Jimmy Alvarado por estar pendiente en todo momento de mis pasos durante este trabajo y por encaminarme en cada uno de ellos. Además, por su disposición para atenderme y ayudarme a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A los profesores que nos han compartido sus conocimientos y, quienes nos han ayudado con nuevas ideas.

EL AUTOR

---

MONTENEGRO MACKLIFF, JOSÉ LUIS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**  
DECANO

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. MENDOZA MERCHÁN, EDUARDO VICENTE**  
COORDINADOR DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. PALAU DE LA ROSA, LUIS EZEQUIEL**  
OPONENTE

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Definición del Problema.....	3
1.4 Justificación del Problema.....	4
1.5 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Metodología de Investigación.....	5
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1 Bebidas funcionales.....	7
2.1.1 Mercado de las bebidas funcionales.....	8
2.2 Dosificadores.....	9
2.2.1 Definición de los dosificadores de líquidos.....	9
2.2.2 Partes y funcionamiento de una bomba dosificadora.....	11
2.2.3 Tipos de bombas dosificadoras.....	12
2.2.4 Bombas peristálticas.....	14
2.3 Arduino.....	17
2.3.1 Características principales.....	17
2.3.2 Arduino Mega 2560.....	19
2.4 Modulación de ancho de pulsos.....	20
2.5 HMI.....	22
2.5.1 Funciones que cumplen las HMI:.....	23
2.5.2 Pantalla táctil Nextion de 3.2".....	23
2.6 Puente H.....	25
2.5.1 Controlador de motor DC Drok.....	27
2.7 Agitación magnética.....	29
2.7.1 Componentes del agitador magnético.....	30
CAPÍTULO III: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.....	32

3.1 Método de control del sistema.....	34
3.2 Programación de los procesos de control. ....	36
3.2.1 Programación de la interfaz de la pantalla táctil. ....	36
3.2.2 Desarrollo de la presentación o imágenes del menú de la pantalla en Dibujos Google. ....	36
3.2.3 Desarrollo de la interfaz mediante el software de Nextion Editor. ....	39
3.2.4 Desarrollo de la programación del Arduino. ....	43
3.3 Selección de químicos: mezclas y nutrición.....	49
3.4 Pruebas de los procesos de control. ....	51
3.4.1 Prueba de la HMI de la pantalla táctil Nextion. ....	52
3.4.2 Prueba del control de las bombas peristálticas.....	53
3.4.3 Desarrollo y pruebas de la mezcla de la bebida por agitación magnética.....	55
3.5 Diseño e implementación del prototipo dosificador.....	55
3.5.1 Esquematización del sistema de automatización completo.....	55
3.5.2 Diagrama de bloques del prototipo del sistema. ....	57
3.5.3 Diagrama de flujo de la programación del prototipo del sistema. ....	57
3.5.4 Diseño de la estructura de la máquina. ....	59
3.6 Componentes, costos y modelado de los productos finales.....	62
3.6.1 Lista de precios de las partes, dispositivos y materiales usados en el sistema. ....	62
3.6.2 Componentes, costos y modelado de la bebida para la resaca. ....	64
3.6.3 Componentes, costos y modelado de la bebida para sistema inmunológico. ....	67
3.6.4 Componentes, costos y modelado de la bebida energizante. ....	69
3.7 Análisis FODA.....	71
CAPÍTULO IV .....	74
4.1 Conclusiones.....	74
4.2 Recomendaciones. ....	76
Referencias y bibliografía.....	77
Anexos.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Opciones de bebidas funcionales disponibles.....	8
Figura 2.2 Bombas dosificadoras peristálticas .....	9
Figura 2.3 Predicción de mercado de bombas dosificadoras .....	10
Figura 2.4 Principio de funcionamiento .....	12
Figura 2.5 Partes principales de la bomba peristáltica. ....	16
Figura 2.6 Principales partes de la placa de Arduino. ....	19
Figura 2.7 Datos técnico de la placa de Arduino Mega .....	20
Figura 2.8 Ilustración de diferentes porcentajes de ciclos de trabajo .....	22
Figura 2.9 Comunicación UART .....	23
Figura 2.10 Pantalla táctil Nextion de 3.2 pulgadas.....	24
Figura 2.11 Ilustración del software Nextion Editor.....	25
Figura 2.12 Ilustración de un motor conectado con Puente H .....	26
Figura 2.13 Ilustración del funcionamiento del Puente H.....	26
Figura 2.14 Ilustración del módulo del Puente H.....	28
Figura 2.15 Máquina de agitación magnética .....	30
Figura 2.16. Ilustración de las partes de un mezclador magnético .....	31

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Procesos del prototipo dosificador.....	35
Figura 3.2 Ilustración del fondo de pantalla del menú de la interfaz. ....	37
Figura 3.3 Ilustración del fondo de pantalla de la bebida energética. ....	38
Figura 3.4 Ilustración del fondo de pantalla de la bebida para la resaca.....	38
Figura 3.5 Ilustración del fondo de pantalla de la bebida inmunológica. ....	38
Figura 3.6 Herramientas del programa Nextion Editor.....	40
Figura 3.7 Inserción de botones al fondo de pantalla para trabajar.....	41
Figura 3.8 Ilustración de la programación del evento al presionar un botón. ....	41
Figura 3.9 Programación de comunicación serial al presionar un botón. ....	42
Figura 3.10 Creación del archivo tipo TFT.....	43
Figura 3.11 Comandos de la programación de prueba para el control de las bombas peristálticas. ....	44
Figura 3.12 Comandos de la programación de prueba del control de las bombas peristálticas mediante la comunicación serial. ....	48

Figura 3.13 Conexión de la pantalla Nextion con el Arduino .....	53
Figura 3.14 Conexión del módulo DROK y la bomba peristáltica al Arduino .....	54
Figura 3.15 Conexión del módulo Relé y el motor con los magnetos acoplados. ....	55
Figura 3.16 Esquematzación del sistema de control completo. ....	56
Figura 3.17 Diagrama de Bloques del sistema de control completo. ....	57
Figura 3.18 Diagrama de flujo de la programación del prototipo completo. ....	58
Figura 3.19 Plano de la base plana en 2D hecho en Autocad. ....	59
Figura 3.20 Plano de la estructura de la bandeja 1 en 3D hecho en Autocad. ....	59
Figura 3.21 Plano de la estructura de la bandeja 2 en 3D hecho en Autocad. ....	60
Figura 3.22 Plano de la estructura de la bandeja 2 en 3D. ....	60
Figura 3.23. Vista superior del diseño estructural de la máquina en AutoCad. ....	61
Figura 3.24. Vista superior y frontal de la estructura del prototipo ensamblado en AutoCad. ....	61
Figura 3.25. Diagrama de la preparación de la bebida para la resaca. ....	66
Figura 3.26. Diagrama de la preparación de la bebida para el sistema inmunológico .....	68
Figura 3.27 Diagrama de la preparación de la bebida Energética. ....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

### **CAPÍTULO 2**

Tabla 2.1 Comparación de los tipos de bombas dosificadoras. ....	14
Tabla 2.2 Datos técnico de la placa de Arduino Mega.....	19
Tabla 2.3 Datos técnico de la pantalla de Nextion de 3.2” .....	24
Tabla 2.4 Datos técnico del módulo controlador de motores. ....	27
Tabla 2.5 Entradas de control al módulo controlador de motores (Puerto 1) .....	28
Tabla 2.6 Entradas de control al módulo controlador de motores (Puerto 2) .....	29

### **CAPÍTULO 3**

Tabla 3.1 Comandos de Nextion Editor usados en la programación .....	39
Tabla 3.2 Comandos de Arduino para establecer la comunicación serial.....	47
Tabla 3.3 Precio de los elementos en Ecuador .....	63
Tabla 3.4 Precio de los elementos en USA .....	63
Tabla 3.5 Concentraciones de la materia prima de la bebida para resaca. ....	65
Tabla 3.6 Costos de la materia prima de la bebida para resaca.....	65
Tabla 3.7 Concentraciones de la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico.....	67
Tabla 3.8 Costos de la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico.....	67
Tabla 3.9 Concentraciones de la materia prima de la bebida energizante. ....	69
Tabla 3.10 Costos de la materia prima de la bebida para energizante. ....	69

## ÍNDICE DE ECUACIONES

### **CAPÍTULO 2**

Ecuación 2.1 Ciclo de trabajo de PWM ..... 21

### **CAPÍTULO 3**

Ecuación 3.1 Regla de tres para calibración de las bombas. .... 46

Ecuación 3.2 Cálculo para calibración de las bombas peristálticas pequeñas. .... 46

Ecuación 3.3 Cálculo para calibración de las bombas peristálticas grandes. .... 46

## **RESUMEN**

El presente proyecto nace a partir de la ausencia de sistemas dosificadores de líquidos los cuales permiten evitar pérdidas o mermas del líquido gracias a la precisión de las BOMBAS DOSIFICADORAS. Las bombas dosificadoras son usadas para el desarrollo de las BEBIDAS FUNCIONALES, es decir, que puedan ayudar a mejorar la calidad de vida o alguna necesidad fisiológica del consumidor. Sin embargo, este trabajo posee un amplio campo de aplicaciones tanto industriales para la combinación de químicos necesarios para ciertos productos, así como para combinación de elementos para desarrollo de fertilizantes.

Para iniciar el proceso de dosificación se utiliza una interfaz HMI (Interfaz Humano-Máquina) que permite al usuario escoger la bebida funcional de preferencia. La señal es receptada y procesada por el MICROCONTROLADOR ATmega 2560 del Arduino. El cual, emite la señal de salida conocida como MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM) para poner en marcha la dosificación mediante las BOMBAS PERISTÁLTICAS de la bebida escogida.

La programación se realiza tanto en ARDUINO IDE para el microcontrolador como en NEXION EDITOR para el desarrollo de la interfaz Humano-Máquina. La comunicación serial permite la transferencia de datos entre la pantalla táctil de Nexion y el Arduino para ejecutar los comandos del programa y poder activar las bombas peristálticas de acuerdo con la solicitud del producto.

**Palabras claves:** BEBIDAS FUNCIONALES, BOMBAS DOSIFICADORAS, BOMBAS PERISTÁLTICAS, HMI, MICROCONTROLADOR, MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO, ARDUINO IDE, NETXION EDITOR.

## **Abstract**

The present Project is born from the lack of DOSING SYSTEMS who helps to avoid liquid losses thanks to DOSING PUMPS precision. Dosing pumps are used on the development of FUNCTIONAL BEVERAGES, that could help to improve the quality of life or some physiological need of the consumer. Furthermore, this work has a wide range of industrial applications as chemical combinations, as well as fertilizer combinations.

In order to begin with the dosing process, the HMI (Human-Machine Interface) is used to allow the user to choose their functional beverage of preference. Then the signal is received and processed by the MICROCONTROLLER Atmega 2560 from the Arduino. Afterwards, the microcontroller sends the PULSE WIDTH MODULATION (PWM) signal that will enable the dosing through the PERISTALTIC PUMPS of the chosen beverage.

The coding for the system is done in ARDUINO IDE for the microcontroller and NEXTION EDITOR for the development of the Human-Machine interface. In addition, the serial communication allows data transmission between Nextion's touch screen and Arduino, in order to run the coding commands and to activate the peristaltic pumps according to the product request.

**Key Words:** FUNCTIONAL BEVERAGES, DOSING PUMPS, PERISTALTIC PUMP, HMI, MICROCONTROLLER, PULSE WIDTH MODULATION, ARDUINO IDE, NETXION EDI

# **CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **1.1 Introducción.**

En la actualidad, ante los diversos problemas ambientales y socioeconómicos existe una gran tendencia por evitar desperdicios de la materia prima dentro del sector industrial. Por lo tanto, el requerimiento de sistemas dosificadores en el sector industrial es una opción representativa para alcanzar mejores prácticas laborales. Estos sistemas brindan precisión a la industria para la mezcla de productos líquidos y, de esta manera, asegura la inversión de la industria y del consumidor

Los sistemas dosificadores mediante bombas peristálticas son comúnmente aplicados dentro de la industria química para desarrollo de bebidas, pastillas, etc. Debido a su precisión, se puede aplicar para el desarrollo de bebidas de las bebidas funcionales, las cuales contienen dosis de vitaminas, minerales u otros productos dependiendo de la necesidad fisiológica del consumidor.

A partir de un conjunto de necesidades nace la propuesta e implementación de un prototipo dosificador de líquidos mediante bombas peristálticas, con el fin de distribuir la materia prima líquida con precisión. El prototipo dosificador es una alternativa de bajo costo en el mercado, con gran escalabilidad para diversos procesos y fácil de operar.

## **1.2 Antecedentes.**

La dosificación de líquidos mediante bombas peristálticas es un campo de pocas investigaciones debido al escepticismo de su desempeño y precisión, sin embargo, existen diversos artículos y tesis que respaldan su uso en conjunto con buen controlador. Este tipo de bombas pueden ser de gran precisión, con resistencia ante químicos abrasivos y son de bajo costo. Debido a lo antes mencionado, su implementación en diversos campos se está volviendo común, especialmente en la industria química. Las bombas dosificadoras de líquidos tienen un mercado de 5.9 billones de dólares para el 2023 (Market Research, 2018).

Dentro de los negocios de bebidas, estos suelen carecer de beneficios nutricionales. Lo cual podría ser solucionado mediante la implementación de dosificadores líquidos que tengan en su contenido vitaminas y/o minerales. Dentro de la industria del bienestar, existen segmentos de mercado de Salud Preventiva y Personalizada, con 534 miles de millones de dólares; de Alimentación saludable, nutrición y pérdida de peso, con 648 miles de millones de dólares; entre otros (Statista, 2015).

Por consiguiente, existe un amplio nicho de mercado que requiere de dosificación de líquidos con vitaminas y minerales para el desarrollo de un producto final que pueda ayudarles en su vida diaria o ante alguna necesidad fisiológica.

## **1.3 Definición del Problema.**

Actualmente, los diversos tipos de dosificadores privados e industriales tienen un costo alto para poder ser implementados, dependiendo de la aplicación y requerimientos del sistema. Por consiguiente, la accesibilidad a los sistemas

dosificadores es difícil y, su ausencia, puede representar pérdidas por merma o mal desarrollo del producto debido a la imprecisión de la combinación de químicos o elementos líquidos. Es necesario señalar que, la dificultad de accesibilidad a estos sistemas puede ser afectado debido a la falta de investigaciones, pruebas y verificaciones de fiabilidad de sistemas desarrolladores de menor coste, es decir, garantías de que un sistema de menor coste pueda trabajar igual. La relación de costo-efectivo es una determinante para su uso dentro del sector industrial y privado.

#### **1.4 Justificación del Problema.**

Por medio del proyecto, se busca implementar un prototipo que permita la dosificación de líquidos con vitaminas y/o minerales con el fin de ayudar a determinadas necesidades fisiológicas de los consumidores. Las bombas peristálticas controladas mediante PWM (Modulación por ancho de pulso) permitirá obtener precisión para el llenado del envase del producto final.

El consumidor a la vez podrá seleccionar la bebida funcional de preferencia mediante una interfaz HMI (Interfaz Humano-Máquina), lo cual brinda facilidad y sencillez para escoger el producto.

#### **1.5 Objetivos del Problema de Investigación**

##### **1.5.1 Objetivo General.**

Diseñar e implementar un prototipo dosificador de líquidos para vitaminas y/o minerales a partir del control PWM de las bombas peristálticas con el fin de elaborar bebidas con dosificaciones precisas y necesarias.

### **1.5.2 Objetivos Específicos.**

- Desarrollar las pruebas de funcionamiento del prototipo dosificador de líquidos.
- Evaluar el desempeño de las bombas peristálticas controladas por la modulación de ancho de pulsos (PWM) para los sistemas dosificadores de líquidos.
- Diseñar e implementar un sistema compuesto de procesos de automatización como la agitación magnética, dosificación de líquidos y una interfaz HMI.

### **1.6 Hipótesis.**

La implementación de la máquina dosificadora de líquidos mediante la modulación por ancho de pulsos (PWM) permitirá el óptimo manejo y control de los motores para una dosificación precisa de mililitros. A su vez, contribuirá e impulsará el uso de máquinas de dosificación con gran efectividad y de bajo coste tanto para el sector industrial como para el privado.

### **1.7 Metodología de Investigación**

La metodología de investigación es de tipo experimental debido a la implementación del prototipo dosificador. De esta manera, se analizan una serie de causas y efectos derivados del sistema. Lo cual permitirá encaminar el proyecto de forma correcta, con buenas bases e ideas para la automatización de las bombas peristálticas. Para la implementación del sistema dosificador se realiza una serie de pruebas entre los diferentes procesos que conforman al sistema. De esta manera, se puede llevar a cabo correcciones o adaptaciones para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

A su vez, la investigación realizada sigue el método científico cuantitativo con el fin de obtener una amplia gama de información que sirva de contribución los diversos campos de enfoque del proyecto. Mediante el método cuantitativo se obtienen datos con respecto al desempeño del sistema para obtener conclusiones del funcionamiento y rendimiento del prototipo.

Es de gran importancia definir la metodología de investigación para tener los objetivos claros de hacia donde se pretende llegar con el proyecto a desarrollar. La idea de implementación nace a partir de un mejor análisis y aprehensión del proyecto y su situación. Es por ello, que es necesario tener conocimientos previos, los cuales permiten comparar la viabilidad y funcionamiento del proyecto.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

El presente capítulo se basa en los diversos conceptos y datos encontrados de los procesos que conforma al sistema. La información detallada es clave para entender el funcionamiento de los procesos de automatización del prototipo dosificador. A su vez, se encuentran detallados los dispositivos de control a usar en el sistema.

### **2.1 Bebidas funcionales.**

Las bebidas funcionales pertenecen al sector de bebidas no alcohólicas y al sector de alimentos funcionales, que son alimentos que tienen efectos positivos sobre las funciones del cuerpo humano o poseen beneficios para la salud del consumidor. Además, los alimentos funcionales deben formar parte de la dieta diaria. Sus principales funciones son las de ayudar a la prevención o riesgo de enfermedades y mejorar las condiciones físicas. Este tipo de bebidas puede estar compuesta por los siguientes elementos:

- Hierbas (como manzanilla, valeriana, etc.).
- Vitaminas.
- Minerales.
- Frutas o vegetales.
- Probióticos, etc.



*Figura 2.1. Opciones de bebidas funcionales disponibles.*

*Fuente: Vitamin Water*

### **2.1.1 Mercado de las bebidas funcionales**

De acuerdo con reportes, el mercado global de las bebidas funcionales tiene previsto un crecimiento de \$155.98 billones de dólares entre el año 2019 a 2023 (technavio, 2018). Es necesario señalar que, cada día este tipo de bebidas se vuelven más caras, y a pesar de esto, las bebidas funcionales tienen mayor demanda gracias a los beneficios en la salud. (Grand View Research, 2014).

Entre las bebidas funcionales más comunes se encuentran las siguientes:

- Hidratación.
- Manejo de peso.
- Energizantes.
- Para salud y bienestar.
- Entre otros.

## 2.2 Dosificadores.

### 2.2.1 Definición de los dosificadores de líquidos.

De acuerdo con el diccionario *Léxico* (de Oxford), un dosificador representa un dispositivo que permite surtir cantidades determinadas de un líquido, solución o producto (*Léxico*, 2019). La dosificación de líquidos se consigue mediante el control de la velocidad o la longitud de la carrera de las bombas, con el fin de brindar una dosificación precisa mediante el control del periodo o velocidad de funcionamiento de la bomba (*Michael Smith Engineers*, 2019). Por consiguiente, los dosificadores de líquidos son sistemas de precisión que pueden ser usados para graduar la cantidad necesaria de producto líquido a usar.



*Figura 2.2 Bombas dosificadoras peristálticas*

*Fuente: Agrowtek*

Gracias a los dosificadores de líquidos se puede realizar el llenado de botellas, barriles y otros tipos de envases con precisión. Por ende, son comúnmente usados en una variedad de casos como: agricultura, la industria, manufacturación de medicina, etc. En estos casos, la implementación de este tipo de sistemas se los conoce por ser

ahorradores de tiempo y rentables al momento de aprovechar correctamente los productos (Grup mcr, 2019).

La dosificación de productos y sustancias ha existido por mucho tiempo, así es como la empresa Araven, la cual tiene su sede central en España, consta de una variedad de productos para el sector alimenticio que llevan desarrollando desde hace 40 años en el mercado (Araven, 2019). Actualmente, ellos presentan una línea de productos enfocados en la dosificación entre contenedores de salsas, líquidos, etc. con el fin de poder tener mayor precisión en la dosificación y, de esta manera acorde a sus palabras, brindar facilidad al usuario, evitar derrames, reducir las mermas y llevar registros de sus productos (Restauración, 2015).

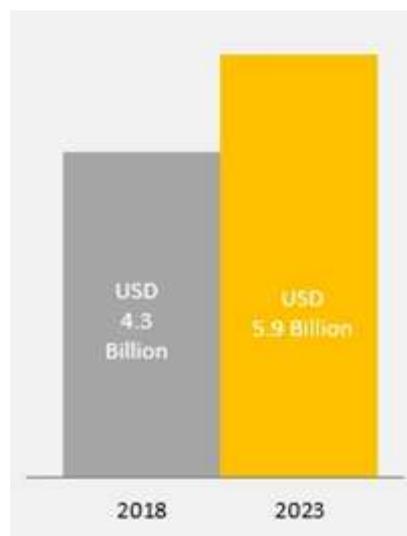


Figura 2.3 Predicción de mercado de bombas dosificadoras

Fuente: Market Research Report

Actualmente, la mayoría de las industrias aplican algún tipo de función de dosificación entre sus tareas debido a la representación de beneficios económicos y ecológicos al ahorrar recursos (Jesco, 2005). Esto se ve representado (en la figura 2.2) de manera que las bombas dosificadoras de líquidos, o también conocidas como bombas de medición (en inglés: “metering pumps”), tienen un mercado que tiene una

proyección de crecimiento de 1.6 billones USD desde el 2018 hacia el 2013, y a su vez, una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de 6.5% (Market Research Report, 2018).

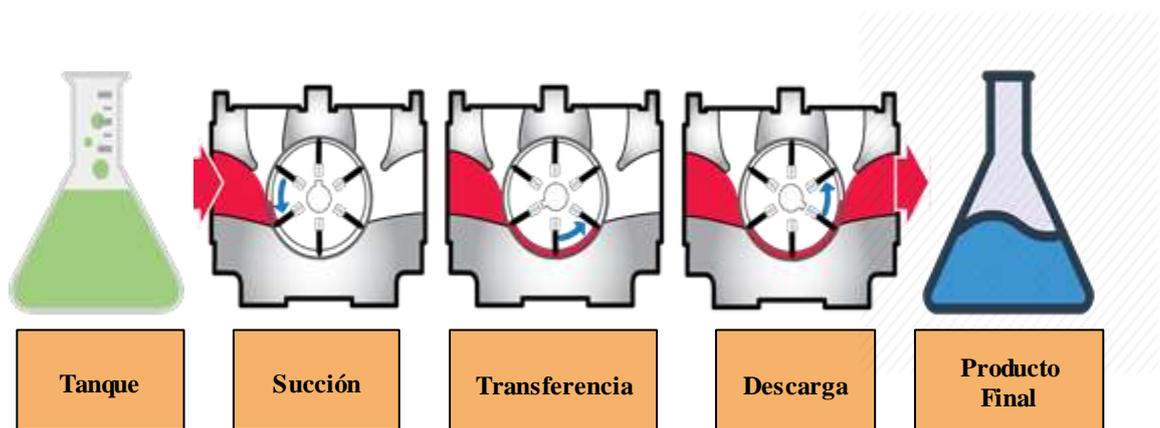
Es de gran importancia señalar que las bombas dosificadoras de líquidos ocupan el segundo puesto en uso y aplicabilidad para las industrias de procesamiento de químicos, la cual demuestra su importancia para la aplicación en el presente proyecto (Market Research Report, 2018).

### **2.2.2 Partes y funcionamiento de una bomba dosificadora.**

Por un lado, las partes y el funcionamiento de una bomba dosificadora varía según su modelo y método de trabajo. Por otro lado, los diferentes métodos disponibles tienen partes comunes dentro de su sistema sin adentrarse mucho a la parte técnica del funcionamiento, y es por ello, que se puede dividir al sistema de la siguiente manera:

1. Tanque o contenedor: almacena el producto a dosificar posteriormente.
2. Válvulas: Permite el paso del líquido o producto hacia una nueva parte del proceso o sistema.
3. Bomba dosificadora: existen de diversos tamaños y suele ser de un material resistente. Contiene un lado que se encarga de la succión y otro de la dosificación, sin embargo, su método de trabajo puede variar.
4. Inyector: permite el paso del líquido para el desarrollo del producto final del sistema.
5. Sistema controlador: se asegura de la precisión de la dosificación y permite el control por control del tiempo de la longitud de carrera o ritmo de funcionamiento.

Por lo antes descrito, podemos entender que el principio del funcionamiento comienza por el tanque que contiene el producto a dosificar en el sistema, el cual es succionado por la bomba dosificadora o de medición y esta misma hace la transferencia de la dosis para hacer la descarga en el producto final del sistema hasta que se cumpla la dosis líquida determinada o necesaria por el usuario (Veintimilla y Oliver, 2015). En una determinada cantidad de descargas del líquido se cumplirá el requerimiento de dosificación del usuario. Cabe recalcar, el sistema cumple la dosificación dentro de un rango de tiempo de acuerdo al caudal con el cual se encuentra trabajan. Debido a los antes mencionado, siempre es necesario revisar las especificaciones técnicas con las que trabaja la bomba dosificadora.



*Figura 2.4 Principio de funcionamiento*

*Fuente: El autor*

### **2.2.3 Tipos de bombas dosificadoras.**

Debido a los diversos métodos de funcionamiento existentes de las bombas dosificadoras, se procede a realizar la división acorde a sus componentes principales. Ellos varían de acuerdo con su forma de accionar, método de bombeo, aplicaciones, entre otros. Entonces, la clasificación de las bombas dosificadoras se divide en:

1. Bombas de engranajes:

- Dosificaciones uniformes.
- Para viscosidades bajas presentan problemas de fugas y flujos.
- Los engranajes pueden tener un desgaste rápido debido al producto a usar.

## 2. Bombas de pistón:

- Trabaja con viscosidades bajas hasta altas.
- Presión alta.
- Diseño resistente.
- El tamaño del pistón es importante para una dosificación constante y para conocer su tiempo de llenado.
- Susceptible a desgastes abrasivos.

## 3. Bombas de cavidad progresiva:

- Diseñado para viscosidades bajas a altas.
- Idea para productos abrasivos.
- Dosificación del producto uniforme.
- Desgaste adhesivo y abrasivos se reducen.
- Gran precisión.

## 4. Bombas peristálticas:

- Adecuadas para viscosidades bajas, medias y, en ciertos casos, altas.
- Pulsaciones fuertes debido a su diseño.
- Limitado por el material y grosor que poseen sus tuberías.
- Precios muy inferiores en comparación a los demás tipos.
- Requiere de un buen control para tener gran precisión.

Tabla 2.1 Comparación de los tipos de bombas dosificadoras.

Características	Bombas dosificadoras			
	Pistón	Peristáltica	Cavidad progresiva	Engranaje
Resistencia al medio	Muy bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno
Presión	Muy bueno	Moderado	Bueno	Muy bueno
Viscosidad	Bueno	Moderado	Muy bueno	Bueno
Tamaño	Malo	Muy bueno	Moderado	Muy bueno
Precisión	Bueno	Moderado	Muy bueno	Bueno
Desgaste por abrasión	Moderado	Bueno	Muy bueno	Malo
Pulsación	Moderado	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: El autor

#### 2.2.4 Bombas peristálticas

Las bombas peristálticas simulan la peristalsis, la cual es un proceso biológico del esófago u otra vía anatómica mediante contracciones suaves del músculo para transportar algún tipo de material (Berg y Dallas, 2015). Se las conoce por tener un lado que se encarga de la succión de los líquidos y la otra de expulsión. Cabe recalcar que en ciertos casos las bombas peristálticas son preferidas por los usuarios por no contaminar los fluidos que se transportan mediante su sistema. Así mismo, le permite operar con variedad de fluidos por lo cual es una gran alternativa de uso para diversas

áreas, especialmente en el área de farmacéuticos, bebidas y comidas (Market Research Report, 2018).

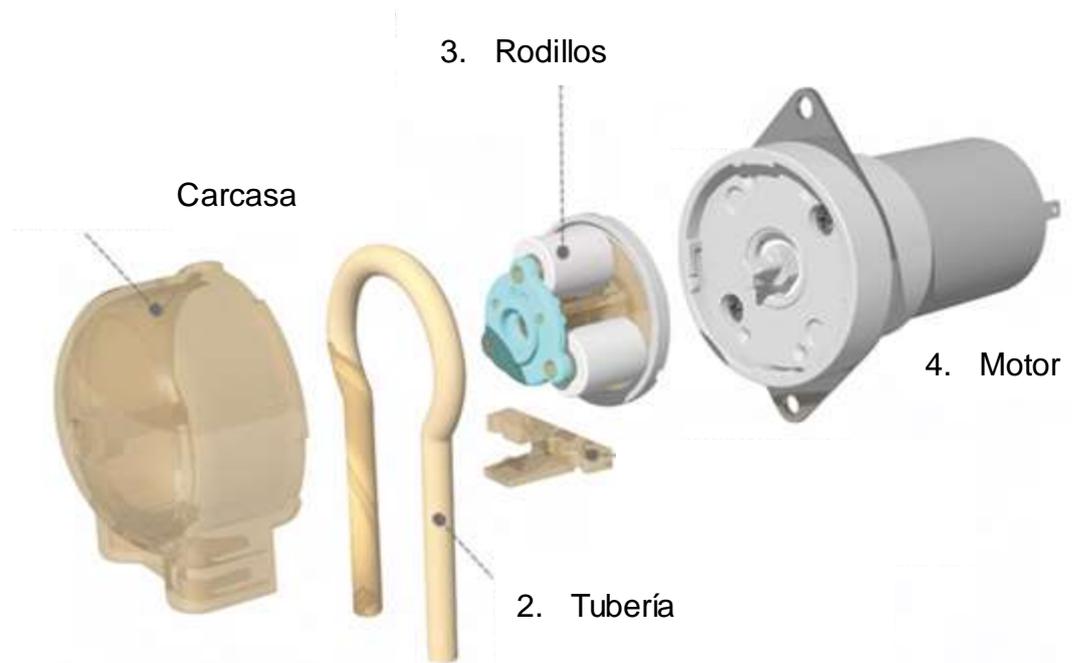
#### **2.2.4.1 Partes principales y principio de funcionamiento de la bomba peristáltica.**

Entre los principales elementos que conforman una bomba peristáltica se encuentran los siguientes:

- Carcasa de la bomba: se trata de la cobertura exterior de la bomba y su función es cubrir y aislar la tubería y los rodillos para tener un desempeño correcto.
- Tuberías: al ser hueco y flexible permite transportar los fluidos con facilidad mediante la presión de los rodillos. Hay disponibilidad en materiales de tipo silicona, látex, vinilo, polietileno y otras mangueras plásticas que no sean tóxicas. A pesar de estar cubierta por la carcasa, sin embargo, debe cumplir ciertas funciones de acuerdo a los parámetros de la aplicación del proyecto como:
  - Temperatura de trabajo
  - La presión
  - Compatibilidad química de la sustancia o fluido a usar.

Es de gran importancia entender la selección de los diámetros internos y externos de las tuberías a usar en conjunto con la bomba peristáltica, debido a que debe funcionar acorde a los parámetros para evitar perjudicar la armonía de su funcionamiento y ser un desperdicio de material al no tener mejor rendimiento.

- Rodillos móviles: se encuentran en el rotor de la bomba en el acoplamiento del motor, lo cual genera la presión para fluir el líquido. Trabajan a una velocidad constante y sin deslizamiento.
- Motor: suelen ser motores de corriente continua, e inclusive pueden usarse los motores de paso.



*Figura 2.5 Partes principales de la bomba peristáltica.*

*Fuente: El autor*

Por lo general, el mecanismo de funcionamiento de las bombas peristálticas se lleva a cabo por el movimiento circular de dos o tres rodillos debido a las revoluciones generadas por el motor y el mecanismo al cual se encuentran acoplados los rodillos, con el fin de generar compresión progresiva en las tuberías flexibles. Debido a ello, se permitirá transportar y desplegar el producto o sustancia progresivamente de acuerdo con los requerimientos del usuario. Entonces, el motor funciona a determinada velocidad para dar una cantidad precisa de líquido en cada descarga dentro del lapso de un tiempo requerido para cumplir con las medidas o requerimientos dados por el usuario. Suele trabajar con tuberías de silicona de entre 3 y 25 milímetros (mm) de

diámetro (Veintimilla y Oliver, 2015). Las tuberías pueden o no restringir en cierta medida el caudal de la bomba. La bomba peristáltica tiene un límite de salida de caudal por minuto, lo cual se debe tomar en cuenta para obtener un mejor uso y aplicación de la bomba dosificadora en el sistema.

### **2.3 Arduino.**

Arduino se lo conoce como una plataforma electrónica con características de hardware y software libres, el cual se encuentra conformado por un microcontrolador ATMEGA y el software de entorno de desarrollo integrado (IDE) con lenguaje de programación de tipo C++. Al ser de código abierto permite realizar mejoras, desarrollo de proyectos, implementaciones de electrónica, entre otros. Fue desarrollado en Italia por estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea que buscaban brindar una alternativa económica y de fácil acceso para programación y desarrollo de proyectos electrónicos.

#### **2.3.1 Características principales**

Arduino es un conjunto de circuitos integrados donde se pueden desarrollar programas capaces de interactuar los circuitos internos con el mundo exterior mediante el uso de sensores, actuadores, etc. (Tapia; Manzano, 2013). De esta manera, se conocen las entradas y salidas digitales, también llamados interfaz de entrada y salida. Por un lado, las entradas permiten conectar diferentes periféricos (como switches, sensores, etc.) a la placa para que pueda procesar los datos que emiten. Por otro lado, las salidas llevan datos, información o señales previamente procesadas por el Arduino hacia otros tipos periféricos como motores, altavoces, etc.

Entre las partes principales que conforman a la placa de arduino se encuentran:

1. Puerto USB: permite la alimentación al Arduino y su principal función es la comunicación con el dispositivo programador. Mediante este puerto se sube el programa compilado del Arduino IDE.
2. Fuente externa: permite la alimentación del Arduino mediante una fuente externa.
3. Botón Reset: su principal función es reiniciar el programa en el Arduino en caso de ser necesario por mal funcionamiento, preferencias, etc.
4. Entradas y salidas digitales: permiten interactuar con el mundo exterior mediante sensores, entradas, etc. Cabe recalcar que la información se transmite mediante códigos binarios (0 y 1).
5. Entradas analógicas: cumple el mismo funcionamiento de interacción con el mundo exterior, sin embargo, permite tomar diferentes valores que oscilan entre 0V y 5V como 1.8V. Gracias a ello, se puede tener una mejor sensorización de las magnitudes físicas que se miden.
6. Microcontrolador:
7. Pines de alimentación: consta de 6 pines que se encuentran divididos como:
  - a. Fuente de 3.3 V.
  - b. Fuente de 5 V.
  - c. Pines GND o puesta a tierra.
  - d. Pin Vin, el cual es otra alternativa para la alimentación de la placa con fuentes externas.
  - e. Pin Reset que cumple la misma función del botón reset pero se activa al recibir 0 voltios o en manera de código binario, un cero lógico.



Figura 2.6 Principales partes de la placa de Arduino.

Fuente: GitHub

### 2.3.2 Arduino Mega 2560.

Arduino posee varios modelos y uno de los más potentes que tiene es el Arduino Mega 2560, el cual está conformado por el microcontrolador Atmega 2560. El Arduino presenta varias ventajas por las cuales lo hacen un gran microcontrolador. Entre ellas se encuentran sus grandes cantidades de pines de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, lo cual le permite ser una placa muy completa para proyectos de mayores requerimientos. A su vez, el Arduino Mega 2560 puede operar con voltajes de entrada entre 6V -20V a diferencia de los otros modelos de Arduino (Tapia y Manzano, 2013).

Tabla 2.2 Datos técnico de la placa de Arduino Mega

Voltaje de entrada (recomendado)	7 a 12 Vdc
Pines digitales (Entradas y salidas)	54 pines (15 con salida PWM)
Pines con entradas analógicas	16 pines

Memoria Flash	256 KB (8 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Frecuencia del reloj	16 MHz

*Fuente: El autor*



*Figura 2.7 Datos técnico de la placa de Arduino Mega*

*Fuente: El autor*

## **2.4 Modulación de ancho de pulsos.**

La modulación de ancho de pulsos es también conocida como PWM puede ser usado en varios sistemas para controlar la frecuencia de la señal inducida, de esta forma se puede controlar la velocidad de un motor o bomba DC. Este tipo de señales es muy utilizado en circuitos digitales que necesitan emular una señal analógica. La señal suele ser de tipo cuadrada o sinusoidales, a la cual se puede cambiar el ancho relativo del período con el fin de tener un ciclo de trabajo. Las salidas PWM son representados por ciclos de trabajo (en inglés *Duty Cycle*) que son determinadas por el tiempo en la que

la señal es positivo o ancho de onda y por el período. Entonces, un ciclo de trabajo (o Duty cycle) es el porcentaje promedio de una señal positiva en un determinado tiempo.

Matemáticamente se lo puede expresar de la siguiente manera:

$$D = \frac{\tau}{T} * 100\%$$

D = ciclo de trabajo

$\tau$  = tiempo en que la señal es positiva

T = Período

*Ecuación 2.1 Ciclo de trabajo de PWM*

*Fuente: Arduino UTSFM*

Entre las ventajas del PWM está el ahorro energético y su respuesta inmediata ante entradas y cambios. En el caso, de su aplicación con motores permite respuesta inmediata del motor, mayor eficiencia, etc. (Heriyanto y otros, 2016). La modulación de ancho de pulsos funciona energizando las bobinas del motor, y por lo tanto generando una determinada velocidad del motor (Busono y otros, 2015).

#### **2.4.1 PWM con Arduino.**

La placa Arduino cuenta con salidas de tipo PWM, las cuales son controladas según la frecuencia con la que haya sido configurada una salida. El uso de *analog write()* permite trabajar con diferentes periodos y ancho de pulso. Los valores posibles para configurar la salida oscilan entre 0 y 255; por ejemplo, 255 representa los cinco voltios máximos de salida. Cabe recalcar, que los microcontroladores pueden tener diferentes frecuencias de trabajo, por lo cual una puede permitir diferentes variaciones en los ciclos de trabajo.

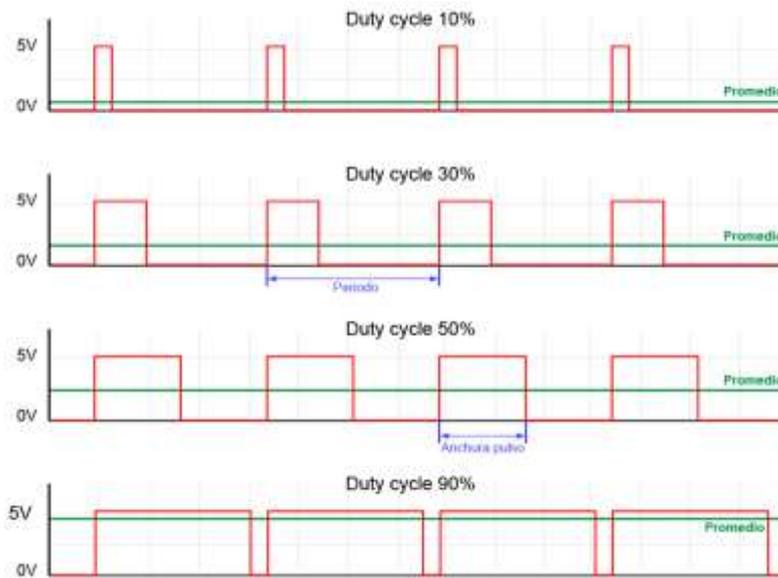


Figura 2.8 Ilustración de diferentes porcentajes de ciclos de trabajo

Autor: Luis Llamas

De la misma manera, cada placa tiene diferentes cantidades de salidas analógicas, es por ello que el Arduino MEGA tiene 15 salidas PWM a su disposición mientras que el Arduino UNO dispone de 6 salidas PWM (Rodríguez, 2016).

## 2.5 HMI.

HMI representa la interfaz hombre/máquina, de forma sencilla entre el operador y el proceso. Estos dispositivos surgen por la búsqueda de tener control de datos de las variables del proceso en tiempo real y que la operatividad sea más sencilla. El controlador programable o autómatas (Microcontrolador, PLC, etc.) es el encargado de ejecutar los procesos de una máquina, el cual tiene como complemento una pantalla táctil o interfaz para facilitar la transmisión de datos entre el operador y la máquina. De esta manera, una pantalla táctil es considerada HMI al funcionar como entrada de datos, interfaz de visualización y control del proceso de la determinada máquina. (Guamá y Pincay, 2015).

### 2.5.1 Funciones que cumplen las HMI:

- Monitorización: permite el intercambio de datos obtenidos de la producción en tiempo real. La visualización de los datos puede estar representada de diferentes maneras, desde texto hasta gráficos con el fin de facilitar su interpretación o hacer uso de los datos de acuerdo a las necesidades.
- Supervisión: brinda la posibilidad de cambiar o configurar variables y condiciones del proceso.
- Alarmas: reporte de eventos.
- Control: permite poner en marcha procesos.
- Históricos: es la función que almacena los datos para futuras optimizaciones o correcciones en el proceso.

### 2.5.2 Pantalla táctil Nextion de 3.2"

La pantalla táctil Nextion es de tipo TFT LCD, es decir, es una pantalla de cristal líquida (LCD) la cual utiliza un tipo de tecnología de transistor de película fina (TFT). Esta pantalla se comunica con otros dispositivos como microcontroladores mediante la transmisión y recepción asíncrona universal o también conocida como UART (Calapiña, 2018).

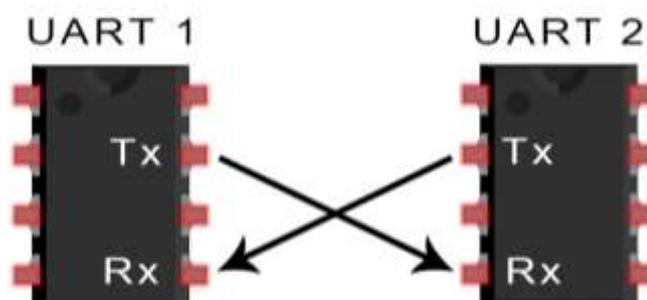


Figura 2.9 Comunicación UART

Fuente: Eltima



*Figura 2.10 Pantalla táctil Nextion de 3.2 pulgadas*

*Fuente: El autor*

### **2.5.2.1 Especificaciones de la pantalla Nextion**

El modelo de la pantalla es NX4024T032 y sus especificaciones son las siguientes:

*Tabla 2.3 Datos técnico de la pantalla de Nextion de 3.2”*

Tamaño	3.2 pulgadas
Resolución	400 x 240 p
Pantalla Táctil	Protocolo de transporte en tiempo real
Memoria Flash	4 MB
MCU (Microcontrolador)	48MHz (STM32P)
Colores	65K

*Fuente: El autor*

### 2.5.2.2 Software Nextion Editor

Es el software encargado del desarrollo de la interfaz gráfica del usuario (GUI) y mediante él se puede generar el archivo de tipo TFT que contiene el programa, imágenes y otras cosas que han sido incorporadas en el Nextion Editor previamente. El software contiene varios componentes que facilitan el uso de su programa como botones, barras de progreso, texto, etc. Estos pueden ser arrastrados en el editor para posicionar los elementos como se prefiera. A su vez, se puede realizar programaciones mediante el uso de comandos sencillos y se puede desarrollar funciones (Nextion, 2019).

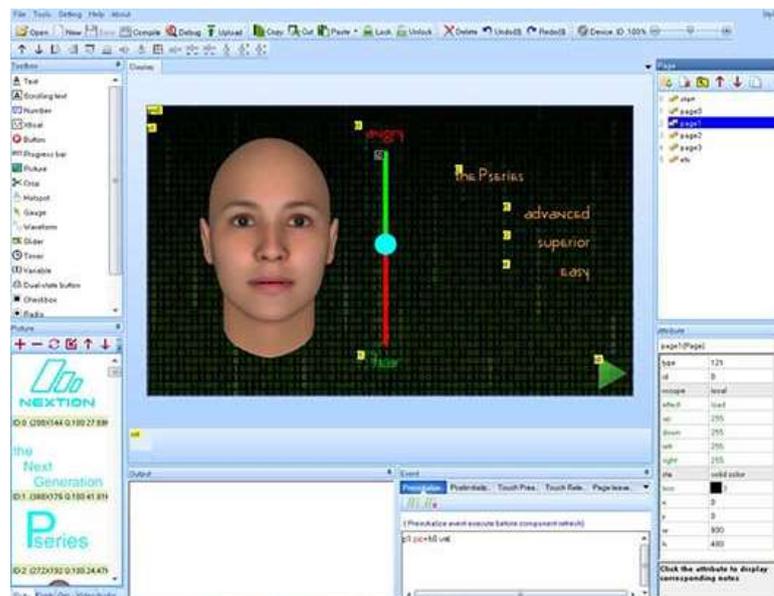


Figura 2.11 Ilustración del software Nextion Editor

Fuente: Nextion

### 2.6 Puente H.

Al puente H se lo conoce como un método de control y manejo para motores de corriente continua (CC).

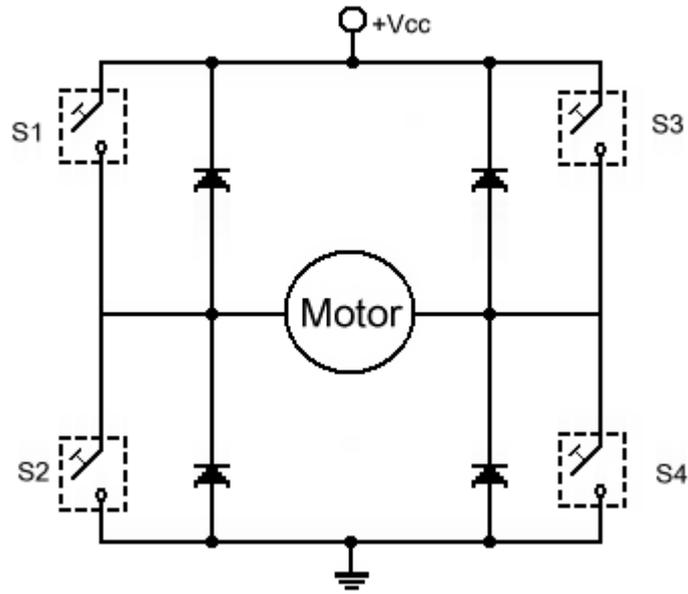


Figura 2.12 Ilustración de un motor conectado con Puente H

Fuente: Hispavila

Como se puede observar, el presente circuito es capaz de cambiar los sentidos del motor y permitir su movimiento hacia adelante o en reversa. Esto se lleva a cabo mediante el uso de los switches (S1, S2...S4).

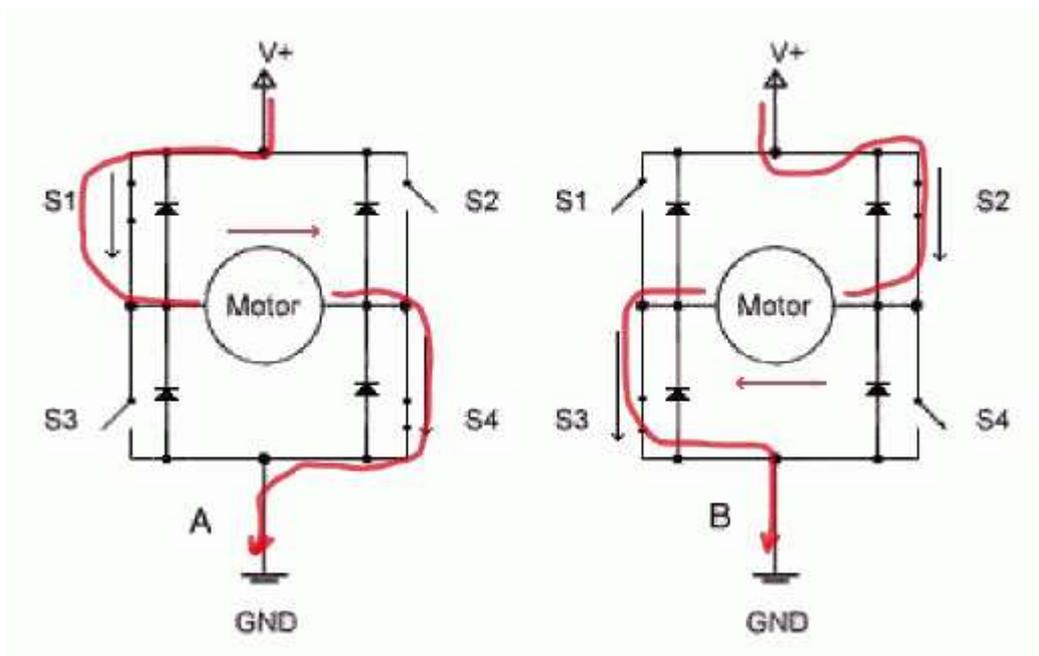


Figura 2.13 Ilustración del funcionamiento del Puente H

Fuente: Hispavila

De esta manera, mediante la habilitación de los switches se puede realizar el cambio de giro del motor. Actualmente, existen integrados como el L298N que permiten habilitar salidas mediante las señales recibidas; y de acuerdo con ello realizar la inversión de giro, paro de motor y habilitación del mismo mediante las entradas disponibles (Rodríguez, 2016).

### 2.5.1 Controlador de motor DC Drok.

El módulo controlador de motores Drok puede manejar hasta dos motores diferentes gracias a su configuración y estructura. El mismo permite el uso de PWM para activar la habilitación del módulo y hacer funcionar a los motores.

Entre las características importantes se encuentran las siguientes:

*Tabla 2.4 Datos técnico del módulo controlador de motores.*

Voltaje de funcionamiento o entrada	6.5 - 27V
Voltaje de control	3-6.5V
Cantidad de motores permitidos	2 motores DC
Control PWM	Si, en sus pines de EN
Máxima corriente de salida	7A(Cada puerto)
Potencia de salida	160W
Temperatura de trabajo	-25 °C-80 °C

*Fuente: El autor*

El controlador de motores DC con puente H contiene indicadores de poder tanto para la señal de trabajo como para la de control. Además, para su correcto funcionamiento deben existir los siguientes tipos de señal:

- 5 voltios de la placa de control.
- Señal de control de tipo PWM (para cada puerto).
- Dos entradas digitales (para cada puerto).
- Puesta a tierra o GND.

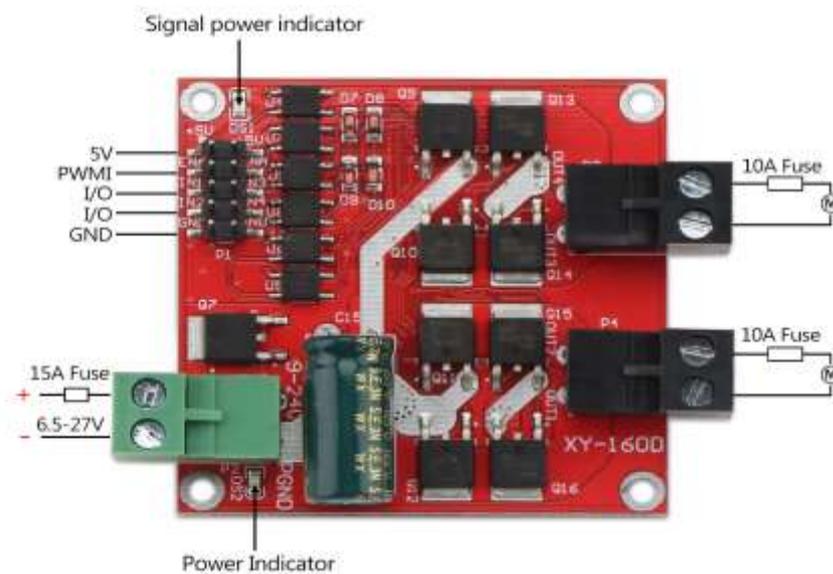


Figura 2.14 Ilustración del módulo del Puente H

Fuente: Droking

Las siguientes tablas nos permiten comprender cómo funciona el módulo de puente H de acuerdo a las señales de la placa controladora.

Tabla 2.5 Entradas de control al módulo controlador de motores (Puerto 1)

IN1	IN2	ENA1	OUT1.OUT2
0	0	X	Freno
1	1	X	Sin carga ni pérdidas

1	0	PWM	Velocidad de avance
0	1	PWM	Velocidad de retroceso
1	0	1	Máxima velocidad de avance
0	1	1	Máxima velocidad de reversa

*Fuente: Droking*

*Tabla 2.6 Entradas de control al módulo controlador de motores (Puerto 2)*

IN3	IN4	ENA2	OUT3.OUT4
0	0	X	Freno
1	1	X	Sin carga ni pérdidas
1	0	PWM	Velocidad de avance
0	1	PWM	Velocidad de retroceso
1	0	1	Máxima velocidad de avance
0	1	1	Máxima velocidad de reversa

*Fuente: Droking*

## 2.7 Agitación magnética

Un agitador magnético, también conocido como *Magnetic stirr*, es comúnmente usado en laboratorios. Dependiendo de su implementación, este tipo de mezclador o agitador puede controlar la velocidad de giro de motor que tiene acoplados los imanes y que pueden realizar el giro de la barra magnética para mezclar. Implementar este tipo de mezcladores puede resultar de bajo coste, en comparación con los disponibles en el mercado (Guidote y otros, 2015).



*Figura 2.15 Máquina de agitación magnética*

*Fuente: Hannainst*

Este tipo de dispositivos permiten llevar a cabo una mezcla silenciosa y realizar mezclas en contenedores cerrados. Una gran ventaja de las barras magnéticas es que son fáciles de esterilizar y existen variedades de tamaños, desde pocos milímetros hasta pocos centímetros. Sin embargo, el agitador magnético sólo puede realizar mezclas hasta de 4 litros (Loos, 2015).

### **2.7.1 Componentes del agitador magnético**

Los componentes principales del agitador magnético, a pesar de que pueden variar, son los siguientes:

1. Caja o carcasa: contiene el sistema rotatorio y de existir el de control.
2. Magneto: los magnetos se acoplan al motor para generar el campo magnético sobre el cual van a girar las barras.
3. Motor: se encarga del giro de los magnetos.

4. Barras magnéticas: cumplen la función de desplazamiento acorde la dirección de giro del campo magnético.
5. Controlador: regula o cambia la velocidad del motor con los magnetos.
6. Contenedor o recipiente: contiene el líquido que se mezclara.

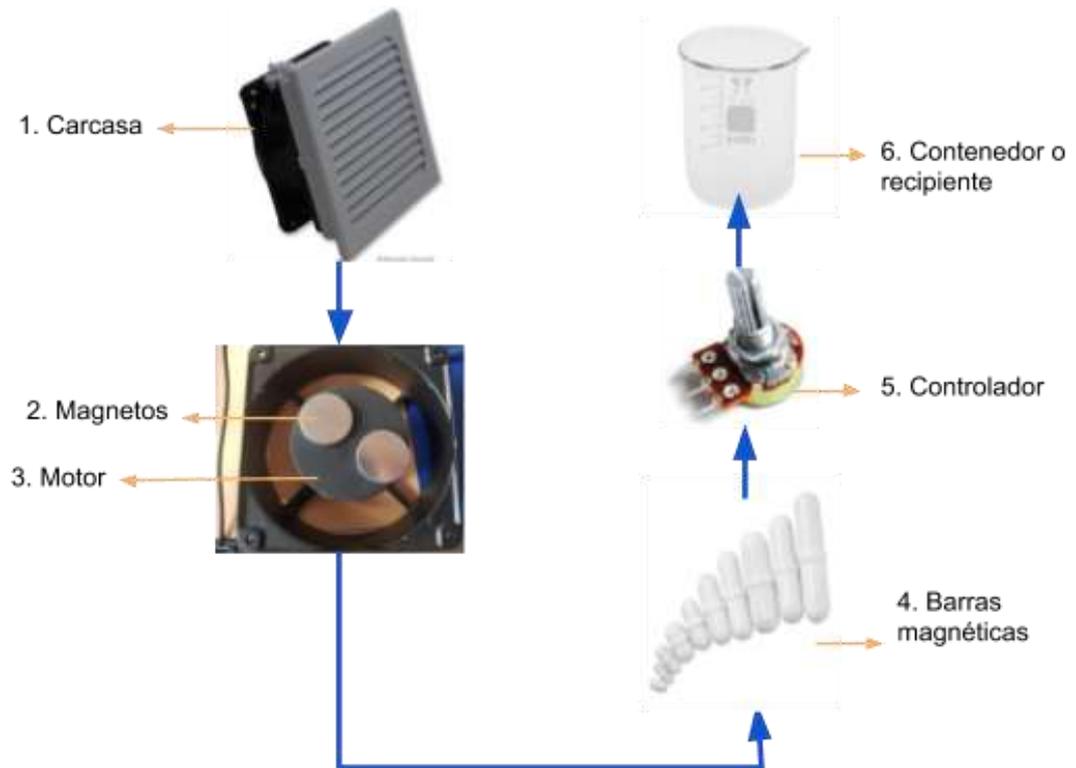


Figura 2.16. Ilustración de las partes de un mezclador magnético

Fuente: El autor

### **CAPÍTULO III: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.**

En presente capítulo se procede a detallar los métodos de control implementados para cada proceso y, además, se expone los diversos elementos químicos y electrónicos usados para el desarrollo del prototipo dosificador.

Con el fin de agilizar y facilitar el proceso de preparación de una bebida funcional se implementa una máquina automatizada para servir bebidas mezcladas con vitaminas y/o minerales de manera precisa. Por lo cual, se utilizará bombas peristálticas debido a su bajo coste y precisión para dosificar. Las bombas peristálticas no poseen un sistema de control para la dosificación y para cumplir las medidas requeridas. Para ello, se propone un control PWM mediante el uso de módulos controladores.

El sistema consta de tres procesos que se divide en la interfaz, dosificación y mezcla. Los cuales son ejecutados en el orden antes mencionado, y gracias a la automatización de los diferentes procesos se puede realizar un prototipo de máquina de fácil uso, rápido y de precisión. Cabe recalcar que la interfaz fue implementada para facilitar los pedidos de los consumidores, y a su vez, brindar una experiencia amigable. Para su desarrollo se deben realizar fondos de pantalla que sean de fácil entendimiento para que el consumidor pueda operar la pantalla táctil o HMI.

Los motivos principales para el desarrollo del prototipo fueron los siguientes:

- Buscar una solución a problemas cotidianos como la falta de energía, sistema inmunológico bajo y, por último, aunque no tan cotidiano, la resaca.

- Agilizar el método de pedidos y de despacho, con el fin de ahorrar tiempo, tener mayor eficiencia y de esta manera llevar un mejor control sobre lo ordenado.
- Contribuir al bienestar personal y brindar una experiencia nueva y diferente al consumidor en el despacho de su pedido.
- Desarrollar un sistema nuevo en el mercado ecuatoriano y poder brindar soluciones alternativas de bebidas funcionales.

Por último, las ventajas del sistema implementado son las puede ser usado a nivel industrial y químico. En primer lugar, representa un sistema confiable para dosificar *mililitros*, y debido a esto, puede ser una gran herramienta en la industria química o farmacéutica que necesita de gran precisión y reducción de mermas en el desarrollo de sus productos. En segundo lugar, el desarrollo de procesos innovadores como la mezcla magnética, dosificación y pantallas táctiles servirán como contribución al campo tecnológico y científico. Tercero, la implementación de los procesos de dosificación suele ser de alto coste, por lo cual el proyecto busca ser una alternativa para competir en el mercado para preparación de bebidas a bajo coste en el sector privado.

Dicho esto, los materiales tecnológicos que conforman el sistema son los siguientes:

- Pantalla táctil.
- 5 bombas peristálticas
  - 4 bombas con un caudal de 0-100 mililitros.
  - 1 bomba con un caudal de 0-400 ml.
- 3 módulos de puente H
- Motor para la mezcla por agitación magnética.

### **3.1 Método de control del sistema.**

El sistema de implementación se basa en una combinación de módulo del puente H controlada mediante la modulación de ancho de pulsos, conocida también como PWM. Este método de control funcionará para la dosificación y desarrollo del producto final. Es necesario señalar que para la comunicación entre el usuario y el dispositivo o máquina dosificadora se va a implementar una interfaz con pantalla táctil, la cual será un HMI (Interfaz entre Humano y Máquina).

En primer lugar, se utiliza la interfaz de la pantalla táctil que muestra el menú disponible del sistema. El menú proporciona información al consumidor acerca del juego a escoger para que luego elija si desea servirse el mismo. La placa controladora entonces recibirá el comando de servir la bebida mediante la comunicación serial o el UART. Los comandos enviados por el puerto serial van a variar según lo que se haya seleccionado. De esta manera, pueden intercambiar los datos ambos procesos e iniciar el proceso de dosificación. La razón principal de la implementación del interfaz es facilitar el proceso de pedido al consumidor. Su entorno amigable permite entender con claridad cómo realizar el proceso de pedido y, además, entender el funcionamiento del sistema.

En segundo lugar, para el proceso de dosificación se usan diferentes bombas dependiendo de las necesidades del proceso. Cuatro bombas peristálticas están destinadas a la dosificación del producto y otra bomba peristáltica destinada a la dosificación de líquido acompañante que puede contener saborizantes o puede ser algún tipo de jugo o bebida. Las bombas peristálticas, que se encuentran calibradas para funcionar lo más preciso posible, funcionan a través de la modulación por ancho de pulsos y los tiempos de dosificación. De este modo, se realiza la dosificación de

líquidos exacto de cada vitamina y/o mineral en el recipiente interno de la máquina. Cada bomba tendrá diferente funcionamiento de acuerdo con la bebida que se haya escogido en la interfaz HMI. Es necesario destacar que el módulo de control de las bombas es de puente H que fue escogido debido a su precisión y facilidad de control.

Por último, una vez terminado el proceso de dosificación, que se lleva a cabo en un recipiente interno del sistema, se procede al proceso de mezclado. Para el inicio del proceso de la mezcla por agitación magnética, la placa controladora envía una señal para habilitar el relé y permitir el paso de la energía hacia el motor. El proceso de mezclado se realiza mediante el giro de una barra magnética en el recipiente, la cual sigue el sentido del campo magnético creado por los magnéticos acoplados al motor. La barra magnética tiene una velocidad determinada por las revoluciones por minuto del motor.



Figura 3.1 Procesos del prototipo dosificador

Fuente: El autor

## **3.2 Programación de los procesos de control.**

### **3.2.1 Programación de la interfaz de la pantalla táctil.**

Para el desarrollo de la interfaz se utiliza la pantalla táctil Nextion de 3.2 pulgadas. Se debe subir un archivo de tipo TFT para que la pantalla comience a funcionar y que aparezcan los elementos, imágenes y comandos que forman parte del archivo. Sin embargo, con el fin de tener una interfaz amigable con el usuario o consumidor final se procedió a realizar las imágenes de fondo con iconos y el nombre principal del dispositivo, INNODRINK.

### **3.2.2 Desarrollo de la presentación o imágenes del menú de la pantalla en Dibujos Google.**

Para el desarrollo de los fondos de pantalla del HMI hemos utilizado el software online de Dibujos de Google que permite el desarrollo de nuevas figuras. El software es gratuito y permite la alineación de iconos, insertar formas, textos y otras cosas más. De esta forma, se realiza la siguiente imagen en formato JPEG que será la página principal de la pantalla táctil y que sirve como base para el desarrollo de las demás imágenes de fondo para formar las siguientes páginas en el editor de Nextion.



*Figura 3.2 Ilustración del fondo de pantalla del menú de la interfaz.*

*Fuente: El autor*

Luego, se procede a realizar los fondos de pantalla de las opciones de cada producto disponible en el menú.

- Energía.
- Resaca.
- Inmune.

Los fondos de pantalla desarrollados se usarán como fondo de las páginas del editor de Nextion. Donde se procederá a introducir los componentes que conforman la bebida y los botones de *servir* en conjunto con una barra de tiempo que permitirá visualizar el tiempo restante para finalizar la preparación de la bebida.



Figura 3.3 Ilustración del fondo de pantalla de la bebida energética.

Fuente: El autor



Figura 3.4 Ilustración del fondo de pantalla de la bebida para la resaca.

Fuente: El autor



Figura 3.5 Ilustración del fondo de pantalla de la bebida inmunológica.

Fuente: El autor

### 3.2.3 Desarrollo de la interfaz mediante el software de Nextion Editor.

Para empezar el desarrollo de la interfaz se procedió a subir las imágenes de fondo de pantallas generadas en Dibujos Google a la plataforma de Nextion para posteriormente ser utilizadas, luego se crean diferentes páginas y cada una se le asigna una imagen de fondo de pantalla con el fin de establecer el menú. Es necesario señalar, que los fondos de pantalla deben tener las dimensiones de la pantalla con la que se va a trabajar para evitar que haya deformaciones, o pérdidas de píxeles.

Como fue previamente visto en el marco teórico, este software es capaz de desarrollar interfaces gráficas amigables. Si bien cuenta con muchos elementos, es necesario también comprender la parte de programación con el fin de establecer comando ante respuestas de los eventos. De esta manera, se podrían realizar los cambios de páginas, enviar señales a la placa controladora y recibir señales de la placa.

Los comandos principales para usar son:

*Tabla 3.1 Comandos de Nextion Editor usados en la programación*

Comandos	Descripción
page Ej.: page 1	Te permite realizar un cambio de página al activarse su función. En el caso del ejemplo, el comando envía al usuario a la página 1.
print Ej.: print 1	Cumple la función de la impresión de datos vía serial. En el caso del ejemplo, el comando envía mediante la comunicación serial el valor de 1 en conjunto con otros bytes vacíos.
if	Este comando permite establecer

<pre>Ej.: if (t1.val==12) { *insertar comando* }</pre>	<p>condiciones de tipo boolean. En el caso del ejemplo el comando establece que una variable t1 debe ser igual que el valor de 12 para proceder a la acción dentro de sus corchetes.</p>
--	--

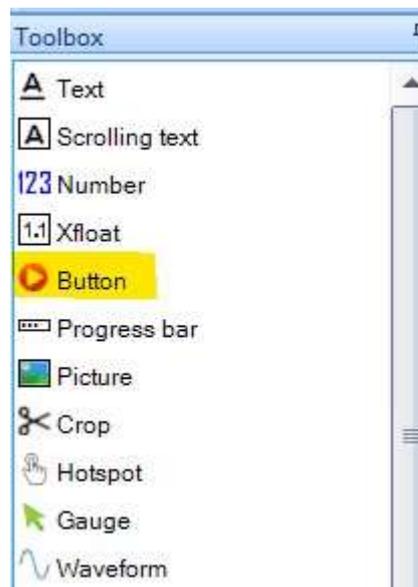
*Fuente: El autor*

Los comandos previamente enlistados pueden ser usados de diferentes maneras o variaciones, con el fin de poder obtener resultados diferentes y acciones diferentes.

### 3.2.3.1 Pasos de la programación de la Pantalla.

Luego de subir los fondos de pantalla en sus respectivas páginas, se procede a colocar los botones que, al ejecutarse, se realizan los comandos y acciones programados en el panel de eventos del botón.

1.\_ Se debe seleccionar *Button* del *Toolbox* de *Nextion Editor*.



*Figura 3.6 Herramientas del programa Nextion Editor.*

*Fuente: El autor*

2.\_ Luego se colocan los botones en el fondo de pantalla, de acuerdo con su necesidad y estética deseable. Se debe verificar que las variables de los botones sean diferentes para evitar problemas en la programación.



Figura 3.7 Inserción de botones al fondo de pantalla para trabajar.

Fuente: El autor

3.\_ Se incluyen los comandos para generar el evento deseado al ser activado algún botón de la pantalla.



Figura 3.8 Ilustración de la programación del evento al presionar un botón.

Fuente: El autor

Como se puede observar en cada botonera de la página principal se puede programar en el cuadro de evento para que se dirija hacia una página diferente en el interfaz con diferente información. Esta acción se realiza mediante el uso del comando *page* previamente descrito en la *tabla*. En nuestro menú, la nueva página tiene información con respecto a la bebida funcional escogida y, además, es la encargada de dar paso a la acción de dosificación de la máquina.

4.\_ En las otras páginas se procede a colocar un comando diferente, con el fin de poder realizar un intercambio de datos de la pantalla con la tarjeta controladora.



Figura 3.9 Programación de comunicación serial al presionar un botón.

Fuente: El autor

De la misma manera, mediante la comunicación UART de la pantalla Nextion podemos enviar y recibir valores de manera serial para poder tomar acción ante un proceso. Es de gran importancia saber distinguir cuales son las variables que conforman el programa para acorde a ello poder programar de manera correcta tanto la comunicación serial con el Arduino Mega, como las variables definidas en la programación de la placa controladora Arduino.

### 3.2.3.2 Subida de la programación a la pantalla táctil.

Es importante señalar que para subir archivos al módulo de la pantalla se debe contar con una tarjeta Micro-SD, la cual debe estar formateada en FAT 32 para poder subir los archivos TFT. Debe considerarse que debe de estar vacía la tarjeta Micro-SD para solo receptar el archivo de tipo TFT y que no haya problemas al subir el programa al módulo de la pantalla.

Para proceder a subir la programación a la tarjeta se debe hacer la exportación del archivo como *TFT OUTPUT*.

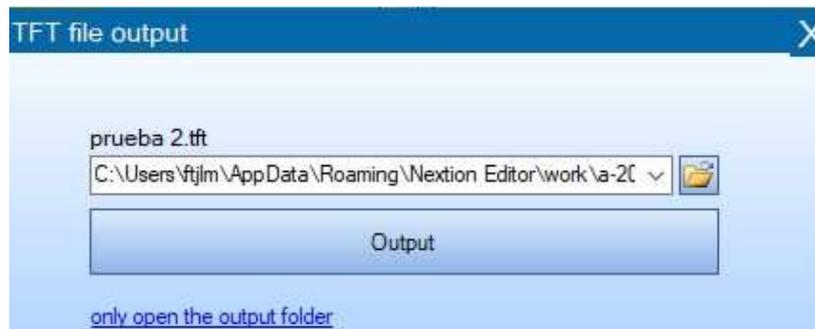


Figura 3.10 Creación del archivo tipo TFT.

Fuente: El autor

Luego, de que sea exportado el archivo TFT directamente en la tarjeta vacía esta puede ser introducida y usada en el módulo. De esta manera, la pantalla podrá realizar su actualización del archivo automáticamente una vez que se encuentre conectada a la fuente y con la tarjeta Micro-SD en su lugar. Sin embargo, a pesar de finalizar la actualización no funcionará hasta que desconecte y se vuelva a alimentar a la fuente.

### 3.2.4 Desarrollo de la programación del Arduino.

La programación del Arduino tiene como estándar el lenguaje C++, a pesar de ser una mezcla de ciertas programaciones. Lo destacable de C++ es que se encuentra más orientada hacia los objetos.

La programación se realizó en el software de Arduino que se llama Arduino IDE. Al ser un software de tipo abierto existen una variedad de librerías disponibles para su uso, sin embargo, en nuestro caso no será de necesidad adicionar librerías para trabajar en la programación. Es necesario señalar que principalmente se realizan pruebas de control mediante la plataforma para verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos.

### 3.2.4.1 Programación de control de las bombas peristálticas.

Como fue señalado previamente, Arduino permite el mando por modulación de ancho de pulso, sin embargo es necesario programarlo correctamente y para ello usamos el comando *analogWrite(x,y)*; Como se puede observar, por un lado, dentro del comando existen dos valores donde x se considera a la señal que uno desea enviar que puede ser entre 0 a 255 dependiendo de las necesidades. Por otro lado, y se considera al puerto donde se va a enviar la señal PWM. El puerto debe ser previamente verificado para saber si trabaja con PWM y podrá emitir las señales. Lo cual, se puede llevar a cabo mediante la hoja de datos del Arduino Mega 2560 que se encuentra en el Anexo A.

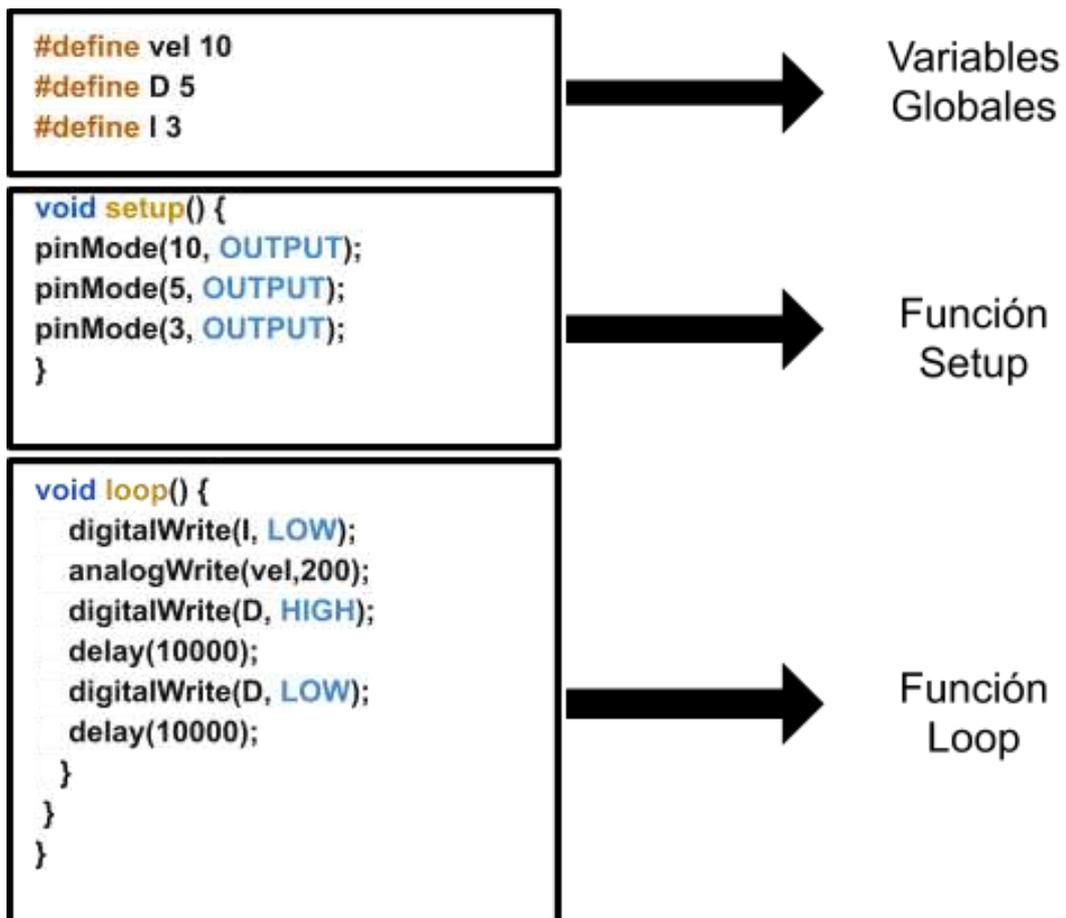


Figura 3.11 Comandos de la programación de prueba para el control de las bombas peristálticas.

Fuente: El autor

El comando *analogWrite()* en nuestro caso es configurado para que trabaje con el puerto donde se encuentra conectada la señal de habilitación de tipo PWM hacia la placa controladora de motores DROK. Se procedió a trabajar con *analogWrite (vel, 200)*, como se puede observar en la *figura 3.11*, con el fin de hacer trabajar el motor al 80% de su capacidad y poder obtener una precisión de 1 ml por segundo en la dosificación. Se encontró este valor a partir del siguiente método de calibración del sistema:

1. Llenar un recipiente con agua.
2. Colocar el recipiente de medición (en mililitros).
3. Colocar las mangueras de la bomba peristáltica sobre los recipientes, teniendo en cuenta que la succión del líquido sea desde el recipiente con agua y el de descarga en el recipiente de medición.
4. Conectar y energizar el motor para que trabaje a su máxima potencia durante 10 segundos.

Nota: Puede realizarse conectado directamente a una fuente de 12 Vdc o mediante el Arduino Mega con una señal analógica de un valor de 250 (máxima salida del Arduino) al controlador de marca DROK que se encuentra alimentado con 12 Vdc.

5. Medir la cantidad de mililitros del recipiente de medición. En el caso de las bombas dosificadoras pequeñas de 0 a 100 mililitros/ minuto, se obtuvo 12.5 mililitros en 10 segundos. Mientras que, en el caso de la bomba peristáltica de 0 a 400 mililitros/ minuto se obtuvo 70 mililitros en 10 segundos.
6. Luego, se realiza un cálculo mediante la regla de tres para obtener el valor deseado de mililitros en una determinada cantidad de tiempo.

valor medido —————→ valor analógico  
 valor deseado —————→ x

$$x = \frac{(\text{valor deseado}) \times (\text{valor analógico})}{(\text{valor medido})}$$

*Ecuación 3.1 Regla de tres para calibración de las bombas.*

*Fuente: El autor*

En el caso de las bombas peristálticas pequeñas se desea obtener 10 mililitros en 10 segundos, lo cual nos permitirá tener una precisión de 1 mililitro por segundo.

12.5 —————→ 250  
 10 —————→ x

$$x = \frac{10 \times 250}{12.5} = 200$$

*Ecuación 3.2 Cálculo para calibración de las bombas peristálticas pequeñas.*

*Fuente: El autor*

En el caso de las bombas peristálticas grande se desea obtener 50 mililitros en 10 segundos, lo cual nos permitirá tener una precisión de 5 mililitros por segundo, que es requerido para el llenado rápido de la bebida.

70 —————→ 250  
 50 —————→ x

$$x = \frac{50 \times 250}{70} \cong 180$$

*Ecuación 3.3 Cálculo para calibración de las bombas peristálticas grandes.*

*Fuente: El autor*

Nota: Por temas prácticos se procedió a usar un valor de x=181.

7. En la programación del Arduino, se utilizará el valor de x para sustituir el valor dentro del comando *analogWrite(variable, valor)*.

Dentro del código, además de la habilitación del puerto mediante PWM también debe existir dos señales más que, como fue visto en las tablas del módulo en el marco teórico, puedan ser usados para activar la dirección o sentido de giro del motor. Aquellas señales usadas para el sentido de giro del motor son una mezcla de *digitalWrite (Pin, HIGH)* y *digitalWrite (Pin, LOW)*. De esta manera, de ser necesario se podría variar para que gire en el sentido contrario. Cabe indicar que las señales de *digitalWrite (Pin, HIGH OR LOW)*; pueden funcionar en todos los puertos digitales de la placa Arduino Mega 2560 cómo se puede observar en la hoja de datos del Arduino Mega en *Anexos A*.

### 3.2.4.2 Programación de control de las bombas peristálticas vía serial.

Para la comunicación serial es necesario el uso de los siguientes comandos:

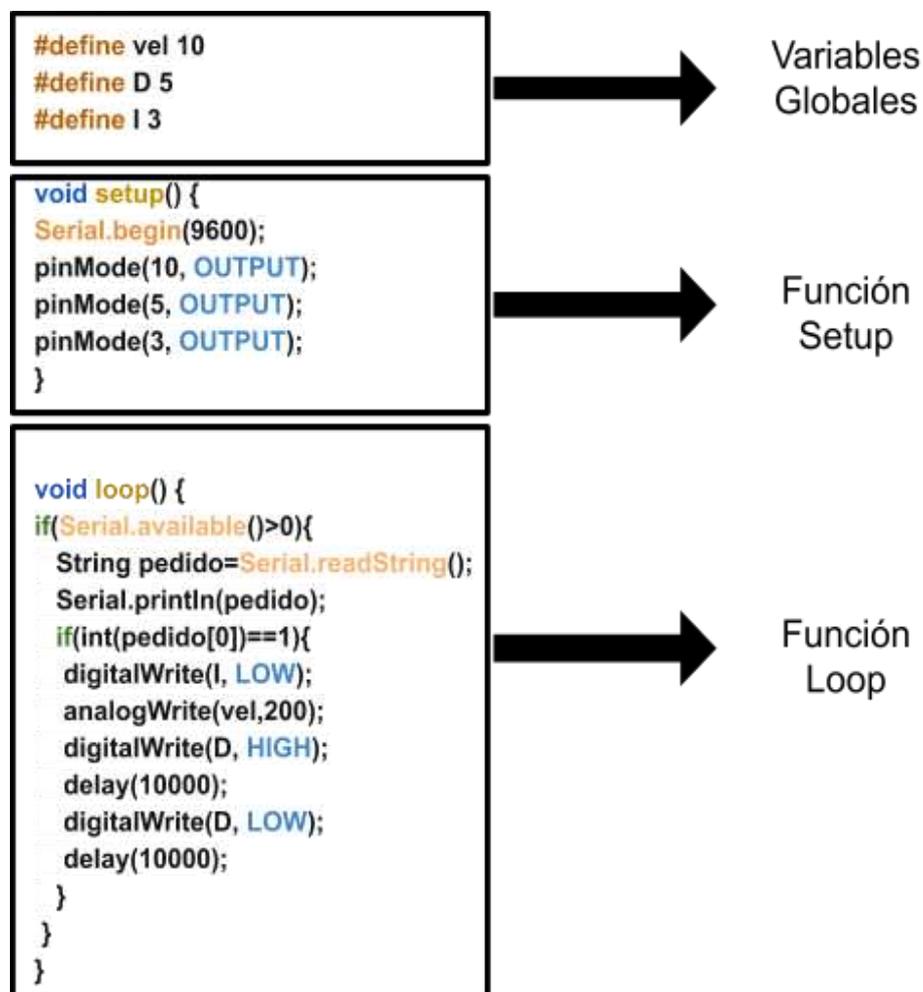
*Tabla 3.2 Comandos de Arduino para establecer la comunicación serial*

Comandos de comunicación Serial	Descripción
<code>Serial.begin(9600);</code>	Es el único comando serial necesario en el <i>void Setup(){}</i> con el fin de configurar a la placa controladora para que trabaje mediante comunicación serial.
<code>Serial.available();</code>	Cumple la función de mantener el microcontrolador pendiente de cambios de estado en el puerto serial.
<code>Serial.Read();</code>	Permite la lectura del serial, sin embargo, este admite enteros por cual se le puede realizar breves variaciones para que trabaje con diferentes tipos de datos.
<code>Serial.Print();</code>	Permite mandar o imprimir datos a través del puerto serial.

*Fuente: El autor*

De esta manera, se realiza la programación para hacer el enlace las bombas como respuesta ante una señal de la comunicación serial. Mediante los comandos podemos llevar a cabo la lectura y envío de datos por los puertos seriales. Como lo es en el caso de la *figura 23*. donde se efectúa el control de las bombas peristálticas al recibir una señal mediante la comunicación serial que coincida con la condición del programa solicitada.

A continuación, el código para realizar las pruebas de control de las bombas peristálticas mediante la comunicación serial es la siguiente:



*Figura 3.12 Comandos de la programación de prueba del control de las bombas peristálticas mediante la comunicación serial.*

*Fuente: El autor*

Cada programa debe ser compilado previamente y luego se debe de subir el programa al controlador, sin embargo, es necesario recalcar que para el programa de comunicación serial no debe haber conexiones en sus puertos seriales debido a que estos interrumpen y no permiten la subida del programa. Por ello, debe hacerse la conexión de TX y RX del Arduino con la pantalla táctil luego de haber subido el programa.

### **3.3 Selección de químicos: mezclas y nutrición.**

La selección de químicos se realiza con el fin de brindar beneficios a los consumidores finales al dispensar la bebida funcional. Como fue señalado previamente, se decidió desarrollar una combinación de los químicos para obtener bebidas energizantes, bebidas para fortalecer el sistema inmunológico y bebidas para aliviar los síntomas de la resaca. A partir de una investigación bibliográfica en sitios web como MedinePlus, NIH, etc., y de la entrevista a la Lic. Doménica Salcedo, quien es nutricionista graduada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se procedió escoger productos químicos que sean de utilidad para el desarrollo de las bebidas propuestas en este trabajo de tesis.

Dentro de los químicos seleccionados para el desarrollo de los productos se encuentran los siguientes:

- Mezcla de electrolitos Hi-Lyte:
  - Zinc
  - Potasio
  - Magnesio
  - Sodio
- Complejo B Pure Encapsulations:

- Tiamina.
- Riboflavina
- Niacina
- Vitamina B6
- Vitamina B12
- Ácido Pantoténico
- Cafeína Anhidra.
- Ácido Ascórbico o Vitamina C.

Aquellos componentes previamente nombrados son dosificados mediante las bombas peristálticas para realizar las mezclas de los componentes y finalizar la elaboración del producto final. De esta manera, se detallan las 3 diferentes combinaciones de químicos con el respectivo motivo de utilización en la bebida, a continuación:

- Bebida energizante:
  - Cafeína Anhidra: estimulante del sistema nervioso.
  - Mezcla de electrolitos Hi-Lyte: Reemplaza los electrolitos perdidos por deshidratación, en este caso puede ser por ejercicio o sudor.
  - Complejo B Pure Encapsulations: ayudan al estado de ánimo, procesar ciertos nutrientes y en los procesos de las células. Por ejemplo, la vitamina B6 ayuda a la utilización de carbohidratos, proteínas y grasas para contribuir al metabolismo energético.
- Bebida para el sistema inmunológico:
  - Ácido Ascórbico: es un antioxidante y su función es proteger a las células de los radicales libres.

- Complejo B Pure Encapsulations: permite una mejor absorción de la vitamina C y ayuda a los procesos celulares.
- Bebida para los síntomas de la resaca:
  - Mezcla de electrolitos Hi-Lyte: su función es hidratar el cuerpo para recuperar los minerales perdidos por el consumo de bebidas alcohólicas.
  - Complejo B Pure Encapsulations: protege al hígado durante el procesamiento del alcohol, además ayuda en los procesos celulares y contribuye a un mejor metabolismo.
  - Vitamina C: agente antioxidante que ayuda a proteger las células, el cual se comienza a perder luego de consumir bebidas alcohólicas.

Las combinaciones de las bebidas fueron desarrolladas con el fin de ayudar a las diferentes problemáticas previamente mencionadas. Es necesario señalar que funcionan como suplementos diarios, es decir, que complementa la ingesta de nutrientes diarios.

### **3.4 Pruebas de los procesos de control.**

A continuación, se procederá a demostrar las pruebas y conexiones de los procesos que se van a implementar. Como fue mencionado anteriormente, existen tres procesos: la interfaz para pedidos mediante la pantalla táctil, la dosificación de líquidos mediante las bombas peristálticas y el mezclado de los líquidos mediante la agitación magnética.

### **3.4.1 Prueba de la HMI de la pantalla táctil Nextion.**

Para probar la interfaz HMI se debe extraer el archivo TFT del programa y subirlo a la tarjeta Micro SD. Luego se alimenta a la fuente de alimentación y se energiza, se espera a que se cumpla el 100% de la actualización. Luego se desconecta, se remueve la tarjeta del módulo y se vuelve a alimentar con la fuente de alimentación para energizar el módulo. Fue necesario ejecutar cada comando que se había configurado en el software con el fin de verificar que todo esté correctamente, desde los cambios de página del menú de la pantalla táctil hasta el envío de datos.

El funcionamiento de la pantalla no requiere de una comunicación con la tarjeta Arduino debido a que puede trabajar de manera independiente gracias al microcontrolador interno. La función principal de la pantalla es la recepción y envío de datos con la tarjeta de Arduino para facilitar el control de la máquina a los consumidores finales.

Finalmente, la prueba de la pantalla táctil de marca Nextion fue sencilla, rápida y eficaz. Los comandos, previamente configurados en el software Nextion Editor, permitieron un correcto funcionamiento de las acciones que debe realizar el HMI obteniéndose el objetivo propuesto.

### 3.4.1.1 Diagrama de conexión y control con el Arduino Mega.

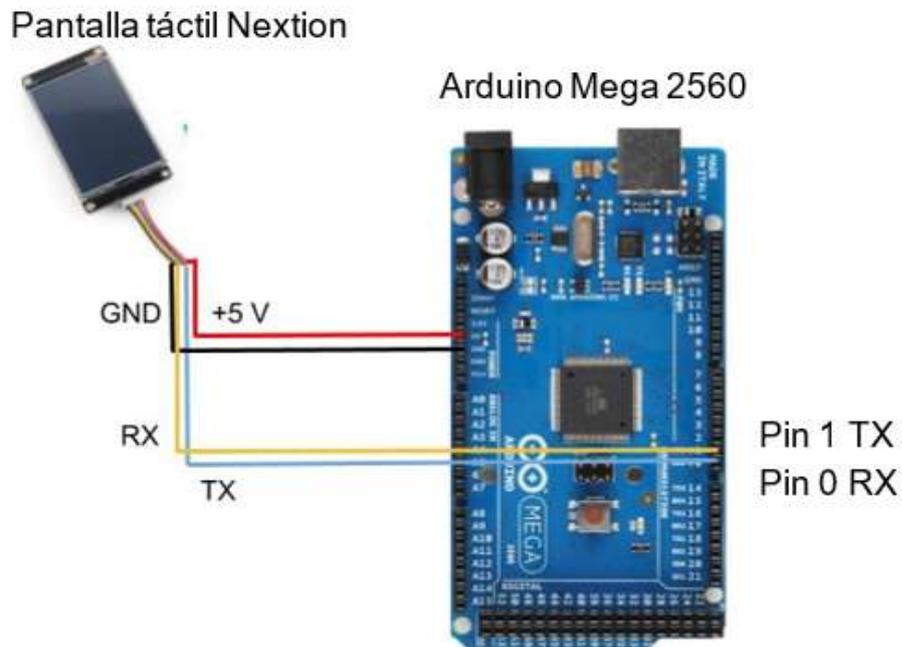


Figura 3.13 Conexión de la pantalla Nextion con el Arduino

Fuente: El autor

### 3.4.2 Prueba del control de las bombas peristálticas.

Si bien las bombas peristálticas fueron probadas directamente con una fuente de 12 Vdc y 3A, también se procedió a probar en conjunto con el módulo controlador marca DROK. Puesto que, el módulo es quien va a generar los cambios de velocidades de la bomba peristáltica y además va a controlar el funcionamiento. De esta manera, se puede realizar la marcha y paro de los motores o bombas conectados con el módulo DROK. En cada bomba peristáltica se conectan las mangueras de silicona con líquidos disponibles para probar el funcionamiento, luego se procedió a calibrar con el fin de obtener una descarga o salida constante por segundo. Es así, como se consigue una salida de 1 ml por segundo.

Cabe recalcar que, el módulo DROK y el sistema de control presenta una respuesta inmediata ante la programación que se sube al Arduino.

### 3.4.2.1 Diagrama de conexión y control con el Arduino Mega.

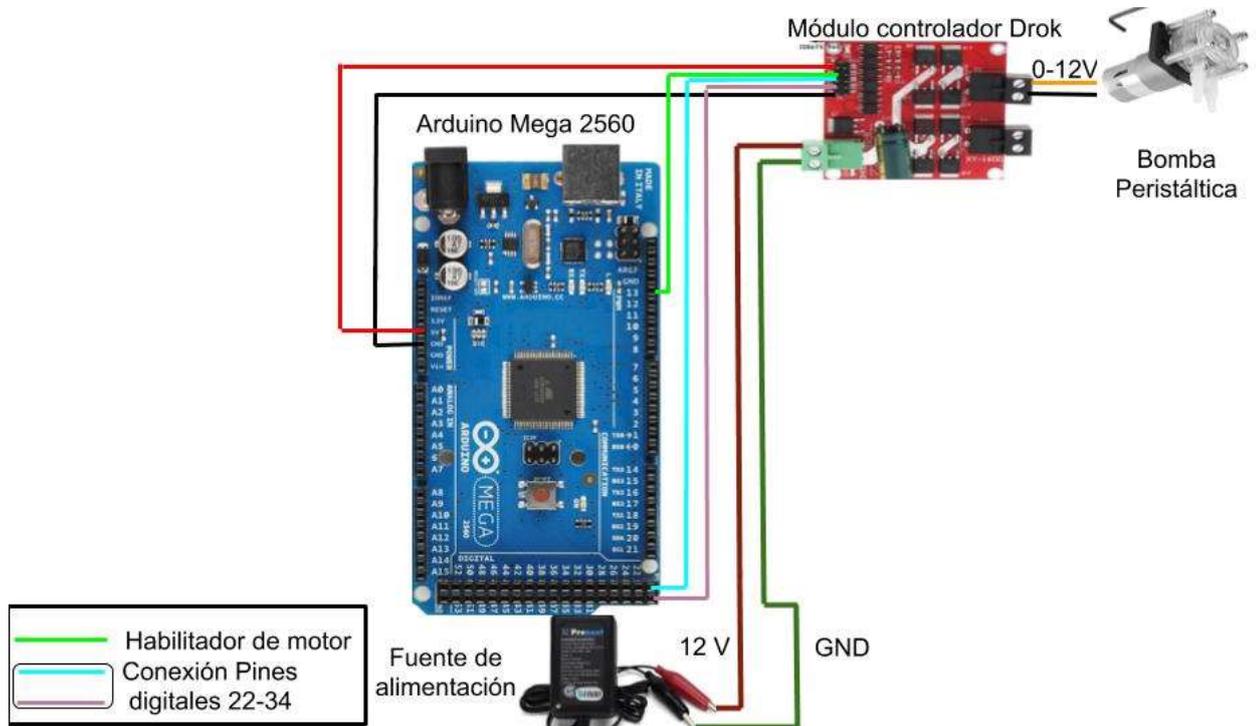


Figura 3.14 Conexión del módulo DROK y la bomba peristáltica al Arduino

Fuente: El autor

### 3.4.2.2 Pruebas de comunicación UART de la pantalla Nextion con Arduino.

El correcto funcionamiento de la interfaz HMI con las bombas peristálticas fue logrado mediante la codificación hecha en el Arduino IDE (Software). Posteriormente se logró probar cómo el Arduino (Hardware) recibe los datos por el puerto serial. Luego, se procesan estos datos y se tomaba acción con respecto a los datos obtenidos. De esta manera, se logra verificar el funcionamiento de la comunicación UART o comunicación serial mediante la conexión de TX y RX. Es necesario señalar que, para una correcta comunicación entre ambos dispositivos la salida TX del Arduino debe estar conectada a la entrada RX de la pantalla. De la misma manera, la salida TX de la pantalla debe estar conectada a la entrada RX del Arduino. Caso contrario, no se va a poder a enviar o recibir datos.

### 3.4.3 Desarrollo y pruebas de la mezcla de la bebida por agitación magnética.

#### 3.4.3.1 Implementación del proceso de agitación magnética.

Para empezar, se deben acoplar los imanes a una plataforma controlada por motor. Se usó un ventilador pequeño y se eliminó las aspas logrando obtener un motor con una plataforma estable para realizar la agitación magnética. Luego, se procede a hacer uso de la barra magnética dentro de un contenedor con líquido para comprobar el seguimiento de la barra a las revoluciones por minuto (RPM) del motor. Este proceso, es controlado mediante un relé debido que el motor trabaja con 110 Vac. De esta manera, el relé permite el aislamiento y el control del paso de energía.

#### 3.4.3.2 Diagrama de conexión y control con el Arduino Mega.

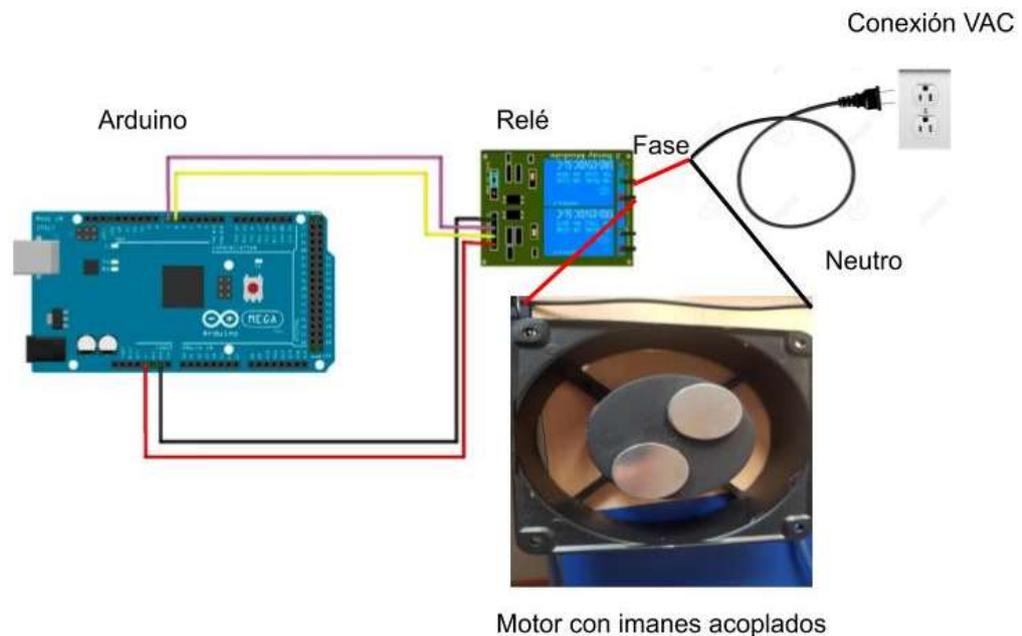


Figura 3.15 Conexión del módulo Relé y el motor con los magnetos acoplados.

Fuente: El autor

### 3.5 Diseño e implementación del prototipo dosificador.

#### 3.5.1 Esquematación del sistema de automatización completo.

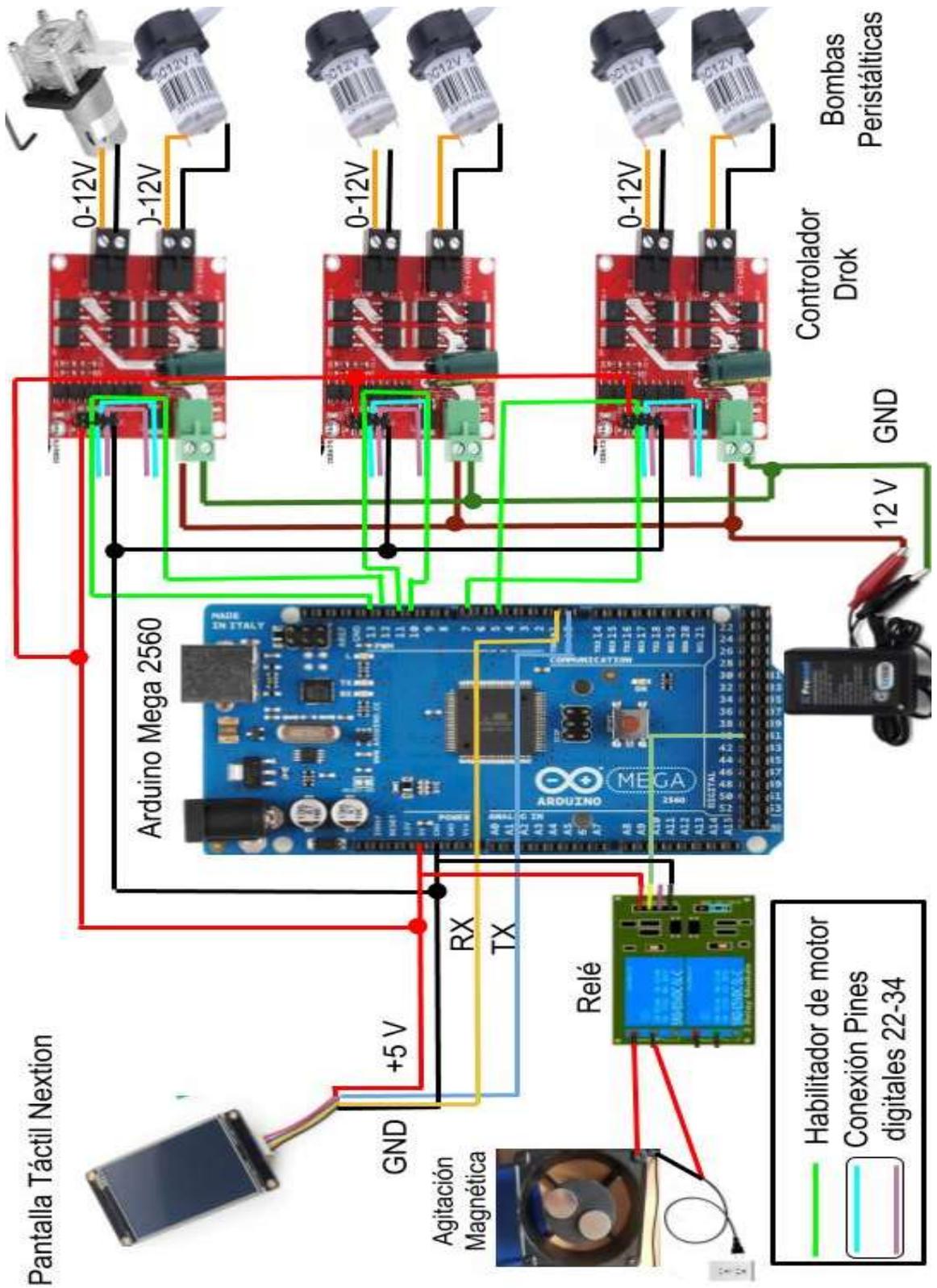


Figura 3.16 Esquematización del sistema de control completo.

Fuente: El autor

### 3.5.2 Diagrama de bloques del prototipo del sistema.

A continuación, el diagrama de bloques permite entender mejor el proceso y funcionamiento de los dispositivos eléctricos o electrónicos que conforman al sistema de la máquina.

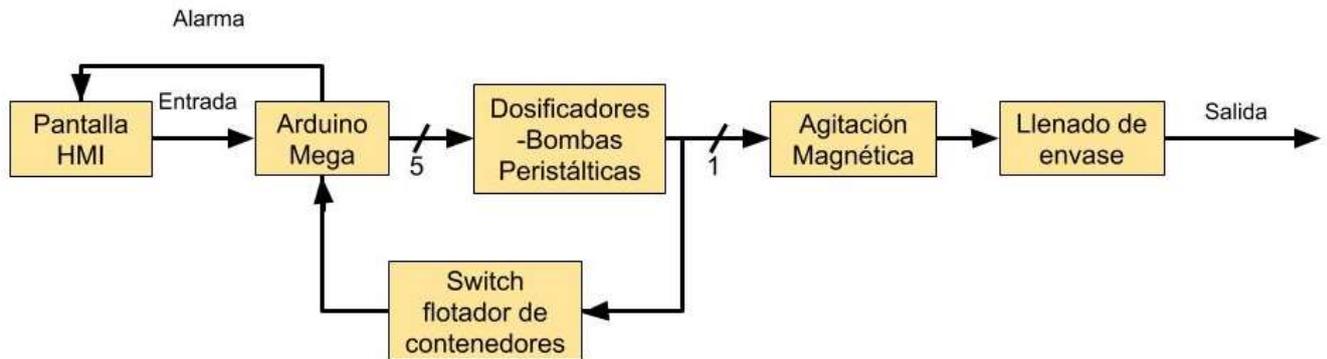


Figura 3.17 Diagrama de Bloques del sistema de control completo.

Fuente: El autor

### 3.5.3 Diagrama de flujo de la programación del prototipo del sistema.

Con el fin de poder entender la programación del sistema se detalla el diagrama de flujo para ver los procedimientos realizados en la programación. En el diagrama se puede visualizar de inicio a fin el funcionamiento de la programación del sistema para una mejor comprensión del usuario. Luego del análisis del código de programación del prototipo, se genera el siguiente diagrama de flujo:

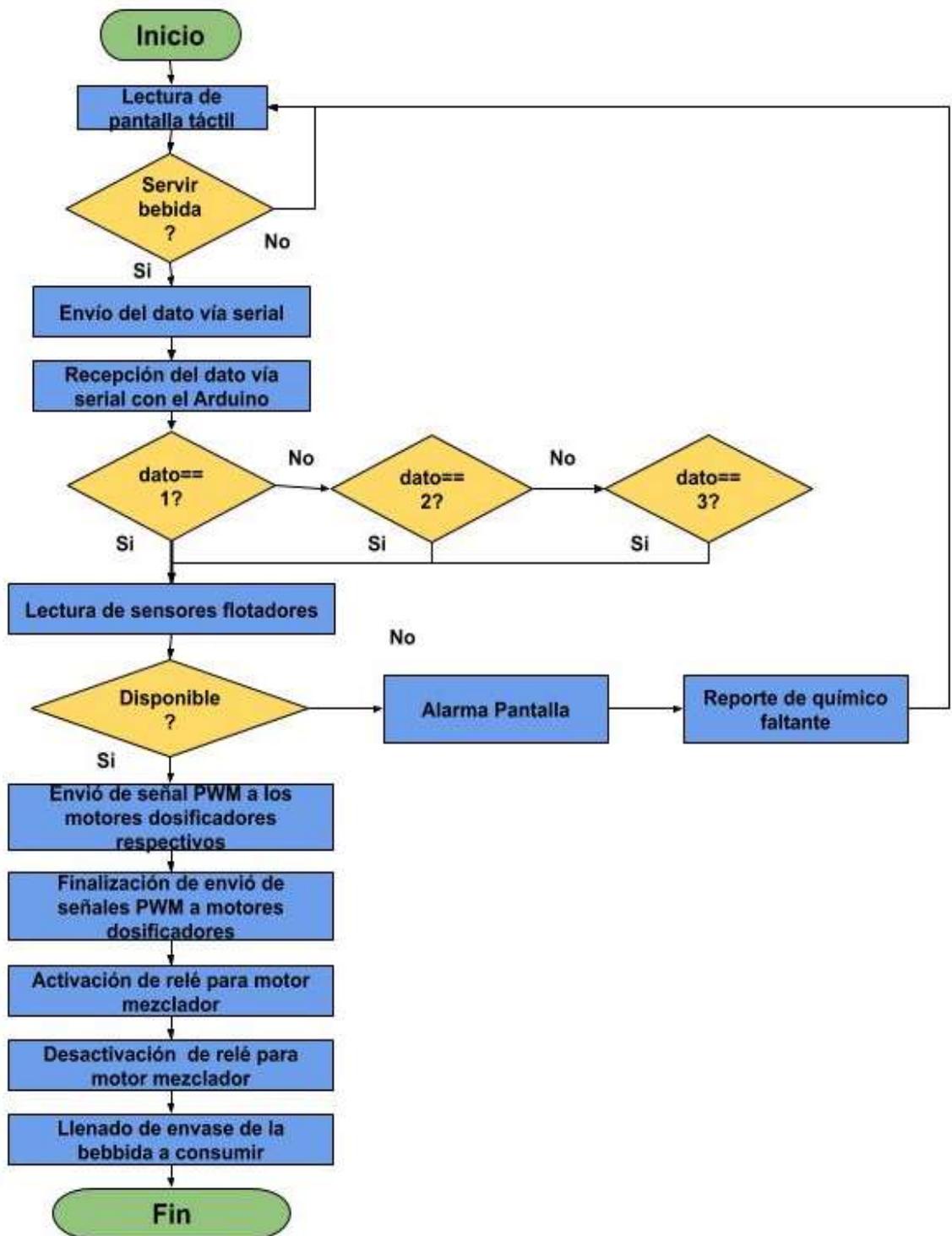


Figura 3.18 Diagrama de flujo de la programación del prototipo completo.

Fuente: El autor

### 3.5.4 Diseño de la estructura de la máquina.

El diseño de la estructura de la máquina se realizó en el programa AutoCad para poder tener una mejor comprensión y visualización de la estructura del prototipo que se desarrolló. De esta manera, se dibujan las estructuras 2D para la base plana y de tipo 3D para las bandejas que luego serán ensamblados.

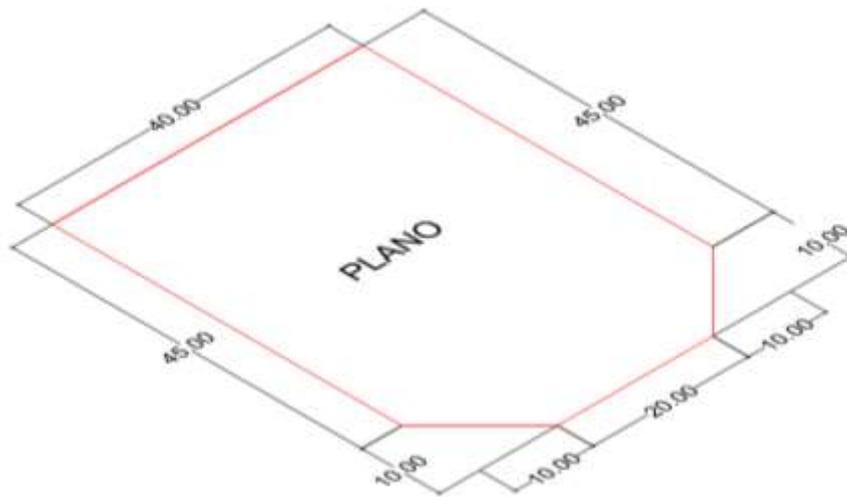


Figura 3.19 Plano de la base plana en 2D hecho en Autocad.

Fuente: El autor

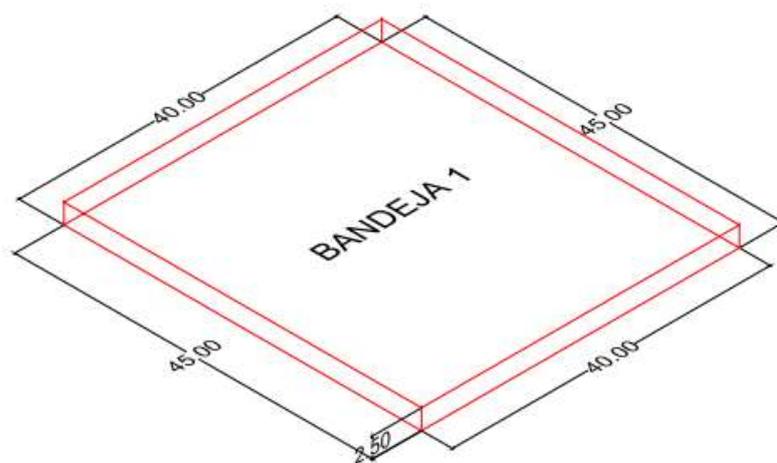


Figura 3.20 Plano de la estructura de la bandeja 1 en 3D hecho en Autocad.

Fuente: El autor

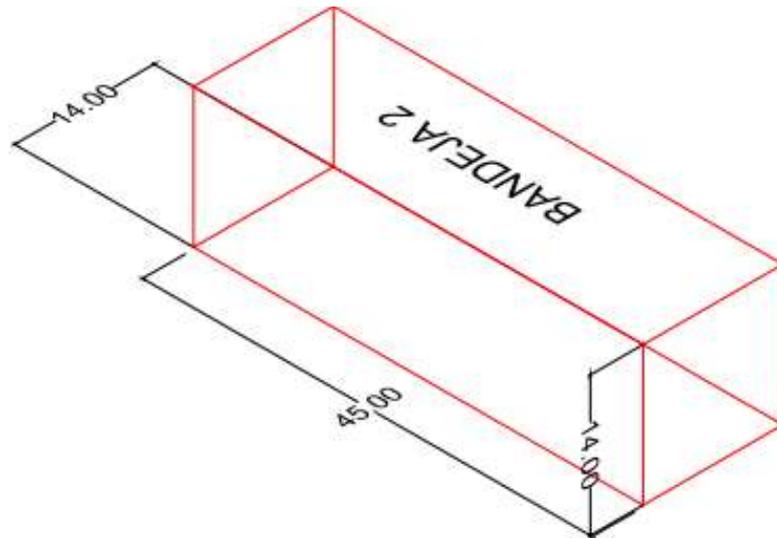


Figura 3.21 Plano de la estructura de la bandeja 2 en 3D hecho en Autocad.

Fuente: El autor

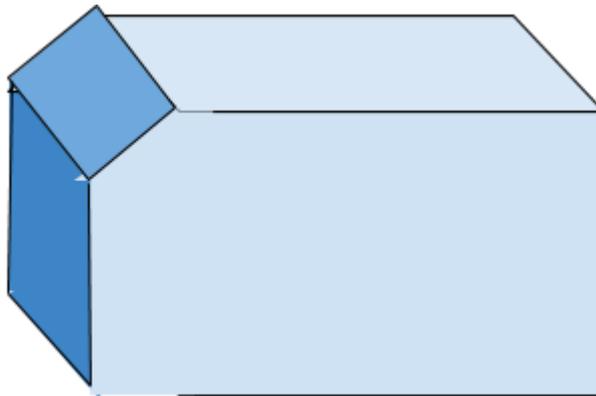


Figura 3.22 Plano de la estructura de la bandeja 2 en 3D.

Fuente: El autor

Se decidió trabajar con metal para las estructuras de las figuras 3.19, 3.20 y 3.21; mientras que para la estructura de la figura 3.22 se usó material acrílico para dar una mejor visualización de los procesos. Es necesario señalar que, se debió llevar a cabo modificaciones a las estructuras previamente mencionadas mediante el uso de herramientas como la tijera para cortar metal, taladro, remachadora, tornillos, etc. Las modificaciones fueron hechas con el fin de poder ensamblar la máquina, posicionar los elementos electrónicos y las demás partes que conforman el sistema como los

recipientes. Para las modificaciones, se utilizó el siguiente diseño de la máquina ensamblada como modelo:



Figura 3.23. Vista superior del diseño estructural de la máquina en AutoCad.

Fuente: El autor

El resultado del ensamblaje y modificaciones de las piezas es el siguiente:



Figura 3.24. Vista superior y frontal de la estructura del prototipo ensamblado en AutoCad.

Fuente: El autor

### **3.6 Componentes, costos y modelado de los productos finales.**

Existen diferentes aspectos a considerar para el manejo de los componentes de las bebidas como:

- Diferentes concentraciones dependiendo de la necesidad fisiológica que se esté tomando en cuenta en la bebida.
- La cantidad de mililitros de la materia prima a dosificar para alcanzar las concentraciones establecidas. Se debe considerar que la materia prima se encuentra mezclada en los recipientes con agua.
- Los valores diarios de las vitaminas, minerales y/o energizante.

A partir, de las diferentes concentraciones de materia prima para cada bebida se debe considerar el costo de cada una de ellas. De esta manera, se puede obtener el costo de materia prima total para la producción de cada bebida. Cabe recalcar que, el costo del producto final puede variar dependiendo del gusto o requerimiento de la bebida para combinar (saborizantes, té, jugos, etc.) del dueño de la máquina. Sin embargo, con la finalidad de demostrar el costo total aproximado de cada bebida se procedió a usar té helado como bebida para combinar.

El diseño de los modelos de cada bebida permite visualizar la materia prima que se va a consumir en el sistema. Además, se puede visualizar cuales son los procesos necesarios para obtener el producto final.

#### **3.6.1 Lista de precios de las partes, dispositivos y materiales usados en el sistema.**

Los precios de aquellos elementos pueden variar según las localidades donde sean adquiridos.

A continuación, las partes, piezas y dispositivos electrónicos acompañados con sus precios en nuestro país (Ecuador) son los siguientes:

*Tabla 3.3 Precio de los elementos en Ecuador*

Dispositivos	Cantidad	Precio	
		Unitario	Total
Bomba peristáltica 2x 4mm	4	\$34.99	\$139.96
Módulo controlador de motores DROK	3	\$15.59	\$46.77
Pantalla táctil Nextion	1	\$35.99	\$35.99
Paquete 30 Jumpers	1	\$1.65	\$1.65
Motor ventilador	1	\$8.00	\$8.00
Magnetos	2	\$1.06	\$2,12
Barra magnética de agitación	1	\$3.5	\$3.5
Arduino Mega 2560	1	\$15.5	\$15.5
Sensor interruptor flotador	5	\$3	\$15
Total			\$268.49

*Fuente: El autor*

A continuación, los materiales y dispositivos electrónicos en conjunto con sus precios en Estados Unidos (USA) son los siguientes:

*Tabla 3.4 Precio de los elementos en USA*

Dispositivos	Cantidad	Precio	
		Unitario	Total
Dispositivos	Cantidad	Unitario	Total

Bomba peristáltica 2x 4mm	4	\$12.68	\$50.72
Módulo controlador de motores DROK	3	\$15.59	\$46.77
Pantalla táctil Nextion	1	\$31.99	\$31.99
Paquete 60 Jumpers	1	\$6.98	\$6.98
Motor ventilador	1	\$8.00	\$8.00
Magnetos	2	\$1.5	\$3
Barra magnética de agitación (3)	1	\$4.3	\$4.3
Arduino Mega 2560	1	\$14.99	\$14.99
Sensor interruptor flotador	5	\$1.83	\$9.17
Total			\$175.62

*Fuente: El autor*

Como se puede observar en las tablas, en el total de los precios hay una diferencia de 87.04 dólares entre la lista de precios de Ecuador y USA. En conclusión, adquirir las partes en Estados Unidos (USA) es 87.04 dólares más económico que en Ecuador en la lista de materiales y dispositivos, por lo cual es la mejor opción de compras de materiales y dispositivos electrónicos para la implementación del producto.

### **3.6.2 Componentes, costos y modelado de la bebida para la resaca.**

#### **3.6.2.1 Componentes de la bebida.**

En la siguiente tabla, se puede observar los diferentes aspectos de los componentes de la bebida para resaca:

Tabla 3.5 Concentraciones de la materia prima de la bebida para resaca.

<b>Materia prima</b>	<b>Mililitros a dosificar</b>	<b>Concentraciones por bebida</b>	<b>% valor diario</b>
Electrolitos Hi-Lyte	30 ml	Potasio.....300mg Sodio.....250mg Zinc .....6mg Magnesio.....90mg Cloruro.....850mg Sulfato.....40mg	Potasio.....8% Sodio.....10% Zinc .....3% Magnesio.....22% Cloruro.....22% Sulfato.....*
Vitamina C (Ácido ascórbico)	14 ml	500 mg	833%
Complejo B (Pure Encapsulation)	29 ml	Tiamina(B1).....3.5 mg Riboflavina.....3mg Niacina.....10mg Vitamina B6.....4mg Vitamina B12..500mg Ácido Pantoténico.....10mg	Tiamina(B1).....292% Riboflavina.....231% Niacina.....63% Vitamina B6.....235% Vitamina B12..20,833% Ácido Pantoténico.....200%

Fuente: El autor

### 3.6.2.2 Costo de la bebida

La lista de costos por materia prima de la bebida de resaca es la siguiente:

Tabla 3.6 Costos de la materia prima de la bebida para resaca.

<b>Materia prima</b>	<b>Costo de Materia Prima</b>
Electrolitos Hi-Lyte	\$0.56
Vitamina C (Ácido ascórbico)	\$0.02

Complejo B (Pure Encapsulation)	\$1.10
<b>Total</b>	\$1.68
Bebida a combinar	\$0.18
<b>Total</b>	\$1.86

Fuente: El autor

El costo de la materia prima de la bebida para resaca sin incluir la bebida a combinar es de \$1.68; sin embargo, adicionando el té en polvo, la bebida para la resaca tiene un costo de \$1.86. En conclusión, la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico es de bajo coste, lo cual puede permitir obtener un mayor margen de ganancia.

### 3.6.2.3 Modelo de la producción de la bebida.

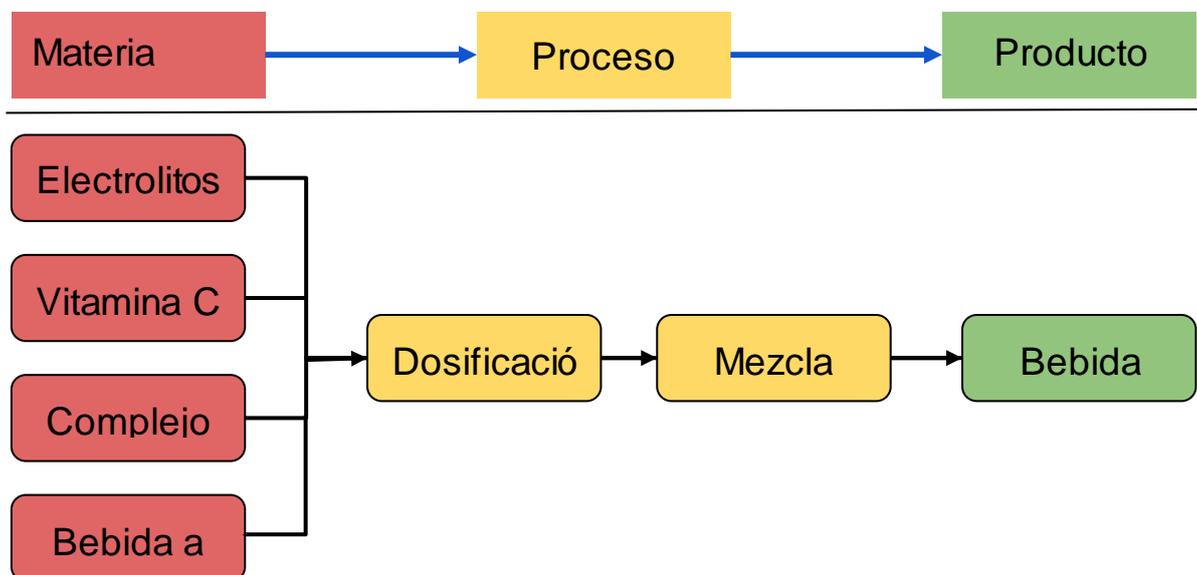


Figura 3.25. Diagrama de la preparación de la bebida para la resaca.

Fuente: El autor

### 3.6.3 Componentes, costos y modelado de la bebida para sistema inmunológico.

#### 3.6.3.1 Componentes de la bebida.

En la siguiente tabla, se puede observar los diferentes aspectos de los componentes de la bebida para el sistema inmunológico:

Tabla 3.7 Concentraciones de la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico.

<b>Materia prima</b>	<b>Mililitros a dosificar</b>	<b>Concentraciones por bebida</b>	<b>% valor diario</b>
Vitamina C (Ácido ascórbico)	28 ml	1000 mg	1,667%
Complejo B(Pure Encapsulation)	29 ml	Tiamina(B1).....3.5 mg Riboflavina.....3 mg Niacina.....10mg Vitamina B6.....4mg Vitamina B12..500mg Ácido Pantoténico.....10mg	Tiamina(B1).....292% Riboflavina.....231% Niacina.....63% Vitamina B6.....235% Vitamina B12..20,833% Ácido Pantoténico.....200 %

Fuente: El autor

#### 3.6.3.2 Costo de la bebida.

La lista de costos por materia prima de la bebida para el sistema inmunológico es la siguiente:

Tabla 3.8 Costos de la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico.

<b>Materia prima</b>	<b>Costo de Materia Prima</b>
Vitamina C (Ácido ascórbico)	\$0.03

Complejo B (Pure Encapsulation)	\$1.10
<b>Total</b>	\$1.13
Bebida a combinar	\$0.18
<b>Total</b>	\$1.31

Fuente: El autor

El costo de la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico sin incluir la bebida a combinar es de \$1.13; sin embargo, adicionando el té en polvo, la bebida para la resaca tiene un costo de \$1.31. En conclusión, la materia prima de la bebida para el sistema inmunológico es de bajo coste, lo cual puede permite obtener un mayor margen de ganancia.

### 3.6.3.3 Modelo de la producción de la bebida.

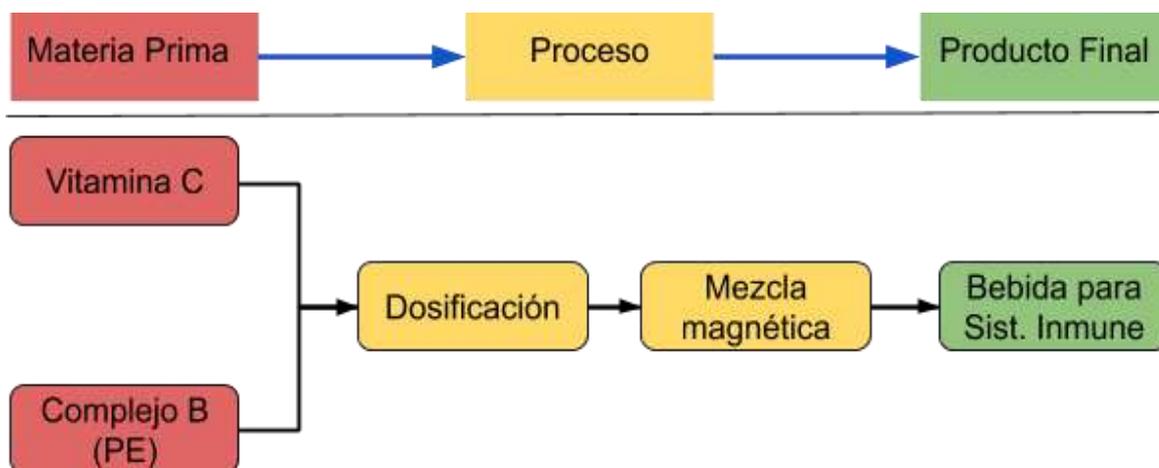


Figura 3.26. Diagrama de la preparación de la bebida para el sistema inmunológico

Fuente: El autor

### 3.6.4 Componentes, costos y modelado de la bebida energizante.

#### 3.6.4.1 Componentes de la bebida.

En la siguiente tabla, se puede observar los diferentes aspectos de los componentes de la bebida energizante:

Tabla 3.9 Concentraciones de la materia prima de la bebida energizante.

Materia prima	Mililitros a dosificar	Concentraciones por bebida	% valor diario
Electrolitos Hi-Lyte	15 ml	Potasio.....150mg Sodio.....125mg Zinc .....3mg Magnesio.....45mg Cloruro.....425mg Sulfato.....40mg	Potasio.....4% Sodio.....5% Zinc .....2% Magnesio.....11% Cloruro.....11% Sulfato.....*
Cafeína Anhidra	16 ml	120 mg	*
Complejo B (Pure Encapsulation)	29 ml	Tiamina(B1).....3.5 mg Riboflavina.....3mg Niacina.....10mg Vitamina B6.....4mg Vitamina B12..500mg Ácido Pantoténico.....10mg	Tiamina(B1).....292% Riboflavina.....231% Niacina.....63% Vitamina B6.....235% Vitamina B12..20,833% Ácido Pantoténico.....200%

Fuente: El autor

#### 3.6.4.2 Costo de la bebida.

La lista de costos por materia prima de la bebida energizante es la siguiente:

Tabla 3.10 Costos de la materia prima de la bebida para energizante.

Materia prima	Costo de Materia Prima
---------------	------------------------

Electrolitos Hi-Lyte	\$0.56
Cafeína Anhidra	\$0.02
Complejo B (Pure Encapsulation)	\$1.10
<b>Total</b>	\$1.68
Bebida a combinar	\$0.18
<b>Total</b>	\$1.86

Fuente: El autor

El costo de la materia prima de la bebida energizante sin incluir la bebida para combinar es de \$1.68; sin embargo, adicionando el té de marca Nestea en polvo, la bebida energizante tiene un costo de \$1.86. En conclusión, la materia prima de la bebida energizante es de bajo coste, lo cual puede permitir obtener un mayor margen de ganancia.

### 3.6.4.3 Modelo de la producción de la bebida.

0

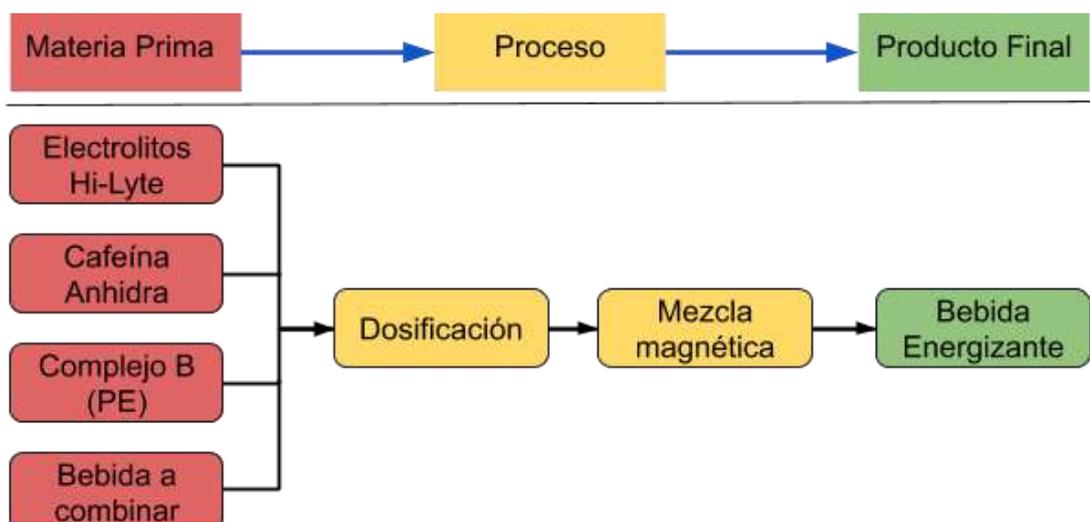


Figura 3.27 Diagrama de la preparación de la bebida Energética.

Fuente: El autor

### 3.7 Análisis FODA

FODA DE DOSIFICACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES	
<p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficios en la salud:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El cuerpo utiliza el 98% de los <u>nutrientes líquidos</u>, mientras que en los encapsulados o tabletas solo se utiliza entre 39-53% de los nutrientes.</li> <li>○ Extractos líquidos son asimilados entre 1-4 minutos, mientras que las píldoras toman entre 20-30 para descomponerlas y luego asimilarlas.</li> <li>○ Mejoras en la calidad de vida diaria.</li> <li>○ Las bebidas funcionales tienen previsto un crecimiento de \$155.98 billones de dólares entre el año 2019 a 2023.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área médica:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Formar parte de alianzas con departamentos del área de medicina.</li> <li>○ Cambiar las sustancias de acuerdo con la diagnosis de doctores.</li> <li>○ Trazabilidad del consumo de productos para análisis de la ingesta de nutrientes del usuario mediante registros históricos de los consumos.</li> <li>○ Facilitar la adherencia de tratamientos, es decir, cumplir el tratamiento prescrito por los médicos o terapeutas.</li> </ul> </li> <li>• Área de químicos:</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadísticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El consumo de bebidas no alcohólicas en Ecuador representa 1.560 millones de litros al año.</li> </ul> </li> <li>• Ventajas de su implementación: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sistema de bajo costo.</li> <li>○ Fácil manejo del usuario debido a la pantalla táctil del equipo dosificador.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Convenios con empresas para un mejor desarrollo y obtención de los productos a dosificar.</li> <li>○ Seleccionar sabores de acuerdo a la preferencia del usuario.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Domótica: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Escalabilidad para formar parte de productos de domótica.</li> </ul> </li> </ul>
<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el consumidor final: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Facilidades que brindan el consumo rápido de tabletas y/o cápsulas como ser práctico y rápido para el consumo.</li> <li>○ Carencia de capacitación y/o entendimiento de los usuarios para su uso y requerimientos.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de químicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Distribución y venta de los productos químicos (vitaminas, minerales y nutrientes) para el llenado de tanques a dosificar.</li> </ul> </li> <li>• Área económica: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Al ser un sistema desarrollado para negocios, no hay manejo sobre el costo del</li> </ul> </li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>○ Falta de solvencia económica del cliente para consumir el producto.</li></ul>	producto final del sistema.
---	-----------------------------

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones.

La implementación del prototipo dosificador mediante el control de bombas peristálticas por PWM permitió el desarrollo de un sistema con respuesta inmediata ante los pedidos de bebidas funcionales del consumidor, tomando un máximo de 2 minutos por despacho de bebida. Es decir que, gracias al control PWM se pudo realizar con gran precisión la dosificación de los líquidos a combinar. En el caso de las bombas peristálticas pequeñas, los líquidos con vitaminas y/o minerales se consiguió dosificar con una precisión de 1 ml por segundo luego de una calibración debidamente hecha como se muestra en el *Capítulo 3.2.4*. Mientras que en el caso de la bomba peristáltica grande se consiguió dosificar 5ml por segundo con una precisión de  $\pm 1$  ml. El transporte controlado de las bombas peristálticas asegura que cada bebida contenga las dosis exactas de vitaminas y/o minerales para alcanzar los valores nutricionales diarios recomendados por la Institución Nacional de Salud de Estados Unidos (National Institute of Health o NIH) en su sitio web y para cumplir con los beneficios propuestos de la bebida. Cabe recalcar que, el uso de las bombas peristálticas también evita la contaminación de los fluidos que transporta, lo cual representa una ventaja para el sector privado e industrial, en especial las industrias químicas.

El sistema fue conformado por procesos innovadores secuenciales. Es así como, la implementación de una HMI mediante la incorporación de la pantalla táctil permitió la visualización y generación de pedidos de manera sencilla y amigable para los usuarios. Además, el sistema de agitación magnética para las bebidas permite realizar la mezcla de la bebida mediante una varilla magnética de grado alimenticio que se encuentra aislada en el recipiente mezclador, sin tener contacto con dispositivos

eléctricos o electrónicos. Entonces, se obtuvo una mezcla rápida, eficaz y aislada de contaminación.

La comunicación UART entre la pantalla táctil de Nextion y el Arduino Mega se mostró eficaz en este prototipo, gracias a la fácil y rápida comunicación entre los dispositivos y, además, a su bajo coste. La ejecución de la comunicación serial fue de gran importancia en el proyecto para que los pedidos u órdenes de las bebidas en la pantalla táctil marca Nextion sean despachadas con mayor rapidez mediante una interfaz que resultó amigable al usuario. Mediante el uso de la comunicación serial se aseguró que el transporte de datos sea seguro y eficiente, y se evitó problemas en el despacho de órdenes. Sin embargo, una mala conexión puede representar problemas en la transmisión de datos.

Además, el prototipo dosificador de líquidos de vitaminas y/o minerales es una ventaja para los consumidores ya que proporciona bebidas con propiedades específicas que contribuyen a la salud y a la vida diaria del consumidor como en su rendimiento físico. A partir de este producto se podría dejar de lado el consumo de tabletas o pastillas, debido que pueden representar hasta un 59% de producto no asimilado por nuestros cuerpos, lo cual representa desperdicio de productos y mayor trabajo en el sistema digestivo del cuerpo. Además, el uso de pastillas o tabletas toma mayor cantidad de tiempo en ser asimilado. De esta manera, se implementó una nueva alternativa al consumo de vitaminas y/o minerales, una nueva forma de despacho con un interfaz amigable que atraerá a los consumidores debido a la eficiencia de las propiedades beneficiosas para la salud de los consumidores y la visualización de procesos innovadores que lo conforman.

## **4.2 Recomendaciones.**

- Realizar chequeos trimestrales para asegurar la calibración de las bombas peristálticas y brindar el respectivo mantenimiento preventivo a la máquina para que esté en un estado óptimo.
- Tomar en consideración la escalabilidad del producto para el desarrollo de diferentes tipos de bebidas, por lo cual, mediante una investigación exhaustiva se pueden generar mayor cantidad de opciones de bebidas y combinaciones entre vitaminas, minerales y otros productos de la industria farmacéutica y química.
- Mediante alianzas estratégicas con el sector de salud se puede desarrollar registros históricos de los pedidos de las bebidas para un estudio de salud más exhaustivo del cuidado y seguimiento de los tratamientos de los pacientes.

## Referencias y bibliografía

- Adapted Nutrition. (2017, Septiembre 12). Hi-Lyte Original. Obtenido de <https://hi-lyte.com/products/hi-lyte-electrolyte-concentrate-regular>
- Agrowtek. (s.f.). *Dosing pump*. Obtenido de [https://www.agrowtek.com/index.php/products/dosing\\_systems/dosing-pumps/agrowdose-digital-peristaltic-dosing-pumps-detail](https://www.agrowtek.com/index.php/products/dosing_systems/dosing-pumps/agrowdose-digital-peristaltic-dosing-pumps-detail)
- Araven. (2020). Araven: Equipamiento, Hogar y Hostelería. Obtenido de <https://www.araven.com/es>
- BeRG, J., y Dallas, T. (2014). APA citation generator: Citefast automatically formats citations in APA 6th edition. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/302544930\\_Peristaltic\\_Pumps](https://www.researchgate.net/publication/302544930_Peristaltic_Pumps)
- Bolte, G. (2005). Brief Introduction to Dosing Technology. Obtenido de [http://www.lutz-jesco.com/fileadmin/data/dokumente/aktuelles\\_aus\\_der\\_technik/LJ-Dosing\\_Technology\\_Seminar-EN.pdf](http://www.lutz-jesco.com/fileadmin/data/dokumente/aktuelles_aus_der_technik/LJ-Dosing_Technology_Seminar-EN.pdf)
- Boro, K., y Otros. (2016, Junio). Water supply pumping control system using PWM based on precision agriculture principles. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Supriyanto/publication/307975734\\_Water\\_supply\\_pumping\\_control\\_system\\_using\\_PWM\\_based\\_on\\_precision\\_agriculture\\_principles/links/5bbf61c2a6fdcc2c91f69ffc/Water-supply-pumping-control-system-using-PWM-based-on-precision-agriculture-principles.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Supriyanto/publication/307975734_Water_supply_pumping_control_system_using_PWM_based_on_precision_agriculture_principles/links/5bbf61c2a6fdcc2c91f69ffc/Water-supply-pumping-control-system-using-PWM-based-on-precision-agriculture-principles.pdf)

- Busono, P., Aulia, M., Iswahyudi, A., Rahman, M., y Fitrianto, A. (2015). Design of Embedded Microcontroller for Controlling and Monitoring Blood Pump. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915035954>
- Calapiña, J. (2018, Agosto). Sistema Electronico Portable Para La Medicion Del Indice De Contaminacion De Suelos. Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28806/1/Tesis\\_%20t1483ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28806/1/Tesis_%20t1483ec.pdf)
- Chandini, J. (s.f.). Serum Electrolytes Levels in Patients with Alcohol Dependence Syndrome. Obtenido de [https://www.ijcmr.com/uploads/7/7/4/6/77464738/ijcmr\\_1428\\_may\\_23.pdf](https://www.ijcmr.com/uploads/7/7/4/6/77464738/ijcmr_1428_may_23.pdf)
- Contreras, E., y Purisaca, J. (2018). Elaboración y evaluación de bebida funcional a partir de Yacon y Piña endulzado con Stevia. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3060/47077.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Drok. (s.f.). *Product Introduction*. Obtenido de <https://www.ebay.com/itm/Dual-DC-Motor-Drive-Module-7A-160W-12V-24V-PWM-H-bridge-L298-Logic-Control-Board-/163095256416>
- Droking. (s.f.). *Motor Controller*. Obtenido de <https://www.droking.com/160W-2-Channel-DC-Motor-Driver-Module-Positive-Negative-PWM-Speed-Regulation-Optocoupler-Isolation-Dual-H-bridge-Motor-Controller?search=motor%20driver&description=true>
- El Universo. (2019, Abril 12). Ecuatorianos toman al año unos 1.560 millones de litros de bebidas no alcohólicas. Obtenido de

<https://www.eluniverso.com/noticias/2019/04/12/nota/7281038/1560-millones-litros-bebidas-se-toman-ano>

García, M., y Álvarez, G. (s.f). "Primer Congreso Virtual Los Microcontroladores y sus Aplicaciones" Diseño e implementación de un sistema de control de bombas peristálticas para dosificación de líquidos. Obtenido de [https://www.academia.edu/40688488/\\_Primer\\_Congreso\\_Virtual\\_Los\\_Microcontroladores\\_y\\_sus\\_Aplicaciones\\_Dise%C3%B1o\\_e\\_implementaci%C3%B3n\\_de\\_un\\_sistema\\_de\\_control\\_de\\_bombas\\_perist%C3%A1lticas\\_para\\_dosificaci%C3%B3n\\_de\\_l%C3%ADquidos](https://www.academia.edu/40688488/_Primer_Congreso_Virtual_Los_Microcontroladores_y_sus_Aplicaciones_Dise%C3%B1o_e_implementaci%C3%B3n_de_un_sistema_de_control_de_bombas_perist%C3%A1lticas_para_dosificaci%C3%B3n_de_l%C3%ADquidos)

García, V. (2015, Noviembre 24). El Puente-H (H-bridge). Obtenido de <https://www.hispavila.com/el-puente-h/>

Grand View Research. (s.f). Global Functional Drinks Market Size, Share | Industry Report 2010 - 2019. Obtenido de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/functional-drinks-market>

Groel, N. (2015, Junio 5). Bomba Peristaltica. Obtenido de <https://en.calameo.com/read/004376598d6468b850bc8>

Grup MCR. (2019). Dosificadores de líquidos ~ Grup MCR ~ Automatización de Procesos. Obtenido de <https://www.mcr.es/productos-adaptados/sistemas-de-dosificacion/dosificadores-de-liquidos/>

Guama, J., & Pincay, A. (2015). Implementación del control TOUCH del módulo selector de metal y plástico y monitoreo por Sistema SCADA. Obtenido de [space.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4172?mode=full](https://space.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4172?mode=full)

Guidote, A., Pacot, M., y Cabacungan, P. (2015, Enero). Low-Cost Magnetic Stirrer from Recycled Computer Parts with Optional Hot Plate. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/268078716\\_Low-Cost\\_Magnetic\\_Stirrer\\_from\\_Recycled\\_Computer\\_Parts\\_with\\_Optional\\_Hot\\_Plate](https://www.researchgate.net/publication/268078716_Low-Cost_Magnetic_Stirrer_from_Recycled_Computer_Parts_with_Optional_Hot_Plate)  
Hanna Instruments. (s.f.). *Ilustración del agitador magnetico*. Obtenido de <https://hannainst.ec/productos/linea/laboratorio/mini-agitador-magnetico-con-alimentacion-de-115-volts/>

Heriyanto, H., Boro, K., Slahudin, M., y Tofael, A. (2016, Junio 1). (PDF) Water supply pumping control system using PWM based on precision agriculture principles. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/307975734\\_Water\\_supply\\_pumping\\_control\\_system\\_using\\_PWM\\_based\\_on\\_precision\\_agriculture\\_principles](https://www.researchgate.net/publication/307975734_Water_supply_pumping_control_system_using_PWM_based_on_precision_agriculture_principles)

Hispavila. (s.f.). *Funcionamiento Puente H*. Retrieved from <https://www.hispavila.com/el-puente-h/>

Interempresas. (2017). Comparación entre diferentes bombas dosificadoras. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/195582-Comparacion-entre-diferentes-bombas-dosificadoras.html>

Iron. (2019, Octubre 16). Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-HealthProfessional/>

Lexico. (s.f.). Dosificador | Definición de Dosificador en Español de Lexico. Obtenido de <https://www.lexico.com/es/definicion/dosificador>

Loos, M. (2015). Processing of Polymer Matrix Composites Containing CNTs. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781455731954000060>

Luis Llamas. (2015, Agosto). *Ilustración de ciclos de trabajo PWM*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/salidas-analogicas-pwm-en-arduino/>

Market Research Report. (2018, Noviembre). Metering Pumps Market. Obtenido de <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/metering-pump-market-949.html>

Medicare -Europe. (2015, Septiembre 26). Liquids vs Pills. Obtenido de <https://medicare-europe.co.uk/science-clinical-data/liquids-vs-pills.html>

Medine Plus. (s.f.). Caféina: MedlinePlus en español. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/caffeine.html>

Metering Pumps Market. (2018, Noviembre). Obtenido de <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/metering-pump-market-949.html>

Michael Smith Engineers. (2020). Useful information on Metering pumps. Obtenido de <https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/metering-pumps>

NCBI. (2017, Mayo 26). The Safety of Ingested Caffeine: A Comprehensive Review. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5445139/>

NCBI. (s.f.). Water and Electrolytes - Recommended Dietary Allowances - NCBI Bookshelf. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234935/>

Nextion. (2019, Julio 18). Home Page. Retrieved from <https://nextion.tech/>

NIH. (2019, Julio 9). Thiamin. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Thiamin-HealthProfessional/>

NIH. (2019, Julio 9). Vitamin C. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>

- NIH. (2019, Julio 9). Vitamin B12. Obtenido de  
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB12-HealthProfessional/>
- NIH. (2019, Septiembre 19). Vitamin B6. Obtenido de  
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminB6-HealthProfessional/>
- NIH. (s.f.). Dietary Reference Intakes. Obtenido de  
[https://ods.od.nih.gov/Health\\_Information/Dietary\\_Reference\\_Intakes.aspx](https://ods.od.nih.gov/Health_Information/Dietary_Reference_Intakes.aspx)  
[https://ods.od.nih.gov/Health\\_Information/Dietary\\_Reference\\_Intakes.aspx](https://ods.od.nih.gov/Health_Information/Dietary_Reference_Intakes.aspx)
- Plasencia, N. (2017, Noviembre). *Partes de Arduino*. Obtenido de  
<https://github.com/NestorPlasencia/hackspace-electronica/wiki/Semana-1-Estructura-y-Programacion-de-Arduino>
- Psg Dover. (s.f.). *Peristaltic pump work*. Obtenido de  
<https://www.psgdover.com/mouvex/products/vane-pumps>
- Restauración News. (2015, Noviembre 19). Nuevo dispensador de salsas y contenedor con grifo de Araven. Obtenido de  
<https://restauracionnews.com/nuevo-dispensador-de-salsas-y-contenedor-con-grifo-de-araven/>
- Rodríguez, H. (2016). Diseño De Prototipo Para Análisis Y Control Del Nivel De Acidez En Los Efluentes Mineros Líquidos. Obtenido de  
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1871/1/TGT-436.pdf>
- Rojas, X., y Correa, G. (2015, Abril). Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión HMI para máquina barnizadora de la empresa "El telegrafo". Obtenido de  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10403/1/UPS-GT001448.pdf>

- Sevenson, T. (2015, Agosto 1). What is a dosing pump and how does a dosing pump work? Obtenido de <https://southernswater.com.au/what-is-a-dosing-pump-and-how-does-it-work/>
- Statista. (2017, Enero). Industria del bienestar: tamaño del mercado mundial 2015. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/600601/tamano-del-mercado-de-la-industria-del-bienestar-a-nivel-mundial--por-segmento/>
- Subía, G. (2015). Módulo Didáctico De Envasado De Líquidos, Tapado Y Etiquetado Controlado Por Daq Para El Laboratorio De Mecatrónica De La Utn". Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4615/1/04%20MEC%2092%20Tesis.pdf>
- Swaminathan, N., Diwakar, V., Krishnaiah, G., y Venkateswarlu. (2013, Diciembre 12). Design and Fabrication of a Pump for Peristaltic Flow of variable viscosity fluids. Obtenido de <http://www.ijoaart.org/docs/Design-and-Fabrication-of-a-Pump-for-Peristaltic-Flow-of-variable-viscosity-fluids.pdf>
- Tapia, C., y Manzano, H. (2013, Octubre). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>
- Technavio. (2018, Octubre). Global Functional Drinks Market 2019-2023. Obtenido de <https://www.technavio.com/report/global-functional-drinks-market-industry-analysis>
- Tolun, A., y Altintas, Z. (2019). Medicinal Properties and Functional Components of Beverages. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128163979000078#>

!

Uxcell. (s.f). *Silicone tube*. Obtenido de

[https://www.amazon.com/gp/product/B01C3GCZTM/ref=ox\\_sc\\_act\\_image\\_1?smid=ATVPDKIKX0DER&psc=1](https://www.amazon.com/gp/product/B01C3GCZTM/ref=ox_sc_act_image_1?smid=ATVPDKIKX0DER&psc=1)

Veintimilla, T., y Oliver, R. (2015). Diseño y construcción de una bomba

peristáltica. Obtenido de

<http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/11846/1/Veintimilla%20Toro%2C%20Ronny%20Oliver.pdf>

Vyacheslav, G., Ekaterina, E., y Timur, I. (2019, Abril). (PDF) Design of a Smart Bartender with Peristaltic Pumps. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/332808625\\_Design\\_of\\_a\\_Smart\\_Bartender\\_with\\_Peristaltic\\_Pumps](https://www.researchgate.net/publication/332808625_Design_of_a_Smart_Bartender_with_Peristaltic_Pumps)

Weis O. (2019, Diciembre). *Ilustración de comunicació UART*. Obtenido de

<https://www.eltima.com/es/convert-uart-to-ethernet.html>

Xataca. (2018, Agosto 3). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con

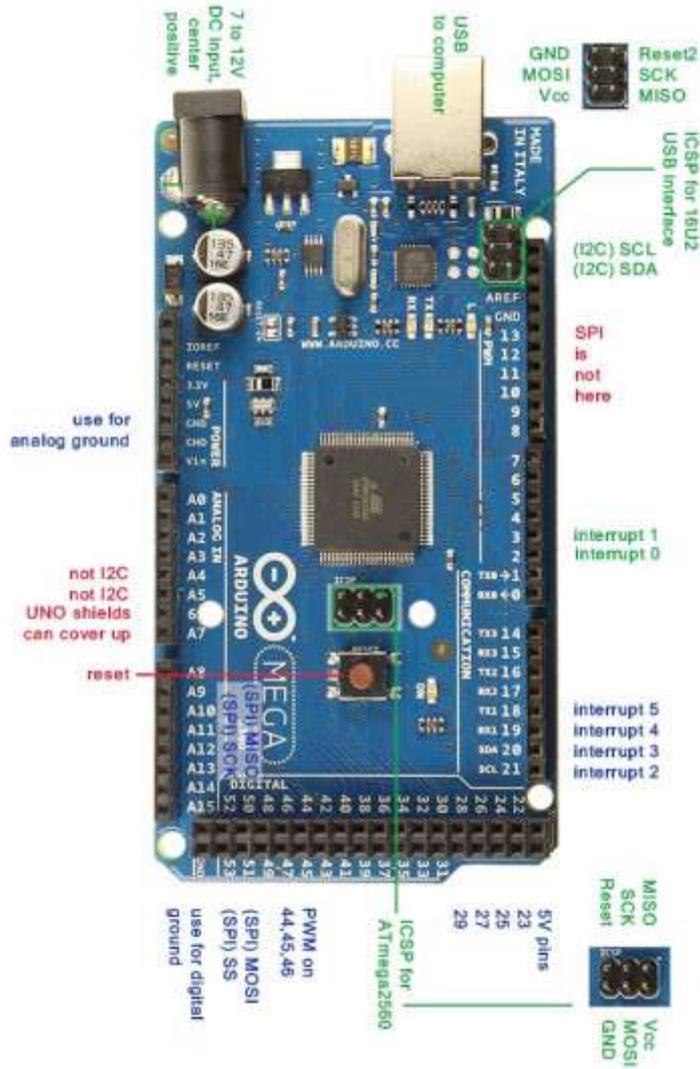
uno. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Yunusa, I., y Ahmad, I. (2011, Diciembre). Energy- Drinks: Composition and

Health Benefits. Obtenido de [https://www.academia.edu/24284035/Energy-Drinks\\_Composition\\_and\\_Health\\_Benefits](https://www.academia.edu/24284035/Energy-Drinks_Composition_and_Health_Benefits)

# Anexos

## Anexo A. Datos técnicos del Arduino Mega 2560



## Anexo B. Manual del prototipo dosificador de bebidas funcionales.



### Manual de usuario de la máquina

- **Parámetros del producto:**

Voltaje de alimentación:	120 VAC
Máximo corriente:	10 A
Rango de temperatura de trabajo:	-10 a +80 °C
Humedad:	Evitar Humedad u agua
Dimensiones:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alto: 40 cm</li><li>• Largo: 55 cm</li><li>• Ancho: 40 cm</li></ul>
Peso:	11 Kg

- **Pasos de preparación e instalación de la máquina:**

Con el fin de poner en marcha a la máquina se deben realizar una correcta preparación e instalación de la máquina dosificadora mediante los siguientes pasos:

1. La máquina dosificadora debe instalarse en un lugar libre de agua y humedad.



2. Verificar los parámetros de trabajo de la máquina para su conservación y un óptimo desempeño.
3. Revisar y verificar la tensión de alimentación del sistema, debido que, debe ser de 110 VAC.
4. Verificar que no estén vacíos los recipientes de los químicos de vitaminas y/o minerales. Caso contrario, realizar el llenado de las botellas con los productos de la empresa o contactarnos para realizar el llenado de los recipientes.



5. Conectar el cable de alimentación a 110 VAC.
6. Activar el switch de paso de energía.



7. Finalmente, puede escoger cualquiera de las bebidas disponibles en el menú.

*Nota: Las bebidas no podrán ser servidas si los componentes líquidos a dosificar no se encuentran disponibles. Verificar paso 4.*

- **Pasos para usar la máquina:**

1. Colocar el vaso o recipiente a dispensar. Caso contrario, el sistema no reconocerá donde dispensar la bebida y no procederá a servirla.
2. Usar la pantalla táctil para revisar las opciones disponibles del menú.
3. Seleccionar el tipo de bebida del menú, y luego presionar "Servir".
4. Una vez, que se muestre en la pantalla táctil el mensaje de que el proceso ha sido terminado se puede retirar el vaso o recipiente y disfrutar de la bebida.

- **Componentes:**

1. Switch de encendido/apagado.
2. Pantalla táctil.
3. Mezcladora por agitación magnética.
4. Espacio de vaso o recipiente para servir la bebida.
5. Recipiente para la bebida principal con saborizante.
6. Recipientes con vitaminas o minerales.

- **Limpieza y cuidados:**

- Mantener la máquina libre de humedad y limpiar acumulaciones de polvo.
- Al cambiar, llenar o mover recipientes de la máquina se debe tener cuidado con los sensores internos.
- El producto químico, de los recipientes de la máquina, deben ser refrigerados.
- Los recipientes deben ser lavados previamente a su inserción en el sistema.
- Debe estar conectada a una línea de alimentación protegida por elementos como breakers y fusibles.

- **Mantenimiento del producto:**

Con el fin de alargar la vida útil de la máquina y mantenerla en buen estado es necesario realizar las siguientes tareas:

- Realizar una limpieza externa, al menos una vez a la semana.
- Chequear acumulaciones de polvo u otras impurezas en la parte interna de la máquina.
- Abrir la compuerta trasera de la máquina y realizar una limpieza interna con una brocha para remover el polvo, al menos una vez al mes.
- Verificar que no haya impurezas dentro de los recipientes de los líquidos para evitar atrapamientos.



- Nota: Es importante no usar otros productos para el llenado de los recipientes, debió que, dependiendo de su viscosidad o tipo de solución podrían llegar a afectar el desempeño o funcionamientos del sistema.

### **Anexo C. Entrevista a Lcda. Doménica Salcedo**

La Lcda. Doménica Salcedo se graduó en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la carrera de nutrición, por lo cual se realiza la entrevista acerca de las bebidas funcionales. Mediante la entrevista se pudieron sacar conclusiones acerca de las ventajas de las bebidas funcionales, las vitaminas y/o minerales necesarios para cierta bebida y conocer más a profundidad su opinión como nutricionistas acerca de la implementación de la máquina dosificadora. Las preguntas y respuestas de la entrevista son las siguientes:

#### **1. ¿Por qué considera importante el consumo de bebidas funcionales?**

Permiten al consumidor obtener una bebida más personalizada para cubrir sus necesidades fisiológicas, y por ello, mejorar la calidad de vida de los consumidores.

**2. ¿Cuáles son ciertos beneficios que los consumidores podrían obtener de la elaboración de esta máquina dosificadora de bebidas?**

Considero que los beneficios podrían ser:

- La combinación de una bebida de gusto personal con componentes que cubran sus necesidades fisiológicas personalizadas.
- Permitirá tener mayor cantidad de alternativas de sabores que capten la atención del consumidor.

**3. ¿Qué nutrientes (vitaminas y/o minerales) considera importantes para el desarrollo de las siguientes bebidas?**

- Energizante:
  - Cafeína Anhidra.
  - Mezcla de electrolitos Hi-Lyte.
  - Complejo B Pure Encapsulations.
- Para el sistema inmunológico:
  - Ácido Ascórbico.
  - Complejo B Pure Encapsulations.
- Para los síntomas de la resaca:
  - Mezcla de electrolitos Hi-Lyte.
  - Complejo B Pure Encapsulations.
  - Vitamina C

**4. ¿Por qué considera que las mezclas vitamínicas y/o de minerales, previamente mencionado, ayudarán a cubrir las necesidades fisiológicas?**

En ciertos casos, las vitaminas y/o minerales pueden tener un desempeño diferente, es decir que al tener diversos beneficios cada una de ellas, estas pueden jugar un papel semejante o diferente dependiendo de la necesidad que se necesite cubrir.

- Bebida energizante:
  - Cafeína Anhidra: estimulante del sistema nervioso.
  - Mezcla de electrolitos Hi-Lyte: Reemplaza los electrolitos perdidos por deshidratación, en este caso puede ser por ejercicio o sudor.
  - Complejo B Pure Encapsulations: ayudan al estado de ánimo, procesar ciertos nutrientes y en los procesos de las células.
- Bebida para el sistema inmunológico:
  - Ácido Ascórbico: es un antioxidante y su función es proteger a las células de los radicales libres.
  - Complejo B Pure Encapsulations: permite una mejor absorción de la vitamina C y ayuda a los procesos celulares.
- Bebida para los síntomas de la resaca:
  - Mezcla de electrolitos Hi-Lyte: su función es hidratar el cuerpo para recuperar los minerales perdidos por el consumo de bebidas alcohólicas.
  - Complejo B Pure Encapsulations: protege al hígado durante el procesamiento del alcohol.

- Vitamina C: agente antioxidante que ayuda a proteger las células, el cual se comienza a perder luego de consumir bebidas alcohólicas.

## **Anexo D. Glosario de la tesis**

### **Glosario**

**USD:** o "United States Dollar", es el nombre de la moneda de Estados Unidos.

**CAGR:** es la tasa de crecimiento anual compuesto, la cual permite comprender el crecimiento de las ganancias anuales.

**GND:** toma o puesta a tierra de circuitos eléctricos.

**DC:** hace referencia a la corriente continua.

**VCA:** hace referencia al voltaje de corriente alterna.

**PWM:** es la modulación por ancho de pulso

**RPM:** revoluciones por minuto, que permite expresar la velocidad angular.

**UART:** son las siglas de receptor y transmisor asíncrono.

**RX:** abreviación de la recepción de señales.

**TX:** abreviación de la transmisión de señales.

**HMI:** interfaz Hombre-Máquina.

**TFT:** es la tecnología de transistor de película delgada.

**LCD:** pantalla de cristal líquido.

**GUI:** interfaz gráfica del usuario.

**JPEG:** formato de imagen.

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Montenegro Mackliff, José Luis** con C.C: # 092236811-3 autor del Trabajo de Titulación: “ **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DOSIFICADOR MEDIANTE EL CONTROL DE BOMBAS PERISTÁLTICAS POR MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO PARA LA PREPARACIÓN DE BEBIDAS FUNCIONALES**”, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 27 de febrero del 2020

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Montenegro Mackliff, José Luis

C.C: 092236811-3

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño e implementación de un prototipo dosificador mediante el control de bombas peristálticas por modulación por ancho de pulso para la preparación de bebidas funcionales.		
<b>AUTOR(ES)</b>	MONTENEGRO MACKLIFF, JOSÉ LUIS		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. JIMMY SALVADOR ALVARADO BUSTAMANTE		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	27 de febrero del 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	93
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas Microcontroladores, programación y automatización de procesos.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Bebidas funcionales, bombas dosificadoras, bombas peristálticas, HMI, microcontrolador, modulación por ancho de pulso, Arduino IDE, Nexion Editor.		

#### **RESUMEN/ABSTRACT:**

El presente proyecto nace a partir de la ausencia de sistemas dosificadores de líquidos los cuales permiten evitar pérdidas o mermas del líquido gracias a la precisión de las BOMBAS DOSIFICADORAS. Las bombas dosificadoras son usadas para el desarrollo de las BEBIDAS FUNCIONALES, es decir, que puedan ayudar a mejorar la calidad de vida o alguna necesidad fisiológica del consumidor. Sin embargo, este trabajo posee un amplio campo de aplicaciones tanto industriales para la combinación de químicos necesarios para ciertos productos, así como para combinación de elementos para desarrollo de fertilizantes.

Para iniciar el proceso de dosificación se utiliza una interfaz HMI (Interfaz Humano-Máquina) que permite al usuario escoger la bebida funcional de preferencia. La señal es receptada y procesada por el MICROCONTROLADOR ATmega 2560 del Arduino. El cual, emite la señal de salida conocida como MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM) para poner en marcha la dosificación mediante las BOMBAS PERISTÁLTICAS de la bebida escogida.

La programación se realiza tanto en ARDUINO IDE para el microcontrolador como en NEXION EDITOR para el desarrollo de la interfaz Humano-Máquina. La comunicación serial permite la transferencia de datos entre la pantalla táctil de Nexion y el Arduino para ejecutar los comandos del programa y poder activar las bombas peristálticas de acuerdo con la solicitud del producto.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593991756637	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ftjlm@gmail.com">ftjlm@gmail.com</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Mendoza Merchán, Eduardo Vicente	
	<b>Teléfono:</b> +593-9-85086815	
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:eduardo.mendoza@cu.ucsg.edu.ec">eduardo.mendoza@cu.ucsg.edu.ec</a>	

#### **SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	