



**Ensamble de un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos**

Saltos Salazar, Adrian Esteban

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Mecatrónica

Ing. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

14 de febrero del 2024

Latacunga

# Reporte de verificación de contenidos



Plagiarism and AI Content Detection Report

TIC Saltos Salazar Adrian Esteban.pdf

## Scan details

Scan time:  
February 22th, 2024 at 12:19 UTC

Total Pages:  
52

Total Words:  
12840

## Plagiarism Detection



7.2%

Types of plagiarism		Words
Identical	3.2%	409
Minor Changes	2%	253
Paraphrased	2.1%	265
Omitted Words	0%	0

## AI Content Detection



2.5%

Text coverage		Words
AI text	2.5%	320
Human text	97.5%	12520

[Learn more](#)

## Plagiarism Results: (77)

[Sensor ultrasónico HC-SR04 | Proyectos en Arduino](#) **0.9%**

<https://electavobit.com/proyectos-tutoriales-arduino/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino>

...

[Sensor Vertical de Nivel de Agua Plástico – Flotador Interruptor - Electro...](#) **0.8%**

<https://electronilab.co/tienda/sensor-vertical-de-nivel-de-agua-plastico-flotador-interruptor/>

Skip to navigation Skip to content ¡Hola! Bienvenido a Electronilab. Ubicación Rastrea tu Pedido Mi Cuenta ...

Ing. Gordon Garces, Andres Gordon  
C. C. 1803698800



About this report  
[help.copyleaks.com](https://help.copyleaks.com)



[copyleaks.com](https://copyleaks.com)



Departamento de Ciencias la de Energía y Mecánica

**Carrera de Mecatrónica**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **"Ensamble de un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos"** fue realizado por el señor **Salto Salazar, Adrian Esteban** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Latacunga, 14 de febrero del 2024**

Firma:

**Ing. Gordon Garces, Andrés Marcelo**

C.C. 1803698800



Departamento de Ciencias la de Energía y Mecánica

**Carrera de Mecatrónica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Saltos Salazar, Adrian Esteban** con cédula de ciudadanía N° 1725280828, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad integración curricular: **“Ensamble de un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 14 de febrero del 2024**

Firma

**Saltos Salazar, Adrian Esteban**

C.C.: 1725280828



Departamento de Ciencias la de Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

### Autorización de Publicación

Yo, **Saltos Salazar, Adrian Esteban** con cédula de ciudadanía N° 1725280828, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Ensamble de un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 14 de febrero del 2024**

Firma

**Saltos Salazar, Adrian Esteban**

C.C.: 1725280828

### **Dedicatoria**

*Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres que han sabido apoyarme en los momentos más difíciles de esta etapa de mi vida, a Natalia Iglesias quien supo darme ánimos y fortaleza aun cuando las circunstancias indicaban lo contrario, a mis amigos de la carrera que han hecho más llevadero el estudio de esta. Y sobre todo a Dios que me da la fuerza, la inteligencia, y ha puesto en mi camino a las personas adecuadas para que todo esto sea posible.*

## **Agradecimiento**

*A Dios por la fortaleza diaria que me da y la oportunidad de ser mejor cada día, al plantearme retos para mejorar.*

*A mi Madre que a pesar de las circunstancias siempre ha estado presente, apoyándome en mis decisiones.*

*A mi Padre por ser siempre quien me anima a ser mejor y por su apoyo incondicional a pensar de la distancia siempre ha estado presente.*

*A mi Naty por expresarme su amor incondicional, por ser mi confidente, mi mejor amiga, mi compañera, por inspirarme y motivarme a siempre dar el cien por ciento, sin ella a mi lado las motivaciones se habrían perdido desde el primer día.*

*A mis hermanos, por siempre estar pendientes de como poder ayudarme y motivarme.*

*A mi familia y amigos por ser siempre quienes se mantuvieron cerca para sostenerme y darme ese empujón necesario para volver a intentarlo y seguir creciendo.*

*A Martin por hacer que este trabajo de titulación sea más llevadero*

*Gracias a todos desde lo más profundo de mi corazón.*

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos .....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>13</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>15</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>16</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>18</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>18</b>
<b>Descripción del Trabajo de Integración Curricular.....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación e Importancia.....</b>	<b>19</b>
<b>Alcance.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>20</b>
<i>Objetivo General.....</i>	<i>20</i>
<i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>20</i>
<b>Metodología .....</b>	<b>21</b>

<i>Documental bibliográfico</i> .....	21
<i>Experimental</i> .....	21
<i>Método deductivo</i> .....	22
Hipótesis .....	22
<i>Variable Independiente</i> .....	22
<i>Variable Dependiente</i> .....	22
Capítulo II: Fundamentación e Investigación Teórica.....	23
Introducción.....	23
Automatización y controles de procesos .....	23
<i>Procesos Continuos</i> .....	24
<i>Procesos automatizados por lotes</i> .....	25
Dosificación .....	27
Módulo de dosificación .....	27
Tipos de Dosificadores.....	27
<i>Dosificadores Gravimétricos</i> .....	27
<i>Dosificadores Volumétricos</i> .....	28
<i>Sensores</i> .....	29
<i>Controlador</i> .....	33
Industria 4.0 .....	35
<i>Sistemas Ciberfísicos</i> .....	36
<i>Interfaces Hombre-Máquina (HMI)</i> .....	37

<b>Capítulo III: Diseño y Selección del sistema .....</b>	<b>39</b>
<b>Definición de las necesidades.....</b>	<b>39</b>
<b>Diseño del concepto .....</b>	<b>40</b>
<b>Sistemas y subsistemas .....</b>	<b>41</b>
<b>Bosquejo inicial.....</b>	<b>42</b>
<b>Generación y selección de conceptos .....</b>	<b>43</b>
<b>Estructura del Módulo .....</b>	<b>43</b>
<i>CAE de mesa de trabajo .....</i>	<i>44</i>
<i>Perfiles de sujeción.....</i>	<i>45</i>
<b>Sistema de Dosificación.....</b>	<b>46</b>
<i>Tanque de Almacenamiento.....</i>	<i>46</i>
<i>Alimentación de Sustancia.....</i>	<i>48</i>
<i>Dosificador de Sustancia .....</i>	<i>49</i>
<i>Mecanismo de Distribución de botellas .....</i>	<i>51</i>
<b>Imagen de diseño Mecánico .....</b>	<b>52</b>
<b>Sistema de Control .....</b>	<b>53</b>
<i>Controlador Programable.....</i>	<i>53</i>
<i>Arduino Uno.....</i>	<i>54</i>
<i>Sensor Ultrasónico HC-SR04.....</i>	<i>55</i>
<i>Sensor Flotador Interruptor de tipo Vertical .....</i>	<i>56</i>
<i>Módulo Sensor Infrarrojo HW-201.....</i>	<i>57</i>

<i>Fuente de Poder</i> .....	58
Sistema de Comunicación .....	59
<i>Protocolo Modbus</i> .....	59
<i>Comunicación con Sensores y Actuadores</i> .....	59
<i>Interfaz de Usuario</i> .....	59
Accesorios para la implementación del Sistema .....	61
<i>Adaptador p/tanque poliprop 1/2" plas</i> .....	62
<i>Neplo Flex 1/2"</i> .....	62
<i>Pitón Manguera 3/8"</i> .....	63
<i>Manguera de laboratorio 1/4"</i> .....	63
<i>Manguera de laboratorio 3/8"</i> .....	64
Capítulo IV: Implementación y Pruebas .....	65
Construcción e implementación .....	65
Pruebas de tanque de almacenamiento .....	71
Pruebas de boya de seguridad .....	73
Prueba de detección de botella .....	74
Prueba de dosificado .....	76
Prueba de Tapado .....	77
Prueba de envío y recepción de señales entre módulos .....	78
Validación de hipótesis .....	79
Hipótesis nula (H0) .....	80

<b>Hipótesis alternativa (H1)</b> .....	<b>80</b>
<b>Cálculo del Chi-Cuadrado</b> .....	<b>80</b>
<b>Validación</b> .....	<b>82</b>
<b>Análisis de costos</b> .....	<b>82</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>84</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>84</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>86</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>87</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>92</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Procesos industriales</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Procesos Continuos</i> .....	25
<b>Figura 3</b> <i>Sistemas de organización de la producción</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Dosificador Gravimétrico</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Dosificador Volumétrico</i> .....	29
<b>Figura 6</b> <i>Sensores Analógicos</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Funcionamiento sensor Ultrasónico</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Conexión Ultrasónico Arduino</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Siemens LOGO! 12/24 RCE</i> .....	34
<b>Figura 10</b> <i>Arduino Uno</i> .....	35
<b>Figura 11</b> <i>Sistemas ciberfísicos e industria 4.0</i> .....	36
<b>Figura 12</b> <i>Disciplinas de CPS</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Interfaz Hombre Maquina</i> .....	38
<b>Figura 14</b> <i>Necesidades reflejadas en métricas</i> .....	39
<b>Figura 15</b> <i>Cuadro de diseño de concepto</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Bosquejo Inicial</i> .....	43
<b>Figura 17</b> <i>Análisis de desplazamiento mesa</i> .....	45
<b>Figura 18</b> <i>Perfil AN1116</i> .....	46
<b>Figura 19</b> <i>Válvula Solenoide 1/2" CC 12V</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Válvula Solenoide de Salida de Manguera 1/2" 12V</i> .....	50
<b>Figura 21</b> <i>Bomba de diafragma DC 12 V</i> .....	51
<b>Figura 22</b> <i>Mecanismo de Distribución</i> .....	52
<b>Figura 23</b> <i>Ensamble de Módulo en formato CAD</i> .....	52
<b>Figura 24</b> <i>PLC LOGO 12/24 RCE Siemens</i> .....	53

<b>Figura 25</b> <i>Arduino Uno</i> .....	54
<b>Figura 26</b> <i>Sensor Ultrasónico HC-SR04</i> .....	55
<b>Figura 27</b> <i>Sensor Vertical de Nivel de Agua Plástico</i> .....	56
<b>Figura 28</b> <i>Sensor HW-201</i> .....	57
<b>Figura 29</b> <i>Fuente 12V 30A</i> .....	58
<b>Figura 30</b> <i>Topología de comunicación Modbus</i> .....	60
<b>Figura 31</b> <i>Interfaz de Control</i> .....	61
<b>Figura 32</b> <i>Adaptador p/tanque poliprop 1/2" plas</i> .....	62
<b>Figura 33</b> <i>Neplo Flex 1/2"</i> .....	62
<b>Figura 34</b> <i>Pitón Manguera 3/8"</i> .....	63
<b>Figura 35</b> <i>Manguera de laboratorio 1/4"</i> .....	63
<b>Figura 36</b> <i>Manguera de laboratorio 3/8"</i> .....	64
<b>Figura 37</b> <i>Construcción Mesa</i> .....	65
<b>Figura 38</b> <i>Pintura Mesa</i> .....	66
<b>Figura 39</b> <i>Perfiles de sujeción</i> .....	66
<b>Figura 40</b> <i>Colocación de Perfiles de Sujeción</i> .....	67
<b>Figura 41</b> <i>Fase Pruebas</i> .....	67
<b>Figura 42</b> <i>Montaje Tablero de control</i> .....	68
<b>Figura 43</b> <i>Montaje Casi final del modulo</i> .....	68
<b>Figura 44</b> <i>Impresión 3D Mecanismo de distribución</i> .....	69
<b>Figura 45</b> <i>Vista lateral de modulo final</i> .....	69
<b>Figura 46</b> <i>Vista frontal Módulo de Dosificación</i> .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Sistemas y subsistemas</i> .....	41
<b>Tabla 2</b> <i>Selección de conceptos Mesa</i> .....	44
<b>Tabla 3</b> <i>Propiedades Mesa</i> .....	44
<b>Tabla 4</b> <i>Selección de conceptos Perfil de Sujeción</i> .....	45
<b>Tabla 5</b> <i>Selección de conceptos tanque de almacenamiento</i> .....	47
<b>Tabla 6</b> <i>Propiedades Tanque de plástico 16 Litros</i> .....	47
<b>Tabla 7</b> <i>Selección de conceptos Válvula de Alimentación</i> .....	48
<b>Tabla 8</b> <i>Propiedades Válvula Solenoide 1/2" CC 12V</i> .....	48
<b>Tabla 9</b> <i>Selección de conceptos Válvula de Dosificación</i> .....	49
<b>Tabla 10</b> <i>Propiedades Válvula Solenoide Salida de Manguera 1/2" 12V</i> .....	50
<b>Tabla 11</b> <i>Propiedades Bomba de diafragma DC 12V</i> .....	51
<b>Tabla 12</b> <i>PLC LOGO 12/24 RCE Siemens</i> .....	54
<b>Tabla 13</b> <i>Especificaciones sensor vertical</i> .....	57
<b>Tabla 14</b> <i>Características Fuente de Poder</i> .....	58
<b>Tabla 15</b> <i>Prueba de llenado</i> .....	71
<b>Tabla 16</b> <i>Prueba de boya de seguridad</i> .....	73
<b>Tabla 17</b> <i>Prueba de detección de botella</i> .....	75
<b>Tabla 18</b> <i>Prueba de dosificado</i> .....	76
<b>Tabla 19</b> <i>Prueba de Tapado</i> .....	77
<b>Tabla 20</b> <i>Prueba de envío y recepción de señales entre módulos</i> .....	78
<b>Tabla 21</b> <i>Tabla de Frecuencia Observada</i> .....	80
<b>Tabla 22</b> <i>Frecuencias esperadas</i> .....	81
<b>Tabla 23</b> <i>Análisis de costos</i> .....	82

## Resumen

El presente trabajo de titulación tiene como fin elaborar un módulo de dosificación de sustancias que permita la dispensación adecuada de sustancias al manipular variables como, el nivel de almacenamiento, tiempo de dosificación, y tapado de la botella dosificada. La integración se lleva a cabo por medio de una interfaz digital empleando medios tecnológicos, este sistema será implementado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, con la finalidad de que los alumnos de la carrera de ingeniería mecatrónica, desarrollen habilidades técnicas en el laboratorio de la carrera, a partir de los fundamentos teóricos sobre procesos industriales, líneas de producción en serie, dosificadores, sensores, tomando como base estos conceptos se determinó que para la implementación del presente sistema sea por medio de varias etapas, partiendo por el almacenamiento del líquido proporcionado por una marmita, posterior a ellos, la detección de las botellas almacenadoras, por medio de sensores infrarrojos que permiten detectar la presencia de los elementos sobre puestos en una banda de transporte, su correcta dosificación, esta ha sido determinada por tiempo, dispensado de corchos, por sobre colocación, proceso de tapado mediante empuje a través de un servomotor y como etapa final la espera de salida de la botella, todo ellos siendo controlado por medio de un PLC actuando como maestro y un Arduino Uno actuando como esclavo, todo ello integrado mediante una interfaz gráfica (HMI), capaz de integrar las diferentes variables, set points del sistema individual y en conjunto.

*Palabras clave:* Procesos automáticos, Módulo de dosificación, Vinculación módulos, Diseño Banda, Sensor de nivel.

### **Abstract**

The purpose of this degree work is to develop a module for dosing substances that allows the proper dispensing of substances by manipulating variables such as storage level, dosing time, and capping the dosed bottle. The integration is carried out through a digital interface using technological means, this system will be implemented at the University of the Armed Forces ESPE Latacunga headquarters, in order that students of mechatronics engineering career, develop technical skills in the laboratory of the career, from the theoretical foundations on industrial processes, production lines in series, dispensers, sensors, based on these concepts it was determined that for the implementation of this system is through several stages, starting with the storage of the liquid provided by a kettle, after them, the detection of the storage bottles, by means of infrared sensors that allow detecting the presence of the elements placed on a conveyor belt, its correct dosing, this has been determined by time, cork dispensing, over placement, capping process by pushing through a servomotor and as a final stage waiting for the output of the bottle, all being controlled by means of a PLC acting as master and an Arduino Uno acting as a slave, all integrated through a graphical interface (HMI), capable of integrating the different variables, set points of the system individually and as a whole.

*Keywords:* Automatic processes, Dosing module, Module linking, Band design, Level sensor.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

En la industria, el uso eficiente de los recursos y materias primas es fundamental para obtener los ingresos necesarios. Como resultado, las grandes empresas han automatizado sus procesos industriales, lo que ha dado lugar a una mayor eficiencia, procesos más rápidos y alta productividad (Brandon & Diaz, 2020). En Ecuador, como en otros países, ha habido un crecimiento industrial, lo que ha llevado a la necesidad de mejorar procesos de fabricación en diferentes industrias (Castro Sedano & de La Salle, 2015).

En este contexto, este proyecto se centra en la elaboración de un módulo didáctico para la dosificación adecuada de sustancias, con el fin de ayudar a los estudiantes a comprender el funcionamiento de estos sistemas, que se utilizan en gran parte de la industria. Un sistema de dosificación automatizado se define como un conjunto de procesos y operaciones con la capacidad de entregar la cantidad correcta de un producto con una participación humana mínima. La automatización juega un papel importante en la industria, ya que permite una producción de mayor volumen que los procesos manuales (Molina G, 2022). Por lo que, debido a que los procesos industriales son cada vez más automatizados y controlados, es inevitable encontrar este tipo de equipos en las empresas o fábricas (Guevara García, 2019).

En la actualidad, la industria ha optado por adquirir dosificadores que funcionan de forma automática y que suelen estar controlados por PLCs y paneles gráficos (Arthos Montúfar & Montenegro Reinoso, 2012). Por lo tanto, es necesario tener conocimientos teóricos y prácticos en el campo de la automatización, incluyendo los elementos que componen la planta, los principios de funcionamiento de cada elemento de su conformación y sus aplicaciones en la industria. Además, es importante conocer las diferentes variables que se controlan dentro del proceso industrial (Guevara García, 2019).

En este contexto, se identificó la necesidad de que los estudiantes trabajen más de cerca con el proceso de dosificación. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo proporcionar un módulo didáctico para la fabricación de mezclas, ya que este tipo de máquina suele ser difícil de conseguir para las universidades en el país debido al alto costo en el mercado. Por lo tanto, el proyecto se esfuerza por ensamblar un módulo de dosificación de sustancias a un menor costo, tanto en términos de materiales utilizados, como de diseño.

### **Descripción del Trabajo de Integración Curricular**

El presente proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de un módulo de dosificación automatizado para sustancias líquidas, que permitirá seleccionar variables y setpoints necesarios para gestionar el proceso de dosificación a través de un controlador y empleando sistemas ciberfísicos para garantizar una alta precisión en la dosificación.

El objetivo principal de este proyecto es proporcionar a los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, una herramienta didáctica para que puedan comprender el funcionamiento y la importancia de los sistemas de dosificación en la industria. El módulo de dosificación permitirá almacenar las sustancias mezcladas en recipientes de fácil acceso y contará con dosificadores por tiempo. De esta manera, los estudiantes podrán catalogar y estudiar las sustancias con mayor facilidad y precisión, este proyecto busca brindar a los estudiantes una experiencia práctica en el campo de la automatización industrial, al mismo tiempo que les proporciona una herramienta útil y accesible para el estudio de los sistemas de dosificación.

### **Justificación e Importancia**

La justificación plantea la necesidad de integrar un controlador lógico programable (PLC) para alcanzar un mayor nivel de automatización y control, algo usado en la industria. Además, se menciona la importancia de integrar conocimientos en materias como PLC, Redes

industriales, Automatización Industrial MTC, Control Industrial y sistemas de control Automática.

El módulo propuesto busca integrar estos conocimientos con la incorporación de IoT, lo que permitirá la visualización y manipulación de variables por parte del operador, tomando en cuenta parámetros adecuados para la dosificación. De esta manera, los estudiantes de cuarto a octavo nivel tendrán acceso a una máquina que les permita conocer e interactuar con estos elementos en el laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.

### **Alcance**

Se espera que el presente Trabajo de Unidad de Integración Curricular permita que, los estudiantes puedan utilizar el módulo de dosificación para almacenar y estudiar líquidos mezclados, así como para entender el funcionamiento de un sistema de dosificación automatizado que consta de un PLC y una interfaz IoT. De esta manera, los estudiantes podrán aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en las materias mencionadas en un entorno práctico y aplicable a la industria.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

- Ensamble de un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos.

#### ***Objetivos Específicos***

- Identificar los componentes necesarios para el ensamble del módulo de dosificación.

- Diseñar el circuito eléctrico y electrónico del módulo de dosificación.
- Seleccionar y programar el controlador lógico programable (PLC) para la gestión y control de las variables del sistema de dosificación.
- Diseñar y desarrollar la interfaz de usuario para el control y visualización del sistema de dosificación.
- Ensamblar y probar el funcionamiento del módulo de dosificación con el controlador y la interfaz desarrollados.
- Vincular el módulo de dosificación con otros módulos previamente desarrollados para la integración ciberfísica.
- Validar el correcto funcionamiento del sistema de dosificación con la integración ciberfísica.

### **Metodología**

El Trabajo de la Unidad de Integración Curricular se pretende desarrollar con las siguientes metodologías:

#### ***Documental bibliográfico***

Este método se llevará a cabo durante la búsqueda y selección de fuentes bibliográficas académicas relacionadas con sistemas de dosificación que empleen un panel para seleccionar variables y setpoints, así como de temas complementarios que permitan la realización del proyecto de integración curricular.

#### ***Experimental***

Este método se aplicará durante el diseño del controlador del dosificador, en el que se realizarán pruebas para analizar el comportamiento del sistema y obtener datos y conclusiones que permitan validar el correcto funcionamiento del controlador.

***Método deductivo***

Este método se basa en principios y conocimientos generales que nos permiten obtener soluciones particulares en el desarrollo del proyecto, específicamente en el diseño y construcción del sistema de dosificación.

**Hipótesis**

¿Armar un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, permitirá vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos?

***Variable Independiente***

Módulo dosificador de sustancias

***Variable Dependiente***

Vinculación de módulos e interfaz de sistema ciberfísico

## Capítulo II

### Fundamentación e Investigación Teórica

#### Introducción

El presente Capítulo tiene como fin detallar los conceptos utilizados para la realización del proyecto de “Ensamble de un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos”, para lo cual se detallan procesos de automatización y control de procesos.

#### Automatización y controles de procesos

Se denomina automatización a la serie de procesos en la cual la intervención humana es casi mínima, o en algunos casos no existe intervención humana "El término automatización se refiere a la eliminación o reducción de la participación humana en diversos procesos de fabricación, considerando el uso de sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos para dirigir y controlar la producción con mayor eficiencia y eficacia."(Despachos En et al., 2009), siendo este el punto de interés principal al momento de realizar la implementación de un sistema de dosificación, en el cual se espera una mínima intervención humana.

Los procesos industriales son considerados uno de los ejes principales dentro de la industria tal como lo menciona la revista industrial alimentaria, “La gestión de los procesos industriales tiene como objetivo la obtención de un producto final con características específicas que cumplan con las especificaciones y niveles de calidad requeridos por la empresa para cada lote de producción.” (*Control de Procesos Industriales*, s/f), tal y como lo menciona su fin es obtener un producto final, ya sea este un tipo de alimento, un auto o un artículo de aseo personal, esta línea de proceso funciona con un fin específico.

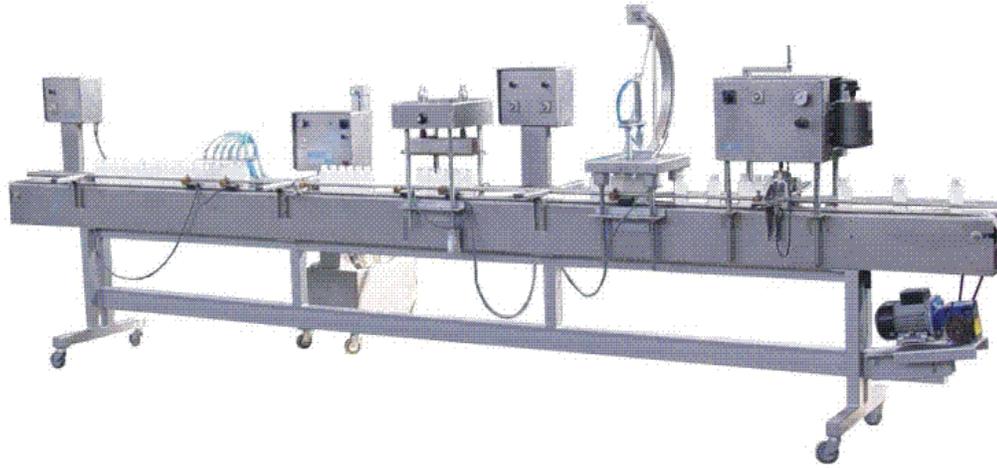
**Figura 1***Procesos industriales*

*Nota.* Tomado de (*Procesos industriales: ¿qué son y cuántos tipos existen?*, s/f)

Dentro de los procesos industriales existe la siguiente clasificación:

***Procesos Continuos***

Los procesos continuos son aquellos que promueven “la producción en masa y se destacan por llevar a cabo un mismo proceso para un tipo de producto en particular. La producción se lleva a cabo de forma continua y sin interrupciones durante todo el tiempo, incluyendo los 7 días de la semana y las 24 horas del día.”(*Procesos industriales: ¿qué son y cuántos tipos existen?*, s/f). Este proceso es de uso común en industrias que producen artículos de uso diario como, papel higiénico, azúcar refinada, y arroz. La tecnología juega un papel fundamental en la realización de estas tareas, permitiendo la producción y fabricación de los productos de manera más rápida y eficiente. Dicho esto, las operaciones continuas no solo son limitadas a la fabricación de productos de consumo diario, sino que también se implementan en sectores como la industria química y la energética, lo que evidencia su relevancia en diferentes áreas.

**Figura 2***Procesos Continuos*

*Nota. Tomado de (Fuente De Poder Transformador Cctv 110/220v A 12v 30a 360w | MercadoLibre, s/f)*

***Procesos automatizados por lotes***

El proceso por lotes tiene como fin crear una línea de producción variable, según Edsrobotics, “Este método de producción funciona produciendo productos en lotes o cantidades específicas en momentos específicos. Lo más interesante de este tipo de proceso industrial es que toda la producción se realiza paso a paso.” (¿Qué es un Proceso Industrial? ▷ Características, tipos y ejemplos, s/f), es decir que la línea de producción es capaz de modificar sus procesos con el fin de satisfacer las necesidades del cliente, y adaptarse a sus necesidades.

**Figura 3**

*Sistemas de organización de la producción*



*Nota. Tomado de (SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN: PRODUCCIÓN POR LOTES, s/f)*

La implementación de los diferentes procesos de producción requiere de varios elementos entre estos se encuentran los controladores lógicos programables que según logicbus, “son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. “Los controladores PLC controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, instalaciones y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas, y pueden aplicar estrategias de control.”(SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN: PRODUCCIÓN POR LOTES, s/f), estos controladores programables proveen de puertos digitales y analógicos los cuales pueden ser programados mediante Grafcet o mediante Ladder.

A nivel comercial existen varios fabricantes de PLC's, entre estos están Allen Bradley, Siemens, ABB (Asea Brown Boveri), Mitsubishi entre otros, siendo Siemens un referente a nivel local, este provee de una amplia gama de PLC's entre estos el Siemens Logo V8 12/24 RCE.

### **Dosificación**

La dosificación se refiere al proceso de medir y administrar la cantidad adecuada de una sustancia o componente, generalmente estos tienen forma de líquido, sólido o gas, los cuales son suministrados con el objetivo de lograr un resultado deseado. El proceso de dosificación se encuentra en diferentes campos como, la medicina, química, ingeniería e industria, la dosificación desempeña un papel importante al momento de garantizar la precisión y la eficiencia en la entrega de sustancias.

### **Módulo de dosificación**

La RAE define el término módulo como, “una estructura o bloque de piezas que, en una construcción, se ubican en cantidad a fin de hacerla más sencilla, regular y económica.” (Módulo RAE - ASALE, 2023), adicional a esto se considera la integración de tecnologías como bombas, válvulas, sensores y actuadores. Siendo el objetivo del módulo de dosificación, integrar estas tecnologías y facilitar la implementación de dosificación de sustancia. Se considera los siguientes tipos de dosificación:

### **Tipos de Dosificadores**

Se definen dos tipos de dosificadores industriales, los cuales son de relevancia para el desarrollo del presente proyecto.

#### ***Dosificadores Gravimétricos***

Según la empresa MCR, estos “funcionan según el principio de perder una cantidad específica de peso durante un período de tiempo específico.” (MCR, 2023), es decir que constan de un sistema de apertura el cual se abre para permitir el paso del líquido en cierto

periodo de tiempo, una vez cumplida la tarea este procede a cerrarse para evitar el paso de la sustancia. Este tipo de dosificación es mayormente utilizado para mezclar varias sustancias, ya que al incorporar un reservorio adicional estos se mezclarían sin la necesidad de un batidor adicional, utilizando solo la gravedad como su factor principal.

#### **Figura 4**

*Dosificador Gravimétrico*



*Nota.* Tomado de (Acrison, 2023)

#### ***Dosificadores Volumétricos***

La empresa MCR, define a los dosificadores volumétricos como aquellos que “No miden masa sino que calculan en base a la masa”, (Acrison, 2023) es decir que su variable de control principal está centrada en el volumen del contenedor de dosificación, mas no en su masa. Es importante considerar que este tipo de dosificadores deben tener una previa calibración, ya que son incapaces de compensar automáticamente los cambios de densidad de la materia contenida.

**Figura 5***Dosificador Volumétrico*

*Nota.* Tomado de (Acrison, 2023)

**Sensores**

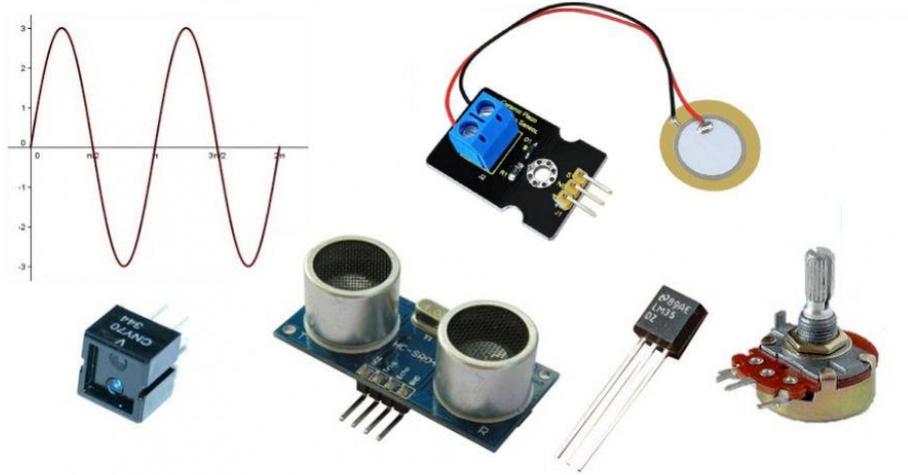
La utilización de sensores en el procesos y automatización tiene un papel fundamental, debido a que estos permiten detectar cambios en el entorno según la variación de magnitud o intensidad de este, existen dos principales de sensores, analógicos y digitales.

***Sensores Analógicos***

Según GSL Industrias define a los sensores analógicos como “dispositivo cuyo trabajo es emitir una señal proporcional al elemento o cantidad que se está midiendo.” (*Sensores analógicos – Industrias GSL, s/f*), estas señales son recibidas por un controlador y según su magnitud son interpretados, mediante un post-procesado.

## Figura 6

### *Sensores Analógicos*



*Nota.* Tomado de (*¿Qué son los sensores analógicos? Todo sobre su funcionamiento, s/f*)

Este tipo de señales tienen una relación directa con el entorno real, ya que permiten percibir variables cambiantes en el tiempo, dando como posibilidad detectar variables físicas como el calor, distancia, presión, luz, velocidad, entre otros.

### ***Sensores Digitales***

Los sensores digitales según, EcuRed, son “aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de palabra digital en cualquier tipo de sistema”

(*Sensor digital - EcuRed, s/f*), en lenguaje de computadora es conocido como ceros y unos,

Dentro de sus principales ventajas se encuentran:

- Bajo Costo
- Alta velocidad de trabajo
- Baja latencia
- Fácil Implementación

- Dependiendo el tipo alta resistencia

Entre sus desventajas están:

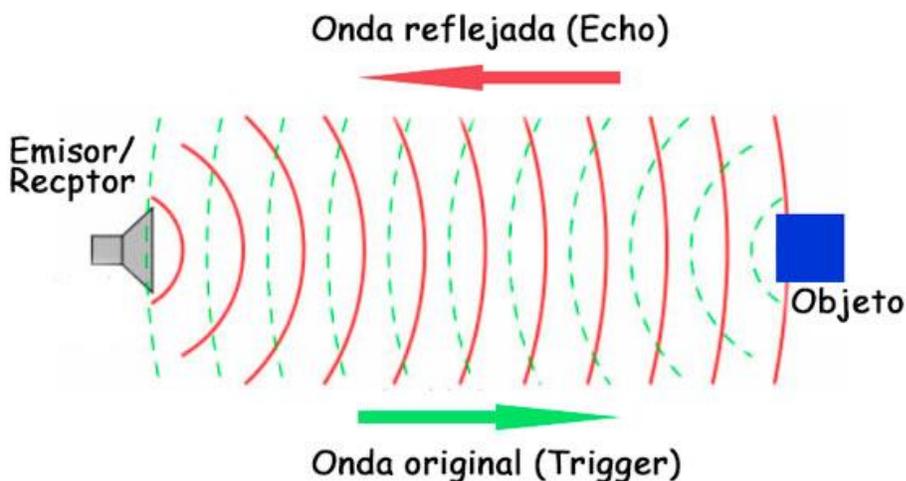
- Rango de trabajo limitado según el tipo
- Posibles interferencias por señales RF y EM

### **Sensor Ultrasónico**

El principio de funcionamiento de este sensor se basa en "medir la distancia mediante ondas ultrasónicas". La cabeza emite ondas ultrasónicas y recibe ondas reflejadas del objeto reflectante. "Los sensores ultrasónicos miden la distancia a un objeto contando el tiempo entre la transmisión y la recepción". (*¿Qué es un sensor ultrasónico? | Fundamentos del sensor: Guía de sensores para fábricas clasificados por principios | KEYENCE, s/f*). Este sensor es de bastante utilidad debido a que permite medir niveles de agua por medio de este sensor.

### **Figura 7**

*Funcionamiento sensor Ultrasónico*



*Nota. Tomado de (Sensor ultrasónico HC-SR04 | Proyectos en Arduino, s/f)*

Para el cálculo de la distancia se lo realiza de la siguiente forma, la fórmula de la velocidad es:

$$\text{Velocidad} = \text{Superficie recorrida} / \text{Tiempo}$$

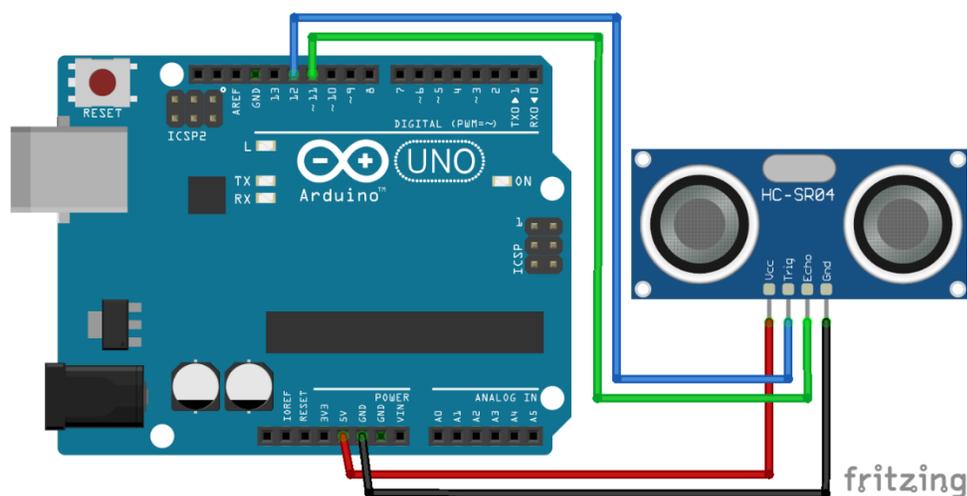
la velocidad del sonido es de 343 m/s a 20 °C, con un 50% de humedad y al nivel del mar. Si transformamos las unidades:

$$343 \text{ (m/s)} \times 100 \text{ (cm/m)} \times 1/1000000 \text{ (s/}\mu\text{s)} = 0,0343 \text{ cm/}\mu\text{s}$$

El sonido viaja 0,0343 cm por microsegundo y tarda 29,2 microsegundos en moverse un centímetro. Así, podemos obtener la distancia existente a partir del tiempo transcurrido entre la generación y la recepción del pulso. Teniendo en cuenta que el pulso llega primero al objeto y tiene que regresar, la distancia es el doble de la distancia que se desea medir. (*Sensor ultrasónico HC-SR04 | Proyectos en Arduino, s/f*)

## Figura 8

### Conexión Ultrasónico Arduino



Nota. Tomado de (1. Sensor Ultrasonico HC-SR04 – Edison Del Rosario, s/f)

La conexión varía según el tipo de programación que se vaya a implementar, sin embargo es importante considerar que el sensor hace uso de dos pines digitales del Arduino.

### **Controlador**

Según Microsoft define a los controladores como “un componente de software que permite al sistema operativo y un dispositivo comunicarse entre sí” (*¿Qué es un controlador? - Windows drivers | Microsoft Learn, s/f*), es decir que por medio de este se puede realizar la comunicación de los diferentes dispositivos, en el ámbito industrial la empresa SDI, encargada de automatización industrial, los defino como “todo sistema o equipo tecnológico que facilita una automatización de los procesos productivos en muchas industrias y empresas” (*¿Qué es un controlador industrial y sus tipos? | SDI, s/f*), estos pueden variar según el costo y el tipo de implementación a realizar, a continuación se describen dos de los controladores utilizados en el desarrollo del proyecto.

### **Siemens Logo V8 12/24 RCE**

¡El controlador utilizado en el proyecto tiene la siguiente descripción según el manual oficial de siemens “LOGO! es el módulo universal de Siemens.” (Siemens AG, 2023), el cual permite una amplia gama de aplicaciones, todo esto gracias a los componentes que se describen a continuación:

- Control
- Unidad de mando y visualización con retroiluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas habituales preprogramadas, p.ej. para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software

- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo. (Siemens AG, 2023)

### Figura 9

Siemens LOGO! 12/24 RCE



*Nota.* Tomado de (Siemens LOGO! 12/24 RCE Automation24, 2023)

### Arduino Uno

Según el portal oficial de Arduino, su placa esta “basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital, 6 entradas analógicas, cristal de 16 MHz, conector USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset.”(Arduino UNO | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea, s/f), a pesar de ser un microcontrolador para iniciar a las personas en el mundo de la programación y la electrónica, su uso es bastante practico al momento de solucionar problemas complejos, entre sus mayores virtudes se encuentra que posee software de uso libre, y constante mente su comunidad ha ido añadiendo nuevas funcionalidades al microcontrolador.

**Figura 10***Arduino Uno*

*Nota. Tomado de (Arduino UNO | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea, s/f)*

## **Industria 4.0**

La industria 4.0 o también conocida como la cuarta revolución industrial, nace a raíz de los diversos avances tecnológicos que se han dado en los últimos años, tiene como fin modificar los sistemas de producción, fabricación de productos, mejorar procesos, y aprovechar las diversas tecnologías que han surgido en los últimos tiempos.

Entre las principales ventajas de la industria 4.0 se encuentran las siguientes:

- Disminución de tiempos de producción
- Mayor nivel de calidad en productos
- Disminución en costos de producción
- Mitigación de desperdicios
- Facilidad de control de recursos
- Aumento de seguridad en procesos
- Mayor control en cuanto a producción e inventario

La industria 4.0 se caracteriza por la automatización de procesos, que a su vez incorpora varias tecnologías para conseguir este fin entre las principales y las más utilizadas se encuentran:

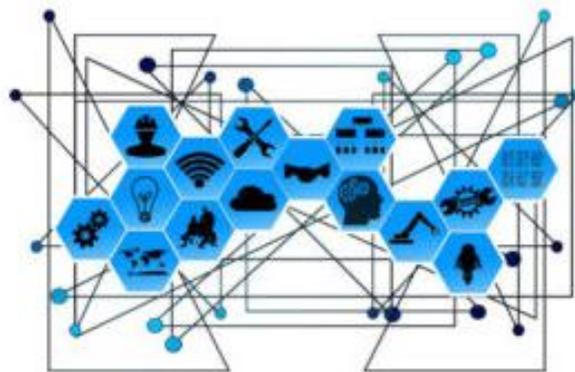
- IOT
- Big Data
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas Ciberfísicos

### ***Sistemas Ciberfísicos***

Según la Universidad en Internet, UNIR, los sistemas ciberfísicos son “el resultado de la integración de ordenadores y redes con un proceso físico. Se trata de “sistemas construidos a partir de la integración perfecta de la computación y los componentes físicos.” (*¿Qué son los sistemas ciberfísicos? Ejemplos y aplicaciones | UNIR, s/f*). Tienen como fin la innovación en muchos ámbitos, ya sea ingeniería, alimentos, robótica, transporte entre otros. Los sistemas ciberfísicos, permiten que el usuario pueda interactuar con un entorno físico, haciendo uso de herramientas virtuales.

### **Figura 11**

*Sistemas ciberfísicos e industria 4.0*

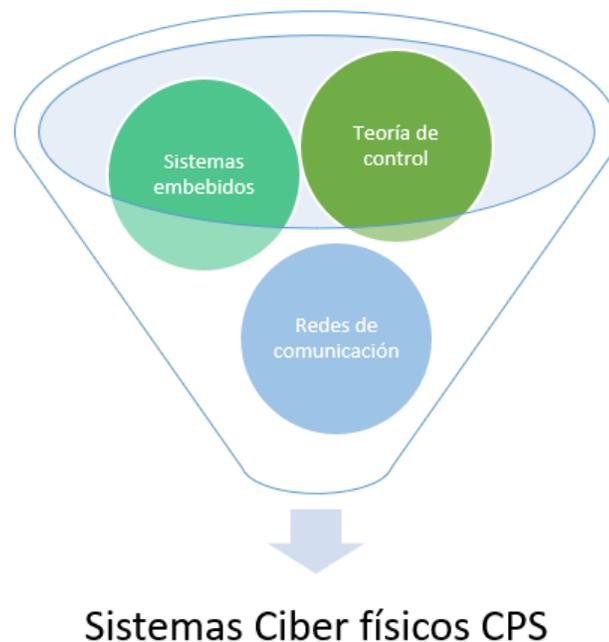


*Nota. Tomado de (Fragmentos de la Industria 4.0: Sistemas ciber físicos - MagazIEEE Ecuador, s/f)*

Los sistemas ciberfísicos o CPS, también son catalogados como la sinergia entre la parte mecánica, eléctrica y electrónica, siendo este un referente para la Mecatrónica que tiene como fin integrar estas disciplinas sumadas el control y computación. A breves rasgos los CPS, son la fusión de las siguientes disciplinas expresadas a continuación:

### **Figura 12**

*Disciplinas de CPS*



*Nota. Tomado de (Fragmentos de la Industria 4.0: Sistemas ciber físicos - MagazIEEE Ecuador, s/f)*

### **Interfaces Hombre-Máquina (HMI)**

La interfaz Hombre-Maquina o HMI, brinda la capacidad de visualizar los diversos elementos de un proceso, siendo estos virtualizados, según copadata, "HMI significa interfaz hombre-máquina y se refiere a un panel de control que permite a los usuarios interactuar con

una máquina, software o sistema. Técnicamente, puede referirse a cualquier pantalla utilizada para interactuar con una computadora, pero se usa comúnmente en entornos industriales.”(¿Qué significa HMI? Interfaz humano-máquina | COPA-DATA, s/f), esto facilita la visualización de los elementos que no se encuentran al alcance del operario, y esos se pueden a su vez manipular desde pantallas.

### Figura 13

*Interfaz Hombre Maquina*



*Nota. Tomado de (¿Qué es un HMI Siemens? Consideraciones para elegir el equipo correcto – Industrias GSL, s/f)*



La tabla enumera las necesidades específicas del proyecto y las métricas asociadas para evaluar el cumplimiento de esas necesidades. Cada métrica proporciona una medida cuantitativa o un criterio de evaluación para verificar que se están satisfaciendo las necesidades establecidas. Estas métricas se pueden utilizar como puntos de referencia durante el desarrollo del diseño mecánico, eléctrico, control y como métricas para medir el rendimiento y la calidad del sistema final.

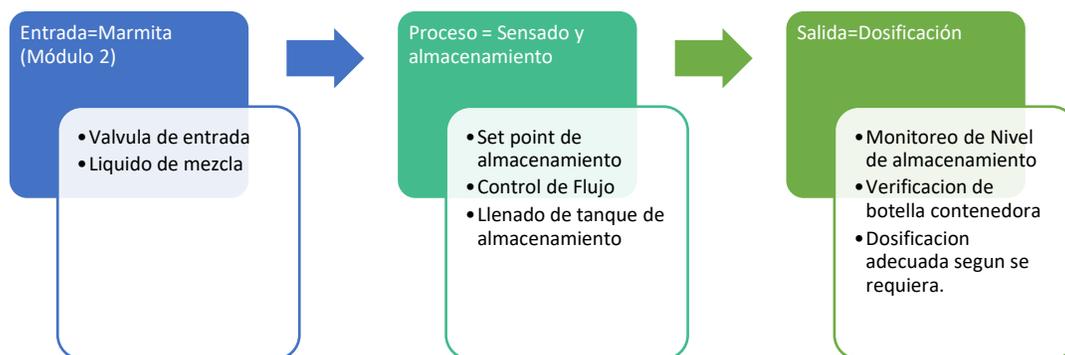
Se procede a realizar el diseño del concepto, bosquejo y conceptualización del sistema considerando las necesidades anteriores, se evidencia el mismo a continuación:

### Diseño del concepto

Se parte con el diseño del concepto considerando la forma en la cual se va a realizar el proceso del módulo

### Figura 15

*Cuadro de diseño de concepto.*



Se establece el funcionamiento de la siguiente forma, empezando de izquierda a derecha el sería:

- Se verifica la conexión entre el módulo Marmita con el de dosificación
- Verificación de espacio suficiente para transferencia al contenedor, mediante set point

- C. Habilitación de la válvula senoidal para el paso del líquido al contenedor.
- D. Verificación de dispositivo de almacenamiento para ser llenado
- E. Activación de válvula de dosificación
- F. Transporte y tapado

Según el bosquejo inicial, se añade un sistema de rueda de ginebra para el desplazamiento de las botellas, y un mecanismo de capas de colocar un seguro para el líquido no se derrame cuando se transporta.

## Sistemas y subsistemas

**Tabla 1**

*Sistemas y subsistemas*

N°	Sistema	Subsistema	Elementos
1	Estructura del módulo	Mesa	Mesa de colocación de elementos (Aluminio, Acero, Acero Inoxidable)
2	Sistema de Dosificación	Alimentación	Tanque de almacenamiento Tuberías y conductos para el transporte de sustancias Válvula de dosificación
		Dosificación	Válvula de control de Flujo Tuberías
3	Sistema de Control	Control de Proceso	Controlador Programable Sensores de nivel Sensor de Presencia de botella
		Control de Interfaz	Controladores lógicos para la selección de variables y set points Indicadores visuales Software de configuración de monitoreo

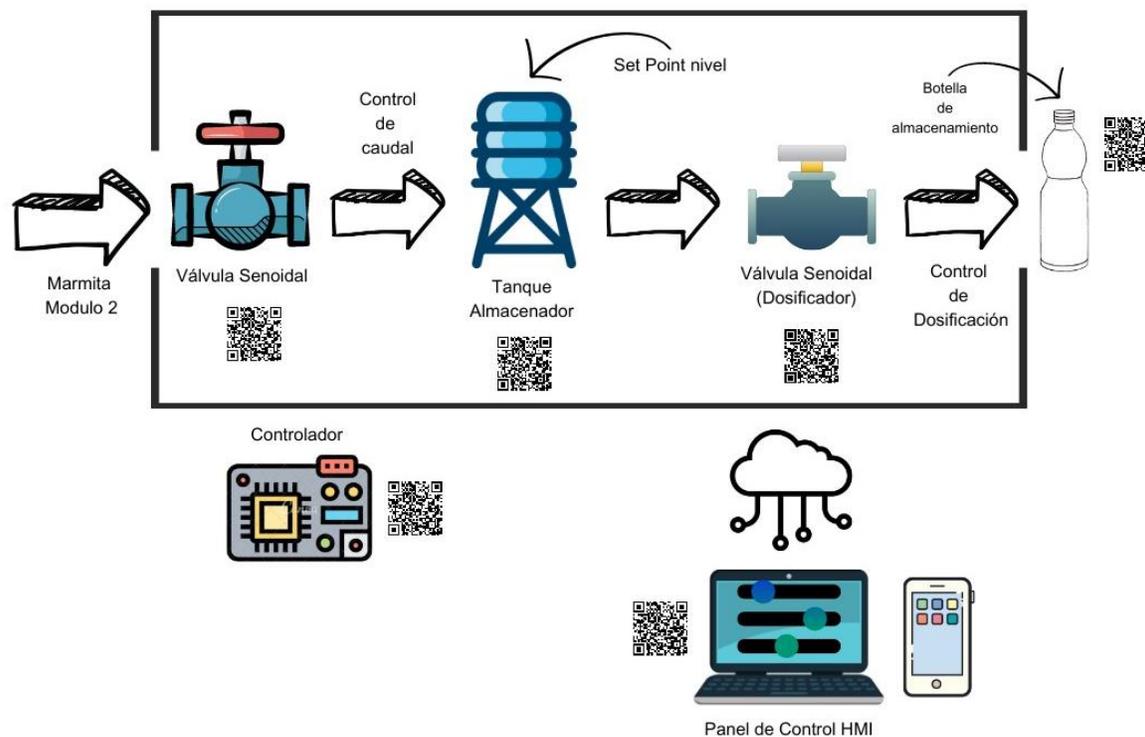
N°	Sistema	Subsistema	Elementos
4	Sistema de comunicación	Comunicación local	Protocolos de comunicación (Modbus, Ethernet/IP, OPC, etc.).  Cables y conexiones para la comunicación entre los componentes.
		Comunicación Externa	Interfaces de conexión (puertos RS-232, RS-485, Ethernet, etc.).  Protocolos de comunicación estándar para la integración con otros sistemas.  Interfaces de comunicación (Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, etc.).  Software de integración o middleware.
5	Sistema de Registro y Seguimiento	Registro de Datos	Registro de variables y parámetros de dosificación en una base de datos.
		Seguimiento	Software de supervisión remota.  Interfaces de visualización en tiempo real.  Alarmas y notificaciones en caso de desviaciones o fallas.
6	Seguridad	Seguridad Física	Cubiertas de protección para prevenir el acceso no autorizado  Interruptores de paro de emergencia.  Sensores de seguridad (optoelectrónicos, de proximidad, etc.).

### Bosquejo inicial

Considerando las necesidades anteriores se precede a realizar el bosquejo, siendo este el punto de partida para considerar la implementación del sistema.

Figura 16

Bosquejo Inicial



Se define el bosquejo de partida para el proyecto, tal como se expresa en la figura 6.

### Generación y selección de conceptos

El proceso de generación y selección de conceptos implica la evaluación de distintas soluciones para satisfacer las necesidades del usuario. Al comparar las opciones, se puede seleccionar los componentes apropiados para su desarrollo posterior.

### Estructura del Módulo

La estructura del módulo se refiere a la disposición física y organizativa de los componentes que lo componen, lo que proporciona la base para el ensamblaje y funcionamiento adecuado. La estructura incluye según el diseño, elementos como la base o chasis, paneles laterales, puertas o tapas, compartimentos internos, conexiones y cables,

soportes y sujeciones, y elementos de protección. (Módulo - Qué es, en la arquitectura, en la geometría, en la música y en la física, 2023)

**Tabla 2**

*Selección de conceptos Mesa*

<b>Conceptos Mesa de Trabajo</b>							
Criterios de selección	Peso	Tubo Cuadrado 2"		Tubo Cuadrado 1 1/2"		Tubo Cuadrado 1"	
		Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada
<b>Disponibilidad</b>	20%	3	0,6	5	1	4	0,8
<b>Costo</b>	10%	2	0,2	4	0,4	5	0,5
<b>Peso</b>	20%	3	0,6	4	0,8	4	0,8
<b>Propiedades Mecánicas</b>	20%	3	0,6	4	0,8	4	0,8
<b>Facilidad de Adquisición</b>	20%	2	0,4	5	1	3	0,6
Total			2,4		4		3,5
Lugar			<b>3</b>		<b>1</b>		<b>2</b>
¿Continuar?			No		Si		Si

**Tabla 3**

Propiedades Mesa

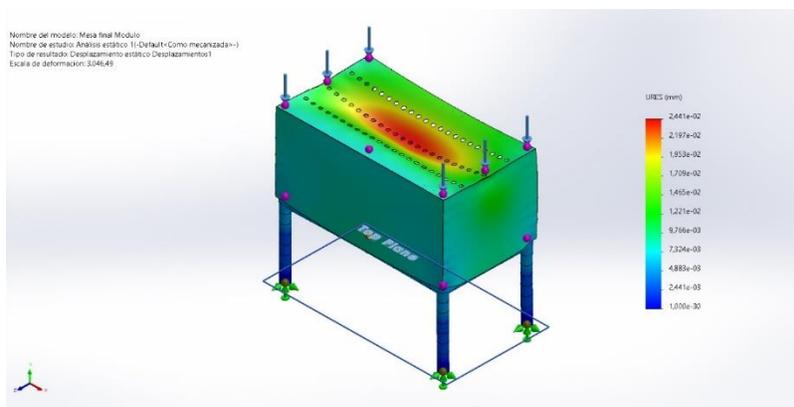
Propiedades	Valor	Unidad
Módulo de elasticidad	190	GPa
Resistencia a tracción	400	MPa

### **CAE de mesa de trabajo**

Para la fabricación y ensamble de la mesa de trabajo se realiza un estudio por medio de ingeniería asistida por computadora en la que se ingresan los valores obtenidos según el tipo de material, y se realiza un diseño al cual se le someten cargas para garantizar su funcionalidad y posteriormente proceder a la construcción e instalación,

Figura 17

## Análisis de desplazamiento mesa



## Perfiles de sujeción

Siendo el soporte de los elementos un papel fundamental el cual va colocado sobre la mesa para sujetar los diferentes elementos del módulo se considera varias opciones para que estas sean colocadas sobre la mesa y así permitir la sujeción de los elementos, a continuación, se describen los conceptos de selección del perfil:

Tabla 4

## Selección de conceptos Perfil de Sujeción

Conceptos Perfil de Sujeción								
Criterios de selección	AN1161			AN1116			AN1162	
	Peso	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	
Disponibilidad	20%	4	0,8	5	1	4	0,8	
Costo	10%	3	0,3	4	0,4	2	0,2	
Peso	20%	4	0,8	4	0,8	4	0,8	
Propiedades Mecánicas	20%	3	0,6	3	0,6	3	0,6	
Facilidad de Adquisición	20%	3	0,6	4	0,8	4	0,8	
Total			3,1		3,6		3,2	
Lugar			3		1		2	
¿Continuar?			No		Si		No	

Considerando los conceptos de selección para el perfil de selección, se ha tomado como mejor opción el perfil AN1116, el criterio por el cual se seleccionó este perfil es debido a su disponibilidad y su bajo costo.

### Figura 18

*Perfil AN1116*



*Nota.* Tomado de (ALUMINIO CEDAL | IMPORAN, s/f)

### Sistema de Dosificación

Para la selección de los componentes del sistema de dosificación se estima los dos subsistemas y sus elementos estos son:

#### ***Tanque de Almacenamiento***

La selección del tanque se consideran varios aspectos importantes, entre estos están los siguientes, capacidad de almacenamiento, material, forma, tamaño, facilidad de limpieza y mantenimiento, costo y disponibilidad.

Tabla 5

*Selección de conceptos tanque de almacenamiento*

Conceptos Tanque de Almacenamiento								
Criterios de selección	Tanque plástico 16L Forma Rectangular			Tanque Plástico 10L Forma Rectangular		Tanque Plástico 24L Forma Rectangular		
	Peso	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	
Disponibilidad	20%	5	1	4	0,8	3	0,6	
Peso	10%	4	0,4	3	0,3	3	0,3	
Capacidad de Almacenamiento	15%	4	0,6	3	0,45	4	0,6	
Material	15%	5	0,75	4	0,6	5	0,75	
Facilidad de limpieza	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	
Costo	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75	
Facilidad de adquisición	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75	
Total			4,65		4,05		4,15	
Lugar			1		3		2	
¿Continuar?			Si		Si		No	

Después de realizar una exhaustiva comparativa entre estos tres tanques se consideró como la mejor opción el tanque de plástico de 16 litros de capacidad de forma rectangular, debido a los criterios expresados en la siguiente tabla:

Tabla 6

*Propiedades Tanque de plástico 16 Litros*

Propiedades	Valor	Unidad
Capacidad de Almacenamiento	16	litros
Material	plástico	-
Facilidad de limpieza	Si	-
Costo	6,25	\$

### Alimentación de Sustancia

La alimentación de sustancia viene proveniente del módulo anterior que tiene por nombre marmita el cual previo a un proceso de mezclado de sustancia, alimenta al contenedor de dosificación, este consta con varios elementos como, tanque de almacenamiento, tuberías y conductos para el transporte de sustancias, válvula de alimentación.

**Tabla 7**

*Selección de conceptos Válvula de Alimentación*

Conceptos Válvula de Alimentación								
Criterios de selección	Peso	Válvula Solenoide 1/2" CC 12V		Válvula Solenoide 1" CC 12V		Válvula Solenoide 3/4" CC 12V		Eval. Ponderada
		Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	
Disponibilidad	20%	5	1	3	0,6	3	0,6	0,6
Costo	20%	5	1	2	0,4	3	0,6	0,6
Peso	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	0,4
Propiedades Mecánicas	20%	3	0,6	3	0,6	3	0,6	0,6
Facilidad de Adquisición	20%	5	1	3	0,6	3	0,6	0,6
Total			4		2,6			2,8
Lugar			1		3			2
¿Continuar?			Si		No			No

Se la tabla de conceptos para la válvula de alimentación, se selecciona la Válvula Solenoide 1/2" CC 12V para que permita el paso de las sustancias del módulo marmita al tanque de alimentación. Siendo sus características indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 8**

*Propiedades Válvula Solenoide 1/2" CC 12V*

Propiedades	Valor	Unidad
Voltaje	12	V CC
Presión de agua	0,02-0,8	MPa
Temperatura Líquida	32,0-212,0	°F

Figura 19

Imagen referencial Válvula Solenoide 1/2" CC 12V



### Dosificador de Sustancia

La dosificación proviene del tanque de almacenamiento previo a la selección del set point para la detección de nivel, esta válvula cumple con la función de dosificar las sustancias a la botella previo a su tapado y transporte.

Tabla 9

Selección de conceptos Válvula de Dosificación

Criterios de selección	Conceptos Válvula de Dosificación							
	Peso	Válvula Solenoide Salida de manguera 3/4"		Válvula Solenoide Salida de manguera 1"		Válvula Solenoide Salida de manguera 1/2"		
		Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	Calif.	Eval. Ponderada	
Disponibilidad	20%	5	1	3	0,6	3	0,6	
Costo	20%	5	1	2	0,4	3	0,6	
Peso	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	
Propiedades Mecánicas	20%	3	0,6	3	0,6	3	0,6	
Facilidad de Adquisición	20%	5	1	3	0,6	3	0,6	
Total			4		2,6		2,8	
Lugar			1		3		2	
¿Continuar?			Si		No		No	

Se la tabla de conceptos para la válvula de alimentación, se selecciona la Válvula Solenoide Salida de Manguera 1/2" para que permita la dosificación de sustancias siendo sus características indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 10**

*Propiedades Válvula Solenoide Salida de Manguera 1/2" 12V*

Propiedades	Valor	Unidad
Voltaje	12	V CC
Presión de agua	0,02-0,8	MPa
Temperatura Líquida	32,0-212,0	°F

**Figura 20**

*Imagen referencial Válvula Solenoide de Salida de Manguera 1/2" 12V*



Se requiere de un dispositivo el cual permita bombear el agua, y que, de paso al proceso de dosificación, para lo cual se ha seleccionado el siguiente elemento:

**Figura 21***Bomba de diafragma DC 12 V*

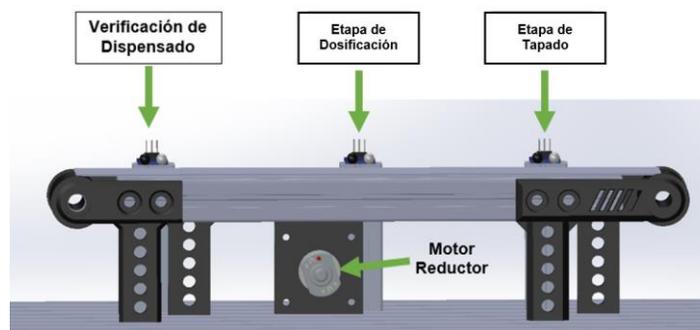
La bomba fue seleccionada de forma directa, sin necesidad de hacer una preselección, debido a que su disponibilidad era de forma inmediata y de fácil manipulación, a continuación, se describen sus características más importantes:

**Tabla 11***Propiedades Bomba de diafragma DC 12V*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Voltaje	12	V CC
Amperios	0,5-0,7	A
Caudal	1,5-2	l/min
Temperatura Líquida	176	°F

***Mecanismo de Distribución de botellas***

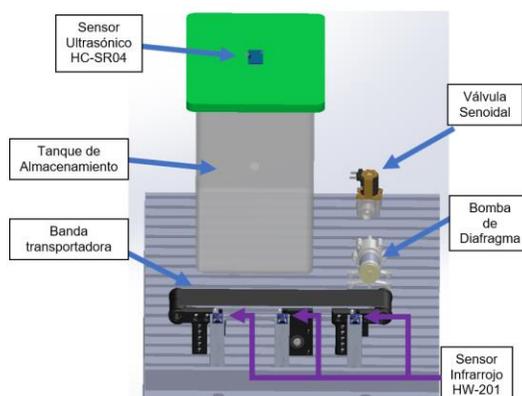
La fase final del proceso de dosificación se ve centrada en el transporte, dosificación y proceso de tapado, para verificar de forma adecuada que el contenido de la botella no se derrame, para esto se propone mediante cae el ensamble de una banda transportadora, con varias etapas en la misma que se explican a continuación.

**Figura 22***Mecanismo de Distribución*

El mecanismo se compone de distribución este compuesto por, una banda transportadora, la cual se mueve por medio de un motor reductor, la botella es desplazada por tres estaciones, una de dispensado, otra de tapado y la final es de dosificado, en la etapa de dispensado se verifica que la botella ha ingresado, en la de tapado se presiona el corcho de la botella y para la etapa de llenado se dispensa líquido para su salida.

**Imagen de diseño Mecánico**

Se presenta a continuación el modelo CAD del diseño mecánico de módulo dosificación de sustancias.

**Figura 23***Ensamble de Módulo en formato CAD*

## Sistema de Control

El sistema de control en el proyecto es una parte crucial que garantiza la precisión y eficiencia del proceso de dosificación, por medio de este sistema se puede supervisar, regular y ajustar los parámetros necesarios para lograr una dosificación exacta y controlada de las sustancias, considerando los setpoints deseados por el usuario.

### **Controlador Programable**

El controlador principal del sistema es el PLC, un dispositivo electrónico programado para tareas de control, para este caso particular recibe datos de los sensores, procesa la información y envía señales de control a los actuadores seleccionados, para ajustar el flujo o la cantidad de sustancia a dosificar.

Por aplicación el controlador lógico programable, óptimo para esta implementación es el PLC LOGO 12/24 RCE Siemens, el cual posee un display para visualización de proceso, debido a su bajo costo y fácil adquisición se convierte en un referente importantes para el estudio de automatización en un entorno semi industrial, permitiendo al usuario adquirir habilidades de programación el Ladder.

### **Figura 24**

*PLC LOGO 12/24 RCE Siemens*



*Nota. Tomado de (AUTYCOM, 2023)*

**Tabla 12***PLC LOGO 12/24 RCE Siemens*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Voltaje	12 / 24,	V CC
Entradas Digitales	8	-
Entradas Analógicas	4	-
Comunicación	Modbus/Ethernet/ Konnex bus	-

**Arduino Uno**

Se considera como controlador adicional el controlador programable, Arduino Uno, este facilita la obtención de datos de tipo analógico, funcionando como esclavo, y permitiendo una interpretación de datos más funcional. Se integra junto con el PLC LOGO 12/24 SIEMENS, para la interpretación de variables analógicas y envío de datos digitales.

**Figura 25***Arduino Uno*

*Nota.* Tomado de (ARDUINO UNO R3 GENERICO FTDI – APM, 2023)

### **Sensor Ultrasónico HC-SR04**

El sensor ultrasónico HC-SR04 posee las siguientes características, bajo costo, fácil uso e implementación y amplia disponibilidad en el mercado. Es un dispositivo común en ingeniería, se caracteriza por medir ondas ultrasónicas distancias según la diferencia de tiempo entre el envío del pulso ultrasónico y la recepción del eco, en este caso esta función se utilizaría para medir nivel en el tanque de almacenamiento.

Dentro de las ventajas se encuentran las siguientes:

- Rango de Medición: Mide distancias de entre 2cm hasta 400 cm.
- Precisión: Posee una alta precisión y eficiencia para controlar la cantidad de líquido a suministrar en el tanque.
- Costo accesible: Bajo costo y facilita la implementación
- Amplia documentación: Es un dispositivo que posee una amplia gama de documentación, ejemplos de aplicación, lo que facilita la implementación de este.

### **Figura 26**

*Sensor Ultrasónico HC-SR04*



*Nota.* Tomado de (Sensor Ultrasonido HC-SR04, 2023)

### ***Sensor Flotador Interruptor de tipo Vertical***

Debido a sus características y ventajas específicas, el Sensor de Nivel de Agua Vertical con Flotador Interruptor es la mejor opción. Este sensor funciona de la misma manera que un flotador que se conecta a un interruptor cambia de posición según el nivel de líquido en el tanque. El interruptor se activa o desactiva cuando el nivel alcanza una posición específica, enviando una señal eléctrica que indica el nivel del líquido.

Este sensor se utilizaría para detectar el nivel mínimo del tanque, ya que la bomba de agua requiere de trabajar con líquido para no fallar. Es utilizado como un elemento de prevención y protección, para el sistema de distribución.

### **Figura 27**

*Sensor Vertical de Nivel de Agua Plástico*



*Nota.* Tomado de (Sensor Vertical de Nivel de Agua Plástico – Flotador Interruptor - Electronilab, 2023)

A continuación, se describen las especificaciones del sensor vertical de nivel de agua plástico, cada una genera una relevancia importante por la cual se ha implementado en el proyecto.

Tabla 13

*Especificaciones sensor vertical*

ESPECIFICACIONES SENSOR VERTICAL DE NIVEL DE AGUA PLÁSTICO – FLOTADOR INTERRUPTOR	
<b>Material</b>	Plástico
<b>Potencia del interruptor (máx.)</b>	10 W
<b>Tensión de conmutación (máx.):</b>	DC 100 V
<b>Corriente de conmutación (máx.)</b>	0.5a
<b>Tensión de ruptura máx.</b>	DC 220 V
<b>Corriente máxima de transporte</b>	1.0A
<b>Resistencia de contrato máxima</b>	100mO
<b>Temperatura nominal</b>	-30 ~ + 125 °
<b>Longitud flotador</b>	5.2 cm

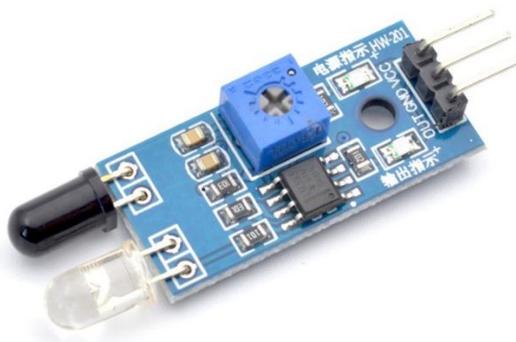
El sensor está cerrado en su punto más bajo. Cuando el nivel de líquido sube el sensor se abre.

#### **Módulo Sensor Infrarrojo HW-201**

Se requiere de un sensor que sea capaz de detectar la presencia de la botella una vez que este sea colocado en posición de dosificación, esto con el objetivo de realiza la dosificación de forma adecuada.

#### **Figura 28**

*Sensor HW-201*



*Nota.* Tomado de (Módulo Sensor HW-201 De Presencia De Línea Arduino | MercadoLibre, 2024)

### **Fuente de Poder**

Según los componentes implementados se considera la utilización de una fuente de 12V a 30 A, siendo esta la que está a mayor disposición en el mercado, adicional su bajo costo lo convierte en un elemento con amplio uso, debido a que el módulo será capaz de adaptarse a las necesidades de más sensores o actuadores.

**Tabla 14**

*Características Fuente de Poder*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Voltaje Alimentación	12,	VCC
Salidas +/-	120/220	VCA
	3	-

**Figura 29**

*Fuente 12V 30A*



*Nota. Tomado de (Fuente De Poder Transformador Cctv 110/220v A 12v 30a 360w | MercadoLibre, s/f)*

## **Sistema de Comunicación**

El sistema de comunicación es uno de los más importantes para la implementación del proyecto, para lo que se propone implementar un sistema de comunicación basado en protocolos industriales y tecnologías de comunicación confiables.

El sistema de comunicación estará compuesto por los siguientes elementos:

### **Protocolo Modbus**

Se utilizará el protocolo Modbus para facilitar la comunicación entre PLC Logo 12/24 y otros dispositivos, como el Arduino Uno y los sensores. Modbus es un protocolo abierto y ampliamente utilizado en aplicaciones industriales, lo que garantiza la compatibilidad y facilidad de integración entre los componentes del sistema.

### **Comunicación con Sensores y Actuadores**

Los sensores, actuadores y otros dispositivos del sistema estarán conectados al PLC y al Arduino Uno a través de interfaces de comunicación específicas, como entradas y salidas digitales o analógicas. Esto permitirá la recepción y envío de señales para el control y monitoreo de los procesos de dosificación.

### ***Interfaz de Usuario***

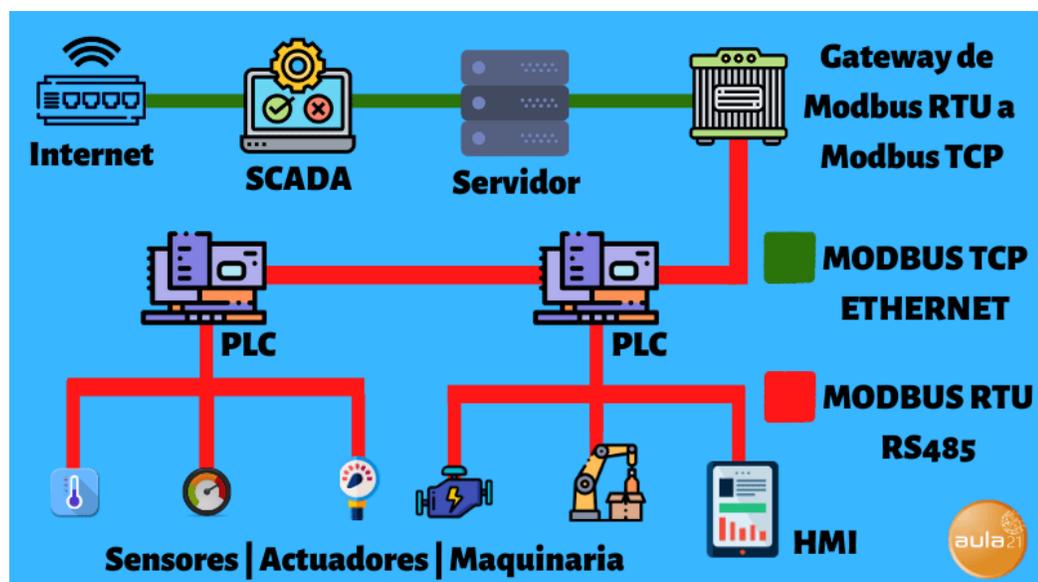
Se implementará una interfaz de usuario para el operador, que permitirá interactuar con el módulo de dosificación y realizar ajustes o visualizar datos en tiempo real. La interfaz puede ser una pantalla táctil o un panel de control con botones y perillas, conectado al PLC para recibir y enviar datos.

La implementación de este sistema de comunicación garantizará una integración eficiente y coordinada entre los diferentes componentes del módulo de dosificación. La comunicación confiable y rápida entre el PLC Logo 12/24, el Arduino Uno, los sensores, los

actuadores y la interfaz de usuario permitirá lograr un control preciso y automatizado del proceso de dosificación de sustancias.

**Figura 30**

*Topología de comunicación Modbus*



*Nota.* Tomado de (*Modbus: Qué es y cómo funciona | Comunicaciones Industriales, s/f*)

Además, este sistema de comunicación proporcionará una mayor flexibilidad y capacidad de expansión para futuras mejoras o actualizaciones en el proyecto. Con ello, se asegura que el sistema de dosificación sea confiable, eficiente y adaptable a las necesidades cambiantes del entorno de trabajo.

Figura 31

Interfaz de Control



### Accesorios para la implementación del Sistema

Se describen los accesorios utilizados para implementar el sistema, cada uno para facilitar su implementación y conservar el modelo modular del sistema.

***Adaptador p/tanque poliprop 1/2" plas***

**Figura 32**

*Adaptador p/tanque poliprop 1/2" plas*



*Nota. Tomado de (ADAPTADOR P/TANQUE POLIPROP 1/2" PLAS – Kywi – MegaKywi, 2023)*

***Neplo Flex 1/2"***

**Figura 33**

*Neplo Flex 1/2"*



*Nota. Tomado de (Neplo Flex 1/2 - Plastigama - Disensa Ecuador, 2023)*

***Pitón Manguera 3/8"*****Figura 34***Pitón Manguera 3/8"*

*Nota.* Tomado de (ACOPLE/PITON TODAS LAS MARCAS, 2023)

***Manguera de laboratorio 1/4"*****Figura 35***Manguera de laboratorio 1/4"*

*Nota.* Tomado de (3605 - MANGUERA LISA 1/4" 100MTS TRANSPARENTE WORKHARD, 2023)

***Manguera de laboratorio 3/8"***

**Figura 36**

*Manguera de laboratorio 3/8"*



*Nota.* Tomado de (Manguera ID 3/8" OD 1/2" grado alimenticio vinil - Beerland Store, 2023)

## Capítulo IV

### Implementación y Pruebas

#### Construcción e implementación

Una vez que se han definido los elementos necesarios para la implementación, se procede a realizar la construcción e implementación del módulo.

Según el diseño previamente analizado, se realiza la construcción de la mesa, la cual soportará y contendrá los elementos, esta se realiza mediante proceso de soldadura y posteriormente es pintada con pintura electrostática.

#### Figura 37

*Construcción Mesa*



El proceso de pintura se lo realiza con pintura electrostática, la misma que es de color plateado para un acabado industrial.

**Figura 38**

*Pintura Mesa*



Los perfiles son cortados, respetando las dimensiones de la mesa, según la longitud del perfil sin cortar, se destinan 22 piezas para ser colocadas.

**Figura 39**

*Perfiles de sujeción*



Una vez cortados los perfiles estos son colocados.

**Figura 40**

*Colocación de Perfiles de Sujeción*



Para la fase de pruebas se realiza un ensamble previo el cual permitirá obtener los valores iniciales para el llenado del tanque y verificar la programación, para posterior proceder a su implementación.

**Figura 41**

*Fase Pruebas*



Posterior a la realización de las pruebas, se procede a montar los elementos en la mesa de trabajo, considerando los diferentes tipos de cables y elementos adicionales para la misma.

### **Figura 42**

*Montaje Tablero de control*



Los elementos son montados sobre la mesa, estos sujetos y cableados al tablero de control para posterior realizar las pruebas de funcionamiento final.

### **Figura 43**

*Montaje Casi final del módulo*



Los elementos para la instalación del mecanismo de distribución son impresos mediante impresión 3D

#### Figura 44

*Impresión 3D Mecanismo de distribución*



La impresión de los soportes para la banda fue realizados en material ABS, debido a su alta resistencia y durabilidad.

#### Figura 45

*Vista lateral de módulo final*



Se presenta la vista lateral del módulo el cual respeta los diseños definidos por previamente en el software CAD.

### Figura 46

*Vista frontal Módulo de Dosificación*



Respecto a la vista frontal del módulo, se visualizan los indicadores de funcionamiento, entre estos una luz piloto de color verde, el paro de emergencia como medida de seguridad y el encendedor de tipo ON/OFF

### Pruebas de tanque de almacenamiento

Durante el proceso de almacenamiento, se han tomado en cuenta los distintos niveles de censado que va a poseer el tanque. Se ha establecido un valor mínimo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de dosificación. Para ello, se han considerado los siguientes datos, los cuales surgen de la relación entre la distancia obtenida por el sensor ultrasónico y el volumen en litros contenido en el tanque.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones para la toma de datos: a una distancia de 25 cm del sensor, el tanque se encuentra vacío, lo que equivale a 0 litros. Con una distancia de 22 cm, se ha obtenido un valor graduado en el tanque que corresponde a 1.5 litros, y a 21 cm de distancia se ha medido una cantidad de 2 litros. A partir de estas mediciones, se ha realizado la adaptación del programa para obtener los resultados esperados

**Tabla 15**

*Prueba de llenado*

Prueba	Distancia (cm)	Litros (lt)	Aceptación
1	25	0	Si
2	22	1	No
3	21	1,5	Si
4	20	2	Si
5	19	2,5	Si
6	18	3	No
7	17	3,5	Si
8	16	4	Si
9	15	4,5	Si
10	14	5	Si

Prueba	Distancia (cm)	Litros (lt)	Observación
11	13	5,5	No
12	12	6	Si
13	11	6,5	Si
14	10	7	Si
15	9	7,5	No
16	8	8	Si
17	7	8,5	Si
18	6	9	Si
19	5	9,5	Si
20	4	10	No

La tabla muestra los resultados de diferentes pruebas realizadas con un sensor ultrasónico para medir la distancia (en cm) y el volumen en litros de un tanque. Junto a cada dato, se indica si el resultado cumple con el valor esperado o si presenta un desfase en la medición.

Algunas observaciones importantes:

1. Observación "Si Cumple": En la mayoría de las pruebas, el sensor ha obtenido mediciones que cumplen con el valor esperado en términos de distancia y volumen. Esto indica que el sensor está funcionando adecuadamente y es capaz de medir con precisión la altura del líquido en el tanque.
2. Desfases de 0.02 cm: En algunas mediciones se observa un pequeño desfase de 0.02 cm entre la distancia medida por el sensor y la distancia real esperada. Se debe directamente a la tolerancia de trabajo del sensor, ya que este trabaja en una distancia mínima de 2 cm. En general, este desfase es muy pequeño y no parece afectar significativamente la medición del volumen en litros.

3. Observación "No Cumple": En la prueba número 20, con una distancia de 2 cm, el volumen medido es de 10 litros, lo cual no cumple con el valor esperado. Esto se debe a la tolerancia mínima aceptada por el sensor de 2.5 cm

En general, la tabla muestra que el sensor ultrasónico es efectivo para medir el nivel del líquido en el tanque y calcular el volumen en litros con buena precisión. La mayoría de las mediciones cumplen con los valores esperados, y los desfases encontrados son mínimos y no afectan significativamente la exactitud de la medición.

### Pruebas de boya de seguridad

Dentro del proceso de llenado se ha colocado un sensor de tipo boya en la base del tanque contenedor, el mismo que permite detectar cuando el tanque alcanzado un nivel de 2.5 litros para que el sistema empiece a funcionar, esto debido a que la bomba de dispensación no puede trabajar al vacío, se considera como base la tabla de datos de llenado del tanque.

**Tabla 16**

*Prueba de boya de seguridad*

Prueba	Litros Suministrados (lt)	Lectura Arduino Litros (lt)	Observación	Aceptación
1	0,2	0,3	Desfase de 0,1 lt	Si
2	0,4	0,4		Si
3	0,6	0,7	Desfase de 0,1 lt	Si
4	0,8	0,8		Si
5	1	1		Si
6	1,2	1,2		Si

Prueba	Litros Suministrados (lt)	Lectura Arduino Litros (lt)	Observación	Aceptación
8	1,6	1,7	Desfase de 0,1 lt	Si
9	1,8	1,8		Si
10	2	2,1	Desfase de 0,1 lt	Si
11	2,2	2,2		Si
12	2,4	2,4		Si
13	2,6	2,7		Si
14	2,8	2,8		Si
15	3	3		Si
16	2,8	2,8		Si
17	2,6	2,6		Si
18	2,4	2,4		Si
19	2,2	2,2		Si
20	2	2		Si

Respecto a los datos obtenidos en la presente tabla, refleja el funcionamiento de la boya de seguridad la cual cumple con su objetivo al ser activada.

### **Prueba de detección de botella**

La fase de identificación de botellas permite que el sistema funcione de forma correcta, para ello se realizan pruebas detectando la presencia de esta, sobre la banda transportadora, y esta activa el sistema de transporte.

**Tabla 17***Prueba de detección de botella*

<b>Prueba</b>	<b>Activación en (HMI)</b>	<b>Activación Real</b>	<b>Aceptación</b>
1	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si
4	Si	Si	Si
5	Si	Si	Si
6	Si	Si	Si
7	No	No	No
8	Si	Si	Si
9	Si	Si	Si
10	No	No	No
11	Si	Si	Si
12	Si	Si	Si
13	Si	Si	Si
14	Si	Si	Si
15	Si	Si	Si
16	No	No	No
17	Si	Si	Si
18	Si	Si	Si
19	Si	Si	Si
20	Si	Si	Si

Tal como se muestra en la tabla, de las 20 pruebas realizadas 3 resultaron no aceptadas debido a que el sensor de presencia daba lecturas fallidas ya sea por el tipo de iluminación, y la conexión de esta.

### Prueba de dosificado

Para la validación de dosificación se tomó como tiempo de dispensado de 7 segundos, tiempo mediante el cual el sistema dosifica 15 ml, los cuales son almacenados en la botella y posteriormente tapados. Se dispensa a razón de 2.13 ml por cada segundo.

**Tabla 18**

*Prueba de dosificado*

Prueba	Activación en (HMI)	Activación Real	Cantidad Dispensada (ml)	Tiempo (Seg)	Aceptación
1	Si	Si	15	7	Si
2	Si	Si	15	7	Si
3	Si	Si	13,5	7	No
4	Si	Si	15	7	Si
5	Si	Si	15	7	Si
6	Si	Si	15	7	Si
7	Si	Si	14	7	No
8	Si	Si	15	7	Si
9	Si	Si	15	7	Si
10	Si	Si	15	7	Si
11	Si	Si	13	7	No
12	Si	Si	15	7	Si
13	Si	Si	15	7	Si
14	Si	Si	15	7	Si
15	Si	Si	14	7	No
16	Si	Si	15	7	Si

Prueba	Activación en (HMI)	Activación Real	Cantidad Dispensada (ml)	Tiempo (Seg)	Aceptación
17	Si	Si	15	7	Si
18	Si	Si	15	7	Si
19	Si	Si	15	7	Si
20	Si	Si	15	7	Si

### Prueba de Tapado

El proceso de tapado es un proceso semiautomático, en el que se realiza la colocación del corcho de forma manual, y por medio de un servomotor se realiza la presión para realizar el tapado de la botella, a continuación se muestra los resultados obtenidos en la fase de pruebas

**Tabla 19**

*Prueba de Tapado*

Prueba	Activación en (HMI)	Activación Real	Aceptación
1	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si
3	No	No	No
4	Si	Si	Si
5	Si	Si	Si
6	Si	Si	Si
7	Si	Si	Si
8	No	No	No
9	Si	Si	Si
10	Si	Si	Si
11	No	No	No

Prueba	Activación en (HMI)	Activación Real	Aceptación
12	Si	Si	Si
13	Si	Si	Si
14	Si	Si	Si
15	No	No	No
16	Si	Si	Si
17	Si	Si	Si
18	Si	Si	Si
19	Si	Si	Si
20	Si	Si	Si

### Prueba de envío y recepción de señales entre módulos

La vinculación del sistema se realiza por medio de envío y recepción de señales digitales, las mismas que sirven de banderas para indicar que el sistema continuo esta listo para continuar con su funcionamiento, y dar paso al siguiente proceso.

**Tabla 20**

*Prueba de envío y recepción de señales entre módulos*

Prueba	Señal de inicio (módulo 1)	Señal de inicio (módulo 2)	Señal de inicio (módulo 3)	Señal de inicio (módulo 4)	Aceptación
1	No	Si	Si	No	No
2	No	Si	Si	No	No
3	No	Si	Si	No	No
4	No	Si	Si	No	No
5	No	Si	Si	No	No
6	No	Si	Si	No	No

Prueba	Señal de inicio (módulo 1)	Señal de inicio (módulo 2)	Señal de inicio (módulo 3)	Señal de inicio (módulo 4)	Aceptación
7	No	Si	Si	No	No
8	No	Si	Si	No	No
9	No	Si	Si	No	No
10	No	Si	Si	No	No
11	No	Si	Si	No	No
12	No	Si	Si	No	No
13	No	Si	Si	No	No
14	No	Si	Si	No	No
15	No	Si	Si	No	No
16	No	Si	Si	No	No
17	No	Si	Si	No	No
18	No	Si	Si	No	No
19	No	Si	Si	No	No
20	No	Si	Si	No	No

Se observa que las señales que indican que el módulo 3 ya culminó su proceso, fueron recibidas de forma adecuada, y a su vez que el módulo 4 puede recibir las botellas que han sido correctamente dispensadas.

### Validación de hipótesis

Se sabe que la hipótesis planteada en este proyecto es la siguiente:

¿Armar un módulo que permita la dosificación adecuada de sustancias y mediante un panel seleccionar variables y set points, permitirá vincular todos los módulos desarrollados con la finalidad de que puedan gestionar mediante un controlador y junto con una interfaz emplear sistemas ciberfísicos?

En donde se tiene como variable independiente del sistema a:

Módulo dosificador de sustancias

Mientras que la variable dependiente es:

Vinculación de módulos e interfaz de sistema ciberfísico

Para poder validar la hipótesis del presente trabajo, se hace uso del método estadístico descriptivo conocido como Chi-Cuadrado que permite la verificar si existe una relación entre las variables cuantitativas del proyecto, con esto se dispone de dos escenarios de los cuales existe una hipótesis nula y una hipótesis alternativa.

En este caso se tiene lo siguiente

### **Hipótesis nula (H0)**

El módulo de dosificación de sustancias no es capaz de dispensar líquidos de forma adecuada.

### **Hipótesis alternativa (H1)**

El módulo de dosificación de sustancias es capaz de dispensar líquidos de forma adecuada.

### **Cálculo del Chi-Cuadrado**

Con los resultados obtenidos, se procede a construir la tabla de frecuencia observada, la misma que se presenta a continuación

**Tabla 21**

*Tabla de Frecuencia Observada*

Resultado aceptable	Prueba de control de llenado	Prueba Boya de seguridad	Prueba detección de botella	Prueba de Dosificación	Prueba de Tapado	Envió y recepción	Total
Si	15	20	17	16	16	0	84
No	5	0	3	4	4	20	36
Total	20	20	20	20	20	20	120

Se aplica la siguiente fórmula para obtener la siguiente tabla de frecuencia esperada

$$E_{ij} = \frac{O_i \times O_j}{O}$$

Donde:

$O_i$ : Valor de la fila

$O_j$ : Valor de la columna

$O$ : Valor de todas las muestras

**Tabla 22**

*Frecuencias esperadas*

Resultado aceptable	Prueba de control de llenado	Prueba Boya de seguridad	Prueba detección de botella	Prueba de Dosificación	Prueba de Tapado	Envió y recepción	Total
Si	16	16	16	16	16	16	96
No	4	4	4	4	4	4	24

Para poder calcular el Chi-Cuadrado se aplica la siguiente fórmula

$$x^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Donde

$x^2$ : Chi-Cuadrado

$r$ : número de filas

$k$ : número de columnas

$O_{ij}$ : Frecuencia observada en la fila  $i$  de la columna  $j$

$E_{ij}$ : Frecuencia esperada en la fila  $i$  de la columna  $j$

Resultando en:

$$x^2 = 23.625$$

Se calcula el grado de libertad

$$v = (\text{cantidad de filas} - 1) * (\text{cantidad de columnas} - 1)$$

$$v = (2 - 1) * (6 - 1)$$

$$v = 5$$

Con estos valores se consulta la tabla de Chi-Cuadrado adjunto en los anexos con un margen de error al 5%  $\alpha = 0.05$ , donde:

$$x_{\text{Tabla}}^2 = 11.0705$$

$$11.0705 < 23.625$$

### Validación

Si, el valor de Chi-Cuadrado que se ha calculado es mayor que el valor obtenido de la tabla, se puede rechazar la hipótesis nula y concluir que la hipótesis alternativa es válida.

### Análisis de costos

#### Tabla 23

##### Análisis de costos

Elemento	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mesa	1	110	110
Perfiles de sujeción	2	32	64
Manguera sanitaria	1	40	40
Bomba de diafragma 12v	1	10	10
Fuente de 12V	1	24	24
LOGO v8.0	1	130	130
Barra de cobre	1	3,5	3,5
Tanque de laboratorio	1	15	15

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Motor DC 12V	1	20	20
Accesorios PVC	1	40	40
Electroválvula	2	11	22
Accesorios eléctricos	1	40	40
Transportes	1	80	80
Convertidor 12 V a 5V	1	3	3
Módulo 4 Reles	1	4	4
Sensores Infrarrojos	3	4	12
Correa Banda	1	5	5
Impresiones 3D	1	60	60
Sensor Ultrasonico	1	4,5	4,5
Arduino Uno	1	20	20
		Total	707

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Para el diseño del módulo de dosificación se identificaron las variables que se necesitan para controlar cada sistema y subsistema, esto con el fin de verificar que tipo de sistema de control se debe implementar y los actuadores necesarios para realizar la implantación, respecto al nivel del tanque se utilizó un sensor ultrasónico, el cual permitió determinar que a 25 centímetros se realiza el rebote del sonido indicando un nivel cero, 14 centímetros indica un nivel de 5.5 litros, por medio de pruebas e interpolación se determinó que por cada centímetro que aumenta el nivel de agua representa un aproximado de 0.5 litros, tal como se visualiza en la tabla 15.
- La etapa de dosificación comprende varias etapas, la primera se determinó entre la válvula de paso de líquido y la bomba de dosificación, se acordó utilizar una válvula senoidal de paso debido a la necesidad de control al momento de la salida del líquido, esto también como una medida adicional de protección para evitar derrames dentro del sistema, y la bomba que dispensaría el líquido se controla mediante un control On/Off determinado a 20 milisegundos, proporcionando una medida de 5 mililitros para cada botella.
- El proceso de dispensado es semiautomático, ya que las botellas serían dispensadas en un ambiente industrial de forma manual, si se requiere automatizar el dispensado de botellas se adaptaría un sistema adicional capaz de realizar esta acción sobre la banda transportadora.
- La banda transportadora comprende tres secciones o etapas, verificación de presencia de botella, esto se realiza mediante control ON/OFF, obteniendo la salida digital del Arduino, y por medio de un Relevador entregar una salida para el controlador PLC, esto

debido a que el mismo lee medidas superiores a los 3.3 voltios, hasta un valor máximo de 24 voltios, en modelo específico utilizado para este sistema.

- La etapa de dosificado sobre la banda proporciona control al momento de llevar a cabo la acción, permitiendo que la botella se detenga en el lugar adecuado para ser dosificado, esto mediante control on/off el motor, y detección de presencia mediante sensor infrarrojo, posterior a los 22 segundos de haberse detenido la banda, la misma se volvería a activar para dar paso al siguiente proceso. Se determino el tiempo considerando el tiempo de dosificado y colocación de este en el lugar de dosificación.
- La etapa de tapado sucede por medio de sobreposición de corchos, indicado sobre la misma banda transportadora, para que se pongan sobre la botella, y posterior a ello mediante un servomotor ser presionadas, asegurando el contenido de la botella, esto realizado mediante detección de objetos, por medio de control ON/OFF, y accionamiento de Arduino como esclavo.
- Se verifica el correcto funcionamiento del proceso mediante la integración de los elementos a través de la interfaz gráfica la cual permite manipular los actuadores del sistema, a través de la plataforma Siemens LogoSoft y logo web editor, esta interfaz da la facilidad para que el operario interactúe con el sistema, proporcionando una comunicación bilateral entre modulo y HMI.

## Recomendaciones

- Se debe implementar un sensor de nivel de tipo boya para precisar el ingreso correcto de la sustancia suministrada en el tanque de almacenamiento, esto con el fin de tener un control de variables, analógicas que tienen un mayor rango de precisión.
- Se debe verificar la conexión de los elementos dentro del tablero de control, ya que al ser un módulo es capaz de desplazarse y desmontarse.
- No se debe suministrar sustancias superiores a los 40 grados centígrados, ya que estos tienen a deteriorar con mayor facilidad el sensor de nivel ubicado en la tapa del contenedor de almacenamiento.
- Se pueden implementar una bomba de tipo analógica para mejorar la precisión de dispensado de líquidos en el sistema de dosificación.
- Los motores no deben ser alimentados a una fuente superior a los 12 voltios ya que estos podrían fallar y posterior a ellos dejar de funcionar.
- Se debe verificar que siempre el sistema este alimentado por 110 voltios ya que esta adaptado para trabajar con ese rango de voltaje.

## Bibliografía

1. *Sensor Ultrasonico HC-SR04 – Edison Del Rosario*. (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <http://blog.espol.edu.ec/edelros/sensor-ultrasonido-hc-sr04/>
- 3605 - MANGUERA LISA 1/4" 100MTS TRANSPARENTE WORKHARD*. (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://web.megaproductos.com.ec/p/3605-manguera-lisa-1-4-100-mts-transparente-workhard-3605>
- ACOPLE/PITON TODAS LAS MARCAS*. (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://repuestoslineablanca.com/FERRETERIA/4090-ACOPLE.html>
- Acrison. (2023). Dosificador Gravimétrico / Micro-Ingrediente -para bajos rangos de dosificación - Modelo 410-170-MI-5 - Acrison Español*. <https://acrison.com/es/linea-de-productos/dosificadores-gravimetricos/dosificador-gravimetrico-micro-ingrediente-para-bajos-rangos-de-dosificacion-modelo-410-170-mi-5/>
- ADAPTADOR P/TANQUE POLIPROP 1/2" PLAS – Kywi – MegaKywi*. (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://kywitiendaenlinea.com/product/adaptador-p-tanque-poliprop-1-2-plas/>
- ALUMINIO CEDAL | IMPORAN*. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2023, de <https://www.imporan.com/aluminio>
- Arduino UNO | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea*. (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://arduino.cl/arduino-uno/>
- ARDUINO UNO R3 GENERICO FTDI – APM*. (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://apmelectronica.com/producto/arduino-uno-rev3/>

Arthos Montúfar, H. A., & Montenegro Reinoso, J. M. (2012). *Diseño e implementación de un módulo didáctico dosificador de líquidos por diferencia de pesos.*

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/5681>

AUTYCOM. (2023). <https://www.autycom.com/producto/siplus-logo-12-24rce-20-70-c-arranque-a-20-c-con-revestimiento-conformado-basado-en-6ed1052-1md08-0ba0-modulo-logico-display-fa-e-s-12-24/>

Brandon, E., & Diaz, A. Q. (2020). *Simulación de un dosificador de chocolate automático.*

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21207>

Castro Sedano, S., & de La Salle, U. (2015). *Diseño de máquina automática para dosificación de vaselina* Diseño de máquina automática para dosificación de vaselina Camilo Andrés Patarroyo Casallas Citación recomendada Citación recomendada.

[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_automatizacion](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion)

*Control de Procesos Industriales.* (s/f). Recuperado el 6 de agosto de 2023, de

<https://www.industriaalimentaria.org/blog/contenido/control-de-procesos-industriales>

Despachos En, V. Y., Empresa, U., Diana, P., & Romero Escovar, M. (2009). *PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE.*

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7303/tesis301.pdf>

*Fragmentos de la Industria 4.0: Sistemas ciber físicos - MagazIEEE Ecuador.* (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2023, de <https://r9.ieee.org/ecuador-magaz/fragmentos-de-la-industria-4-0-sistemas-ciber-fisicos/>

*Fuente De Poder Transformador Cctv 110/220v A 12v 30a 360w | MercadoLibre.* (s/f).

Recuperado el 6 de agosto de 2023, de <https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-514423883-fuente-de-poder-transformador-cctv-110220v-a-12v-30a-360w->

\_JM#position=3&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=5ce1e09c-7162-4213-b178-436866923cd7

Guevara García, J. D. (2019). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*.

*Manguera ID 3/8" OD 1/2" grado alimenticio vinil - Beerland Store*. (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://www.beerlandstore.com/equipos/276-manguera-gas-516-sencilla.html>

MCR. (s/f). *La dosificación industrial - MCR*. Recuperado el 14 de junio de 2023, de <https://mcr.es/la-dosificacion-industrial/>

*Modbus: Qué es y cómo funciona | Comunicaciones Industriales*. (s/f). Recuperado el 1 de agosto de 2023, de <https://www.cursosaula21.com/modbus-que-es-y-como-funciona/>

*módulo | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. (s/f). Recuperado el 14 de junio de 2023, de <https://dle.rae.es/m%C3%B3dulo>

*Módulo - Qué es, en la arquitectura, en la geometría, en la música y en la física*. (s/f). Recuperado el 2 de julio de 2023, de <https://definicion.de/modulo/>

*Módulo Sensor Tcrt5000 Infrarrojo Seguidor De Linea Arduino | MercadoLibre*. (s/f).

Recuperado el 6 de agosto de 2023, de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-533871850-modulo-sensor-tcrt5000-infrarrojo-seguidor-de-linea-arduino-)

[533871850-modulo-sensor-tcrt5000-infrarrojo-seguidor-de-linea-arduino-](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-533871850-modulo-sensor-tcrt5000-infrarrojo-seguidor-de-linea-arduino-)

[\\_JM#position=2&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=00d0d9fb-4357-4727-83acb06adc51d08f](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-533871850-modulo-sensor-tcrt5000-infrarrojo-seguidor-de-linea-arduino-)

Molina, G., Daniel, L., Machay Gomez, I., Vinicio, E., Julio, M., & -Ecuador, Q. (2022). *Diseño y Construcción de un Sistema Automático para la Dosificación de Granos Secos*.

<http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/258>

*Neplo Flex 1/2 - Plastigama - Disensa Ecuador.* (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://disensa.com.ec/producto/neplo-flex-1-2-plastigama/>

*Procesos industriales: ¿qué son y cuántos tipos existen?* (s/f). Recuperado el 6 de agosto de 2023, de <https://postgradoindustrial.com/procesos-industriales-que-son-y-cuantos-tipos-existen/>

*¿Qué es un controlador? - Windows drivers | Microsoft Learn.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://learn.microsoft.com/es-es/windows-hardware/drivers/gettingstarted/what-is-a-driver->

*¿Qué es un controlador industrial y sus tipos? | SDI.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-controlador-industrial/>

*¿Qué es un HMI Siemens? Consideraciones para elegir el equipo correcto – Industrias GSL.* (s/f). Recuperado el 6 de agosto de 2023, de <https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-hmi-consideraciones-para-elegir-el-equipo-correcto>

*¿Qué es un Proceso Industrial? ▷ Características, tipos y ejemplos.* (s/f). Recuperado el 6 de agosto de 2023, de <https://www.edsrobotics.com/blog/proceso-industrial-que-es/>

*¿Qué es un sensor ultrasónico? | Fundamentos del sensor: Guía de sensores para fábricas clasificados por principios | KEYENCE.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

*¿Qué significa HMI? Interfaz humano-máquina | COPA-DATA.* (s/f). Recuperado el 6 de agosto de 2023, de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>

*¿Qué son los sensores analógicos? Todo sobre su funcionamiento.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://solectroshop.com/es/blog/que-son-los-sensores-analogicos-todo-sobre-su-funcionamiento-n91>

*¿Qué son los sistemas ciberfísicos? Ejemplos y aplicaciones | UNIR.* (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2023, de <https://www.unir.net/ingenieria/revista/sistemas-ciberfisicos/>

*Sensor digital - EcuRed.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de [https://www.ecured.cu/Sensor\\_digital](https://www.ecured.cu/Sensor_digital)

*Sensor ultrasónico HC-SR04 | Proyectos en Arduino.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de <https://eloctavobit.com/arduino/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino/>

*Sensor Ultrasonido HC-SR04.* (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

*Sensor Vertical de Nivel de Agua Plástico – Flotador Interruptor - Electronilab.* (s/f). Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://electronilab.co/tienda/sensor-vertical-de-nivel-de-agua-plastico-flotador-interruptor/>

*Sensores analógicos – Industrias GSL.* (s/f). Recuperado el 14 de agosto de 2023, de [https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sensores\\_analogicos](https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sensores_analogicos)

Siemens AG. (s/f). *Logo\_s.* Recuperado el 18 de junio de 2023, de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)

*Siemens LOGO! 12/24 RCE - 6ED1052-1MD08-0BA0 | Automation24.* (2023).

<https://www.automation24.biz/siemens-logo-12-24-rce-6ed1052-1md08-0ba0>

*SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN: PRODUCCIÓN POR LOTES.* (s/f).

Recuperado el 6 de agosto de 2023, de <http://usjb.blogspot.com/2013/01/produccion-por-lotes.html>

## Anexos