

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
CICLO 2023 - II**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TÍTULO : PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO, CON PLC  
S7-1200, PARA EL MEZCLADO DE PINTURA EN BASE A  
LOS COLORES PRIMARIOS ARTÍSTICOS, RED, YELLOW &  
BLUE

ASIGNATURA: TALLER DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA II

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE  
AUTOMATIZACIÓN

NOMBRES Y APELLIDOS DEL ESTUDIANTE : RENATO RONALD NINA ALDAMA  
FRANCO ANDRES OLIVA MONTENEGRO

CÓDIGO DEL ESTUDIANTE : 201812247  
201810540

CICLO DE INGRESO : 2018-1

DOCENTE DE LA ASIGNATURA : PEDRO FREDDY HUAMANÍ NAVARRETE

---

**FIRMA DEL ESTUDIANTE**

---

**FIRMA DEL DOCENTE**

---

**VºBº DIRECTOR DE ESCUELA**

## 1. ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1.	3
1.1.	3
1.2.	4
1.3.	4
2.	4
2.1.	4
2.2.	9
○	9
○	9
3.	10
3.1.	10
3.2.	10
3.3.	13
4.	14
5.	15
6.	16
7.	16
8.	17

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1. Formulación y determinación del problema

La pintura es el arte que utiliza pigmentos para hacer cualquier tipo de representaciones gráficas. El resultado de estas, también se llama pinturas. La pintura es aquel fluido que aplicamos en capas delgadas sobre una superficie en específico. Escogiendo cualquier tipo y/o color podemos hacer mezclas, las cuales pueden lograr buenos resultados y así poder innovar en diferentes espacios que nosotros deseemos de nuestro hogar o cualquier otro ambiente.

Muchos lugares donde se comercializa pintura no cuentan con un sistema de mezclado automático, por lo que optan a realizar este proceso manual, lo que genera una demora, es decir, un incremento de tiempo al momento de realizar la mezcla de pintura en base a lo que el cliente requiera.

Por lo tanto, un prototipo de sistema automático de mezcla de pintura sería más eficiente, ayudaría a optimizar la producción, el desgaste físico y la disminución de los desperdicios de materiales, a comparación de una mezcla manual. El prototipo propuesto será desarrollado en los Laboratorios de Control de la Facultad de Ingeniería, esto con el fin de que los estudiantes puedan observar y aprender como es el funcionamiento de un sistema automático de mezclado de pintura usando un controlador lógico programable como el PLC S7-1200.

##### 1.1.1. Problema General:

¿Cómo implementar un prototipo de sistema automático, con PLC S7-1200, para el mezclado de pintura en base a los colores primarios artísticos, Red, Yellow & Blue?

##### Problemas Específicos:

¿Cómo programar en el software TIA PORTAL V14 para tener un correcto funcionamiento del mezclado de pintura?

¿De qué manera se implementará el prototipo propuesto en el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería?

¿Cómo se verificaría el funcionamiento del prototipo propuesto, al establecer cantidades específicas para el mezclado de pintura?

### **3.2. Importancia y justificación del trabajo de investigación**

El presente proyecto tiene suma importancia debido a que con la utilización de equipos y/o programas que se tienen en el Laboratorio de Control como el PLC S7-1200, la fuente de alimentación SIEMENS y el software Tia Portal V14, implementados en este prototipo de un sistema automático para el mezclado de pintura, será de gran ayuda a todos los alumnos que quieran realizar prácticas de instrumentación y sistemas de automatización, para así tener un mayor entendimiento del proceso que se está aplicando en este proyecto. Al mismo tiempo, el prototipo propuesto procura cuidar el medio ambiente ya que, al automatizar el proceso de mezclado de pintura, este reducirá los desperdicios que produce la mezcla, disminuyendo los gases tóxicos, los cuales dañan al medio ambiente.

### **3.3. Objetivos**

#### **3.3.1. Objetivo General:**

Implementar un prototipo de sistema automático, con PLC S7-1200, para el mezclado de pintura en base a los colores primarios artísticos, Red, Yellow & Blue.

#### **3.3.2. Objetivos Específicos:**

Programar en el software TIA PORTAL V14 para tener un correcto funcionamiento del mezclado de pintura.

Implementar el prototipo propuesto en el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería.

Verificar el funcionamiento del sistema automático, al establecer cantidades específicas para el mezclado de pintura.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco conceptual**

#### **4.1.1. Sistemas de Control**

En [1], Bolton. (2001) señala que “un sistema control es cuando la salida se controla de manera tal que haya un cambio en particular de una manera definida”.

En [2], Perez, A., Perez, E. & Alberto, M. (2008) (p.7) indican que un sistema de control “es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular, asimismo o a otro sistema. Estos sistemas comandan dirigen o controlan dinámicamente”.

“Para los sistemas de control existe el problema en la selección de una entrada adecuada que haga responder a la planta de manera deseada, obteniéndose así una salida con ciertas características deseadas” (Alberto, et al, 2008).

Clasificación de los lazos de control:

a) Control de Lazo Abierto

Un control de lazo abierto es aquel donde la señal de salida no interviene sobre la acción propia de control o señal, es decir, la salida y la entrada de referencia no se comparan.



Figura N° 1: Sistema de Control de Lazo Abierto

Fuente: Alberto, M. et al, 2008, p10.

Este sistema tiende a ser muy ahorrador, pero a la vez resulta ser imperceptible a las perturbaciones, siendo convenientemente aplicado cuando uno tiene la total certeza que no existen perturbaciones actuando en él.

b) Control de Lazo Cerrado

Un control de lazo cerrado es aquel donde la señal de salida si interviene sobre acción de control o señal. Cabe mencionar que tanto la señal controlada como la salida deben ser realimentadas, para posteriormente ser comparada con la entrada de referencia, donde se envía una señal referente, la cual es proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida. Finalmente, modificamos la salida y reducimos el error.

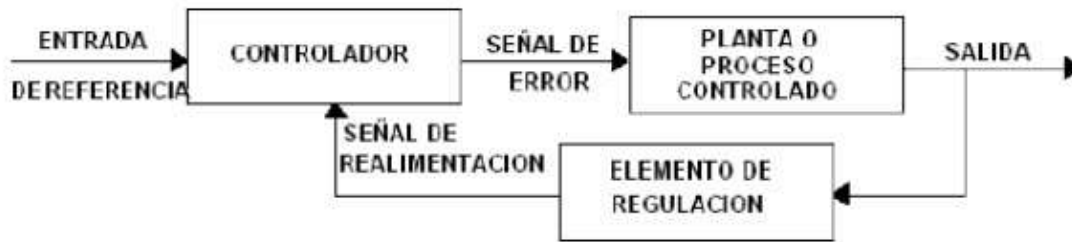


Figura N° 2: Sistema de Control de Lazo Cerrado

Fuente: Alberto, M. et al, 2008, p11.

#### 4.1.2. Hardware PLC Simatic S7-1200

En [3], Maloney (2006), indica que “el controlador lógico programable es aquel equipo compacto donde se encuentran todos los componentes para el desarrollo de diferentes tareas de automatización y de control, donde la toma de decisiones es a través de instrucciones codificadas, almacenándose en un chip y ejecutándose en un microprocesador; y si es requerido el cambio del sistema de control, sólo será necesario el cambio de las instrucciones a través de un software”

Este es un dispositivo sólido con un tamaño reducido, en el cual se pueden dar soluciones a procesos sencillos en la industria, este equipo es producido por la empresa Siemens, en el modelo CPU 1214C, el cual tiene una alimentación de corriente alterna como entrada.

En [4], Según Siemens (2018), el Simatic S7 1200 con CPU 1214C tiene:

- Interfaz ethernet integrado mediante el protocolo profinet.
- Capacidad de procesamiento a 64bits.
- 10 salidas digitales tipo relay a 2Amp.
- 14 entradas digitales a 24volt DC.
- 02 entradas análogas de 0 a 10volt DC.
- Salida de fuente a 24volt DC.
- Alimentación de 85 a 264volt AC. 19
- Servidor web.



Figura N° 3: PLC S7 1200.

Fuente: Propia

#### 4.1.3. Fuente de Alimentación Conmutada

En [5], “La fuente de alimentación conmutada es aquella fuente de alimentación que convierte la tensión alterna en una tensión continua”.

En este proyecto de investigación estamos usando una fuente de alimentación conmutada modelo 6EP1332-1SH51 de la marca Siemens, el cual nos ayudará en el funcionamiento de las mini bombas y el motor. De esta manera, estas puedan activarse según la programación realizada en el software TIA PORTAL V14.



Figura N° 4: Fuente de Alimentación Estabilizada LOGO! Power 24 V / 4 A

Fuente: Propia

#### 4.1.4. Válvula Motorizada

En [6] y [7] se entiende por válvula motorizada el conjunto formado por:

- a) La válvula propiamente dicha
- b) El actuador
- c) El puente o yugo

Se separa el puente porque es el nexo de unión entre la válvula y el actuador. Es un componente puramente pasivo, pero de gran importancia en la diagnosis ya que se utilizan las deformaciones producidas en él para determinar las fuerzas ejercidas por el vástago



Figura N° 5: Válvula de bola eléctrica motorizada

Fuente: <https://n9.cl/7yp2v>

#### 4.1.5. Motorreductor

Es una máquina homogénea y compacta, la cual combina un motor y un reductor de velocidad. Estos son de una sola pieza y se utilizan para reducir la velocidad automáticamente de un equipo.





Figura N° 6: Motorreductor

Fuente: <https://acortar.link/c5yVwT>

## 2.2. Estado del arte

### ○ 2.2.1. Antecedentes Nacionales

En [8], se diseñó la automatización de un sistema, el cual tiene como objetivo que tenga una elaboración segura, eficiente y ahorradora. Tiene como base los tres colores primarios, magenta, amarillo, y cian, estas dependen de 3 cantidades diferentes, las cuales se pueden seleccionar mediante una interface, donde se encuentran tanto el dispositivo de control como el usuario.

En [9], se realizó un sistema donde se hará un control y monitoreo para el mezclado de líquidos de baja densidad. Para ello, se diseñó una aplicación, esta se enfoca en tres dosificadores, las cuales utilizan válvulas que permitirán regular la cantidad de líquido deseado. Al culminar este proceso, el líquido se mezclará, en el cual se hará uso de un agitador y motor para regular la homogeneidad y velocidad del producto final. Parte de este proyecto de automatización se utilizó un PLC y HMI donde se podrá observar, controlar y monitorear el proceso mencionado.

### ○ 2.2.2. Antecedentes Internacionales

En [10], se desarrolló un prototipo de laboratorio de control lógico programable basado en un sistema automático en la mezcla de líquidos y llenado de botellas, el prototipo realiza una automatización del control y mezclado de dos diferentes líquidos en botellas, con el fin de poder alcanzar un control de calidad, el cual reduce la intervención humana y mejora la productividad.

## 5. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

### 5.1. Descripción y características de la solución o del producto a obtener

El tipo de investigación es aplicada y tecnológica. En cuanto al método de investigación, es empírico y experimental.

En el presente proyecto se utiliza el PLC S7 – 1200 para controlar diferentes dispositivos, el cual, al seleccionar la mezcla deseada, el controlador lógico programable, accionará las válvulas necesarias en un tiempo establecido. Posteriormente, una vez cerrada la última válvula, el Controlador Simatic S7 – 1200 accionará el motor por un tiempo determinado; y al finalizar este proceso se encenderá una alarma sonora para indicar que la mezcla está lista.

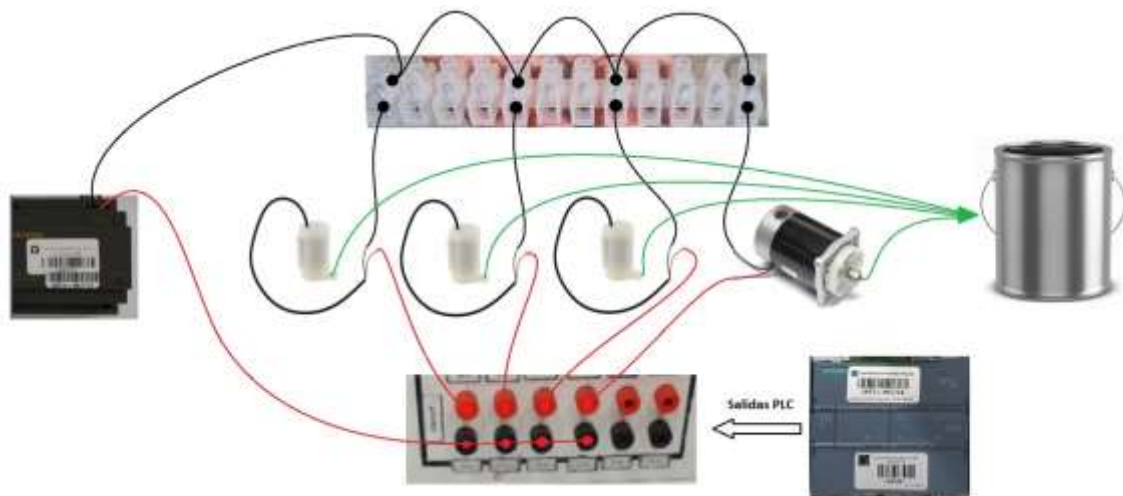


Figura N° 7: Diagrama pictográfico

Fuente: Propia

### 5.2. Metodología de la solución

Para el presente proyecto se utilizó el lenguaje de programación ladder en el PLC S7 - 1200 vinculado al HMI, donde se muestran las mezclas que se pueden obtener. El sistema funciona de la siguiente manera: Primero se debe seleccionar una de las opciones que aparecen en el HMI, esto hará que el controlador lógico programable active las válvulas requeridas, las cuales están previamente programadas para que se abran durante un tiempo determinado, este varía de acuerdo a la válvula y la mezcla seleccionada. Luego del cierre de la última válvula, se activará el motor reductor por 10 segundos, ya que ese es el tiempo que se le programó para todas las mezclas. Finalmente, al desactivarse el motor, se encenderá una alarma sonora para indicarnos que el proceso ha culminado.

TABLA 1. PROPORCIÓN PARA LA MEZCLA DE COLORES PRIMARIOS ARTÍSTICOS

<b>Color</b>	<b>Mezcla</b>
Naranja claro	4 de amarillo + 1 de rojo
Naranja	2 de amarillo + 1 de rojo
Naranja oscuro	2 de amarillo + 4 de rojo
Rosa claro	6 de blanco + 1 de rojo
Rosa	3 de blanco + 2 de rojo
Marrón	2 de azul + 1 de rojo + 2 de amarillo
Marrón rojizo	2 de azul + 2 de rojo + 2 de amarillo
Marrón amarillento	2 de azul + 2 de rojo + 4 de amarillo
Verde oliva	2 de azul + 1 de amarillo
Verde claro	1 de azul + 3 de amarillo
Verde	1 de azul + 2 de amarillo
Azul verdoso	1 de verde + 1 de azul
Azul celeste	2 de blanco + 1 de azul
Azul marino	1 de azul + 1 de negro
Gris	2 de blanco + 1 de negro
Violeta	2 de rojo + 5 de azul
Ocre	4 de amarillo + 1 de negro + piza rojo y azul
Crema	1 de negro + 1 de blanco + 4 de amarillo
Marfil	1 de negro + 1 de blanco + 4 de amarillo + piza de rojo
Negro	1 de amarillo + 1 de rojo + 2 de azul

Fuente: <https://www.distrimar.es/como-hacer-mezcla-colores-para-obtener-otros.html>

TABLA 2. REPRESENTACIÓN DE LA MEZCLA DE COLORES PRIMARIOS ARTÍSTICOS

COLORES		VÁLVULAS
1	Naranja	Válvula N° 1 (RED): Se activará durante 4.2 segundos. Válvula N° 2 (YELLOW): Se activará durante 8.4 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos
2	Naranja oscuro	Válvula N° 1 (RED): Se activará durante 8.4 segundos. Válvula N° 2 (YELLOW): Se activará durante 4.6 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos
3	Marrón	Válvula N° 1 (RED): Se activará durante 2.52 segundos. Válvula N° 2 (YELLOW): Se activará durante 5.04 segundos. Válvula N° 3 (BLUE): Se activará durante 5.04 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos
4	Verde	Válvula N° 2 (YELLOW): Se activará durante 8.4 segundos. Válvula N° 3 (BLUE): Se activará durante 4.2 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos
5	Azul verdoso	Válvula N° 2 (YELLOW): Se activará durante 6.3 segundos. Válvula N° 3 (BLUE): Se activará durante 6.3 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos
6	Violeta	Válvula N° 1 (RED): Se activará durante 3.6 segundos. Válvula N° 3 (BLUE): Se activará durante 9 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos
7	Negro	Válvula N° 1 (RED): Se activará durante 3.15 segundos. Válvula N° 2 (YELLOW): Se activará durante 3.15 segundos. Válvula N° 3 (BLUE): Se activará durante 6.3 segundos. Tiempo total de activación de las válvulas: 12.6 segundos

Fuente: Propia

### 5.3. Diseño de la solución o del producto

En el siguiente diagrama de tiempo se utilizó un switch del PLC como botón para seleccionar la mezcla deseada, sin embargo, al realizar el encendido y apagado de forma manual se produjo un pulso de 100 milisegundos. Este pulso activa las válvulas motorizadas; estas se mantienen abiertas el tiempo establecido por su temporizador de retardo a la desconexión (TOFF). El TOFF que posea el mayor tiempo va conectado al motor reductor encargado de realizar el mezclado; se le coloca un temporizador de retardo a la conexión (TON) para que este no se encienda hasta que la última válvula se desactive y seguidamente se coloca un TOFF para establecer el tiempo de encendido del motor. Finalmente se conecta la alarma paralela al motor junto con su TON y TOFF correspondientes para indicar que el proceso ha culminado.

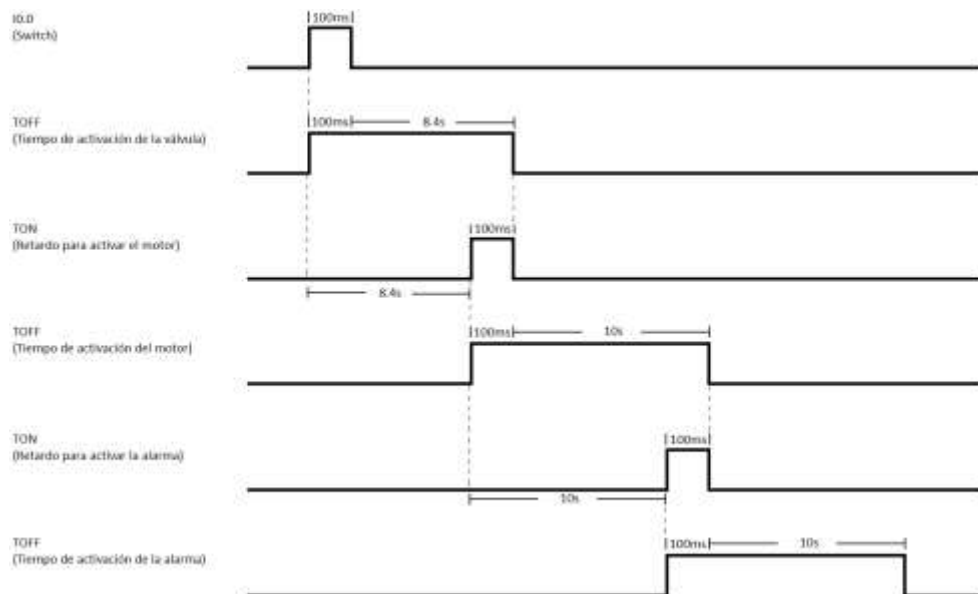


Figura N° 8: Diagrama de tiempo (Mezcla color naranja)

Fuente: Propia

## 6. PRUEBAS Y RESULTADOS

En esta parte del trabajo de investigación se muestran los resultados obtenidos de todas las pruebas realizadas en la implementación y programación en el software TIA PORTAL V14. Se establece un valor en base a la proporción, según tabla 2, para la mezcla de colores primarios artísticos, el cual sirve para saber cuánto tiempo tiene que permanecer abierta la válvula para suministrar cierta cantidad de pintura.

### 4.1. Programación Ladder

En la figura N°9 y figura N°10 se observa la programación que se aplica para la primera mezcla, en este caso es el color naranja. En primer lugar, seleccionamos la mezcla deseada, el PLC S7-1200 activa las mini-bombas de los colores que serán necesarias; según el tiempo determinado en la Tabla N°2. Las mini-bombas están conectadas a un timer que determina el tiempo que estas están activas. Luego, al desactivarse la última mini-bomba recién se activa el motor; ya que, se le colocó un timer TON que actúa como retraso para que el motor y la mini-bomba no se activen de manera simultánea. De la misma manera que las mini-bombas, el motor posee un timer, el cual determina el tiempo de funcionamiento.

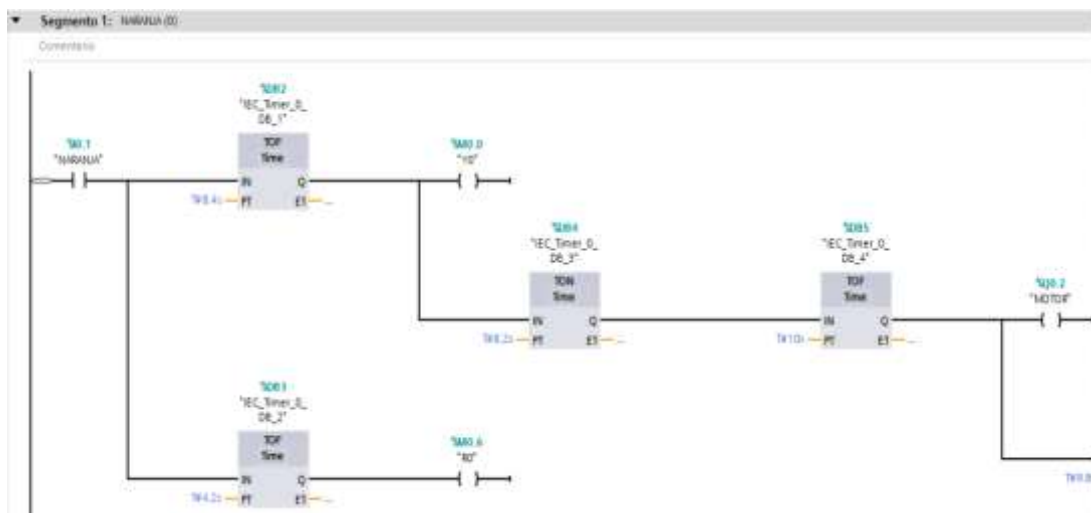


Figura N° 9: Programación Ladder en TIA PORTAL V14

Fuente: Propia

Finalmente, cuando se desactiva el motor, se enciende la alarma que posee doble timer uno de de retraso y otro de tiempo de funcionamiento, este por un tiempo de 10 segundos, el cual indica la finalización del proceso.



Figura N° 10: Programación Ladder en TIA PORTAL V14

Fuente: Propia

## 7. CONCLUSIONES

Se programó correctamente en el software TIA PORTAL V14, utilizando el lenguaje de programación ladder, donde tuvimos un buen funcionamiento del sistema automático planteado.

Se logró implementar el prototipo de un sistema automático de mezclado de pintura en base a los colores primarios artísticos en el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería. El prototipo está compuesto por tres envases reciclables de agua destilada de 1 litro cada uno, una bornera de 20 entradas, cables de cobre de 16 awg, tres mini bombas de 5V cada una y tres tubos flexibles de PVC. Además, se utilizó la fuente de alimentación de 24VDC LOGO! Siemens para poder energizar las 3 mini bombas y de esta manera tener un correcto funcionamiento del prototipo.

Establecimos cantidades específicas para el mezclado de pintura y se verificó el correcto funcionamiento del sistema automático. Por ende, podemos observar en tiempo real cómo obtenemos el producto final, de acuerdo a la mezcla seleccionada, según tabla 2. Cabe mencionar que el presente prototipo se implementó en estante de dos niveles de 50cm de largo x 50cm ancho x 100cm de alto.

## 8. RECOMENDACIONES

Se debe dimensionar una bomba de acuerdo a las condiciones y características del proceso, para este trabajo se utilizó una mini bomba de 5V para un mejor funcionamiento

Se recomienda realizar la implementación del trabajo en el laboratorio de control de la facultad de ingeniería, ya que este te brinda seguridad y todas las facilidades herramientas y equipos necesarios para la implementación del mismo.

Para poder optimizar el sistema automático, se recomienda utilizar la pantalla táctil HMI que se encuentra en el laboratorio para hacerlo más intuitivo.

Se recomienda realizar pruebas para saber cuánto tiempo debe estar activa una válvula para que la mezcla final resulte tener una cantidad de 350 ml. A partir de este tiempo y de las proporciones que se requieran para cada mezcla, se procede a realizar las operaciones necesarias para la correcta programación del sistema automático.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Bolton, W. (2001). Ingeniería de Control (2da ed.). Mexico: Alfaomega.
- [2]. Alberto, M., Perez, A., & Perez, E. (2008). Introducción a los Sistemas de Control y Modelo Matemático para Sistemas Lineales Invariantes en el Tiempo. (Cátedra 67 Control I). Universidad Nacional de San Juan. San Juan-Argentina. Recuperado de <http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf>
- [3]. Maloney, T. (2006). Electrónica Industrial Moderna (5ta ed.). México: Pearson.
- [4]. Siemens (2018). Controladores Modular. Visitado en junio del 2018. Recuperado de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/controlador\\_basico\\_s71200/pages/s7-1200.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx)
- [5]. Siemens (2022). LOGO!Power 24 V Stabilized power supply input: 100-240 V AC output: 24 V DC/4A 6EP1332-1SH51 Recuperado <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6EP13321SH51>
- [6]. J. K. (EPRI) Wang, "Application Guide. MOV. TR-106563-V1," 1999.
- [7]. L. A. Flowserve, "Limitorque Actuation Systems 120-11000," 2002.
- [8]. M. Sreejeth and S. Chouhan, "PLC based automated liquid mixing and bottle filling system," 2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), Delhi, India, 2016.



- [9]. Gutierrez, R.(2019) "Diseño de una línea de producción automatizada para la fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotores," (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.
- [10]. Córdova, J,(2013) "Sistema de monitoreo y control para la dosificación y mezclado de líquidos de baja densidad basado en una plataforma de microautomatización Siemens" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- [11]. S. Eswar, L. Jaiganesh, N. Hariprasad, M. Mohamedimthiyas and A. Gopikrishnan, "Automatic Liquid Mixing and Filling Using PLC," 2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT), Coimbatore, India, 2018.
- [12]. P. Birmole, M. Kamble, S. Naik, A. Sadamate and H. V. Korgaonkar, "Designing and Implementation of Chemical Mixing and Filling Bottles Using PLC," 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), Coimbatore, India, 2018.
- [13]. N. Nadgauda and S. A. Muthukumaraswamy, "Design and Development of Industrial Automated System using PLC-SCADA," 2019 IEEE 10th GCC Conference & Exhibition (GCC), Kuwait, Kuwait, 2019.
- [14]. B. Tomar and N. Kumar, "PLC and SCADA based Industrial Automated System," 2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON), Bangluru, India, 2020.