

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LAVADOR AUTOMÁTICO  
PARA BARRILES DE CERVEZA DE TIPO A DE 20L, 30L Y 50L  
UTILIZANDO UN MICROCONTROLADOR STM32 NÚCLEO F446RE**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**JEFFERSON UVALDO ALVAREZ GOMEZ**

**jefferson.alvarez@epn.edu.ec**


**DIRECTOR: MSC. PILAQUINGA ABADIANO DIEGO IVÁN**

**diego.pilaquinga@epn.edu.ec**

**Quito, octubre 2022**

## CERTIFICACIONES

Yo, JEFFERSON UVALDO ÁLVAREZ GÓMEZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

**JEFFERSON UVALDO ÁLVAREZ GÓMEZ**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JEFFERSON UVALDO ALVAREZ GÓMEZ, bajo mi supervisión.



---

**DIEGO IVAN PILAQUINGA ABADIANO**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JEFFESON UVALDO ÁLVAREZ GÓMEZ

DIEGO IVAN PILAQUINGA ABADIANO, M.Sc.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, que con su voluntad me ha puesto en este camino y me ha dado toda la fuerza para cumplir con esta meta, además me ha inspirado a creer en mí mismo y en mis capacidades para crecer como persona y profesionalmente.

A mis padres Uvaldo y Pilar, y mis hermanas Catherine, Diana y María ya que como mi familia son mi refugio y mi fortaleza, gracias a ustedes he logrado alcanzar una meta más en mi vida, pues siempre me han demostrado su cariño y apoyo, todo mi esfuerzo y logros son suyos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la empresa Beerland por darme la oportunidad de aplicar mis conocimientos en el desarrollo de este proyecto, además de brindar su apoyo económico para la construcción de este.

A mi tutor, Ing. Diego Pilaquina, por brindarme su apoyo, consejos y paciencia. Muchas gracias por sus aportes profesionales durante la realización de este proyecto, los cuales fueron siempre útiles cuando surgía un imprevisto.

A mis padres que me han enseñado que todo se logra con esfuerzo y trabajo constante, además por su apoyo incondicional ya que siempre están alado mío en los buenos y malos momentos.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por brindarme las herramientas necesarias para adquirir todos los conocimientos que me ayudarán en mi desarrollo profesional.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	3
1.4.1 Producción de cerveza artesanal en el Ecuador .....	3
1.4.2 Proceso de lavado de barriles de cerveza .....	4
1.4.3 Lavadores automáticos de barriles .....	5
1.4.4 Partes de un lavador.....	6
1.4.4.1 Bombas Centrífugas .....	6
1.4.4.2 Válvulas Solenoides.....	6
1.4.4.3 Calentadores de agua por inmersión .....	7
1.4.4.4 Sensores y detectores .....	7
1.4.4.5 Elementos de Protección y Maniobra.....	8
1.4.4.6 PLC.....	10
1.4.4.7 Pantalla HMI .....	10
1.4.4.8 Tableros de control.....	10
1.4.5 Tarjeta STM32núcleoF446RE .....	10
1.4.6 Pantalla Nextion .....	11
2 METODOLOGÍA.....	12
2.1 Diseño de hardware del prototipo .....	12
2.1.1 Dimensionamiento de la bomba.....	12
2.1.2 Selección de las válvulas.....	16
2.1.3 Descripción de la estructura física .....	18
2.1.4 Selección del calentador de agua.....	19

2.1.5	Dimensionamiento de las Fuentes de Alimentación.....	19
2.1.6	Detectores y Sensor de Temperatura .....	21
2.1.6.1	Sensor DS18B20 .....	21
2.1.6.2	Flotador de Nivel.....	21
2.1.7	Elementos de Protección y Maniobra:.....	22
2.1.8	Selección de la tarjeta embebida .....	24
2.1.9	Selección de la Pantalla .....	24
2.1.10	Distribución de pines del STM32núcleoF446RE .....	24
2.1.11	Diagramas de conexión .....	25
2.1.11.1	Conexión tarjeta STM32núcleoF446RE (entradas) .....	25
2.1.11.2	Conexión tarjeta STM32núcleoF446RE (salidas) .....	26
2.1.11.3	Conexión con actuadores.....	27
2.1.12	Dimensionamiento para conductores eléctricos.....	28
2.1.13	Diseño de Tablero de Control .....	28
2.2	Diseño de software del Prototipo .....	30
2.2.1	Diseño del programa de control.....	31
2.2.1.1	Funciones de automatización .....	31
2.2.1.2	Diagrama de Flujo del Programa .....	33
2.2.1.3	Lectura del Sensor de Temperatura.....	34
2.2.1.4	Control de temperatura por Histéresis .....	37
2.2.1.5	Configuración del Timer. ....	37
2.2.2	Diseño de la Pantalla HMI .....	38
2.2.3	Comunicación de la tarjeta STM32núcleoF446RE con la Pantalla Nextion.41	
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
3.1	Resultados .....	43
3.1.1	Hardware del prototipo .....	43
3.1.2	Pruebas en los sensores y actuadores .....	45
3.1.2.1	Pruebas de válvulas, niquelina y bomba: .....	45
3.1.2.2	Pruebas en detectores de nivel.....	46
3.1.2.3	Pruebas del sensor de Temperatura y control de calentamiento por histéresis	47
3.1.2.4	Pruebas de circulación de líquidos .....	49
3.1.3	Tiempos de Lavado de Barriles por etapas.....	50
3.1.4	Pruebas integrales de funcionamiento con barril semitransparente .....	51
3.2	Conclusiones.....	54
3.3	Recomendaciones.....	55

4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
5	ANEXOS.....	60
	ANEXO I.....	60
	ANEXO II.....	67
	ANEXO III.....	68
	ANEXO IV .....	70
	ANEXO V .....	71



## RESUMEN

El presente trabajo de titulación muestra el diseño y construcción de un prototipo de lavador automático de barriles de cerveza artesanal “Keg”, utilizando la tarjeta de desarrollo STM32núcleoF446RE. El diseño del prototipo se divide en dos partes, diseño de hardware y diseño de software.

El diseño de hardware comprende el dimensionamiento de actuadores como válvulas, bomba y calentador de agua, de sensores y fuentes de alimentación, y además del diseño de la estructura física del prototipo y del tablero de control.

En el diseño de software se incluye el diseño de programa del lavado de barriles, el diseño de la pantalla HMI, el cual fue realizado en una pantalla Nextion y la comunicación entre la tarjeta STM32 con la pantalla Nextion.

En el documento también se muestran pruebas de funcionamiento del prototipo, desde pruebas individuales hasta pruebas integrales de lavado. En las pruebas individuales se detallan el comportamiento de los actuadores y de los sensores, además se muestran pruebas del control de temperatura por histéresis con y sin perturbaciones, utilizando mediciones de dos sensores de temperatura; para las perturbaciones se realiza una circulación del líquido por el interior del barril con ayuda de la bomba instalada.

Se realiza pruebas de lavado por etapas a barriles de 20, 30 y 50 litros y se toma mediciones en tiempos para luego compararlos con los tiempos programados.

Finalmente se realiza las pruebas integrales de lavado en el que se utiliza un barril semitransparente y se obtiene evidencias de la limpieza interna de los barriles, las cuales se detallan mediante fotografías.

**PALABRAS CLAVE:** STM32, Keg, alcalino, ácido, histéresis, pantalla Nextion

## ABSTRACT

This degree work shows the design and construction of a prototype of an automatic keg washer for craft beer kegs "Keg", using the STM32nucleoF446RE development board. The prototype design is divided into two parts, hardware design and software design.

The hardware design includes the sizing of actuators such as valves, pump and water heater, sensors and power supplies, as well as the design of the physical structure of the prototype and the control board.

The software design includes the design of the barrel washing program, the design of the HMI screen, which was done on a Nextion screen, and the communication between the STM32 board and the Nextion screen.

The paper also shows performance tests of the prototype, ranging from individual tests to comprehensive washdown tests. The individual tests detail the behavior of the actuators and sensors, and also show tests of the temperature control by hysteresis with and without perturbations, using measurements from two temperature sensors. For the perturbations, a circulation of the liquid inside the barrel is carried out with the help of the installed pump.

Washing tests are carried out in stages on 20-, 30- and 50-liter barrels and time measurements are taken and then compared with the programmed times.

Finally, comprehensive washing tests are carried out using a semi-transparent barrel and evidence of the internal cleaning of the barrels is obtained, which are detailed by means of photographs.

**KEY WORDS:** STM32, Keg, alkaline, acid, hysteresis, Nextion display.

# 1 INTRODUCCIÓN

En la industria de la producción de cerveza es muy importante tener estándares de calidad, lo que conlleva a manejar protocolos de limpieza en todas sus áreas. Una de ellas es la limpieza de los barriles Keg donde se almacena la cerveza. Con el avance tecnológico el lavado de Kegs ha evolucionado de tal forma que ahora existen máquinas automáticas que realizan este proceso. En el Ecuador existen pequeños y medianos productores de cerveza artesanal los cuales han ido creciendo frente a la demanda de su producto durante los últimos años, es por lo que han ido industrializándose en algunos aspectos. [1] En el lavado de barriles las industrias optan por hacerlo de manera manual debido a que estas máquinas tienen un alto costo y no se las fabrican en el país. [2]

El propósito de este trabajo es construir un prototipo de lavador automático de barriles que cumpla con todas las etapas de lavado para garantizar la limpieza interna de los barriles, y además sea de un costo accesible para los pequeños y medianos productores.

Generalmente los lavadores de barriles comerciales utilizan PLC para comandar el proceso de lavado, pero estos tienen un alto costo, por esta razón se opta por una tarjeta embebida, que, con las adecuadas protecciones, se puede manejar elementos de potencias altas.

Este prototipo es comandado por una tarjeta embebida del fabricante STmicroelectronics, que se encarga de activar o desactivar los actuadores en función de las etapas de lavado y se comunica con una pantalla de visualización que funciona como interfaz hombre máquina.

Para llevar a cabo con la construcción del prototipo, se diseña la parte física, eléctrica y de instrumentación, para luego ser implementados. De la misma manera se diseña un tablero de control para la protección de la tarjeta embebida, el sistema de visualización, elementos eléctricos y electrónicos del sistema. Posteriormente, se incorporan todas las partes del sistema realizando las respectivas conexiones.

Por otro lado, el programa de control es desarrollado en el software STM32CubeIDE en el cual se incluye la comunicación con la pantalla HMI. La pantalla es del fabricante Nextion y se diseña en el software Nextion Editor.

Finalmente se realizan pruebas de funcionamiento del prototipo, y pruebas de lavado con barriles Keg de acero y barriles Keg de plástico semitransparente.

## **1.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un lavador automático para barriles de cerveza de tipo A de 20l, 30l y 50l, utilizando un microcontrolador STM32núcleoF446RE.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Realizar un estudio bibliográfico del proceso de lavado de barriles utilizados para el almacenamiento de cerveza y los componentes necesarios para la construcción de un lavador automático de barriles.
2. Diseñar e implementar, la parte eléctrica y de instrumentación y el panel de control para un lavador automático de barriles de cerveza de la normativa europea DIN (20l, 30l y 50l).
3. Diseñar y desarrollar el programa de control y el sistema de visualización para el lavado de barriles de cerveza en la tarjeta embebida STM32núcleoF446RE.
4. Realizar pruebas de funcionamiento del lavador con barriles de cerveza de 20L, 30L y 50L, para determinar los tiempos de lavado en función del tipo de barril.
5. Verificar el funcionamiento del sistema mediante el lavado de barriles semitransparentes para validar la limpieza interna de los barriles de cerveza.

## **1.3 Alcance**

Se realizará un estudio del proceso de lavado y desinfección de los barriles de cerveza, y posteriormente se investigará y analizará las partes físicas y eléctricas de lavadores automáticos de barriles de cerveza existentes en el mercado.

Se diseñará el sistema eléctrico y de instrumentación del sistema, como son las fuentes de alimentación, protecciones para bombas y válvulas, acoplamientos entre el circuito de control y el circuito de fuerza y sensores de nivel.

Se implementará un panel de control que incluye pulsadores de marcha, paro y el sistema de visualización.

Se implementará el hardware eléctrico y de instrumentación diseñado.

Se diseñará y desarrollará el programa de control de lavado de barriles de cerveza en la tarjeta embebida STM32núcleoF446RE, utilizando el programa STM32CubeIDE. El programa inicia seleccionando el tipo de barril a lavar que puede ser entre: 20, 30 o 50 litros, para luego dar la orden de inicio de lavado. El programa comandará las etapas de lavado una por una finalizando en la etapa de presurizado. Además, el programa cuenta con una función de paro de emergencia que es comandado por un pulsador el cual hará

que el sistema se detenga, evacue el líquido residual y regresando al estado inicial del lavador.

Se diseñará y desarrollará el sistema de visualización en una pantalla Nextion TFT para la representación de cada etapa de lavado, para ello se utilizará el programa Nextion Editor.

Se realizará pruebas a los sensores y actuadores del sistema para validar las mediciones de los sensores y el accionamiento de los elementos finales de carrera.

Se realizará pruebas de funcionamiento del lavador con barriles de cerveza de 20L, 30L y 50L, para determinar los tiempos de lavado en función del tipo de barril.

Se verificará el funcionamiento integral del sistema mediante el lavado de barriles semitransparentes para validar la limpieza interna de los barriles de cerveza.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Producción de cerveza artesanal en el Ecuador**

La Producción de cerveza Artesanal en el Ecuador ha tenido su boom debido a su alta demanda, esto se puede comprobar ya que existen aproximadamente 40 empresas entre medianas y pequeñas a nivel nacional. Solo en la ciudad de Quito existen 25 productores de cervezas los cuales ven la necesidad de mejorar sus productos con el fin de llegar al mercado con un producto totalmente diferente y agradable al consumidor. El crecimiento de estas industrias va de la mano con la optimización de sus procesos de elaboración, además de su mejoramiento en los canales de distribución para mejorar la competencia con la cerveza industrial. [1]

En el Ecuador se consume 7.2 litros de cerveza per cápita, según la Superintendencia de Control de Poder del Mercado publicado en el año 2017, ocupando en ese año el noveno puesto en América Latina, lo que indica un alto consumo de cerveza en los ecuatorianos. [3]

En la industria de producción de cerveza artesanal se utilizan barriles adecuados para la conservación y distribución de cerveza, los cuales son principalmente fabricados de acero inoxidable, aluminio y plástico PET (polietilentereftalato). Estos barriles tienen un solo orificio en la parte superior conectadas a un espadín que van hasta la parte inferior, este orificio puede acoplarse a un conector por el cual se puede inyectar CO<sub>2</sub>, por un lado, y extraer cerveza por el otro lado. En el mercado se pueden encontrar diferentes modelos de barriles como pueden ser: DIN, Euro, Key, Dolium, EcoFass y Cornelius, cada una con sus propias dimensiones y características. [4]

### **1.4.2 Proceso de lavado de barriles de cerveza**

La limpieza de los barriles de cerveza es una actividad muy necesaria para evitar que los barriles acumulen sustancias orgánicas e inorgánicas como carbohidratos, proteínas, piedra de cerveza y colonias de moho las cuales pueden alterar y contaminar la cerveza afectando así su calidad.

El lavado de barriles es una actividad que se la realiza diariamente en las industrias de fabricación de cerveza artesanal. Esta actividad no tiene un procedimiento fijo, y tampoco existe una normativa específica que defina el proceso, pero para garantizar la higiene del barril se deben seguir ciertos parámetros en su limpieza y desinfección.

Las etapas de lavado recomendables son las que se detalla a continuación: [2]

- Despresurizar el barril.

Como seguridad se debe despresurizar antes de iniciar con el lavado, además con ayuda de aire se debe purgar el barril para eliminar residuos de Cerveza, CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>.

- Limpieza de producto acumulado con agua a presión.

En las máquinas lavadoras los barriles se lavan boca abajo, sin desarmar el espadín o lanza. La etapa de enjuague es primordial para eliminar cualquier producto residual, además disuelve la espuma colapsada en el interior, y se lo realiza con agua a temperatura ambiente o hasta 50°C. Después del enjuague, se recomienda purgar el barril para eliminar toda el agua de enjuague y residuos.

- Limpieza con producto alcalino en agua caliente.

Se utiliza agua caliente entre 50 y 70°C debido a que los limpiadores cáusticos funcionan mejor a altas temperaturas, en este lavado se procura aflojar y remover materiales proteicos en las paredes internas del barril. Cabe mencionar que no se debe exceder la temperatura de 80°C, pues puede provocar la precipitación de la suciedad, volviéndola difícil de eliminar. Los productos de limpieza más utilizados son los que están compuestos con sodio y/o hidróxido con un PH muy alto, entre 12 y 14, debido a que son relativamente económicos y reutilizables, y sobre todo efectivos al eliminar suelos con base de proteínas.

- Enjuague con agua a presión.

Después del lavado cáustico es necesario un enjuague para eliminar todos los residuos cáusticos sobrantes internos del barril, este proceso puede repetirse para asegurarse de estar libre del producto cáustico.

- Limpieza con ácido

Se utiliza para desinfectar el barril y neutralizar los limpiadores cáusticos, además de eliminar los depósitos de piedra de cerveza. Algunos productores utilizan el ácido peracético como desinfección química.

- Barrido de CO<sub>2</sub>

Para eliminar cualquier desinfectante y reducir el nivel de oxígeno al final del proceso de limpieza se debe purgarse con CO<sub>2</sub>. Finalmente, los barriles son almacenados y presurizados con CO<sub>2</sub> antes de ser llenados. [5]

### 1.4.3 Lavadores automáticos de barriles

Son máquinas construidas en acero inoxidable diseñadas para la limpieza de barriles de cerveza; estas máquinas se componen de tanques de almacenamiento, válvulas, bombas de lavado, calentador de inmersión, controlador de temperatura, pantalla táctil. Las máquinas se encargan de realizar procesos como el enjuague, limpieza y desinfección de barriles automáticamente mediante el accionamiento de las válvulas que son controladas por un PLC. En la Figura 1.1. se puede observar la estructura de un Lavador Automático de Barriles, con sus válvulas, tanque de almacenamiento, bomba, calentador, y su panel de control. [6]



**Figura 1.1.** Lavador de Barriles Modelo KW-SA-1V-CS-XXX-XP-A [6]

Otro ejemplo de lavador automático es el de la marca RODEG, y se lo puede ver en la Figura 1.2. Este lavador puede lavar dos barriles a la vez, y es controlado por un PLC, además cuenta con una pantalla HMI indicando los procesos de lavado, otras de sus características son las siguientes: es construido en acero inoxidable, acepta barriles de 20, 30 y 50 litros, sus ciclos completos de lavado son entre 6 a 8 minutos.



**Figura 1.2.** Lavador Automático RODEG [7]

#### **1.4.4 Partes de un lavador**

Como se pudo observar, un lavador automático de barriles tiene diferentes elementos que trabajan conjuntamente para la composición del sistema de lavado de barriles, por esta razón a continuación se realiza un estudio previo de cada uno de los elementos que pueden ser utilizados en la construcción de un lavador automático de barriles, detallando sus características principales.

##### **1.4.4.1 Bombas Centrífugas**

Una bomba centrífuga tiene por objetivo trasladar una gran cantidad de volumen de líquido de dos niveles diferentes y lo hace transformando la energía mecánica en energía hidráulica. Su funcionamiento consiste en que el líquido entra por la tubería de aspiración hacia el rodete que gira con ayuda de un motor, y logra así tener una aceleración y ser expulsados por la tubería de impulsión. [8]

##### **1.4.4.2 Válvulas Solenoides**

Las válvulas solenoides son accionadas por un campo magnético generado por una corriente eléctrica, la cual circula por la bobina del solenoide, haciendo que se mueva una barrilla permitiendo la circulación del fluido, ya sea líquido o gas. Las válvulas solenoides funcionan en dos posiciones, completamente abiertas o cerradas, a diferencia de válvulas motorizadas que pueden regular su apertura. [9]



### 1.4.4.3 Calentadores de agua por inmersión

El Calentadores por inmersión es un instrumento que calienta un líquido de manera directa, es decir al contacto con este, y lo realiza convirtiendo la energía eléctrica en energía calorífica, esto lo hace ya que estos calentadores funcionan como resistencias eléctricas que, al momento de inyectar una corriente eléctrica, el instrumento se resiste al flujo provocando el calor necesario para calentar el líquido. [10]

Existen calentadores por inmersión roscados, como el que se puede ver en la Figura 1.3., que están contruidos con materiales compatibles con fluidos a calentar, por ejemplo, el acero inoxidable o el acero al carbono.



**Figura 1.3.** Calentador de inmersión roscado [11]

### 1.4.4.4 Sensores y detectores

Son elementos sensibles al cambio de una magnitud física externa. En los lavadores automáticos de barriles se puede encontrar diferentes sensores como pueden ser sensores de temperatura, presión, nivel, o también detectores de presencia. Un ejemplo de sensor de temperatura en el sensor DS18B20.

#### 1.4.4.4.1 Sensor de temperatura DS18B20

Es un sensor de temperatura tipo sonda, permite la medición de hasta 125°C. Se encuentra sellado por un envoltorio de estanco con el fin de protegerlo para que este pueda ser sumergido. Se puede trabajar con cualquier microcontrolador pues su rango de funcionamiento va de 3 a 5V. [12]

Características:

- Rango de temperatura: -55 a 125°C
- Resolución de 9 a 12 bits.
- Puede funcionar a un solo Pin

- Precisión de +- 0.5 °C
- Alimentación de 3 a 5.5V
- Consumo < 5[mA]

En la Figura 1.4 se puede observar al sensor de temperatura DS18B20 el cual es recubierto para ser sumergible en líquidos.



**Figura 1.4.** Sensor DS18B20 [12]

#### 1.4.4.4.2 Detectores flotadores de nivel

Los Detectores de nivel o interruptores de nivel son instrumentos que se utilizan para controlar el nivel de un líquido en tanques, cisternas con el fin de dar la orden de accionamiento a la bomba de agua, en su interior se encuentra una bola de acero que acciona una palanca y cambia los contactos del interruptor interno según la posición del flotador. [13]

### 1.4.4.5 Elementos de Protección y Maniobra

#### 1.4.4.5.1 Relé

El relé es un interruptor que se activa con una corriente eléctrica, esto lo hace debido a que tiene una bobina, que al activarse produce un campo magnético que hace que su contacto se cierra, permitiendo así la conexión de sus terminales y permitiendo el paso de la corriente eléctrica de un circuito. Los relés son utilizados cuando se requiere activar dispositivos que consumen una considerable cantidad de energía, como ejemplo, lámparas, motores, válvulas, etc. En el mercado existen módulos de relé en el que se

incorpora pequeños circuitos para ser conectados directamente con tarjetas electrónicas. [15]

#### 1.4.4.5.2 Contactor

El funcionamiento de un contactor es similar que el de un relé, debido a que tiene una bobina que al ser energizada hace que los contactos se cierren y permitiendo el paso de corriente de un circuito, hasta que se desenergice nuevamente a la bobina y se corte el paso de corriente. Debido a la gran superficie del contacto, estos equipos pueden manejar altas corriente y son utilizados en la industria para manejar motores o equipos de altas potencias. [16]

#### 1.4.4.5.3 Guardamotor

El guardamotor es un equipo de protección para proteger motores por posibles problemas de sobrecarga, de cortocircuitos eléctricos o por fallos de falta de fase. En todos estos casos el guardamotor desconecta la alimentación del motor para protegerle hasta comprobar y arreglar el fallo detectado. [17]

En la Figura 1.6 se puede observar un guardamotor comercial, sus partes, y su simbología.

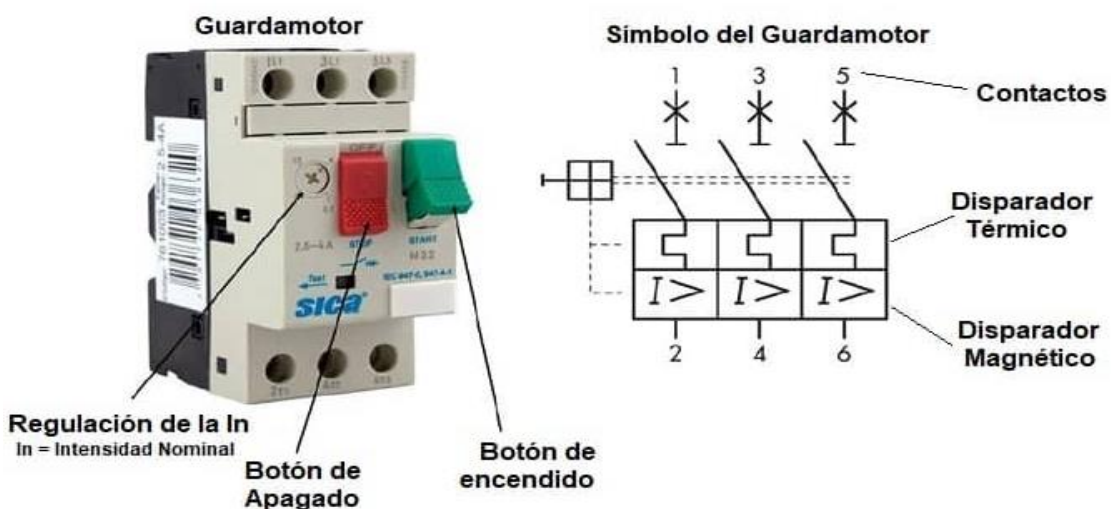


Figura 1.5. Guardamotor [17]

#### 1.4.4.5.4 Interruptor Termomagnético

Es un dispositivo de protección el cual corta la corriente eléctrica si detecta una sobretensión, protegiendo así a los equipos conectados. El interruptor termomagnético actúa cuando la corriente que circula sobrepasa sus límites y lo realiza activando el campo magnético del solenoide separando los puntos de contacto y desactivando el circuito evitando daños en los equipos. [18]

#### **1.4.4.6 PLC**

Los PLCs con equipos programables que se utilizan en la industria para comandar elementos finales de control como motores, válvulas, calentadores que se utilizan para automatizar un proceso industrial. Existen PLCs de varias marcas como, por ejemplo: Allen Bradley, Siemens, ABB, Schneider.

#### **1.4.4.7 Pantalla HMI**

Son pantallas que permiten al usuario tener una comunicación con una máquina, computador o sistema, brindando información centralizada de los datos de un proceso industrial.

#### **1.4.4.8 Tableros de control**

Los tableros industriales o gabinetes se encargan de proteger a todos los dispositivos internos pues estos comandan y controlan el sistema eléctrico industrial para que operen correctamente. Los tableros deben cumplir ciertas normas que garanticen el correcto funcionamiento del sistema además que aseguren y preserven las instalaciones en las que se encuentran y la seguridad de los operadores. [19]

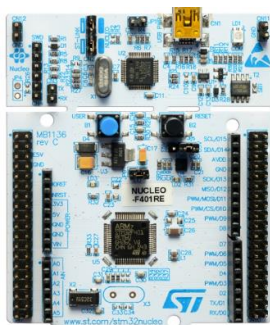
#### **1.4.5 Tarjeta STM32núcleoF446RE**

Es una tarjeta de desarrollo de la familia de STMicroelectronics flexible y asequible a los usuarios que quieran construir prototipos o probar nuevos conceptos de electrónica. Esta tarjeta incluye el depurador ST-Link lo cual hace muy rápido la comunicación con el computador; además cuenta con las librerías completas para el software gratuito de STM32. [14]

Características:

- 1Led uso general
- 1 pulsador de Reset y 1 para el usuario
- Oscilador de 32.768 KHz
- Compatible con conector de Arduino Uno V3
- Alimentación flexible ST-Link USB o fuentes externas
- Depurador ST-Link incorporado
- Conectores USB micro-B o Mini-B para el ST-Link

En la Figura 1.6 se puede observar la STM32núcleoF446RE y se puede observar cómo se encuentran distribuidos sus pines; en la parte superior se encuentra el ST-Link.



**Figura 1.6.** STM32núcleo F446RE [14]

### 1.4.6 Pantalla Nextion

La Pantalla Nextion es una interfaz Hombre-Máquina que proporciona una visualización y control de algún proceso. Las pantallas Nextion se componen de una parte de Hardware, que son unas series de tablas TFT, y otra parte de software (el Nextion editor), creando así la Nextion TFT, la cual usa un solo puerto serie en su comunicación, con UART.

El diseño de una interfaz se la puede realizar con ayuda del editor Nextion Editor, el cual tiene las herramientas necesarias para enriquecer el diseño de la interfaz. [20]

Características:

- Resolución 400x240
- Pantalla 65k colores reales
- Pantalla TFT con panel táctil resistivo
- 4M de memoria flash
- Puerto de tarjeta microSD para actualización del Firmware
- Consumo de 85mA

El modelo de la pantalla Nextion se encuentra en la Figura 1.7 y se puede observar que es una pantalla a color, con orificios en sus bordes para facilidad en su instalación.

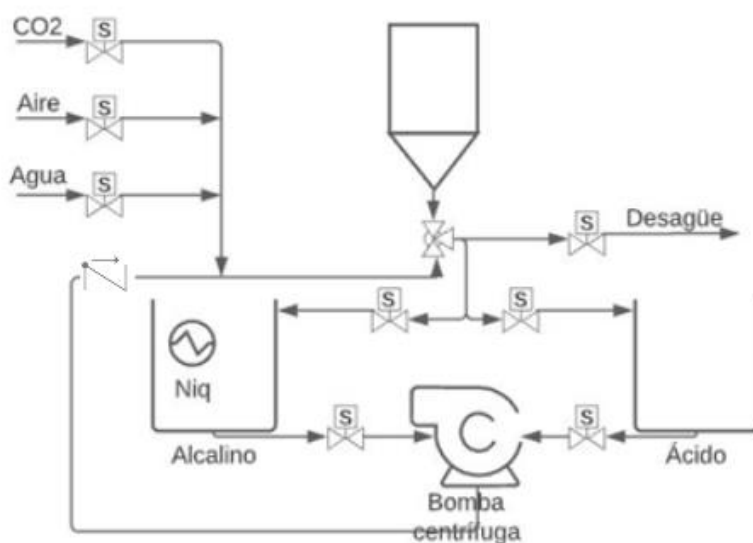


**Figura 1.7.** Pantalla Nextion [20]

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Diseño de hardware del prototipo

Para el Diseño de hardware del lavador automático de barriles, se ha dividido en diferentes aspectos, como son la descripción de la estructura física, dimensionamiento de equipos y diagramas de conexión; a continuación, se desarrolla un diagrama PFD del proceso general, como se puede ver en la Figura 2.1., de esta manera se entenderá mejor como se distribuyen los equipos y el flujo del proceso:



**Figura 2.1.** PFD general del proceso

Teniendo en cuenta los equipos necesarios para la construcción del prototipo, se procede a su dimensionamiento.

#### 2.1.1 Dimensionamiento de la bomba

Para el dimensionamiento de la bomba que hará que se circule los productos líquidos por el barril, Se utilizará la fórmula de potencia real de una bomba de agua la cual es la siguiente:

$$P_{\text{real}} = \frac{H_b \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{n} \quad (2.1)$$

Donde:

- $H_b$ : Carga de trabajo de la bomba
- $\rho$ : densidad el agua
- $g$ : gravedad
- $Q$ : Caudal total

- n: eficiencia

Se necesita conocer las necesidades del caudal de la bomba. Los barriles para lavarse serán de 20, 30 y 50 litros, así que se opta por un caudal de 20 litros por minuto:

$$Q = 30[\text{l}/\text{min}] \quad (2.2)$$

$$Q = 1.8 [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.3)$$

$$Q = 0.0005 [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.4)$$

Para calcular la carga de trabajo de la bomba, también llamada la altura dinámica se utiliza la siguiente ecuación:

$$H_b = h_{\text{ftotal}} + \left[ \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right] \quad (2.5)$$

Donde:

- hftota: Pérdida de carga
- P2: Presión de salida: 30[psi] o 206843 [N/m<sup>2</sup>]
- V2: Velocidad del flujo de agua a la salida
- Z2: altura del barril con respecto a la bomba:3[m]
- P1: presión en la toma de agua: (d\*g\*h)
- V1: Velocidad del flujo de agua del tanque de almacenamiento: 0 [m/s]
- Z1: altura de la toma de agua:0
- ρ: densidad del agua: 1000 [kg/m<sup>3</sup>]
- g: gravedad: 9.81 [m/s<sup>2</sup>]

Se procede al cálculo de la velocidad de salida conociendo que:

- Q=A\*V
- Q: caudal de salida 0.0005 [m<sup>3</sup>/s]
- A: sección interna de tubería
- V2: Velocidad de flujo de agua

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (2.6)$$

$$A = \frac{3.1416 * 0.5^2}{4} = 0.1963 [\text{pulg}^2] \quad (2.7)$$

$$A = 0.000126644908 [\text{m}^2] \quad (2.8)$$

$$V2 = \frac{0.0005}{0.000126644908} \quad (2.9)$$

$$V2 = 4 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (2.10)$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en el recorrido por la tubería se utiliza la siguiente fórmula:

$$h_{\text{ftotal}} = \frac{(f * L_{\text{eq}} * V2^2)}{2Dg} \quad (2.11)$$

Donde:

- f: coeficiente de fricción
- Leq: longitud equivalente
- D: diámetro de la tubería: 0.5 [pulgada] o 0.0127[m]
- V2 velocidad de salida: 4 [m/s]
- g: gravedad

Para encontrar el coeficiente de fricción se procede primero al cálculo del número de Reynolds en la siguiente ecuación para tubería lisa:

$$R = V * \frac{D}{\nu} \quad (2.12)$$

Donde:

- D: diámetro interior = 0.0127[m]
- V2: velocidad de agua= 4 [m/s]
- V: viscosidad cinemática= 9.01E-07

$$R = 56381.798 \quad (2.13)$$

Con el número de Reynolds se realiza el cálculo de factor de fricción:

$$f = \frac{0.3164}{R^{0.25}} \quad (2.14)$$

$$f = 0.02 \quad (2.15)$$

Cálculo de longitud equivalente:

$$L_{\text{eq}} = L + L_{\text{acc}} \quad (2.16)$$

Donde

- L: Longitud de tubería lineal =3[m]
- Lacc: longitud de accesorios



Para 1 accesorio:

$$L_{acc1} = 3m * 0.0127 = 0.0381 \quad (2.17)$$

Si se tiene 30 accesorios entre codos y válvulas:

$$L_{acc} = 0.0381 * 30 = 1.143[m] \quad (2.18)$$

$$L_{eq} = 3 + 1.143 = 4.143 [m] \quad (2.19)$$

Con todos los datos se calcula la pérdida de carga total:

$$h_{ftotal} = \frac{(f * L_{eq} * V^2)}{2Dg} \quad (2.20)$$

$$h_{ftotal} = \frac{(0.02 * 4.143 * 4^2)}{2 * 0.0127 * 9.8} \quad (2.21)$$

$$h_{ftotal} = 5.326 \quad (2.22)$$

Ahora se procede a calcular la carga total de la bomba:

$$H_b = h_{ftotal} + \left[ \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right] \quad (2.21)$$

Donde:

- Hftotal: 5.326
- P2: 30psi, o 206843 N/m<sup>2</sup>
- $\rho$ : 1000 [kg/m<sup>3</sup>]
- g: 9.8 [m/s<sup>2</sup>]
- V2: 4[m/s]
- Z2: 3[m]
- Z1: 0
- V1: 0
- P1: 0

$$H_b = 30.24 \quad (2.22)$$

Finalmente se calcula la potencia con la fórmula 2.1.:

$$P_{real} = \frac{30.24 * 1000 * 9.81 * 0.0005}{0.7} = 211W \quad (2.23)$$

[21]

Al obtener una potencia de 211W requerida para la bomba, se selecciona la bomba adecuada para el proceso. Se selecciona la bomba Enos25 del fabricante Enoitalia, Figura 2.2, debido a que es una bomba fabricada con material de acero inoxidable importante al utilizar productos ácidos y alcalinos; además esta bomba tiene las siguientes características detalladas en la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1.** Características de Bomba seleccionada

Ítem	Valor
Modelo	Enos25
Potencia	0.35 [kW]
Caudal Máx	42 [lt/min]
Peso	7 [kg]
Alimentación	110[V]
RPM	1400 [rpm]
Dimensiones	320x240x170 [mm]
Corriente nominal	5.2[A]



**Figura 2.2.** Bomba ENOS25 110V [22]

### 2.1.2 Selección de las válvulas

Para seleccionar una válvula solenoide de uso general se deben analizar algunos aspectos en los cuales se tiene como son: material, tipo de conexión, alimentación, fluido, normalmente abierta o cerrada, número de vías, presión, caudal, temperatura.

- Material: al trabajar con líquidos ácidos, es necesario que los materiales no sean corrosivos, que soporten tanto producto alcalino como ácido, entonces el material escogido es acero inoxidable
- Tipo de Conexión: 1/2" para líquidos, y para gases 1/4".
- Alimentación: se plantea manejar tener una fuente de voltaje de 12[V].
- NA o NC: Se requiere válvulas normalmente cerradas.
- Número de Vías: 2
- Presión: máx. 30[PSI]

- Caudal: agua de red 5-10 [l/min]
- Temperatura: El producto alcalino tiene un máximo de 55[°C]

Conocidas las necesidades del proceso se selecciona la válvula de la marca U.S. Solid para líquidos como se muestra en la Figura 2.3, y para gases el modelo Solenoide 2V025 de la Figura 2.4, sus características de cada una se pueden observar en la Tabla 2.2

**Tabla 2.2.** Características de válvulas seleccionada

Característica	Válvula para líquidos (Figura 2.3)	Válvula para gases (Figura 2.4)
Marca	U.S. Solid	Solenoide 2V025
Material	Acero Inoxidable	Cuerpo de aluminio, émbolo y resorte de acero inoxidable
Diámetro de conexión	1/2"	1/4"
Modo de operación	Normalmente cerrada	Normalmente Cerrada
Voltaje	12 [V]	12[V]
Potencia	20 [W]	6.5[W]
Rango de Operación	0 a 7 [bar]	0a 7 [bar]
Capacidad	30 [lpm]	100psi
Temperatura de operación	-10 a 120 [°C]	-23 a 80[°C]



**Figura 2.3.** Válvula solenoide para líquidos [23]



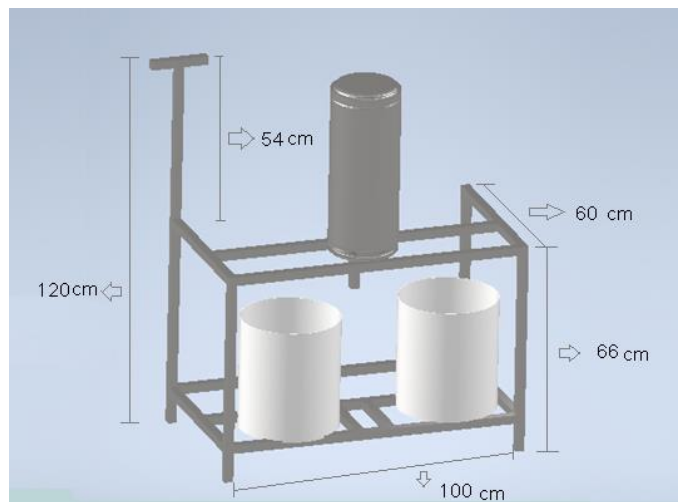
**Figura 2.4.** Válvula solenoide para gases. [24]

### 2.1.3 Descripción de la estructura física

Se dispone de una estructura física adecuada para sujetar todas las partes del lavador de barriles, sus dimensiones se pueden observar en la Figura 2.5. Esta estructura además consta de dos tanques de almacenamiento, las medidas de éstos se detallan en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Medidas de tanques de almacenamiento.

	Tanque para ácido	Tanque para alcalino
Diámetro	30 [cm]	42[cm]
Altura	45 [cm]	48[cm]
Material	Plástico	Acero inoxidable



**Figura 2.5.** Medidas de la estructura física

El prototipo se diseña para barriles con acople tipo A, por esta razón en la estructura física se cuenta con un cabezal tipo A cromado mostrado en la Figura 2.6



**Figura 2.6** Cabezal tipo A

### 2.1.4 Selección del calentador de agua

En el proceso del Lavado de barriles se utiliza un producto alcalino, el cual funciona mejor cuando se calienta el producto, así que se calentará a 50°C aproximadamente. Como el sistema se plantea que funcione con corriente eléctrica a 120V, se procede a calcular la potencia con los siguientes datos:

- Tiempo de calentamiento 40 min.
- Cantidad de líquido 30 lt o 30kg
- Temperatura inicial 20°C.
- Temperatura final 50°C.

Para calcular la potencia requerida, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_{(w)} = \frac{(\text{cantidad de agua en kg}) * (\text{temp.}) * (\text{constante de cap. cal.} = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}})}{\text{Tiempo(s)}} \quad (2.24)$$

$$P_{(w)} = \frac{30 * (50 - 20) * (4186)}{2400} = 1569 \text{ W} \quad (2.25)$$

Para seleccionar un calentador de agua se toma como referencia un valor comercial cercano al calculado (1569 W); otro punto a considerar es que se cuenta con tanque de almacenamiento que tiene la posibilidad de conexión de un calentador con acople tipo Tri-clamp; así que el seleccionado es el de la Figura 2.7 con las siguientes características:

- Fabricante: DERNORD
- Conexión: Tri-clamp
- Voltaje: 120V
- Potencia 1650W
- Material: Acero Inoxidable



Figura 2.7. Calentador por inmersión 1650W [25]

### 2.1.5 Dimensionamiento de las Fuentes de Alimentación

El prototipo funciona con corriente alterna de 120 [V] y con corriente continua de 12 y 5 [V].

- A 120[V] funciona la bomba, el calentador de inmersión, y luces piloto del tablero, fuente de alimentación: Red 120 [V].
- A 12[VDC] funcionan las válvulas.
- La Tabla 2.4 muestra las corrientes y el consumo total para el dimensionamiento de la fuente de 12 voltios.

**Tabla 2.4.** Corrientes de equipos de 12 Voltios.

	Potencia [W]	Corriente [A]	Cantidad
Válvulas para líquidos	20	1.67	6
Válvulas para gases	7	0.58	2
Fuente reductora de 12 a 5 V	-----	2	1
Consumo total	-----	13.18	

Se elige una fuente comercial de 12[VDC] y 20 [A] como se muestra en la Figura 2.8:



**Figura 2.8.** Fuente de 12[V] y 20[A] [26]

- A 5 VDC funciona la parte electrónica, los consumos se detallan en la Tabla 2.5:

**Tabla 2.5.** Corrientes de equipos de 5 Voltios.

	Corriente [mA]	Cantidad
Tarjeta núcleo STM32	100	1
Pantalla Nextion	85	1
Módulos relé	320	2
Consumo total	507	

Se selecciona un reductor de 12 a 5 V y con capacidad de hasta 2[A] como se muestra en la Figura 2.9:



**Figura 2.9.** Reductora variable, de 12 a 5 [V] [27]

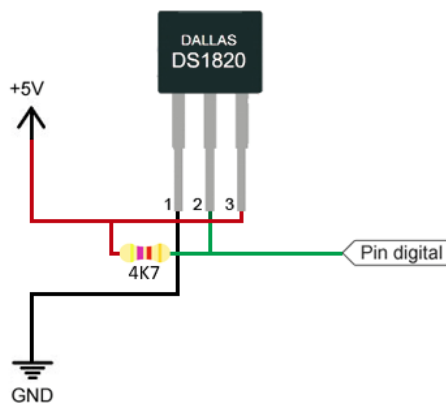
### 2.1.6 Detectores y Sensor de Temperatura

Para la detección de producto alcalino y de producto ácido se utilizará sensores flotadores los cuales irán dentro de su respectivo tanque contenedor, mientras que para el proceso de calentamiento del producto alcalino se utilizará el sensor de temperatura DS18B20.

#### 2.1.6.1 Sensor DS18B20

Para la limpieza utilizando producto alcalino según los requerimientos, se necesita que la solución tenga una temperatura de hasta 55°C, y sea sumergible, en este caso se utiliza el sensor DS18B20 que tiene un rango de medición de -55 a 120°C.

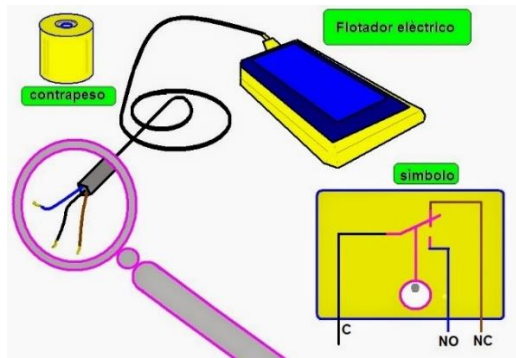
La conexión de este sensor se detalla en la Figura 2.10, colocando una resistencia de 4K7 ohm, entre el pin de datos y la fuente de alimentación:



**Figura 2.10.** Conexión DS18B20 [28]

#### 2.1.6.2 Flotador de Nivel

El flotador de nivel dispone de tres cables (Figura 2.11), el cable NO azul va conectado a la fuente de 5 [VDC], el cable NC café va conectado a tierra o 0 [VDC], mientras que el cable negro va conectado a una entrada del STM32.



**Figura 2.11.** Conexión del flotador de nivel [13]

### 2.1.7 Elementos de Protección y Maniobra:

Los elementos de protección y maniobra utilizados para la implementación del prototipo son los que se mencionan a continuación:

**Pulsadores:** Se navega por la pantalla del tablero de control mediante pulsadores industriales, estos pulsadores son de plástico y en el tablero de control existen 4, 3 de color verde (Figura 2.12) y uno de color rojo.



**Figura 2.12.** Pulsadores industriales [29]

**Pulsador de paro de emergencia:** Es de tipo hongo con enclavamiento como se muestra en la Figura 2.13, el cual sirve para detener todo el sistema de una manera rápida ante posibles escenarios de emergencia.



**Figura 2.13.** Pulsador tipo hongo [30]

**Luces Piloto:** Son luces indicadoras que muestran diferentes acciones en el proceso de lavado y tienen diferentes colores: inicio de lavado (verde, Figura 2.14), bomba encendida



(verde), níquelina encendida (verde), fin o proceso detenido (roja) y paro de emergencia (amarilla), las luces piloto seleccionadas funcionan con voltaje 120[V]:



**Figura 2.14.** Luz piloto [31]

**Módulo de 8 relés:** Estos módulos tienen un circuito integrado que facilitan la conexión directa con la tarjeta STM32, además soportan hasta 10 [A], con lo que se puede acoplar a las conexiones de las válvulas, las luces piloto, y las señales para los contactores de la bomba y de la níquelina, su modelo se puede ver en la Figura 2.15.



**Figura 2.15.** Módulo de 8 relés [32]

**Contactores:** Debido a las corrientes altas de la bomba y del calentador de inmersión, se requiere dos contactores (Figura 2.16); para la bomba se usa un contactor mayor a la corriente nominal de su motor, como la corriente nominal del motor es de 5.4 [A] se selecciona un contactor de 9 [A] con la bobina de 110[V]. Para el contactor del calentador de 1650[W], la corriente pico que circula es 15 [A], por lo que se selecciona un contactor de 18[A] con bobina de 110[V].



**Figura 2.16.** Contactores de 9[A] y 18[A]

**Guardamotor:** Se selecciona un guardamotor para el motor de la bomba de agua, con la corriente nominal dada en la placa de la bomba (5.2[A]) se procede a elegir el guardamotor comercial variable de 4 a 6.3 [A] como se muestra en la Figura 2.17:



Figura 2.17. Guardamotor [33]

### 2.1.8 Selección de la tarjeta embebida

Se elige la tarjeta STM32núcleoF446RE en lugar de un PLC para reducir los costos de fabricación del prototipo; además esta tarjeta, con las debidas protecciones, cumple con los requerimientos de este proyecto, como son: escritura y lectura digital, lectura analógica y comunicación UART.

### 2.1.9 Selección de la Pantalla

La pantalla para el desarrollo de la interfaz de usuario seleccionada es la pantalla NEXTION TFT de 3.2 pulgadas. Se elige esta pantalla debido a que tiene comunicación UART, la cual es compatible con la Tarjeta STM32 antes mencionada.

### 2.1.10 Distribución de pines del STM32núcleoF446RE

Para la distribución de pines de la tarjeta STM32 se propone el esquema general mostrado en la Figura 2.18, con el fin de tener una mejor organización se propone colocar a las entradas en la parte izquierda de la tarjeta, mientras que a las salidas al lado derecho.

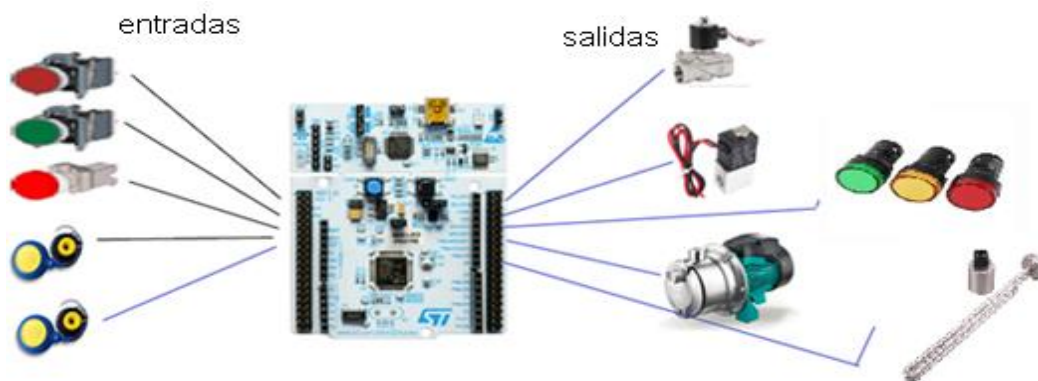


Figura 2.18. Esquema de conexión general

En la Tabla 2.6 se muestra detalladamente que pines se utilizan de la tarjeta STM32 y su función o conexión.

**Tabla 2.6.** Distribución de Pines de la tarjeta STM32

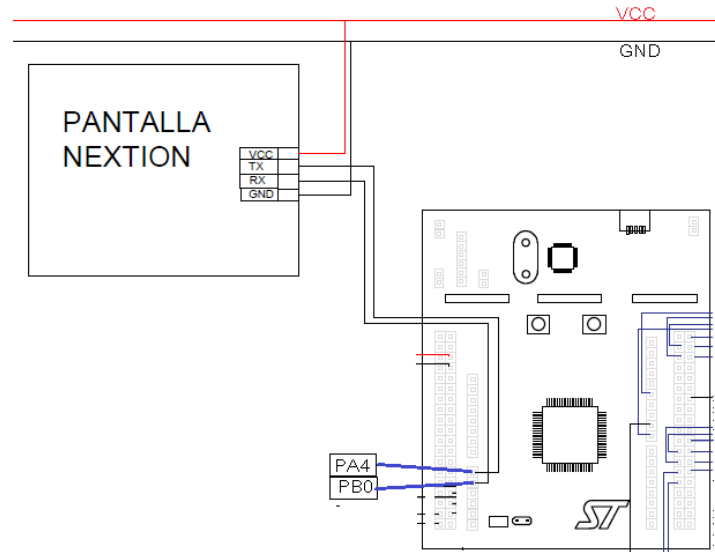
<b>PIN</b>	<b>Función</b>	<b>PIN</b>	<b>Función</b>
PA0	Comserial tx	PA4	LSL tanque ácido
PA1	Comserial rx	PB0	LSL tanque alcalino
PC0	Sensor de temperatura	PB1	Válvula de ácido-bomba
PC1	Botón ON	PB2	Válvula de ácido-retorno
PC2	Botón selector	PB14	Válvula de alcalino-bomba
PC3	Botón off	PB15	Válvula de alcalino-retorno
PC5	Luz verde bomba	PA8	Válvula de agua de red
PC6	Luz verde inicio	PB10	Válvula de desagüe
PC7	Pulsador con enclavamiento de emergencia	PB4	Activar Bomba
PC8	Luz roja	PB5	Activar la níquelina
PA9	Luz verde níquelina	PB8	Válvula de aire
PA6	Luz amarilla emergencia	PB9	Válvula de CO2

### 2.1.11 Diagramas de conexión

Los diagramas de conexión fueron diseñados en AutoCAD 2D, estos diagramas se encuentran en el Anexo III, pero a continuación se los explica detalladamente.

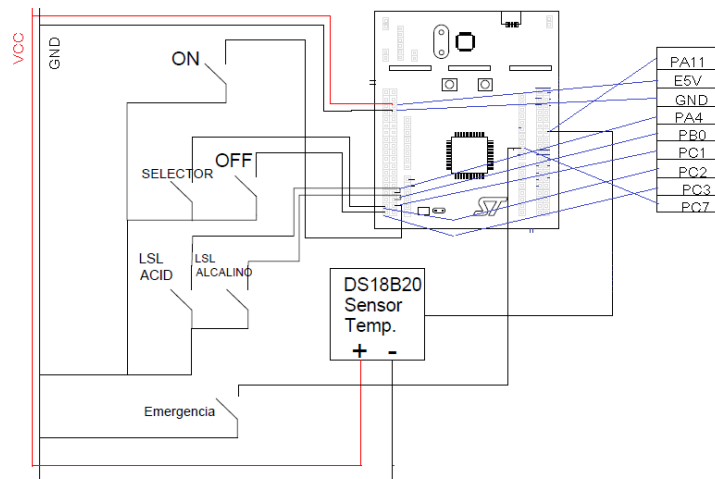
#### 2.1.11.1 Conexión tarjeta STM32 núcleo F446RE (entradas)

La pantalla Nextion consta de 4 pines, 2 para la alimentación de 5 [V], y 2 para la comunicación con la tarjeta STM, el Tx y el Rx. En la figura 2.19 se detalla gráficamente como está conectada la pantalla tanto la alimentación como los pines de comunicación.



**Figura 2.19.** Conexión de la Pantalla Nextion

Las entradas para la STM32 son los pulsadores representados por contactos: ON, OFF, SELECTOR y Emergencia, también son los flotadores de nivel LSL ACID, y LSL ALCALINO y finalmente el sensor DS18B20. LA Figura 2.20 muestra el esquema de conexión, las líneas rojas representan 5VDC y las líneas negras representan conexión a tierra; por otro lado, las líneas azules son utilizadas para dirigir el pin de la tarjeta STM32 hacia la etiqueta de su nombre para entender de mejor manera la conexión realizada.

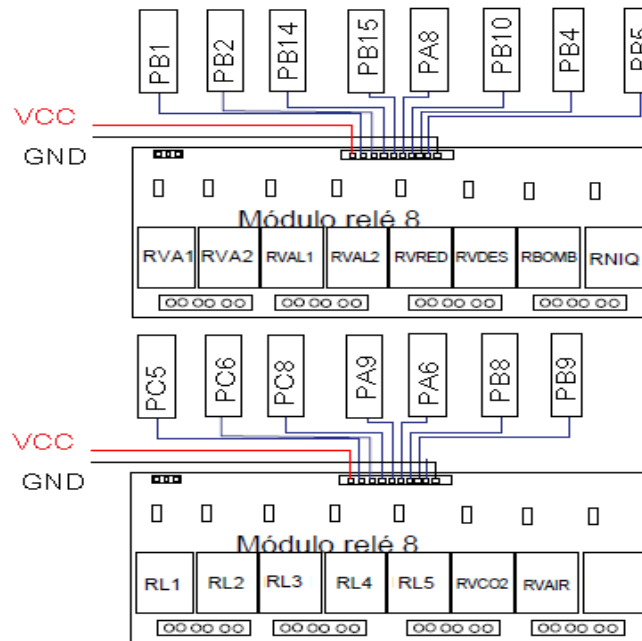


**Figura 2.20.** Entradas a la STM32núcleoF446RE

### 2.1.11.2 Conexión tarjeta STM32núcleoF446RE (salidas)

Todas las salidas son digitales y comandan a los diferentes actuadores, pero para ello se conectan en primer lugar con los módulos relés, con el fin de separar la parte del circuito de control con el de fuerza. Su conexión se muestra en la Figura 2.21 donde las líneas

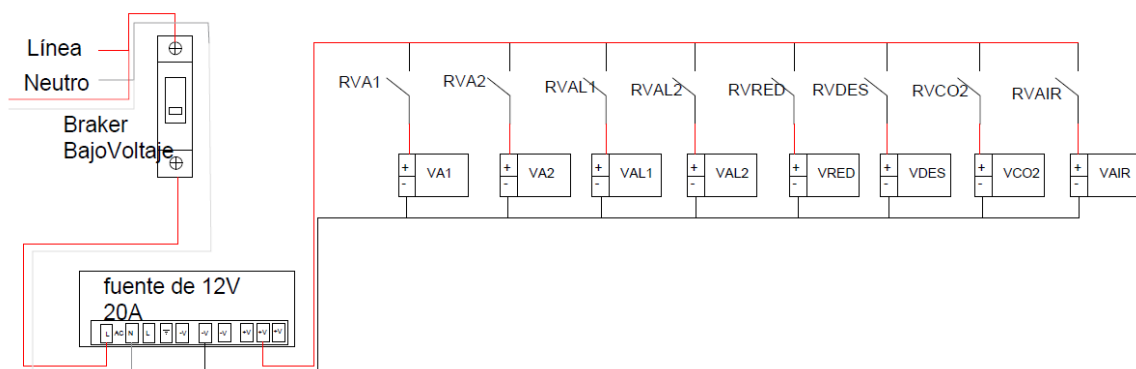
rojas son conexión a 5 V, las líneas negras con conexión a tierra y las líneas azules representan la conexión los pines de la STM32.



**Figura 2.21.** Conexión de la tarjeta STM32 con los módulos de relé

### 2.1.11.3 Conexión con actuadores

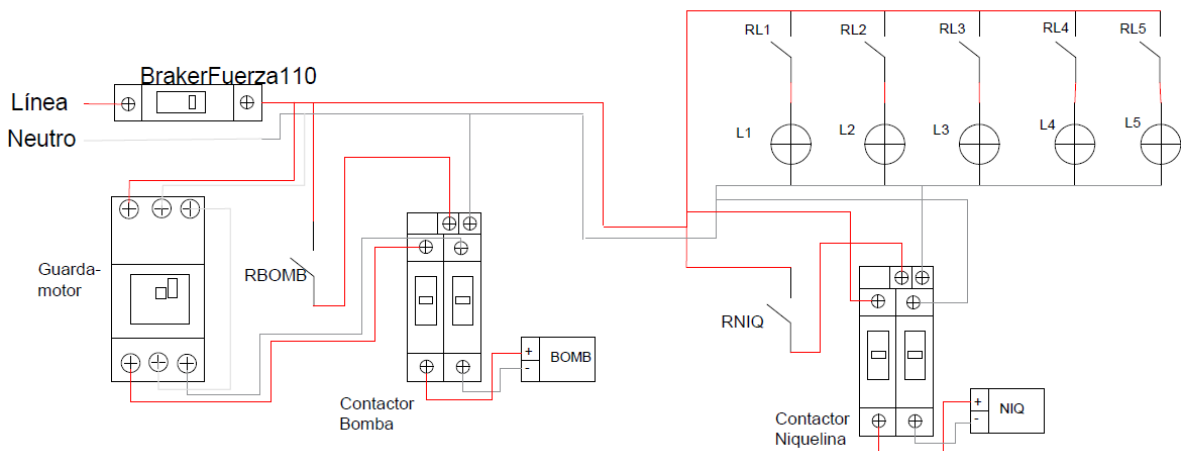
La primera parte de los actuadores funcionan con 12V, son las válvulas solenoides y se activan cuando su relé se activa. En la Figura 2.22 las válvulas se encuentran representadas por contactos con su respectiva abreviatura.



**Figura 2.22.** Conexión a válvulas

La segunda parte se trata de los actuadores que funcionan a 110V, como son las luces piloto, los contactores, la bomba y la niquelina, su conexión se puede ver en la Figura 2.23.

Para la conexión de la bomba se utiliza el guardamotor y su respectivo contactor, lo mismo para la niquelina s, se utiliza su respectivo contactor.



**Figura 2.23.** Conexión a 110V

### 2.1.12 Dimensionamiento para conductores eléctricos

Se debe elegir el conductor eléctrico adecuado para cada equipo, debido a que tienen diferentes consumos de corriente, la Tabla 2.5. muestra el cable que se utilizará para los diferentes equipos.

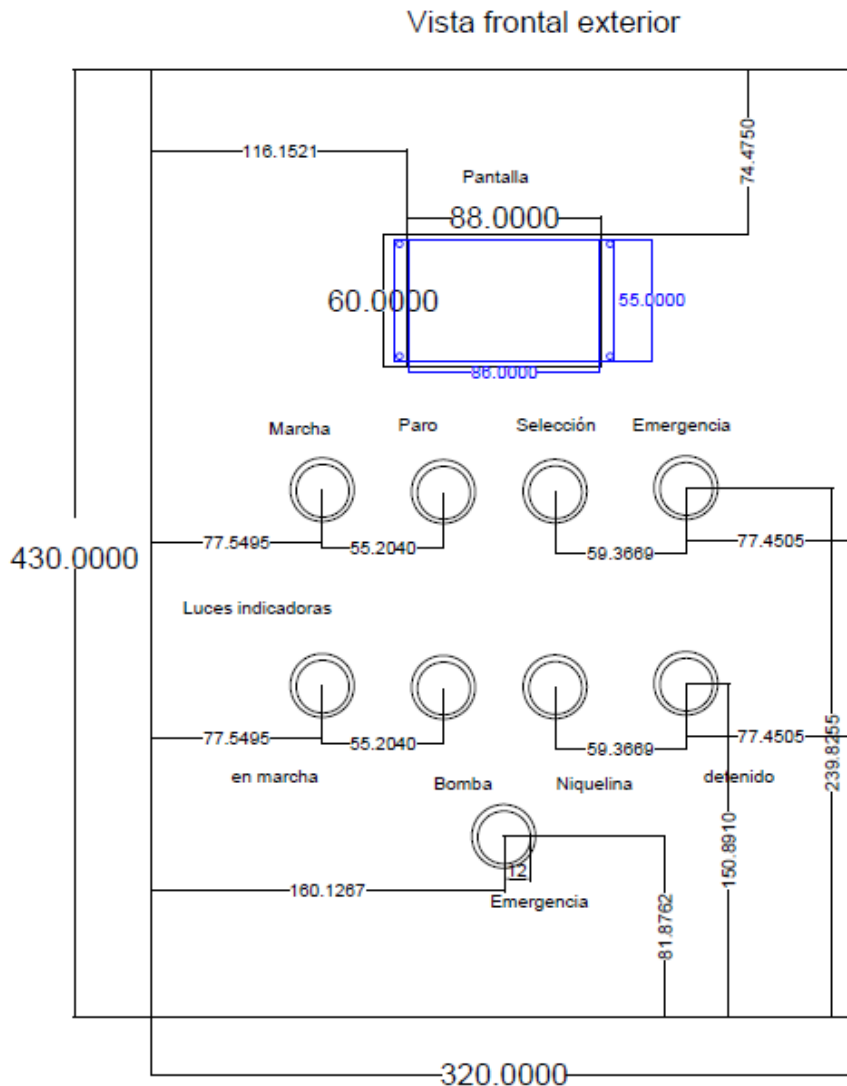
**Tabla 2.5.** Calibres de cables

Equipo:	Corriente [A]	Cable	Amperaje Soportado
Válvulas	1.5	20AWG	2 [A]
Línea de bajo voltaje 12V	14	14AWG	18[A]
Línea de 110V	25.4	10AWG	30[A]
Bomba	5.4	18AWG	10[A]
Niquelina	15	12AWG	20[A]
Entrada general	25.4	10AWG	30[A]

### 2.1.13 Diseño de Tablero de Control

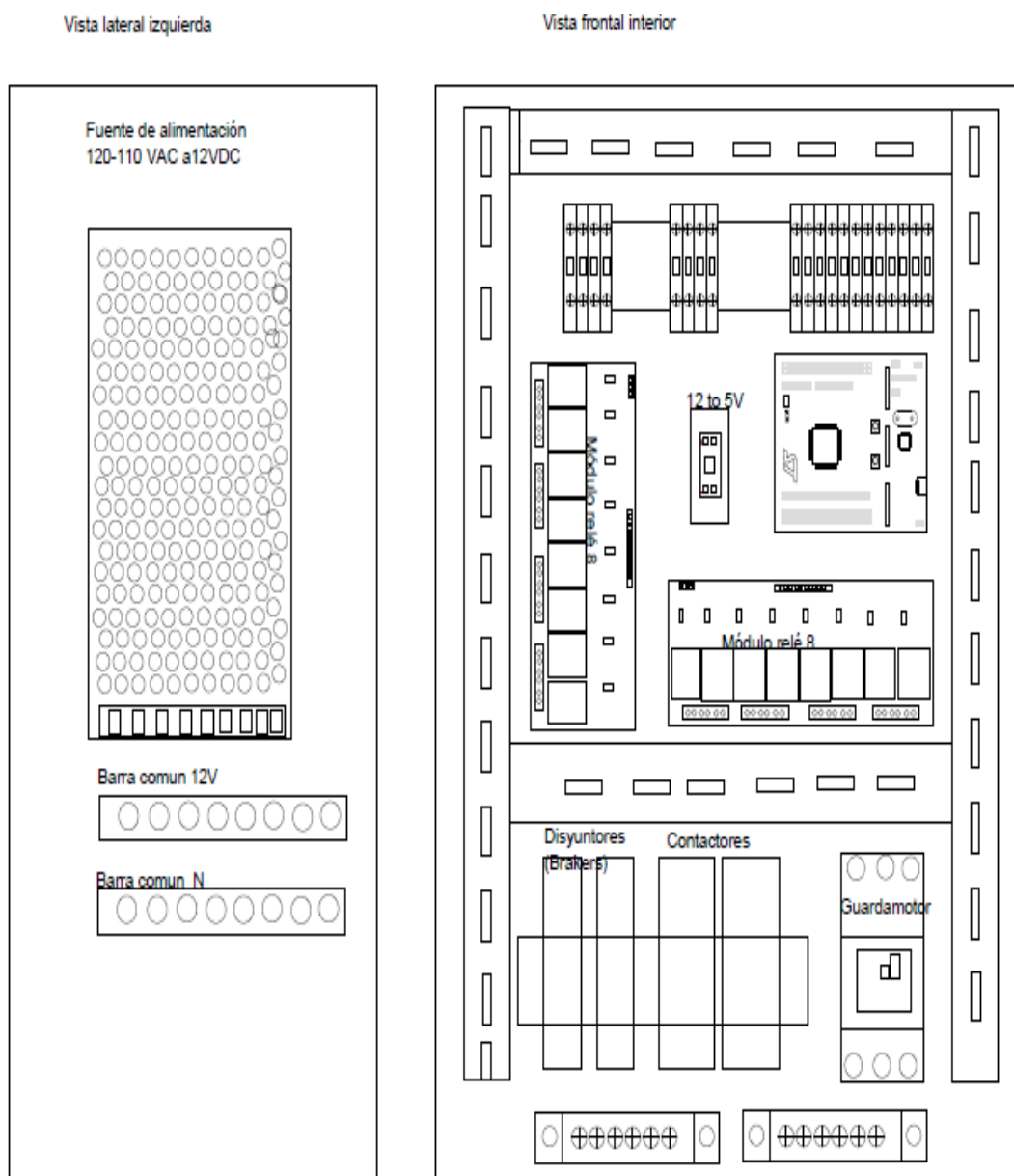
Parte Exterior: La parte exterior está distribuida de manera que la pantalla se encuentre en la parte central superior, los botones en la parte central, y las luces indicadoras en la parte

inferior, como se muestra en la Figura 2.24, con el fin de que sea manejable y amigable con el operador.



**Figura 2.24.** Vista frontal Exterior

En la parte interior se encuentran distribuidos los elementos de control, maniobra y protección del sistema como se muestra en la Figura 2.25; en la parte superior se encuentra la tarjeta STM32, los módulos de relé, el reductor de voltaje de 5V, mientras que en la parte inferior se encuentra los disyuntores, los contactores y el guardamotor. En la parte interior izquierda se dispone de la fuente de 12V con extensión de bornes para conectar las válvulas solenoides.



**Figura 2.25.** Vista interior del Tablero de Control

## 2.2 Diseño de software del Prototipo

El diseño del software del prototipo es la parte donde se realiza el programa del lavador de barriles y su HMI, tomando en cuenta que el programa se desarrolla en la tarjeta STM32 y la pantalla HMI en la pantalla Nextion, se propone dividirlo en 3 partes: diseño del programa de control, diseño de la interfaz de usuario, y la comunicación entre la STM32 y la pantalla Nextion.



## 2.2.1 Diseño del programa de control

El diseño del programa de control se lo realiza utilizando como base la parte del marco teórico, donde se mencionan las condiciones y parámetros de limpieza y desinfección de los barriles. También se desarrolla un P&ID (Figura 2.26) que expone el lazo de control de los elementos utilizados, además de la distribución de las válvulas, el calentador, y los sensores del prototipo.

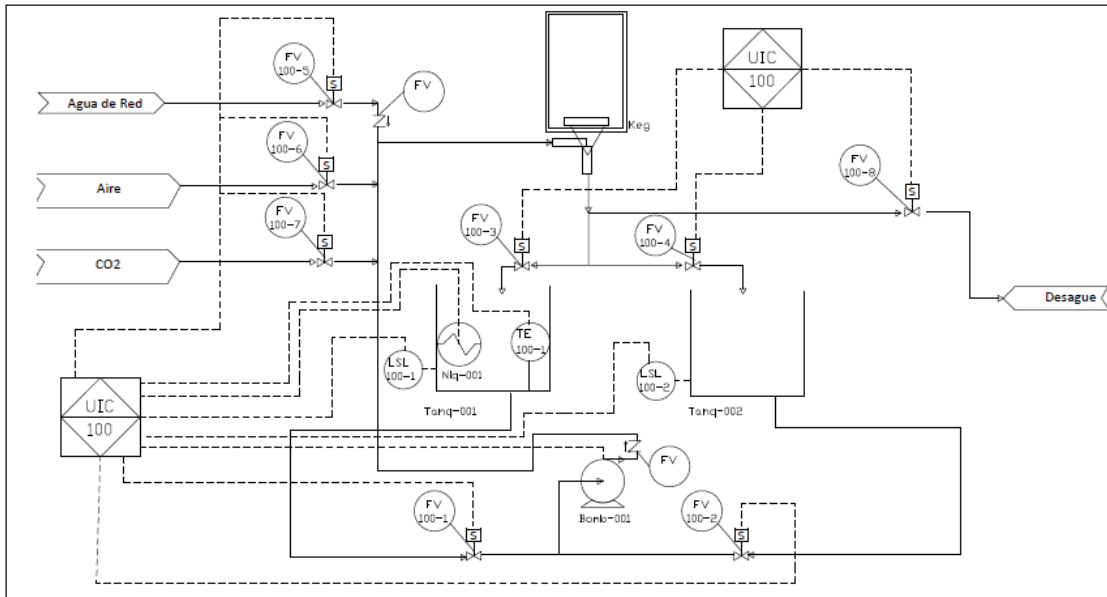


Figura 2.26 P&ID Lavador automático de barriles

### 2.2.1.1 Funciones de automatización

Para el programa de control se ha propuesto las siguientes funciones para automatizar:

1. Despresurización del barril

El lavador automático empieza accionando el pulsador de inicio, donde se empieza accionando la válvula de desagüe para su apertura y se verifica las condiciones iniciales del sistema: con los sensores de nivel se detecta el nivel adecuado en los recipientes de alcalino y ácido peracético, después se continua con el calentamiento del producto alcalino esto se lo realizará con un calentador de inmersión y con un sensor de temperatura, tiene un control por histéresis de temperatura que tiene los siguientes límites: min 50 °C y máx. 53°C. Con las condiciones iniciales adecuadas se procede a la siguiente etapa.

2. Prelavado con agua de red.

Se acciona la válvula de agua de red y de la válvula de desagüe para su apertura y poder realizar un enjuague interno del barril y eliminando restos de cerveza, luego se cierra la válvula de agua de red y se purga con aire, posteriormente se cierra la válvula de desagüe.

### 3. Lavado alcalino

Se acciona la apertura de la válvula de producto alcalino y la válvula de retorno de producto alcalino, se acciona la bomba para que el producto ingrese al barril y retorne al tanque de almacenamiento del alcalino, se purga con aire para eliminar todo el producto alcalino y pasar a la siguiente etapa.

### 4. Aclarado en agua fría (evacuación al desagüe)

Después del lavado con el producto alcalino se realiza un enjuague del barril abriendo las válvulas de agua de red y de desagüe.

### 5. Desinfección

Desinfección final con Starsan o ácido per-acético, se activan la apertura de las válvulas correspondientes al ácido peracético y a la de retorno, y se hace circular la solución con ayuda de la bomba.

### 6. Barrido de CO<sub>2</sub>

Finalmente se barre el aire y cualquier solución interna del barril activando la válvula del CO<sub>2</sub>, con la finalidad de obtener un ambiente estéril dentro del barril.

### 7. Luces indicadoras

Se cuenta con 5 luces indicadoras que se programan según las diferentes acciones: la luz verde etiquetada "EN MARCHA" se enciende después de seleccionar el barril en el proceso de lavado y se apaga cuando se finaliza el mismo; la luz verde etiquetada "BOMBA" se enciende cuando se activa la bomba centrífuga, esto ocurre en las etapas de lavado alcalino, lavado ácido, o también en el menú de pruebas de funcionamiento activando la bomba; la luz verde etiquetada "NIQUELINA" se enciende al activarse el calentador tanto en modo lavador, como en modo pruebas de funcionamiento; la luz roja etiquetada "PARO" se enciende cuando el lavador se detiene; y la luz amarilla etiquetada "EMERGENCIA" se enciende cuando el pulsador de emergencia esté accionado.

### 8. Tiempos par barriles

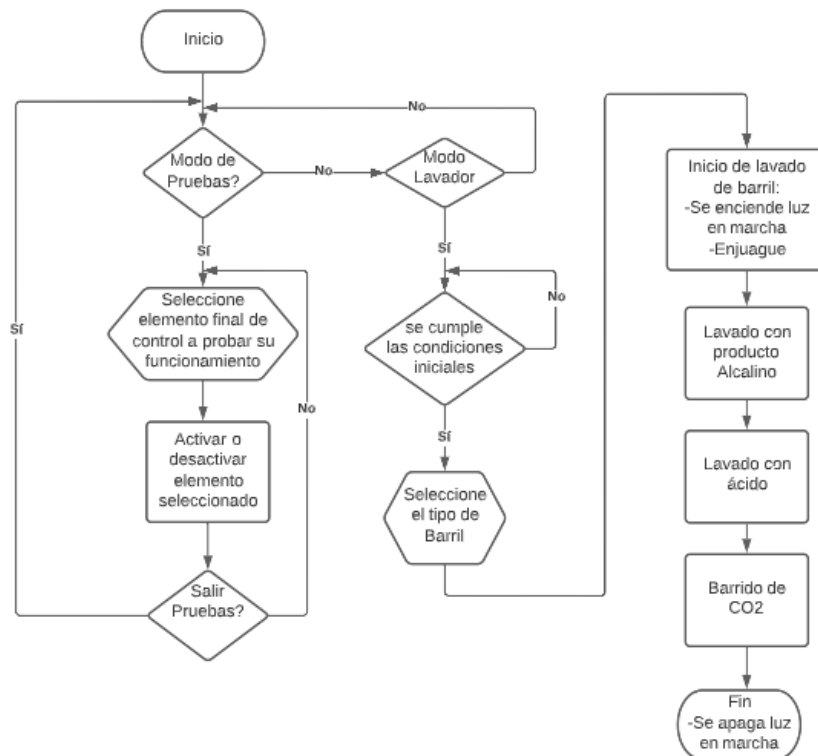
Debido a que el prototipo lava 3 tipos de barriles, de 20, 30 y 50 litros, los tiempos de lavado varían, los tiempos que se va a utilizar se muestran en la Tabla 2.6 y están relacionados con los tiempos que se demoran los lavadores de barriles comerciales.

**Tabla 2.6.** Tiempo de etapas de lavado teórico

Tiempo de etapas de lavado (segundos)			
Etapas	barril 20l	barril 30 l	barril de 50l
liberar presión	6	10	13
Enjuague	120	180	240
Lavado alcalino	120	180	240
Enjuague2	120	180	240
Lavado ácido	120	180	240
Barrido de CO2	40	60	80
Tiempo total en segundos	526	790	1053
tiempo en minutos	8,77	13,17	17,55

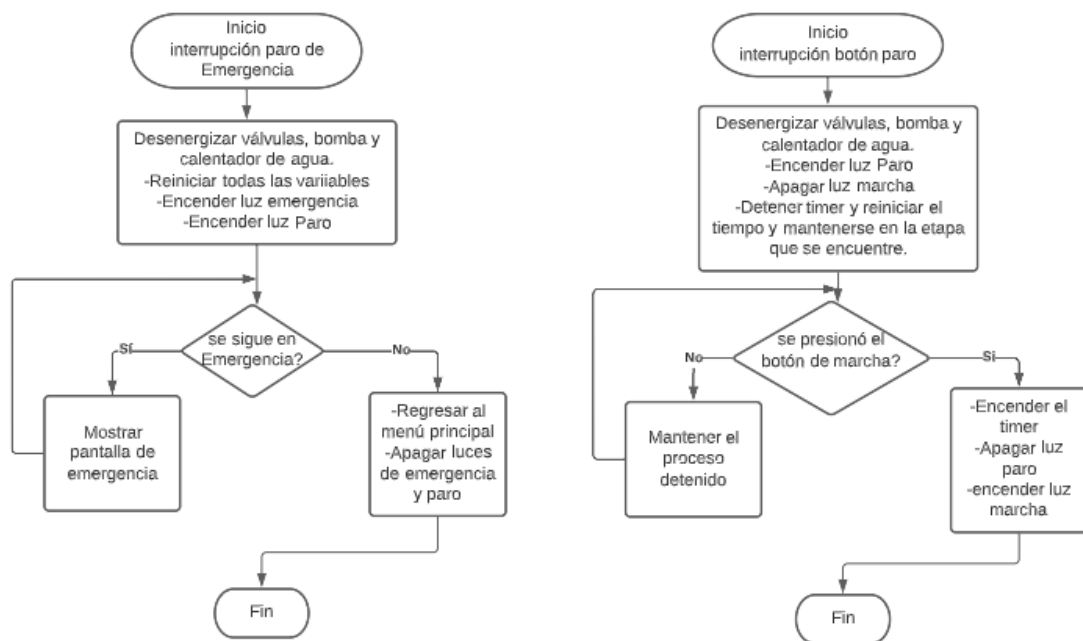
### 2.2.1.2 Diagrama de Flujo del Programa

De manera general se tiene el siguiente diagrama de flujo (Figura 2.27), en el cual se puede ver los dos modos que se pueden comandar, el primero trata de menú de pruebas, y el segundo es el programa de lavado de barriles.



**Figura 2.27** Diagrama de flujo general.

En el programa general se tiene dos interrupción interrupciones, la primera ocurre cuando se presiona el botón de emergencia, durante la interrupción se desenergiza a las válvulas, bomba y calentador, hasta solucionar el problema y desenclavar el botón de emergencia; la segunda interrupción se da al presionar el botón de paro, ésta acción hace que el timer se detenga y se reinicie, pero se mantenga en la misma etapa de lavado, y para volver a iniciar el proceso se debe presionar el botón de marcha. Las dos interrupciones se las puede ver como diagramas de flujo en la Figura 2.28, en la parte izquierda se encuentra la interrupción de paro de emergencia, y en la parte derecha la interrupción del botón de paro.

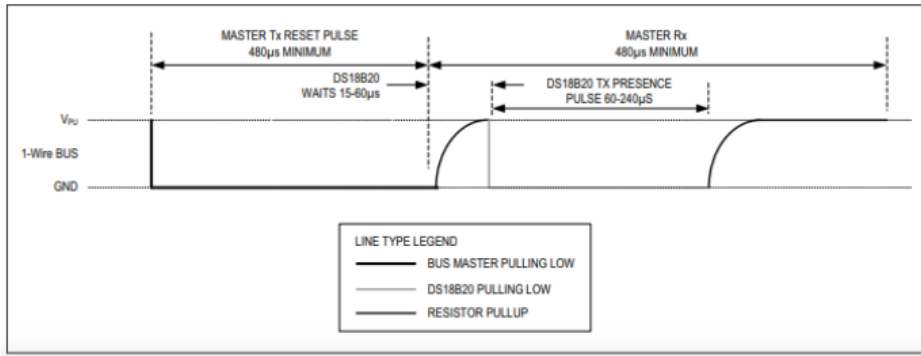


**Figura 2.28.** Diagrama de flujo de paro de emergencia y botón de paro

### 2.2.1.3 Lectura del Sensor de Temperatura

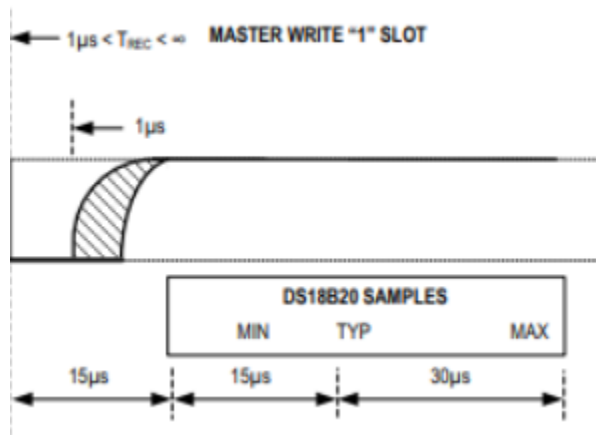
El sensor ocupado es el DS18B20 el cual es un sensor que solo necesita un cable para enviar el valor de temperatura. Para la lectura del valor de temperatura, se necesita seguir los protocolos de lectura y escritura brindados por el datasheet del sensor.

En caso de lectura o escritura, el sensor necesita ser inicializado, y para ello se coloca en bajo el pin del bus de datos durante 480us, y luego leer el pin para detectar su presencia, como se muestra en la Figura 2.29.



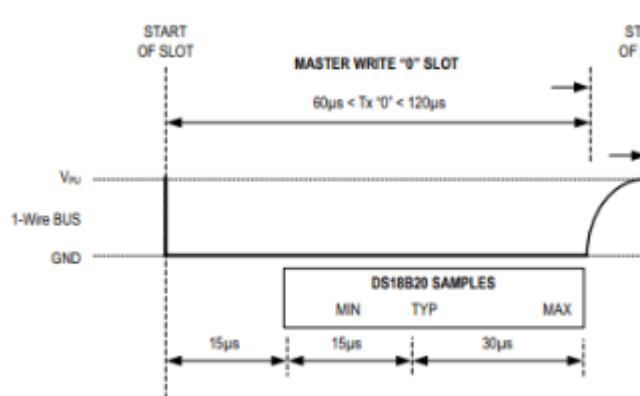
**Figura 2.29.** Inicialización del sensor [34]

La escritura en el sensor se realiza en el bus de datos, para escribir un 1 se debe liberar la línea dentro de 15µs, cuando se libera la línea la resistencia de pull-up pondrá en alto al bus, como se lo hace en la Figura 2.30.



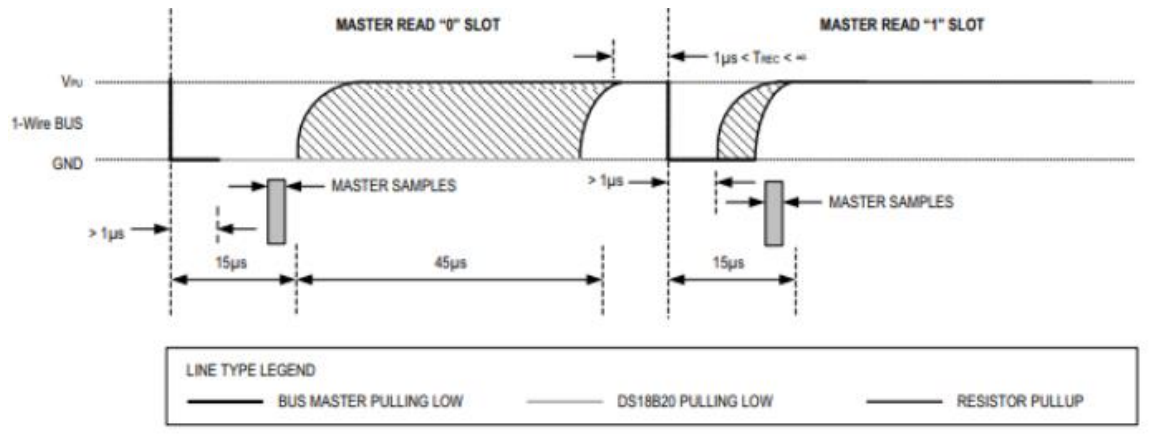
**Figura 2.30.** Escritura de "1" [34]

Para escribir un cero, el tiempo en bajo debe ser mínimo 60µs, como se muestra en la Figura 2.31:



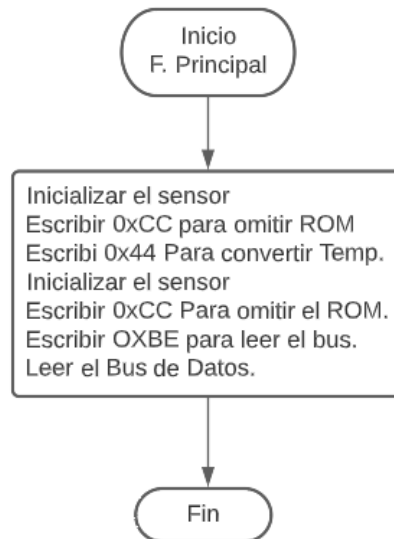
**Figura 2.31.** Escritura de un "0" [34]

Para la lectura del sensor, el maestro coloca en bajo el pin de datos durante 1us y luego libera el bus, después de esto el sensor enviará datos de 1 o 0 en el bus, al finalizar el sensor envía un cero al final del intervalo de tiempo, y el bus regresará a su estado de inactividad en alto, como ejemplo se tiene la Figura 2.32:



**Figura 2.32** Lectura de datos del bus de datos [34]

El programa principal de lectura del sensor necesita un proceso, el cual se muestra en el siguiente diagrama de flujo en la Figura 2.33:



**Figura 2.33** Diagrama de flujo para la lectura de temperatura

La lectura del sensor de temperatura se lo realiza cuando el programa inicia el lavado, o cuando el programa realiza pruebas con la resistencia de calentamiento por inmersión.

### 2.2.1.4 Control de temperatura por Histéresis

El control de temperatura por histéresis se lo realiza en el proceso de lavado alcalino debido a que este funciona mejor a la temperatura mayor a 50°C, los valores de histéresis quedan establecidos entre 50-53°C, tal y como se muestra en la Figura 2.34.

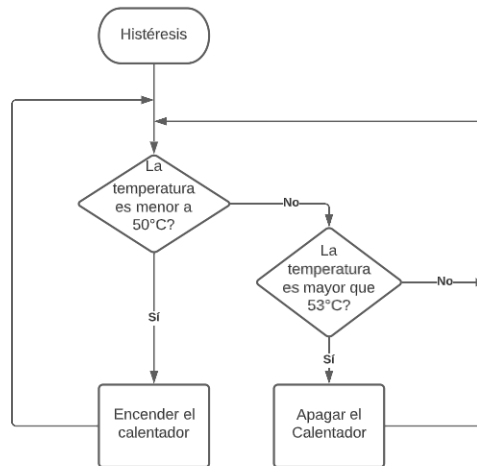


Figura 2.34 Diagrama de flujo de Histéresis

### 2.2.1.5 Configuración del Timer.

La configuración del Timer es debido a que se requiere un reloj que cuente en segundos, con el fin de tener tiempos de lavado determinados; esto se lo realiza se lo realiza en base a la frecuencia del reloj del STM32, en este caso la frecuencia del STM32 es de 180 MHZ, para esta frecuencia se realiza la siguiente configuración detallada en la Figura 2.35:

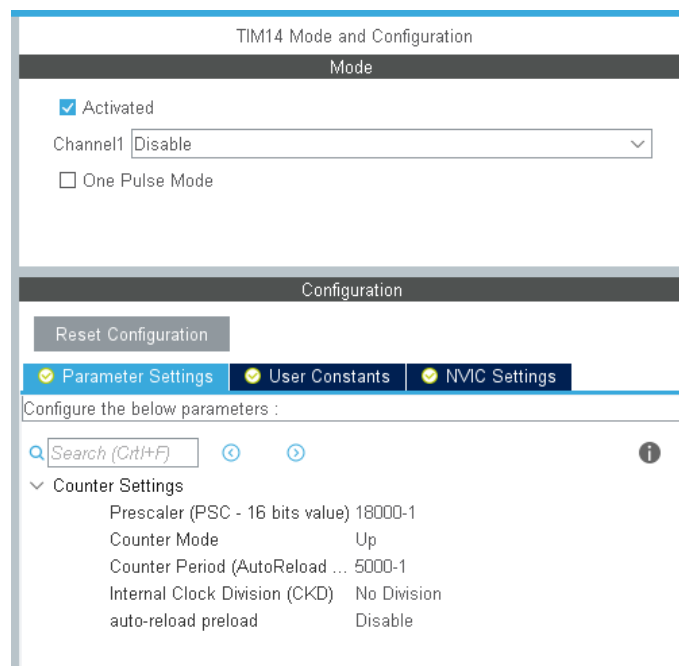
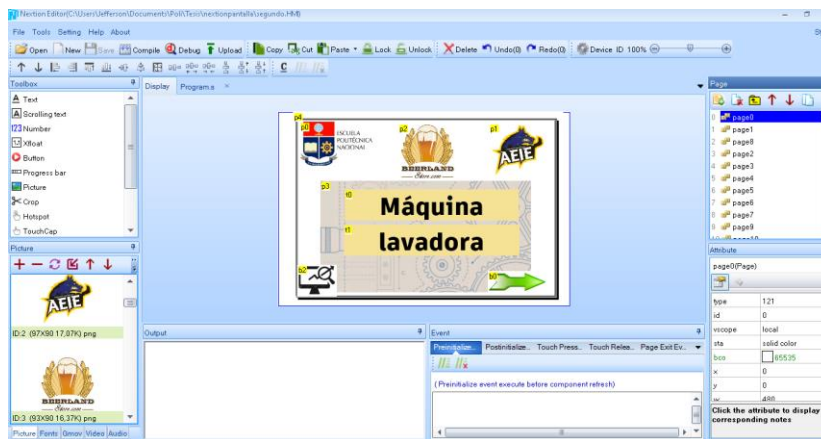


Figura 2.35. Configuración del Timer 14

Se utilizó el Timer 14 debido a que este funciona como contador, y no se requiere salidas PWM; con esta configuración se obtiene un reloj que cuente en segundos.

## 2.2.2 Diseño de la Pantalla HMI

El diseño de la Pantalla HMI (interfaz humano-máquina) fue desarrollada en la pantalla de la marca Nextion, con su propio editor Nextion Editor, este software es libre y cuenta con las herramientas necesarias para el diseño de la interfaz, su pantalla de edición se la puede ver en la Figura 2.36.



**Figura 2.36** Pantalla de edición Nextion Editor

Para la pantalla de inicio se muestra en la parte superior los sellos de la universidad, facultad, y de la empresa auspiciante del proyecto, y en la parte inferior dos íconos que funcionan como botones que permiten la navegación entre pantallas como se muestra en la Figura 2.37.



**Figura 2.37.** Pantalla de Inicio

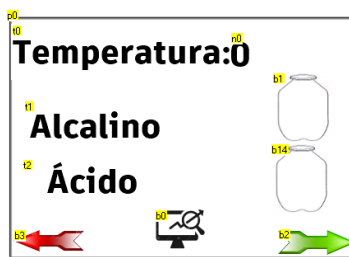
La pantalla de menú (Figura 2.38) es la que aparece después de pulsar el botón físico de inicio, en la cual se puede elegir el modo de funcionamiento del prototipo. Se puede seleccionar con el botón de selección en el tablero de control.





**Figura 2.38** Pantalla de modo de funcionamiento

La pantalla de condiciones iniciales (Figura 2.39) aparece al seleccionar el modo lavador, y muestra los estados de los flotadores de nivel, y de la temperatura del líquido del tanque de alcalino.



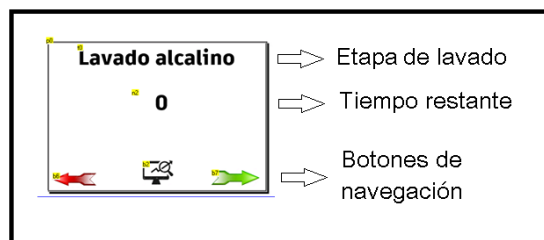
**Figura 2.39** Pantalla de condiciones iniciales

La pantalla de selección de barril en la Figura 2.40, muestra que barril se va a lavar, de este modo elegir los tiempos predeterminados de lavado.



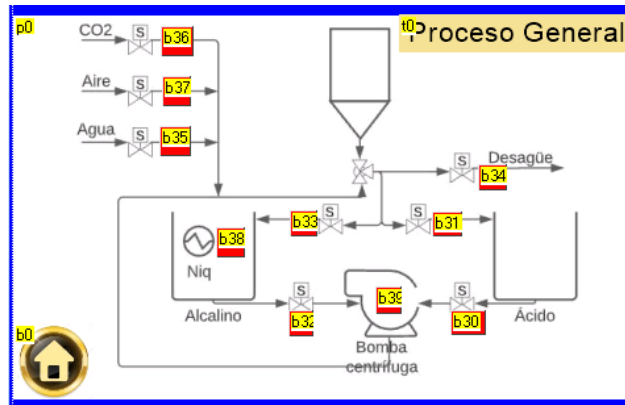
**Figura 2.40** Pantalla de Selección del Barril

En el modo de lavado, una vez elegido el barril, comienza el ciclo de lavado, en la pantalla se puede divisar la etapa en la que se encuentra y el tiempo que falta para terminar dicha etapa, en la Figura 2.41 se puede observar un ejemplo de pantalla de las etapas de lavado.



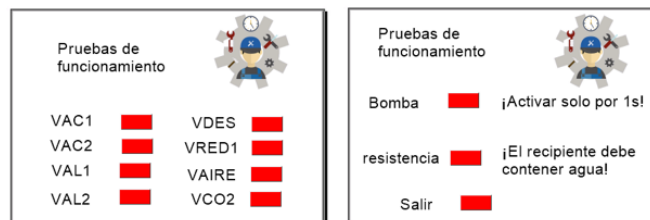
**Figura 2.41.** Ejemplo de pantalla en el proceso de lavado

Se realiza además una pantalla del proceso general y se puede ingresar aplastando en el ícono de proceso general, en la parte inferior de la pantalla; en este se muestra un esquema de todo el proceso y el estado de cada actuador, tal y como se lo ve en la Figura 2.42.



**Figura 2.42.** Pantalla del proceso general

En el modo pruebas de funcionamiento se puede seleccionar cualquier equipo del prototipo y activarlo o desactivarlo según se requiera. En la Figura 2.43 se puede observar las dos pantallas que forman parte de las pruebas de funcionamiento, y en ellas las abreviaturas de sus válvulas correspondientes.



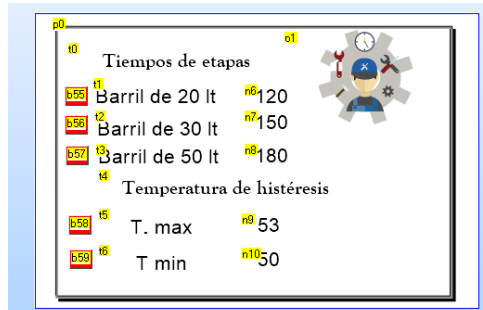
**Figura 2.43.** Pantallas modo pruebas

La pantalla de emergencia (Figura 2.44) se muestra siempre y cuando se aplaste el botón de emergencia, en el que todo el proceso se detiene, es decir, se desactivan todas las válvulas, bomba y calentador de agua.



**Figura 2.44.** Pantalla de alerta

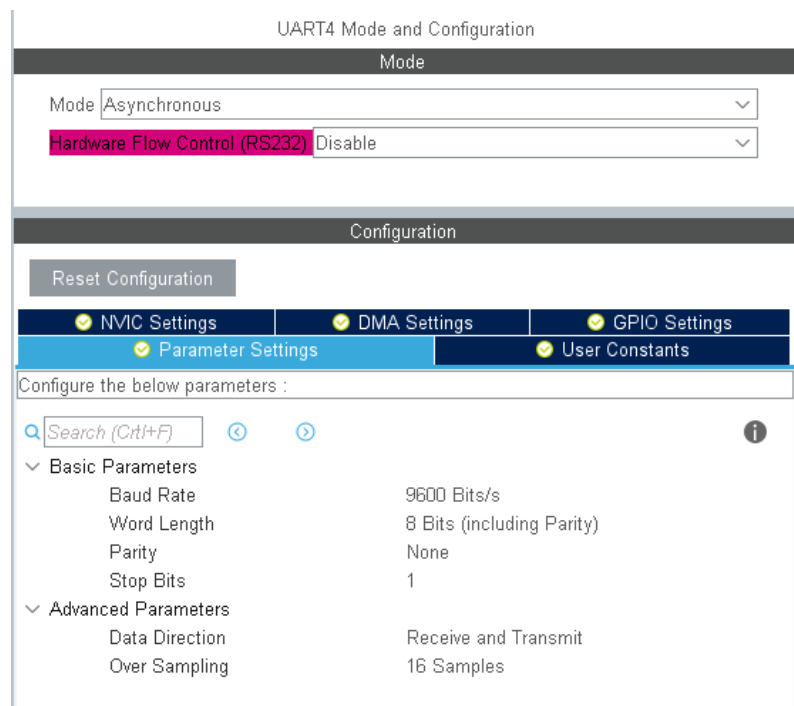
Finalmente se diseña una pantalla para configurar los tiempos de las etapas de lavado y de los valores de temperatura para el control de calentamiento por Histéresis mostrado en la Figura 2.45



**Figura 2.45** Diseño de pantalla de modo configuración.

### 2.2.3 Comunicación de la tarjeta STM32núcleoF446RE con la Pantalla Nextion

La pantalla Nextion maneja la comunicación UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) entonces la comunicación se maneja bajo este protocolo. La configuración de UART en la STM32 se lo realiza en el STM32CubeIDE, seleccionando el UART4 en modo asincrónico, comunicación a 8 bits, y a una tasa de baudios de 9800 Bits/s, como se muestra en la Figura 2.46.



**Figura 2.46.** Configuración UART4

La pantalla Nextion tiene un microprocesador interno el cual facilita las acciones que se requieran mostrar en dicha pantalla, de esta manera con comandos sencillos, se puede dar órdenes como: activar o desactivar indicadores, cambiar pantalla, enviar números flotantes desde la tarjeta STM32 dependiendo la etapa en la que se encuentre.

Como ejemplo se tiene en la Figura 2.47 dos líneas de código en la que en la primera línea se envía el comando hacia la pantalla Nextion, y en la segunda línea se envía el comando de finalización de comunicación; el comando “page 14” hace que la pantalla muestre la página número 14.

```
HAL_UART_Transmit(&huart4, (uint8_t *)"page 14",7 ,300);  
HAL_UART_Transmit(&huart4, Cmd_End, 3, 500);
```

**Figura 2.47** Comando de trasmisión.

Para enviar estados de variables se utiliza el comando “click” seguido de la etiqueta en la pantalla y el estado, la longitud del comando y el tiempo de envío, como ejemplo se tiene en la Figura 2.48, se activa a “b40” y se desactiva a “b41”:

```
HAL_UART_Transmit(&huart4, (uint8_t *)"click b40,1",11 ,300);  
HAL_UART_Transmit(&huart4, Cmd_End, 3, 100);  
HAL_UART_Transmit(&huart4, (uint8_t *)"click b41,0",11 ,300);  
HAL_UART_Transmit(&huart4, Cmd_End, 3, 100);
```

**Figura 2.48** Comando de cambio de estados

Para enviar números se realiza una conversión del número a cadena de caracteres, para ello se ocupa la función mostrada en la Figura 2.49; esta función requiere de la etiqueta de la variable en la pantalla y su valor numérico:

```
void NEXTION_SendNumber(char *obj,int32_t num)  
{  
    uint8_t *buffer=malloc(30*sizeof (char));  
    int len= sprintf((char *)buffer,"%s.val=%ld", obj,num);  
    HAL_UART_Transmit(&huart4, buffer, len, 500);  
    HAL_UART_Transmit(&huart4, Cmd_End, 3, 500);  
  
    free(buffer);  
}
```

**Figura 2.49** Función para envío de datos numéricos

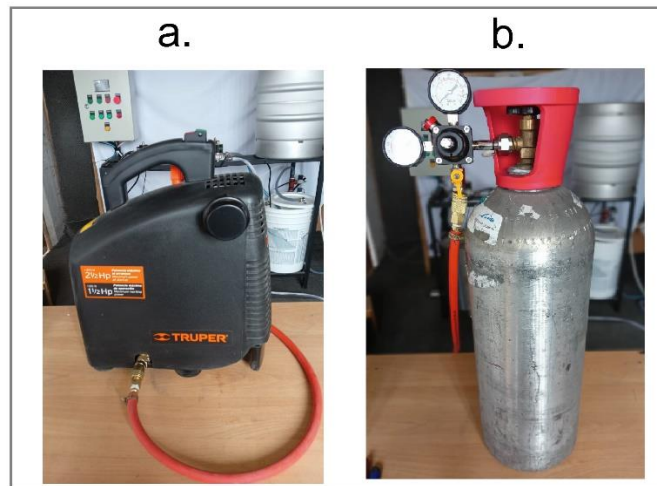
En este prototipo solo se realizó transmisiones de datos desde la STM32 hacia la pantalla Nextion, con el fin de configurar los diferentes modos utilizando solo los botones del tablero de control, de esta forma se limita el uso del panel táctil de la pantalla protegiéndola de posibles daños.

# 3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 3.1 Resultados

Al ser un trabajo implementado, pues se construye el prototipo de lavador automático de barriles, los resultados que se obtienen son: evidencias de la implementación y construcción del prototipo, pruebas de funcionamiento a los actuadores y sensores, y a las pruebas integrales de lavado en los diferentes tipos de barriles.

Para la obtención de los resultados del prototipo, se cuenta con las fuentes de alimentación de Aire y de CO<sub>2</sub> mostradas en la Figura 3.1, la fuente de aire (Figura 3.1 a) es un compresor portátil de la marca Thruper, y la fuente de CO<sub>2</sub> es un tanque de CO<sub>2</sub> mostrado en la Figura 3.1 b. Estas fuentes son necesarias en el proceso de pruebas de funcionamiento. La fuente de CO<sub>2</sub> cuenta con su respectivo regulador de presión, regulado a 1 bar de presión, esto por debajo de la presión de envasado de los barriles que es 2 bares de presión.

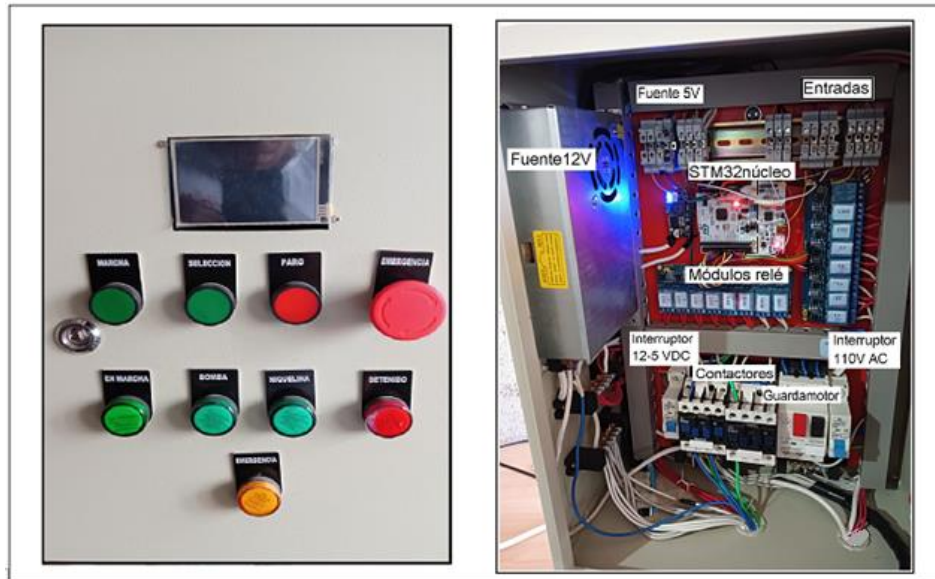


**Figura 3.1** Fuentes de alimentación de gases. (a) compresor, (b) tanque de CO<sub>2</sub>

### 3.1.1 Hardware del prototipo

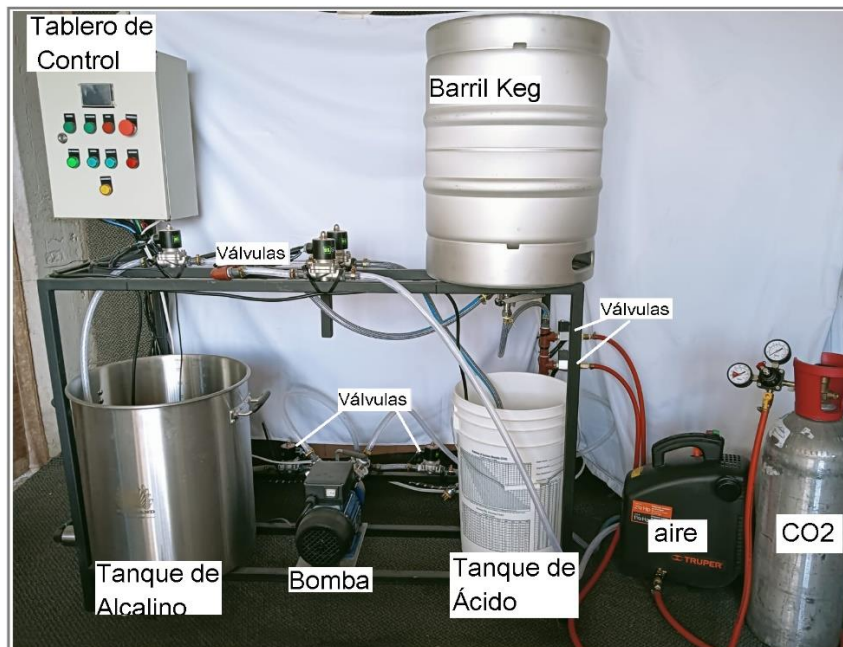
La estructura física implementada queda de la siguiente manera:

El tablero de control está distribuido como se muestra en la Figura 3.2, en la parte externa se muestra la pantalla HMI, los pulsadores, y en la parte inferior las luces indicadoras; y en la parte interna, los elementos de protección y maniobra, fuentes de voltaje y la tarjeta STM32.



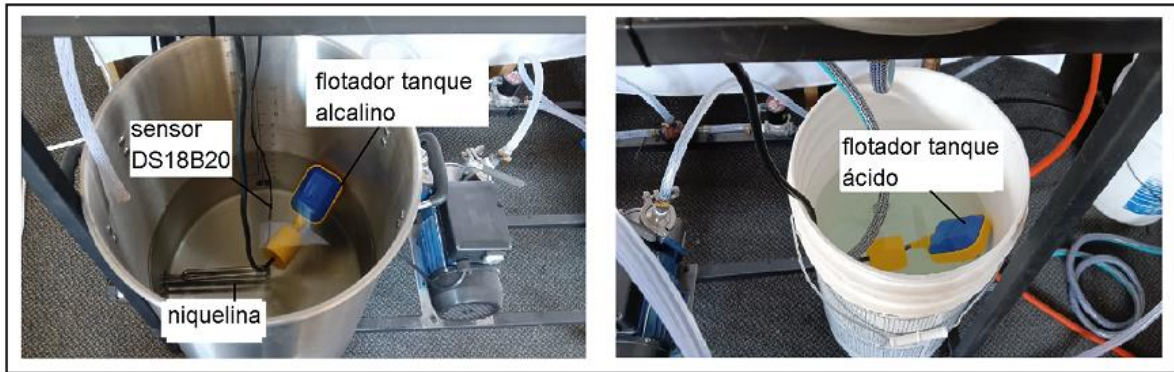
**Figura 3.2.** Tablero de Control, parte externa (izq.), parte interna (der.)

La estructura general del prototipo se evidencia en la Figura 3.3. El tablero de control se coloca en la parte superior para evitar salpicaduras de líquidos, las válvulas y la bomba son conectadas a través de tuberías y mangueras y sujetadas a la estructura metálica, y los cables de las conexiones eléctricas van protegidos por un organizador en espiral.



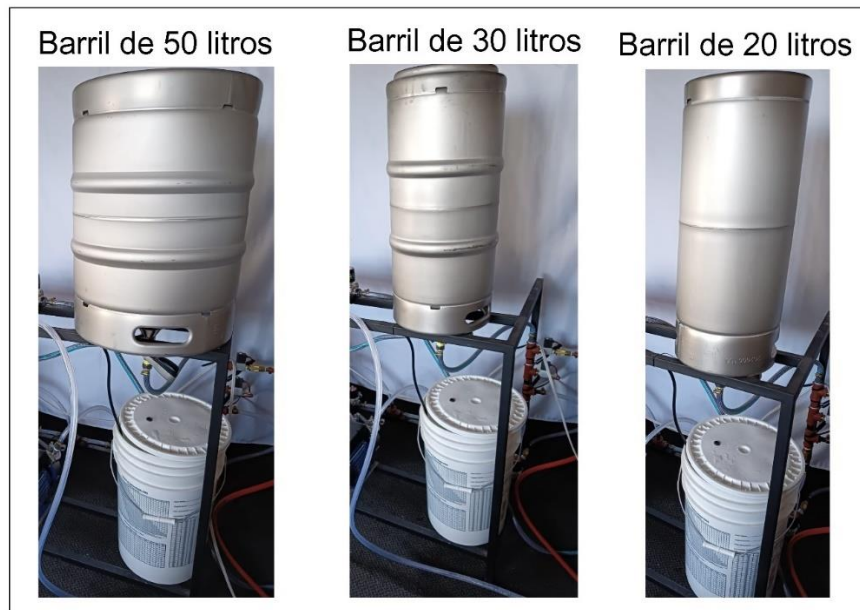
**Figura 3.3** Prototipo Lavador Keg

La instalación de los flotadores y el sensor se muestra en la Figura 3.4 los flotadores van colocados dentro de los tanques de almacenamiento, además en el tanque de producto alcalino se coloca el calentador de niquelina y el sensor de temperatura ya que se controla la temperatura en el proceso de lavado de barriles.



**Figura 3.4** Disposición de los flotadores de nivel y sensor de temperatura DS18B20

En la Figura 3.5 se evidencia la colocación de los barriles de 20,30 y 50 litros en el prototipo de lavador, estos barriles tienen acople tipo A, el mismo acople para el que se diseñó el prototipo, lo cual hace muy sencilla la conexión y desconexión a la máquina lavadora hacia los barriles.



**Figura 3.5** Adaptación de barriles de 50, 20 y 30 litros

### 3.1.2 Pruebas en los sensores y actuadores

En esta parte se realiza pruebas individuales de funcionamiento tanto para los actuadores (bomba, niquelina y válvulas), detectores flotadores de nivel y sensor de Temperatura; en las pruebas del sensor de temperatura se incluye las pruebas de control por histéresis.

#### 3.1.2.1 Pruebas de válvulas, niquelina y bomba:

Para el correcto funcionamiento del prototipo se realizó pruebas en vacío es decir sin circulación de líquidos, esto con el fin de observar el accionamiento de las válvulas. Para la niquelina se observó el calentamiento con agua y para la bomba se activó durante 2

segundos para no dañar la bomba al trabajarle en vacío. Las pruebas están detalladas en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Pruebas de funcionamiento de actuadores en vacío

Equipo	Voltaje	Marcha	Estado1	Paro	Estado2	Funcionamiento
Válvula Alcalino	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula Alcalino R	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula Ácido	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula de Ácido R	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula De Agua Red	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula de Desagüe	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula de Aire	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Válvula de CO2	12 VDC	Pulsado	V. Abierta	Pulsado	V. Cerrada	ok
Niquelina	120VAC	Pulsado	Encendida (Si el Recipiente está con agua)	Pulsado	Apagada	ok
Bomba	120VAC	Pulsado	encendida por 2s	Pulsado	apagado	ok

### 3.1.2.2 Pruebas en detectores de nivel

Se realizó pruebas de funcionamiento a los flotadores de nivel, de forma manual se colocó a los detectores de nivel en sus dos posiciones, y también se lo realizó en cada tanque de almacenamiento llenándolo de agua a cada tanque respectivamente como se muestra en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Pruebas en detectores de nivel

Detector	Tanque Alcalino	Tanque Acido	Estado del Contacto del flotador
Flotador de nivel tanque alcalino	lleno	*****	cerrado
	vacío	*****	abierto
Flotador de nivel tanque ácido	****	lleno	cerrado
	****	vacío	abierto



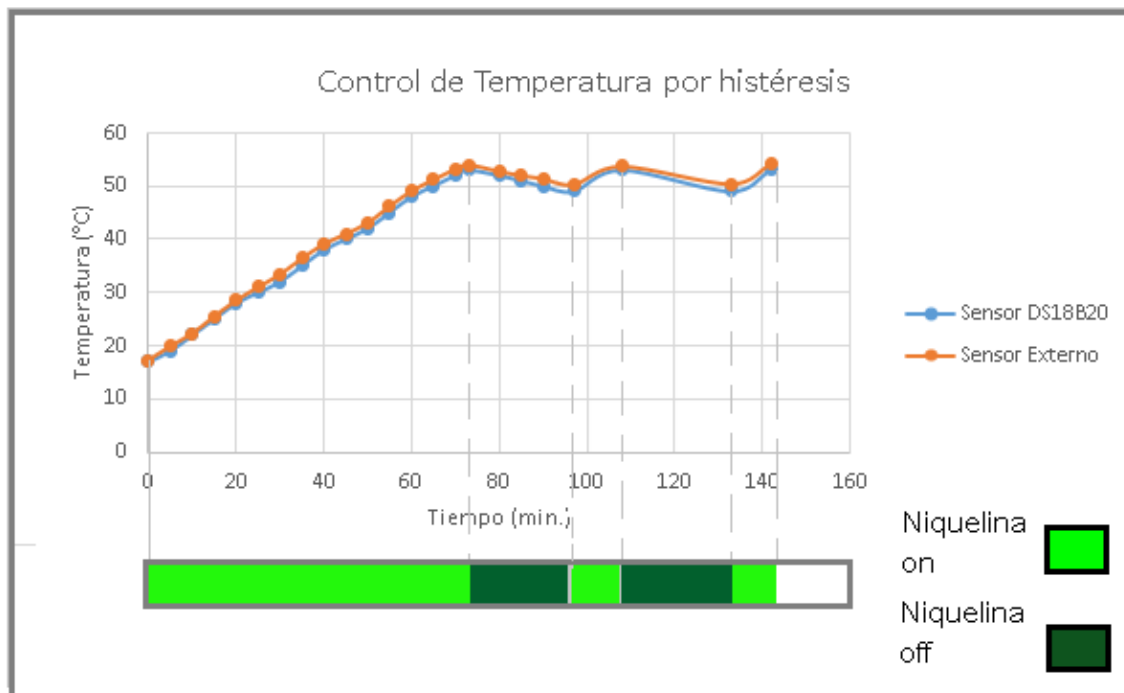
### 3.1.2.3 Pruebas del sensor de Temperatura y control de calentamiento por histéresis

Como parte del lavado de barriles, es necesario calentar el producto alcalino, para lo cual se utiliza la resistencia de calentamiento. Con el fin de obtener la curva de calentamiento se realizó pruebas de calentamiento de agua en el tanque de alcalino y se midió la temperatura con el sensor del prototipo, el DS18B20, y con un sensor externo para validar su medición. En la Tabla 3.3 se encuentra los datos obtenidos de calentamiento sin perturbaciones, mientras que en la Tabla 3.4 se realizó las pruebas de calentamiento con perturbaciones.

**Tabla 3.3** Pruebas de Calentamiento sin perturbaciones

Tiempo(min)	Temperatura(°C)	Temperatura Sensor Extern °C	Estado Niquelina
0	17	17,3	on
10	22	22,3	on
20	28	28,5	on
30	32	33,4	on
40	38	39,1	on
50	42	43,1	on
60	48	49,1	on
70	52	53,2	on
73	53	54	off
80	52	52,8	off
85	51	52	off
90	50	51,4	off
97	49	50,3	on
108	53	53,7	off
133	49	50,4	on
142	53	54,1	off
Cantidad de Agua	35Litros		
Histéresis	50-53 °C		

Con los valores obtenidos en la Tabla 3.3 se obtuvo las curvas de calentamiento mostradas en la Figura 3.6 además, se puede observar que se tiene una variación de 1°C aproximadamente en las mediciones, lo que es aceptable ya que no perjudica el proceso de lavado; en la parte inferior se muestra una barra que indica los tiempos en el que el calentador se activa o desactiva.



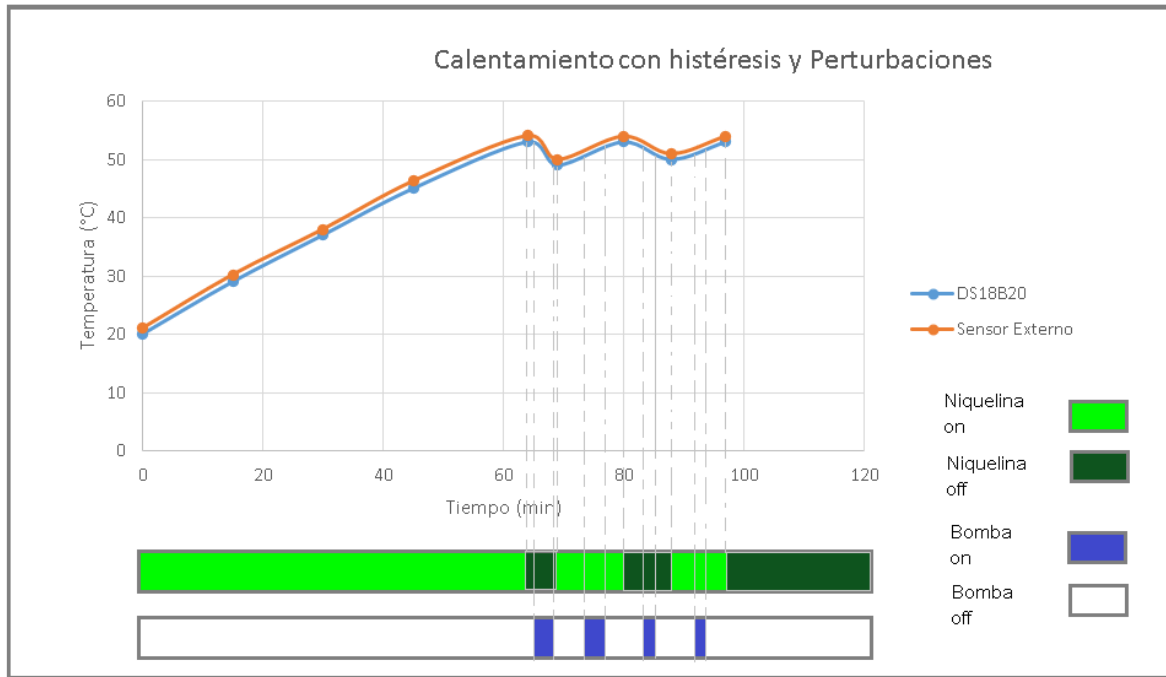
**Figura 3.6.** curva de calentamiento sin perturbaciones

**Tabla 3.4** Pruebas de Calentamiento con Agua circulante

Tiempo(min)	Temperatura(°C)	Temperatura Sensor Externa °C	Estado Niquelina
0	20	21	on
15	29	30,2	on
30	37	38	on
45	45	46,3	on
64	53	54,1	off
69	49	50	on
80	53	54	off
88	50	51	on
97	53	54	off
Cantidad de Agua	35Litros		
Histéresis	50-53 °C		

De la misma manera como se realizó las pruebas de calentamiento sin perturbaciones, se realizó pruebas de calentamiento, pero con agua circulante, y se obtuvo la curva mostrada en la Figura 3.7., se puede observar que la curva llega hasta la temperatura deseada, y luego actúa el control por histéresis, es decir, se mantiene entre el valor mínimo y máximo de temperatura; en la parte inferior de la imagen se encuentran en forma de barras el

estado de la niquelina y la perturbación del agua circulante; se puede ver que con el accionamiento de la bomba cuando la niquelina está apagada la temperatura disminuye más rápido, y cuando se activa nuevamente la niquelina y existe la perturbación, el tiempo de calentamiento aumenta.



**Figura 3.7.** Curva de calentamiento con agua circulante

### 3.1.2.4 Pruebas de circulación de líquidos

Se realizó pruebas de circulación de agua que entra al barril tanto del caudal del agua de red como el caudal entregado por la bomba y también se midió el caudal de salida del barril con y sin ayuda de la presión de aire como se muestra en la Tabla 3.5. Esto se realizó con el fin de modificar los tiempos de lavado acorde a los caudales de ingreso y salida del líquido.

**Tabla 3.5.** Pruebas de caudal de circulación del líquido

	Cantidad (litros)	Tiempo de llenado	Tiempo de vaciado	Caudal
entrada bomba	5	33 s	**	9,09 lpm
salida normal del barril	5	**	173 s	1,73 lpm
salida con aire	5	**	45 s	6,66 lpm
entrada agua red	2	10 s		12 lpm

### 3.1.3 Tiempos de Lavado de Barriles por etapas

Las pruebas fueron realizadas para cada tipo de barril como se muestra en la Figura 3.8, esto con el fin de obtener los tiempos de lavado experimentales por etapas para los 3 tipos de barriles (20, 30 y 50 litros).



**Figura 3.8** Lavado de barriles de 20, 30 y 50 litros.

La Tabla 3.6 muestra una comparativa de tiempos entre los valores teóricos y experimentales del proceso de lavado, se puede ver una ligera diferencia en cada etapa debido a que teóricamente cada etapa sucede al instante que termina su predecesora, mientras que experimentalmente se pudo ver que se tiene un retardo de 1 segundo en cada cambio de etapas.

**Tabla 3.6.** Tabla comparativa de tiempos de lavado en barril de 20, 30 y 50 litros

Etapas	barril 20l teórico	barril 20 l experimental	barril 30l teórico	barril 30 l experimental	barril 50l teórico	barril 50 l experimental
liberar presión	6	6	10	10	13	13
Enjuague	120	121	180	181	240	241
Lavado alcalino	120	121	180	181	240	241
Enjuague2	120	121	180	181	240	241
Lavado ácido	120	121	180	181	240	241
Barrido de CO2	120	121	60	61	80	81
Tiempo total en segundos	606	611	790	795	1053	1058
tiempo en minutos	10,1	10,18	13,17	13,25	17,55	17,63

### 3.1.4 Pruebas integrales de funcionamiento con barril semitransparente

El barril utilizado para las pruebas finales de limpieza es el que se muestra en la Figura 3.9 y es un barril de material PET del fabricante Petainer, de un color café semitransparente, el objetivo de utilizar este tipo de barril es evidenciar el proceso de lavado de barriles, observando el lavado interno de cada etapa.



**Figura 3.9.** Barril Keg PET

Antes de iniciar el proceso de lavado de barriles se debe verificar y realizar las conexiones previas, como son: conectar a la red de agua, conectar la fuente de Aire y la fuente de CO2, conectar la Bomba y activar su protección, y colocar el barril boca abajo en su acople, como se observa en la Figura 3.10.

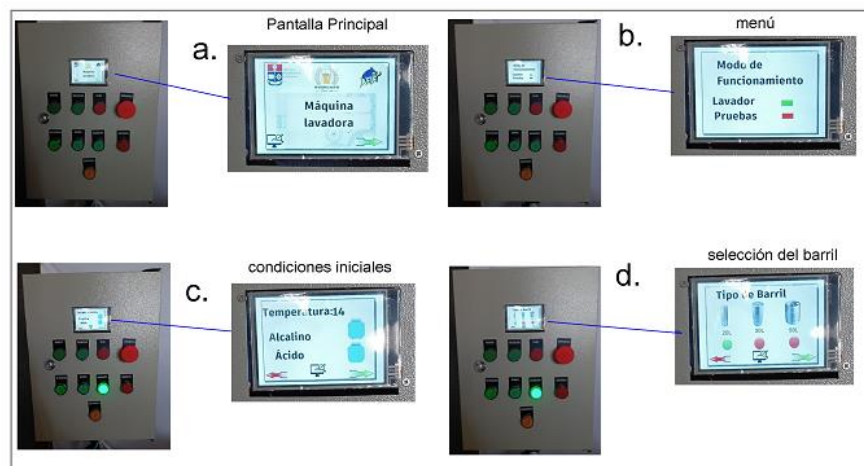


**Figura 3.10** Prototipo lavador de barriles, con barril semitransparente

El proceso de lavado en tiempo real se puede ver en el tablero de control debido a que en este se encuentra el sistema de visualización, la pantalla Nextion. En la Figura 3.11 se puede observar las etapas previas a iniciar el lavador de barriles, las cuales tienen el

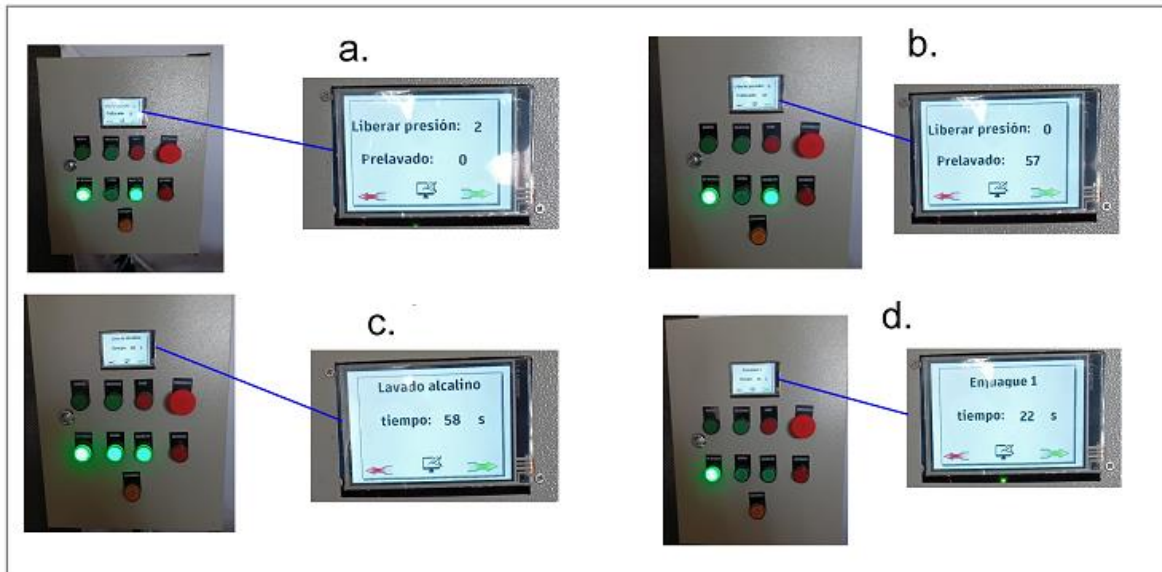
siguiente orden: pantalla principal (Figura 3.11 a), menú de funcionamiento (Figura 3.11 b), condiciones iniciales (Figura 3.11 c), y selección de barril (Figura 3.11 d).

La pantalla principal siempre se muestra al encender la máquina; en el menú se puede seleccionar el modo lavador o el modo pruebas, en este caso se selecciona el modo lavador; aparece las condiciones iniciales donde se muestra si existe producto líquido en los tanques y la temperatura del producto alcalino, desde este punto empieza a funcionar el control de temperatura por histéresis; finalmente se debe seleccionar el tipo de barril a lavar, para esta prueba se tiene el barril de 20 litros semitransparente.



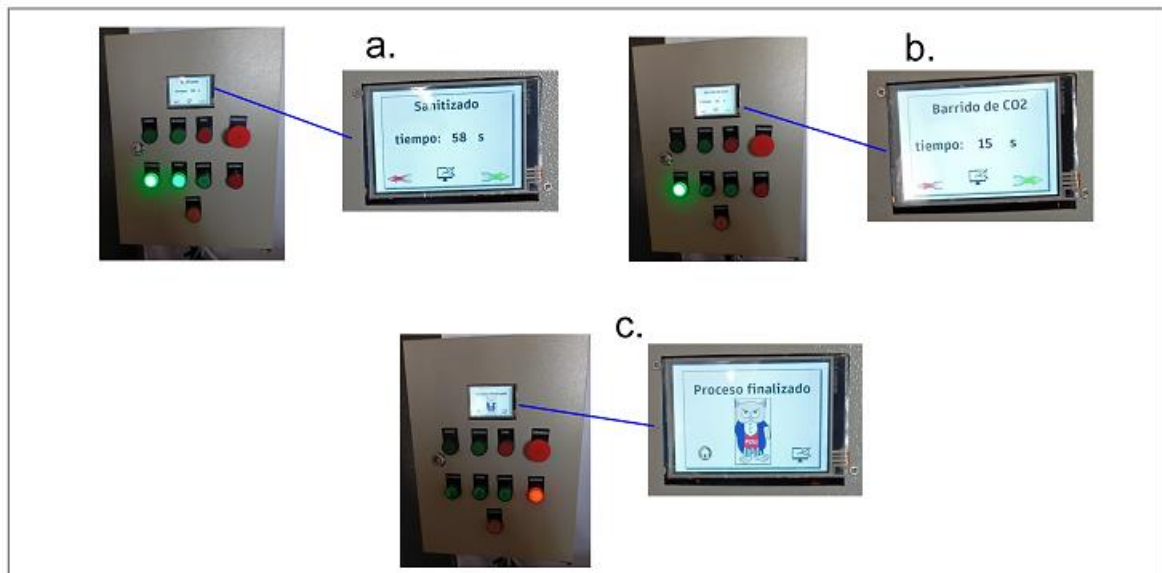
**Figura 3.11** Tablero de control en las etapas previas de lavado. (a) Pantalla principal, (b) menú, (c) condiciones iniciales, (d) selección del barril

Después de seleccionar el barril, inicia el proceso de lavado, para describir el proceso se hará uso de la Figura 3.12. En la Figura 3.12 (a) se tiene el liberado de presión, esto a manera de seguridad, se abre la válvula de desagüe; la Figura 3.12 (b) corresponde al prelavado, en el cual se hace circular agua de la red pública al interior del barril y retorna al desagüe; en la Figura 3.12 (c) se realiza el lavado de producto alcalino, se hace circular este producto con ayuda de la bomba y retorna a su mismo tanque de almacenamiento; en la Figura 3.12 (d) se realiza un enjuague con agua de red, con el fin de eliminar todo el producto alcalino al interior del barril.



**Figura 3.12** Lavado de barriles 1. (a) liberar presión, (b) prelavado, (c) lavado alcalino, (d) enjuague.

Después del enjuague del producto alcalino se continua con la desinfección y barrido de CO<sub>2</sub>, lo cual se muestra en la Figura 3.13, en Figura 3.13 (a) se realiza la desinfección denominada Sanitizado, en la cual se hace circular producto ácido con ayuda de la bomba y ese producto retorna a su barril correspondiente; en la Figura 3.13 (b) se tiene un Barrido de CO<sub>2</sub> para eliminar toda la solución interna del barril y finalizar con el lavado, en la Figura 3.13 (c) se muestra la pantalla que indica que el proceso ha finalizado.



**Figura 3.13** Lavado de barriles 2. (a) sanitizado, (b) barrido de CO<sub>2</sub>, (c) proceso finalizado.

Debido a que se utiliza el barril semitransparente, se puede evidenciar el lavado interno del barril, como se observa en la Figura 3.14; el líquido ingresa al barril y pasa por las paredes internas del mismo, cubriendo todas sus partes y garantizando su limpieza y desinfección.



**Figura 3.14** Fotos del lavado interior del barril.

### 3.2 Conclusiones

- Se realizó un estudio del proceso de lavado de barriles, en el cual se indicó y detalló las etapas necesarias para garantizar la limpieza interna de un barril, además se pudo obtener información de las partes de un lavador automático de barriles comercial, con el fin de tener referencias en la implementación del prototipo.
- Se realizó el diseño de la parte eléctrica juntamente con la parte de instrumentación, ya que, en función del dimensionamiento de la bomba, válvulas y de la niquelina, se realizaron los diseños de las conexiones y protecciones eléctricas, además se diseñó el panel de control acoplado en un tablero de control. Finalmente se realizó el montaje de las partes diseñadas sobre la estructura física del prototipo.
- Se diseñó el programa de control en base a los parámetros consultados del adecuado proceso de lavado de barriles y luego el programa fue desarrollado en la tarjeta STM32núcleoF446RE, además se incluyó el sistema de visualización compuesto por las luces indicadoras y la interfaz hombre-máquina desarrollada en la pantalla Nextion.
- Al realizar pruebas de funcionamiento en los barriles de 20, 30 y 50 litros se pudieron tomar los tiempos de lavado y compararlos con los tiempos teóricos, de



estos valores no se obtuvo una variación considerable por lo tanto no se necesitó realizar un ajuste de tiempo en la programación.

- Se realizó la limpieza a un barril de material Pet con el lavador de barriles construido, este barril al ser semitransparente se pudo evidenciar las etapas de lavado y la limpieza interna del mismo, como se mostró en la parte de resultados; de esta manera se comprobó el buen funcionamiento del prototipo.
- Se construyó un prototipo de lavador de barriles de cerveza comandado por la tarjeta STM32núcleoF446RE, reduciendo su costo de fabricación debido a que se reemplazó a un PLC por una tarjeta embebida, con el fin de brindar un producto accesible para las empresas productoras de cerveza artesanal.

### **3.3 Recomendaciones**

- Este prototipo fue diseñado para lavar barriles Keg con acople tipo A, pero se puede lavar cualquier tipo de barril, siempre y cuando se cambie el acople rápido acorde al tipo de cabezal del barril que se quiera lavar.
- En el proceso de lavado se utiliza producto alcalino y ácido, los cuales pueden ser dañinos para nuestra piel, por esta razón se recomienda utilizar equipo de protección de bioseguridad como son guantes, gafas y mandil.
- Es recomendable utilizar equipos fabricados con materiales que soporten los productos ácidos y alcalinos, como ejemplo el acero inoxidable.
- Antes de usar el lavador de barriles, leer el manual de usuario ya que en este se encuentra los pasos a seguir para poner en marcha el lavador.
- Para un trabajo a futuro, se puede implementar el control de presión de CO<sub>2</sub> en los barriles, para que los barriles después de la limpieza queden presurizados. Con la medida exacta

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Pérez, "Propuesta de plan estratégico de procesos productivos para la cervecería DJANGO en el DM: Quito", Proyecto de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2019.
- [2] C. Ingrid y A. Jácome, "Desarrollo de un manual de procesos para la elaboración de cerveza artesanal en la empresa tempel cervecería", Proyecto de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2018.
- [3] Anónimo, "Informe especial sector cerveza artesanal", Mayo 2017. [Online]. Available: <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/Cerveza-Inf-version-publica.pdf>., Accessed on: May. 10, 2022.
- [4] Anónimo, "Barriles de cerveza: historia, tipos principales y usos" [Online]. Available: <https://www.thebeertimes.com/barriles-de-cerveza-historia-tipos-y-usos/>, Accessed on: May 10, 2022
- [5] J. Picado, R. Manzano y Á. García, "Cómo limpiar tus barriles para preservar el único atributo de tu cerveza", Thielmann, Pulianas, 2018.
- [6] Anónimo, "Operations Manual Model KW-SA-1V", Premier Stainless Systems,LLC, 2018.
- [7] Anónimo, "Lavadora automática de barriles de cerveza",[Online]. Available: <https://rodeg.com.ar/productos/equipos-para-elaboracion-de-cerveza/lavadora-automatica-de-barriles-de-cerveza/>
- [8] D. Domínguez, "Diseño y simulación de un sistema de succión y filtración para purificación de agua en la comunidad de tushi", Proyecto de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2020.
- [9] Anónimo, "Válvula de selenoide" [Online]. Available: <https://www.climasmonterrey.com/que-es-una-valvula-de-solenoides#:~:text=La%20v%C3%A1lvula%20de%20solenoides%20es%20una%20v%C3%A1lvula%20que%20se%20cierra,bobina%20energizada%20el%C3%A9ctricamente%20o%20viceversa>. [Accessed on: Jun. 13, 2022].

- [10] I. David, "¿Cómo funciona un calentador de inmersión", Nov. 2021. [Online]. Available: [https://www.ehowenespanol.com/funciona-calentador-inmersion-como\\_147105/](https://www.ehowenespanol.com/funciona-calentador-inmersion-como_147105/). Accessed on: Jun. 2, 2022.
- [11] Anónimo, "Calentador de inmersión roscados" Vulcanic, 2015. [Online]. Available: <https://www.vulcanic.com/es/calentadores-inmersion-roscados/>. Accessed on: Jun. 2, 2022].
- [12] Anónimo, "Sensor de temperatura DS18B20" [Online]. Available: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/>. Accessed on: Jun. 3, 2022.
- [13] Paco, "Conexión de flotador eléctrico" Blogspot, May. 9, 2015. [Online]. Available: <https://coparoman.blogspot.com/2015/05/conexion-de-flotador-electrico.html>. Accessed on: Jul. 13, 2022
- [14] STmicroelectronics, "STM32NUCLEO-F446RE" Texas, 2014.
- [15] Anónimo. "El relé: para qué es, para que sirve, y que tipos existen" BlogSEAS, 22 Agosto 2019. [Online]. Available: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/#:~:text=El%20rel%C3%A9%20est%C3%A1%20compuesto%20de,%C3%A1%20para%20o%20arrancar%20un%20motor>. Accessed on: Jun. 13, 2022
- [16] Anónimo, "Contactores: ¿Qué son y para qué sirven?" Siemens, [Online]. Available: <https://motores-electricos.com.ar/contactores-que-son-y-para-que-sirven/#:~:text=El%20contactor%20funciona%20aplicando%20un,nuevamente%20y%20desconectar%C3%A1n%20el%20circuito>. Accessed on: Jun. 13, 2022.
- [17] Anónimo, "Guardamotor" [Online]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/guardamotor.html>. Accessed on: Jun. 13, 2022.
- [18] Anónimo, "¿Qué es y cómo funciona el disyuntor?" [Online]. Available: <https://www.eenergie-shop.es/blog/que-es-y-como-funciona-un-disyuntor/>. Accessed on: Jun, 13, 2022.

- [19] Anónimo, "Tableros industriales" Jul. 11, 2021. [Online], Available: [https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/tableros\\_industriales#:~:text=Pero%2C%20%C2%BFqu%C3%A9%20son%20los%20tableros,de%20tu%20sistema%20eI%C3%A9ctrico%20industrial](https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/tableros_industriales#:~:text=Pero%2C%20%C2%BFqu%C3%A9%20son%20los%20tableros,de%20tu%20sistema%20eI%C3%A9ctrico%20industrial). Accessed on: Jun. 13, 2022.
- [20] Anónimo. "Pantalla Nextion" [Online]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/pantalla-nextion-3-2/>. Accessed on: Jun.13, 2022.
- [21] Anónimo, "Cálculo de la potencia de la bomba de rociadores para enfriamiento del tanque del sistema contra incendios" [Online]. Available: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/monge\\_t\\_m/anexo-8.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/monge_t_m/anexo-8.pdf). Accessed on: Nov. 2021.
- [22] E. Equipments, "Centrifugal pumps ENOS" Enoitalia.net, 2020. [Online]. Available: <https://www.enoitalia.net/en/prodotto/centrifugal-pumps-enos/>. Accessed on: Jun. 8, 2022.
- [23] Anónimo, "U.S. Solid Electric Solenoid Valve", U.S Solid |Site map, 2020. [Online]. Available: <https://ussolid.com/u-s-solid-electric-solenoid-valve-1-2-12v-dc-solenoid-valve-stainless-steel-body-normally-closed-viton-seal.html>. Accessed on: Nov. 5, 2021.
- [24] P. Garden, "Valvula de aire selenoide NC CC12V", [Online]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/solenoid-posiciones-normalmente-el%C3%A9ctrico-neum%C3%A1tica/dp/B09PY48SCJ>.
- [25] DENORD, "Calentador de inmersión 1650W", 2019 [Online], Available: <https://www.amazon.com/-/es/Calentador-inmersi%C3%B3n-inoxidable-abrazadera-el%C3%A9ctrico/dp/B07B XK5JWG>.
- [26] Anónimo. "Robótica electrónica computacion ingeniería", megatronica, 2022. [Online]. Available: <https://megatronica.cc/producto/fuente-de-alimentacion-5v-5a-25w/>. Accessed on: Jun.,10 2022.
- [27] Anónimo. "Reductor Step-Down", 2021. [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/182-reductor-step-down-buck>. Accessed on: Jan. 10 2022.

- [28] L. Llamas, "Ingeniería, informática y diseño" Creative Commons, Jun. 26 2016. [Online]. Available: <https://www.luisllamas.es/temperatura-liquidos-arduino-ds18b20/>. Accessed on: Dec,20 2021.
- [29] Zhicheng, "Botón pulsador de selección", Virtualexpo group, 2018. [Online]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/yueqing-zhicheng-electrical-equipment-co-ltd/product-227613-2355952.html>. Accessed on: Jan, 10, 2022.
- [30] Anónimo, "Eléctricos Generales" Acme Themes, 2018. [Online]. Available: <https://www.electricosgenerales.com.pe/product/pulsador-tipo-hongo-xb2-bs542/>. Accessed on: Jan. 10, 2022.
- [31] Anónimo, "Ingelcom Luz piloto", Ingelcom, [Online]. Available: <https://www.ingelcom.com.ec/shop/product/g30630-luz-piloto-led-22-mm-verde-120v-9981>. Accessed on: Jan. 10, 2022.
- [32] Anónimo, "Módulo Relé", INTERA5 NETWORKS SL, 2018. [Online]. Available: <https://www.tiendatec.es/maker-zone/reles/645-modulo-rele-8-canales-5v-para-arduino-8406451430007.html>. Accessed on:Jan. 10, 2022.
- [33] Andeli , "Guardamotor", IACSA México, 2022. [Online]. Available: <https://www.iacsamexico.com.mx/producto/guardamotor-andeli-ai-gv2m10-rango-de-4-63a/>. Accessed on: May 19, 2022.
- [34] M. Integrated, "DS18B20, Termómetro digital de un cable", Maxim Integrated Products, San José, 2019.

## 5 ANEXOS

### ANEXO I MANUAL DE USUARIO

Este manual está destinado al correcto manejo del prototipo de lavador de barriles Keg implementado en este trabajo de titulación.

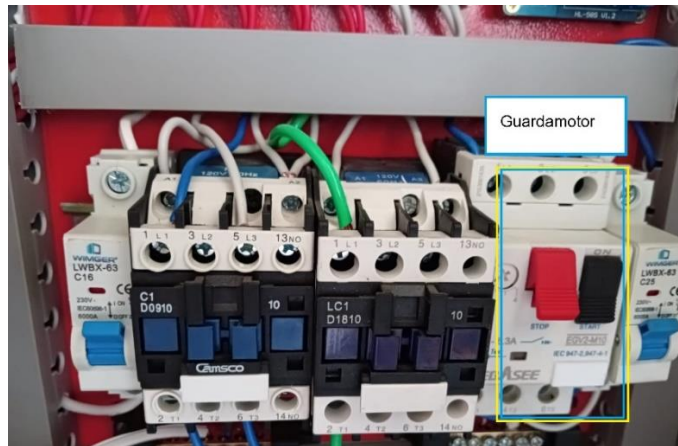
#### PASOS ANTES DE INICIAR

Coloque el barril boca abajo y conéctelo con el acople rápido, tal y como se muestra en la Figura 5.1, asegúrese que el acople se encuentra bien sujeto al barril para que no exista fugas en el proceso de lavado.



**Figura 5.1** Posición del Barril

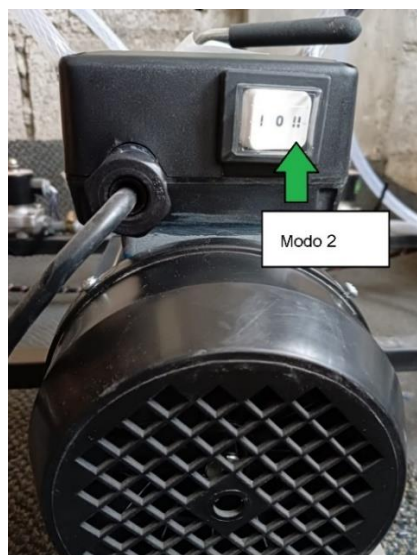
Accione el guardamotor en modo ON (Figura5.2) para la protección de la bomba.



**Figura 5.2** Guardamotor

Conecte la bomba al enchufe que se encuentra debajo del tablero de control y coloque el selector de la bomba en el **MODO 2 (Figura 5.3)**, esto con el fin de que la bomba gire en el sentido correcto del proceso.

**ADVERTENCIA:** En el modo 1 la bomba giraría en sentido contrario, provocando un mal funcionamiento y daños en el prototipo.



**Figura 5.3** Modo2 bomba.

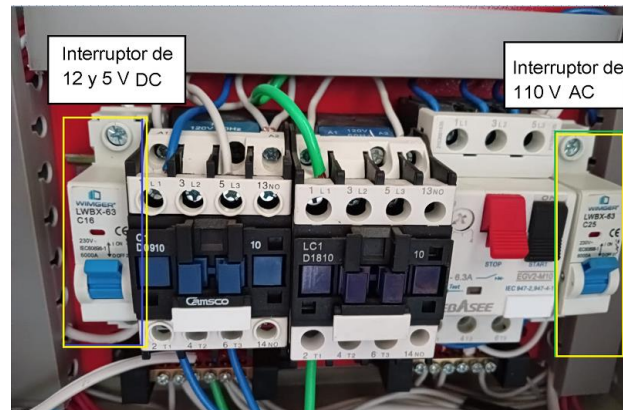
Conecte la manguera a la red de agua.

Conecte la fuente de Aire y de CO2 en sus válvulas correspondientes.

Conecte la fuente de poder general al tomacorriente de la red eléctrica.

## ARRANQUE DEL SISTEMA

Conectar el interruptor de control y el interruptor de fuerza (Figura 5.4).



**Figura 5.4** Interruptores termomagnéticos

## PANEL PRINCIPAL

En la parte frontal del tablero de control se incorpora una pantalla para poder observar los procesos de lavado (Figura 5.5) o a su vez el menú de pruebas de funcionamiento de cada elemento.



**Figura 5.5** Pantalla Nextion

Consta con pulsadores que cumplen diferentes funciones; el botón marcha funciona como un “enter” con el cual se puede pasar al siguiente menú, el botón selección me permite seleccionar entre diferentes opciones que se muestran en las pantallas, el botón de paro actúa cuando se ejecuta el proceso de lavado y detiene el proceso en la etapa de lavado que se encuentre, y el botón de emergencia que detiene todos los procesos y reinicia el lavado, además se muestra en la pantalla una alerta de emergencia, el botón de emergencia cuenta con enclavamiento de seguridad. Estos botones se muestran en la Figura 5.6.





**Figura 5.6** Pulsadores, y pulsador tipo hongo

Las luces indicadoras (Figura 5.7) muestran diferentes acciones en el proceso de lavado; la luz en marcha muestra cuando el proceso de lavado de barriles se encuentra iniciado, la luz bomba se prende cada vez que la bomba se enciende, la luz niquelina de igual manera que la bomba, la luz detenida se enciende cuando en el proceso de lavado se ha presionado el botón detener y la luz emergencia indica que el botón de emergencia está aplastado.

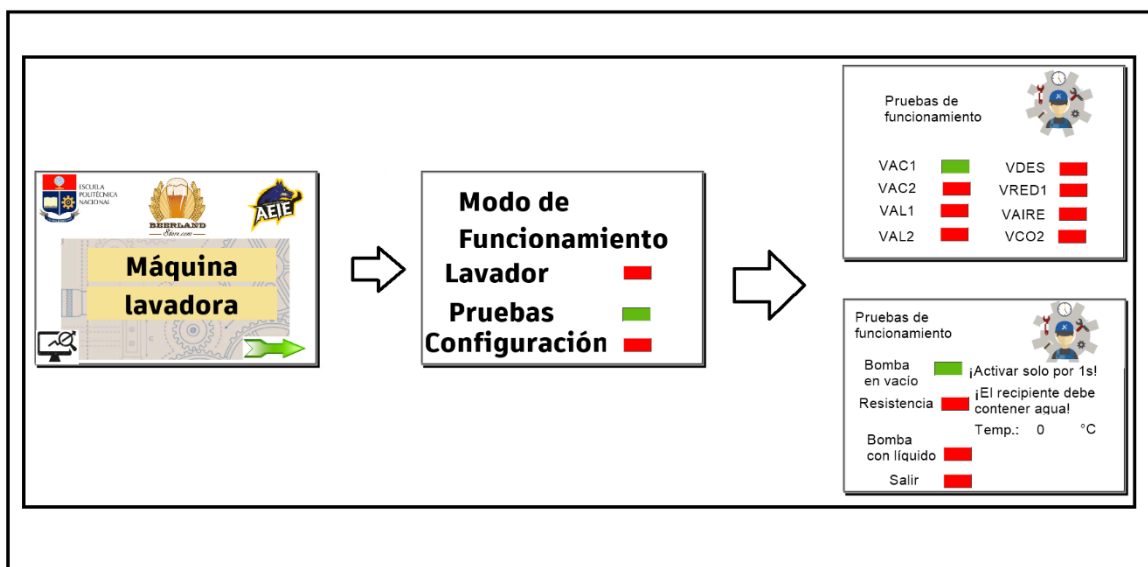


**Figura 5.7** Luces indicadoras

### **Acceso al modo Pruebas (Figura 5.8)**

Para acceder al modo de pruebas de funcionamiento desde la pantalla principal se sigue los siguientes pasos:

1. Se presiona el botón marcha.
2. En el menú se selecciona el modo pruebas
3. En el menú de pruebas se puede seleccionar que elemento accionar, con el botón de marcha se enciende y con el botón de paro se apaga.



**Figura 5.8** Acceso al modo Pruebas.

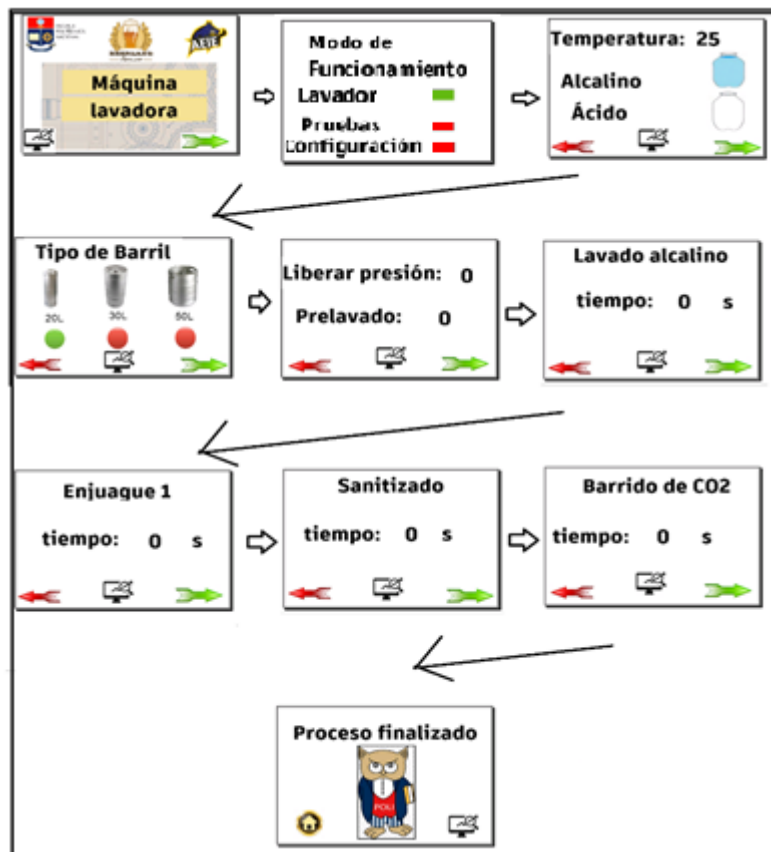
#### **Advertencias:**

- En la prueba de bomba en vacío, la bomba solo se activará por un segundo para no dañar la bomba.
- En la prueba de funcionamiento de la bomba, se detectará con los flotadores que exista líquido en el recipiente, si no hay líquido, la bomba no se activará.
- En la prueba de la Niquelina, solo se activará si existe líquido en el recipiente de alcalino.

#### **Acceso al Modo Lavador (Figura 5.9)**

Para acceder al modo de lavador de barriles keg, desde la pantalla principal se sigue los siguientes pasos:

1. Se presiona el botón marcha.
2. En el menú se selecciona el modo lavador.
3. En la pantalla se mostrará las condiciones en iniciales como son: la temperatura y los interruptores de nivel. Desde este menú empezará a calentar el producto alcalino hasta llegar a la temperatura de 50 °C y luego funcionar con un control por histéresis.
4. Se presiona nuevamente el botón marcha y se podrá elegir el tipo de barril a lavar.
5. Se selecciona el barril y se comienza con el ciclo de lavado.
6. Cuando se termine el lavado se mostrará la pantalla de finalizado.



**Figura 5.9** Acceso al modo Lavador

**Consideraciones:**

1. Al presionar el botón de emergencia se mostrará la pantalla de emergencia, se enciende su luz indicadora, y al desactivarlo se regresa a la pantalla principal.
2. Al presionar dos veces el botón de paro se regresa a la pantalla principal deteniendo todo el proceso.
3. En la pantalla Nextion existen íconos de flechas que permiten navegar entre pantallas.
4. En la pantalla Nextion existe un ícono en forma de monitor (Figura5.10), el cual dirige a la pantalla del proceso general donde se puede evidenciar de manera general los elementos activados y desactivados del prototipo.

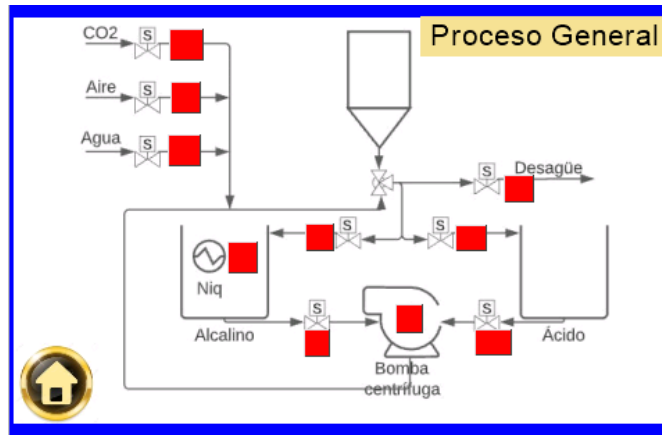


Figura 5.10 Pantalla del proceso general

**Advertencia:**

1. El proceso de lavado de barriles no iniciará si no cumple las condiciones iniciales que son: tener líquido en los dos barriles y la temperatura del producto alcalino esté en el rango adecuado (50 a 53°C).

**Modo configuración**

Para ingresar al modo configuración se debe seleccionar en el menú la opción que dice Configuración, como se muestra en la Figura 5.11. En este menú se puede configurar los tiempos de lavado de los barriles de 20, 30 y 50 litros partiendo de los valores por default, para ello se selecciona el tiempo a modificar y con los botones de marcha o para este valor aumenta o disminuye respectivamente. En este mismo menú se puede configurar las temperaturas para el control de calentamiento por histéresis.

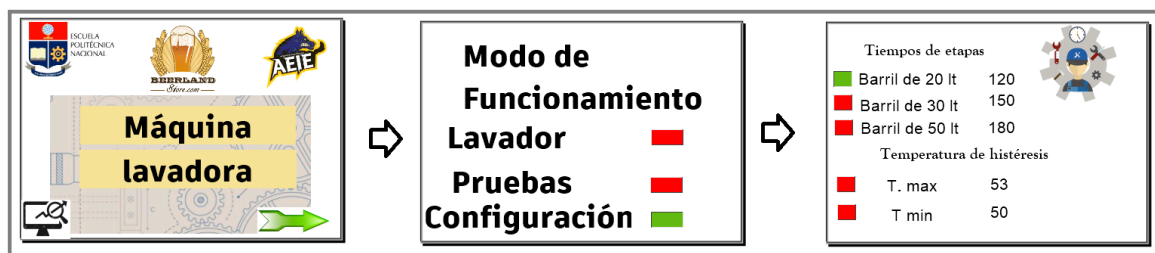
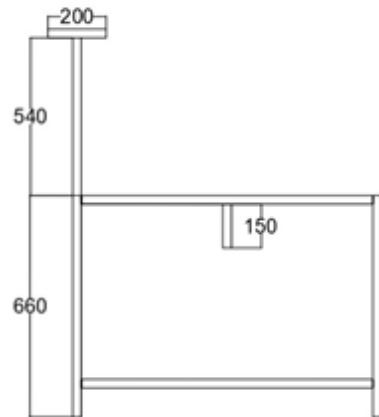


Figura 5.11 Modo configuración.

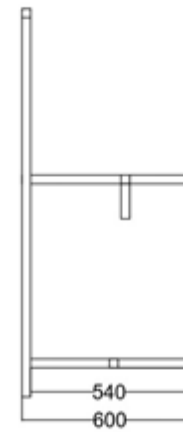
## ANEXO II

### PLANO DE LA ESTRUCTURA FÍSICA

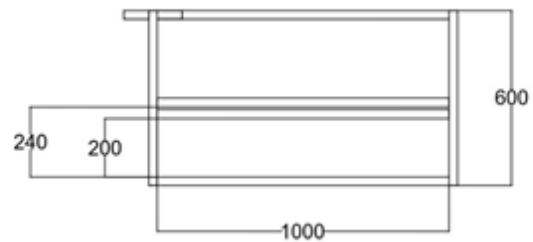
Vista Frontal



Vista lateral



Vista superior



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Título: Dimensiones de la estructura física del prototipo

Responsable:

Jefferson Álvarez

Fecha:

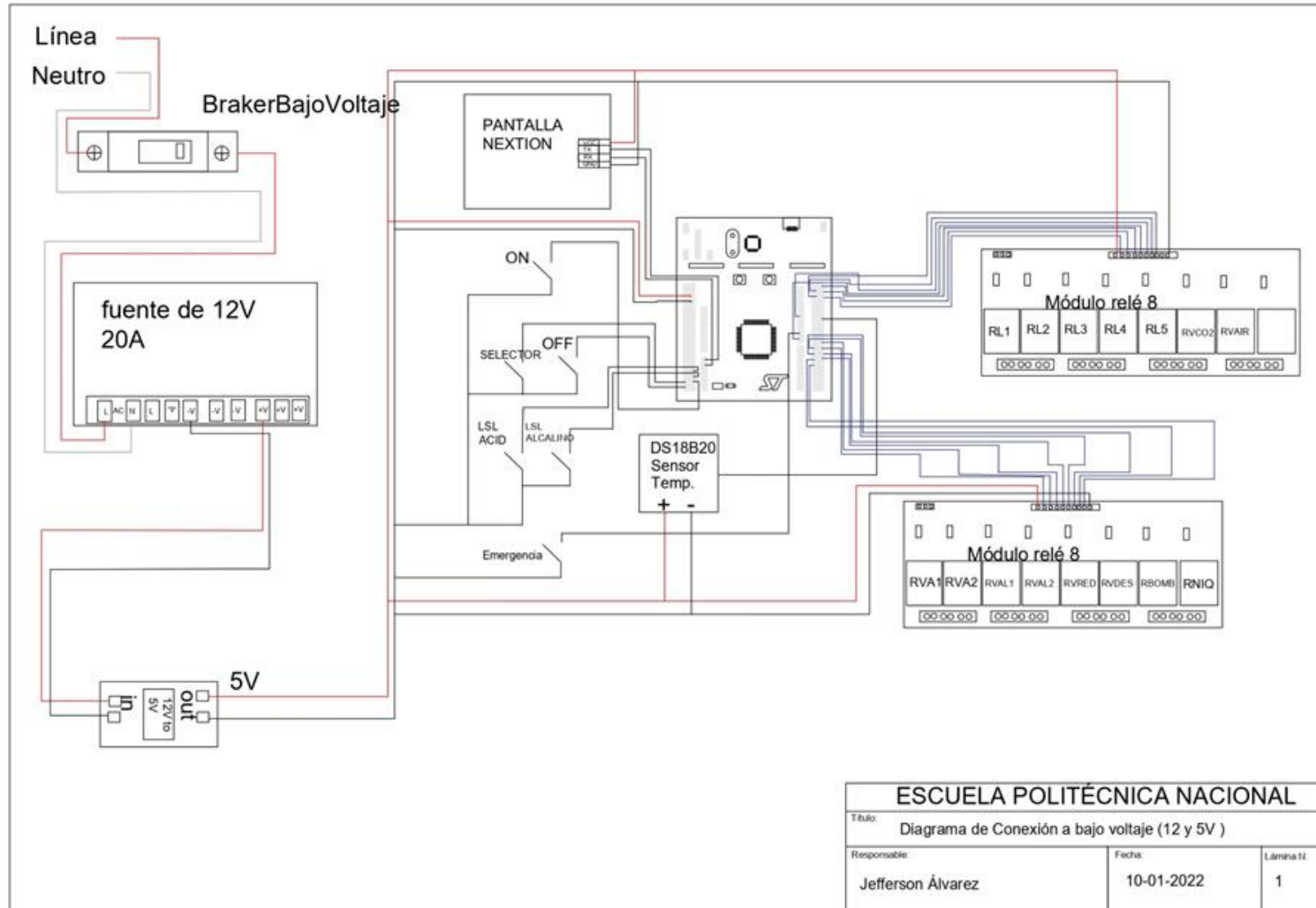
10-12-2021

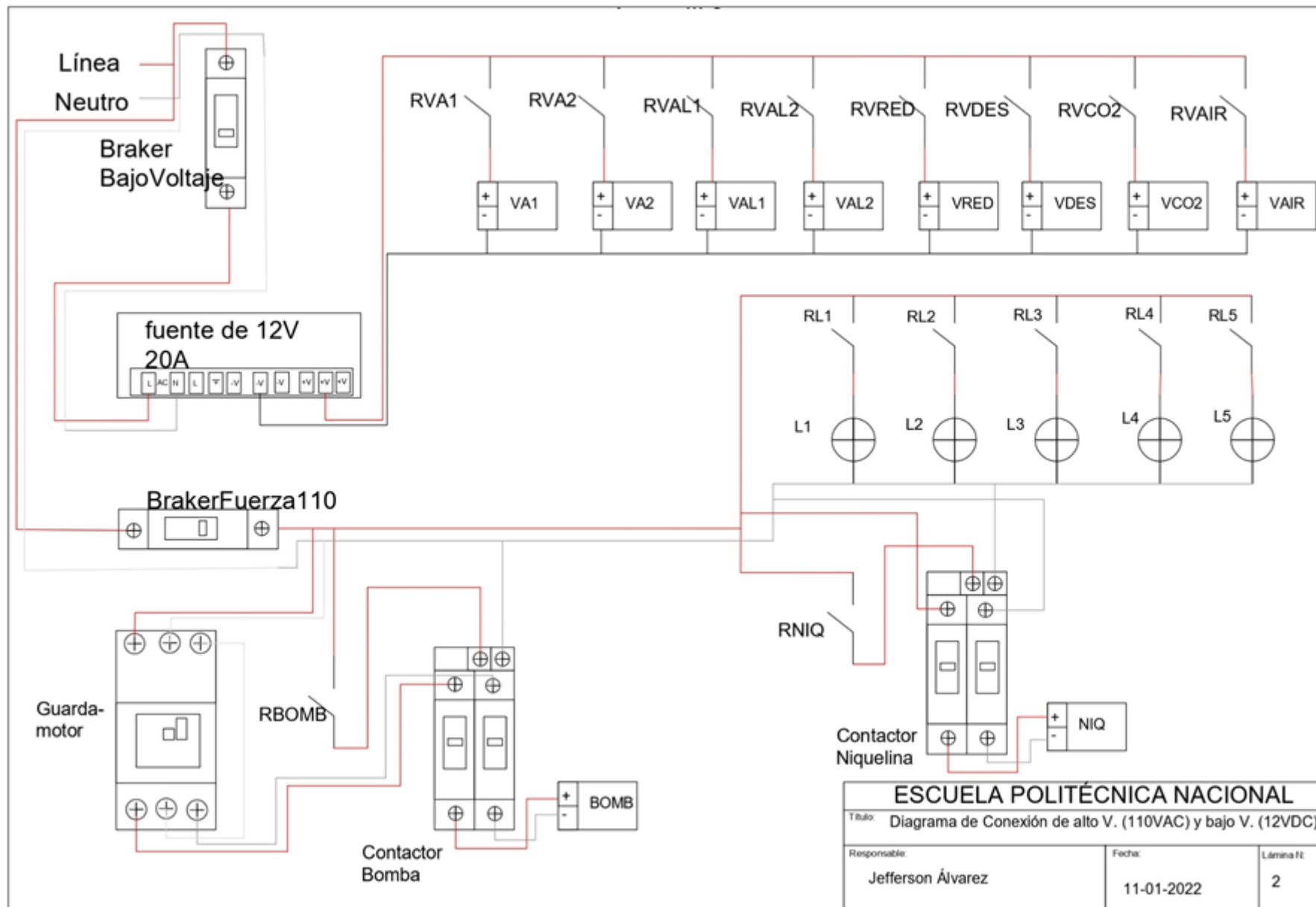
Lámina N.º:

1

## ANEXO III

### DIAGRAMAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS

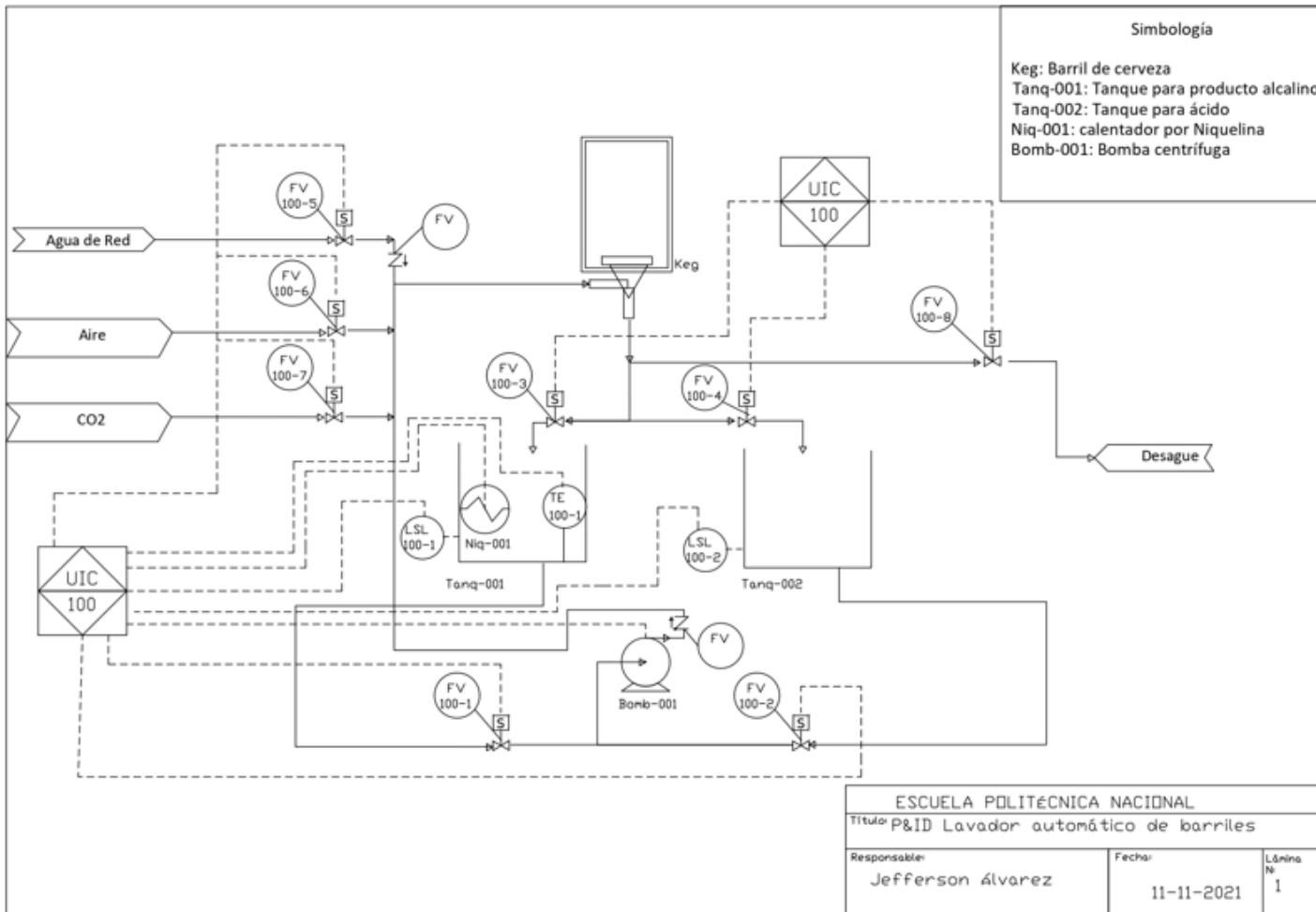




ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		
Título: Diagrama de Conexión de alto V. (110VAC) y bajo V. (12VDC)		
Responsable:	Fecha:	Lámina N°:
Jefferson Álvarez	11-01-2022	2

# ANEXO IV

## P&ID DEL PROCESO





# ANEXO V

## HOJA DE DATOS DE LA BOMBA ENOS25

	if necessary move pump closer to the liquid.
The machine does not start	Check that the machine is powered by the correct tension. Do not use extension leads with an insufficient section which could cause drops in tension. Check any safety devices of the electric system Open the pump cover and check the impeller is not blocked and clean it. Replace the condenser.

### 5. WARNING

- Place the machine in a dry environment, away from weather conditions and protected against humidity.
- Do not use the machine to pump inflammable liquids, explosives or in an inflammable atmosphere as the motor is not explosion-proof.
- The temperature of liquids to be pumped must be between +5°C and 35°C; higher temperatures would cause the overall impeller performance to worsen.
- The noise level detected is within the limits set by directive 2006/42 EEC (<85Db)
- Before starting the machine make sure it has not undergone any damage during transportation (breakages or denting) that could affect its operation.
- Never plug in the machine, operate the controls or perform any operation on electrical parts with wet hands.
- Never remove the motor protection casing while the machine is in operation and during cleaning.
- Read every part of this manual carefully before using the machine and keep it for future reference.
- Enoitalia S.r.l. is not responsible for damage caused by changes made to the machine by third parties.
- Enoitalia S.r.l. reserves the right to make construction changes at any time without being obliged to communicate that such changes are being made.

Enoitalia S.r.l.  
Via Provinciale Pisana, 162 Fraz. Pieve a Ripoli  
50050 Cerreto Guidi- (FI)  
Tel: +39 0571588031 Fax:+39 0571588080  
[www.enoitalia.net](http://www.enoitalia.net) [info@enoitalia.net](mailto:info@enoitalia.net)

## ENOITALIA S.r.l.

### Instructions for use and technical manual

### Self-priming electropumps "ENOS"

#### DECLARATION OF E.C. COMPLIANCE

Enoitalia S.r.l. with registered office and operations in the municipalità of Cerreto Guidi (FI) Fraz. Pieve a Ripoli, via Prov. Pisana, 162, operating in the oenological sector as constructor and vendor of the following machines:-

CENTRIFUGAL PUMP ENOS 20-25-30-40

HEREBY DECLARES >

under its own responsibility that the product mentioned above is compliant with the following EC regulations, including the latest changes, and with the relative national legislation that incorporates them.

2006/42CEE, 73/23CEE, 89/336CEE, 89/366CEE, 2000/14 CEE

Cerreto Guidi, 14/05/2021

Enoitalia srl  
Falorni Fabio

#### INTRODUCTION

##### WARNING!

Before installing the machine read the instructions that follow carefully as this manual is an integral part of the machine itself.  
We suggest this electro-pump be used to pump filtered liquids suitable for human consumption and other liquids and, in particular, for pumping WINE, OIL, MILK, WATER.  
It is not suitable for pumping inflammable liquids or to be operated in environments with an explosion hazard. Do not use with petrol, concentrated acids or solvents.  
It is not suitable for pumping liquids containing solid parts in suspension of over 0,5% as these can wear the machine's internal components.  
The constructor declines every responsibility for damage deriving from an improper user of the electropump, or from the user's failure to comply the instructions herein contained.

#### I. DESCRIPTION

The centrifugal electro-pump is composed of the following parts:-

- Electrical motor
- stainless steel pump body
- stainless steel impeller

- Controls panel

The body of the pump can be opened easily by unscrewing the fastening screws, allowing maintenance and cleaning operations to be carried out quickly and efficiently.

**WARNING !** Before starting any control or maintenance operation, remove tension from the electrical system and pull out the plug from the socket.

The pump is of the centrifugal, self-priming type able to function in both directions of rotation thanks to the electrical changeover switch placed on the controls panel. The type of impeller fitted on the pump allows to pump liquids also in a non continuous way as there is no possibility of emptying the pump while it is being used. The pump has been designed to be used by qualified personnel only as it can represent a considerable hazard to people present. It is therefore important never to leave the pump on without supervision.

## 2. POSITIONING, TESTS AND INSTALLATION

The electro-pump must be firmly positioned in a stable place horizontally on the floor. The level of liquid to be pumped must be a maximum of 3 / 4 m. deep from the pump axis. The suction mouth must be placed at least 10-15 cm below the level of the liquid.

**2.1 PRELIMINARY TESTS:** The electro-pump is supplied packaged in a cardboard box containing: 1 electro-pump complete with pump body and controls box ready to be installed; 1 feeding cable with plug compliant with Schuko (single-phase version); 1 pair of hose fittings with hose adapter. Once the pump has been removed from the box, make sure it is in good condition and immediately inform the supplier if any obvious defect is found.

Check manually that the drive shaft is rotating freely and that there are no obstacles blocking the impeller. If necessary, open the pump body and try to manually rotate the drive shaft and the impeller in both directions.

**2.2 TEST BEFORE INSTALLATION:** Before connecting the machine, make sure that the voltage of the motor (indicated on the plate) corresponds to that of the mains and that the switch is located on the "zero" position. This machine is electrically safe only if connected to an effective earth grounding system executed in compliance with the electricity-related regulations in force. The testing and, if necessary, the installation of the required electrical components must be carried out by qualified personnel. We also advice against using multiple sockets or adapters. Should their use be indispensable, only products that comply with the safety regulations in force should be used, by respecting the capacity limit, in electrical power terms, and the maximum power limit.

**2.3 START-UP:** Once the pump has been positioned in a stable place and the supply cable has been disconnected, the pump body can be filled with the liquid to be pumped up to half of its body's capacity.

**WARNING !** Never start the machine without any liquid in it as this would cause the machine components subject to chafing to wear. Before starting the machine for the first time, it is necessary to carry out a preliminary cleaning operation to remove any construction residue.

Once the pump has been filled, the hose adaptors must be fixed and the **pumping hoses** installed. The tubes must be of the rigid, reinforced type and must be fixed to the pump with specific hose clamps to prevent any choking from forming that could prevent the liquid from flowing normally.

The use of the clamps is very important as they guarantee the perfect functioning of the pump avoiding any leaking which could damage the pump and the people around it.

**WARNING !** Should there be any leaked liquid on top of the pump, stop the machine immediately, remove the plug and clean immediately with a dry cloth. *The pump is absolutely not suitable to be used in immersion.*

Proceed by checking that the switch is in the central "0" position, put plug into the electric socket and press the switch in the desired priming position. The pump should start priming the liquid within 20/30 seconds. If this does not happen, make sure that the direction of rotation is the desired one and that the suction tube is perfectly connected to the suction end-fitting, then, once the pump has been turned off and the plug disconnected from the mains, check that the clamps are correctly blocked and that the hose end-fitting are securely fastened with the rings.

**WARNING !** During normal functioning the external temperature of the motor can reach 45°C. Therefore a burning sensation may be experienced when touching the machine. Avoid blocking the motor air suction grid as this would cause the motor to overheat.

**2.4 STOPPING THE MACHINE:** Once you have finished pumping, turn off the pump. The body of the pump does empty itself so it is not necessary to refill the body of the pump before turning it back on again.

## 3. CLEANING, MAINTENANCE, RESTARTING

Once the pumping operation is complete, if the machine is not to be used again, wash the pump body by simply pumping fresh water. Thus the machine is kept in perfect mechanical and hygienic conditions. Then, once the machine plug has been disconnected from the mains, remove the tubes and connections and remove all liquid from the pump body and dry. The moving parts require no lubrication: do not introduce oils or greases inside the body of the pump as these could damage the pump and cause malfunctioning. Pump attachments should be lubricated to facilitate the assembly of the hose fittings and avoid seizures.

**WARNING !** all repair work must be executed directly by Enoitalia srl or by qualified and specialized personnel

In case of any repair work, only the original exchange parts must be used which can be obtained by contact the reseller or constructor.

## 4. POSSIBLE CAUSES OF MALFUNCTION

PROBLEMS	REMEDIES
Insufficient pumping pressure	Check the state of wear of the impeller Check that there are no obstructions in the suction tube.
Leaking from the pump body	Check and if necessary replace the rings used to secure end fittings.
No pump suction	Check the correct direction of rotation of the pump Check that hose clamps are tightly fastened. Check that the priming height is not too high and