



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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO
PARA EL CONTROL DE NIVEL DE NITRILO Y TEMPERATURA
EN LAS TINAS DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
GUANTES EN LA PLANTA AGRILATEXA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

DANNY WALTER PILCO VALENTE

WILIAN GERÓNIMO SOLARTE ROSAS

Riobamba – Ecuador

2022



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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO
PARA EL CONTROL DE NIVEL DE NITRILO Y TEMPERATURA
EN LAS TINAS DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
GUANTES EN LA PLANTA AGRILATEXA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

DANNY WALTER PILCO VALENTE

WILIAN GERÓNIMO SOLARTE ROSAS

DIRECTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Danny Walter Pilco Valente, Wilian Gerónimo Solarte Rosas

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

Nosotros, DANNY WALTER PILCO VALENTE y WILIAN GERÓNIMO SOLARTE ROSAS, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

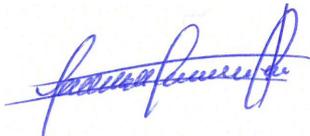
Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de agosto de 2022.



Danny Walter Pilco Valente

172377065-5



Wilian Gerónimo Solarte Rosas

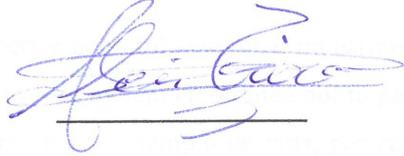
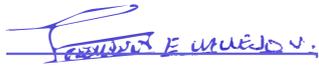
172477662-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto Técnico, **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE NIVEL DE NITRILO Y TEMPERATURA EN LAS TINAS DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GUANTES EN LA PLANTA AGRILATEXA"**, realizado por los señores **DANNY WALTER PILCO VALENTE** y **WILIAN GERÓNIMO SOLARTE ROSAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación , el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alexis Fabricio Tinoco Salazar, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-08-11
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán, Mg. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-11
Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo, Mg. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-08-11

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios por la vida y la salud que me ha dado para poder concluir esta etapa de mi formación profesional y a su vez a mis padres los cuales fueron de gran apoyo durante este proceso apoyándome e inspirándome a esforzarme para alcanzar cada objetivo y meta, a mis hermanos los cuales me brindaron su apoyo y fueron una guía a seguir, a mis amigos y compañeros con los cuales compartimos gran tiempo en esta etapa de formación, a mis profesores por su tiempo y dedicación en transmitir aquellos conocimientos que me ayudaron a formarme profesionalmente y como persona. A cada uno de ellos dedico este trabajo por el apoyo y por formar parte de mi vida.

Danny

La presente tesis está dedicada a Dios, por haberme permitido culminar mi carrera, a mi querida madre, sin ella no lo habría logrado, por eso doy este trabajo en ofrenda por tu paciencia, apoyo y amor madre mía, a mi querido padre por ser un gran ejemplo de vida, por sus consejos por confiar en mí, a mis hermanos que siempre estuvieron pendientes brindándome su apoyo incondicional en todo momento, a toda mi familia que es lo mejor y lo más valioso que Dios me ha dado, a mi querida novia Nicole que ha sido mi inspiración y motivación en la etapa final este proyecto, a todos ellos dedico este trabajo constituyen lo más importante en mi vida.

Wilian

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por guiarme y protegerme cada día, por la inteligencia y sabiduría que me dio para superar cada obstáculo que se me presento en el camino, por permitirme culminar esta etapa, a mis padres porque sin ellos nada de esto fuera posible que se esforzaron grandemente para poder darme la educación y me motivaron a seguir y vencer las dificultades, a mis hermanos y mi primo por el apoyo y consejos que me brindaron, a los Ingenieros por la enseñanza y conocimiento los cuales me ayudaron a formarme como un profesional, a mis compañeros con los cuales compartimos triunfos y fracasos y a todos aquellos que de alguna forma me brindaron su apoyo y fueron parte de esto, sinceramente gracias.

Danny

En primer lugar agradezco a Dios por guiar mi camino y ayudarme a cumplir este sueño, a mis docentes queridos que fueron el pilar fundamental de mi formación profesional les debo mis conocimientos, en especial a mi tutor por su incondicional ayuda, paciencia y dedicación, a mi querida Politécnica por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llegar hasta aquí, a mis compañeros y amigos de toda la vida que aportaron con un granito de arena y me acompañaron desde siempre, por ultimo pero no menos importante a mi familia en especial a mi madre que es el motor de mi vida que impulsa mis sueños y anhelos a ella dedico este triunfo, a mi padre por sus sabios consejos y por enseñarme a vivir la vida, a mis hermanos que siempre estuvieron motivándome y apoyándome en este proceso, de corazón muchas gracias.

Wilian

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Sistematización del problema.....	3
1.4. Justificación teórica.....	4
1.5. Justificación aplicativa.....	4
1.6. Delimitación.....	5
1.6.1. <i>Espacio</i>	5
1.6.2. <i>Tiempo</i>	5
1.6.3. <i>Alcance</i>	6
1.7. Objetivos.....	6
1.7.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.7.2. <i>Objetivos específicos</i>	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Automatización industrial.....	7
2.1.1. <i>Objetivos de la automatización industrial</i>	7
2.1.2. <i>Niveles de automatización</i>	8
2.1.3. <i>Partes de un sistema automatizado</i>	8
2.1.3.1. <i>Parte operativa</i>	8
2.1.3.2. <i>Parte de control</i>	8
2.2. Automatismo.....	9
2.2.1. <i>Tipos de Automatismos</i>	9
2.2.1.1. <i>Cableado</i>	9

2.2.1.2.	<i>Programados</i>	10
2.3.	Internet de las cosas (IoT)	10
2.4.	Guantes	10
2.4.1.	<i>Tipos de guantes</i>	11
2.4.2.	<i>Proceso de producción de Guantes a través de inmersión</i>	11
2.4.2.1.	<i>Preparación de la Forma</i>	12
2.4.2.2.	<i>Coagulación</i>	12
2.4.2.3.	<i>Inmersión de las hormas en látex o Vulcanización</i>	12
2.4.2.4.	<i>Etapa de secado de las hormas del guante</i>	14
2.4.3.	El caucho Nitrilo	14
	Características del Nitrilo	14
2.4.3.1.	<i>Tipos de Caucho Nitrilo</i>	15
2.4.3.2.	<i>Proceso de producción de Caucho Nitrilo (NBR)</i>	16
2.5.	Los Sensores	17
2.5.1.	<i>Tipos de sensores</i>	17
2.5.1.1.	<i>Sensores de temperatura Termopar</i>	17
2.5.1.2.	<i>Sensores ultrasónicos de nivel</i>	18
2.5.1.3.	<i>Criterios para la selección de sensores</i>	19
2.5.2.	Interfaz Humano Máquina – HMI	19
2.5.2.1.	<i>Tipos de HMI</i>	20
2.5.2.2.	<i>Diferencia entre HMI y SCADA</i>	21
2.6.	Sistema SCADA	21
2.6.1.	<i>Características de un SCADA</i>	22
2.7.	Actuadores	23
2.7.1.	<i>Guardamotor</i>	24
2.7.2.	<i>Contactor</i>	25
2.7.3.	<i>Bomba hidráulica</i>	25
2.7.4.	<i>Las Válvulas</i>	26
2.7.4.1.	<i>Válvulas aislamiento</i>	26
2.7.4.2.	<i>Válvulas de regulación</i>	27
2.7.4.3.	<i>Válvulas de Seguridad</i>	28
2.8.	Norma Instalaciones electromecánicas NEC de forma generalizada	29
2.8.1.1.	<i>Especificaciones en construcción</i>	29
2.8.1.2.	<i>Material Eléctrico</i>	31
2.9.	Protocolos de comunicación	32
2.9.1.	<i>Protocolos de comunicación Industrial</i>	32

2.9.1.1.	<i>Características</i>	32
2.9.2.	<i>Protocolos de comunicación IoT</i>	33
2.9.2.1.	<i>Protocolo MQTT</i>	34
2.10.	Sistema de Control	35
2.10.1.	<i>Componentes básicos del sistema de control</i>	35
2.10.2.	<i>Importancia de los componentes del sistema de control</i>	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	38
3.1.	Proceso de producción de los guantes de Nitrilo	38
3.2.	Requerimientos del Sistema Automatizado	40
3.3.	Identificación y selección de hardware necesario para el Sistema Automatizado	41
3.3.1.	<i>Tarjeta de Control Arduino Nano</i>	43
3.3.2.	<i>Modulo wifi Esp32</i>	43
3.3.3.	<i>Sensor de nivel</i>	44
3.3.4.	<i>Sensor de temperatura sumergible DS18B20</i>	45
3.3.5.	<i>Electroválvula solenoide</i>	46
3.3.6.	<i>Módulo de relé SHR0001.</i>	46
3.3.7.	<i>Contactador de Potencia 3RT20241AN20 Siemens</i>	47
3.3.8.	<i>Guardamotor 3RV2011-1FA10</i>	48
3.3.9.	<i>Bomba Hidráulica</i>	48
3.3.10.	<i>Pantalla Nextion NX8048P070-011C</i>	49
3.4.	Requerimientos de Software del Sistema Automatizado	50
3.4.1.	<i>Interfaz del HMI del Sistema Automatizado</i>	51
3.4.2.	<i>Programación de la interfaz Web del Sistema Automatizado</i>	53
3.5.	Montaje del tablero del Sistema Automatizado	56

CAPITULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	57
4.1.	Evaluación del Sistema Automatizado	57
4.1.1.	<i>Medición y comparacion de lecturas de los Sensores de Temperatura DS18B20</i>	57
4.1.2.	<i>Medición y comparación de lectura de los Sensores de Nivel JSN-SRO4T</i>	59
4.1.3.	<i>Comparación del Sistema Automatizado actual con el Sistema Manual anterior</i>	60
4.2.	Pruebas de comunicación entre el Sistema Automatizado y la página web	63
4.3.	Pruebas de longitud del guante	63

4.4.	Pruebas de gramaje de los guantes de Nitrilo.....	64
4.5.	Consumo Eléctrico del Sistema Automatizado.....	65
4.6.	Análisis Económico de la implementación del Sistema Automatizado	66
	CONCLUSIONES.....	68
	RECOMENDACIONES.....	69
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características principales de algunos protocolos IoT.	34
Tabla 1-4:	Mediciones de temperatura del nitrilo.....	58
Tabla 2-4:	Mediciones de distancia entre flexómetro y Sistema Automatizado.....	60
Tabla 3-4:	Mediciones de datos con el Sistema Manual anterior.	61
Tabla 4-4:	Mediciones de datos con el Sistema Automatizado actual.....	61
Tabla 5-4:	Datos comparativos del Sistema Manual anterior y Sistema Automatizado actual.	62
Tabla 6-4:	Equivalencias de las tallas de los guantes producidos.....	64
Tabla 7-4:	Peso del guante de Nitrilo según la talla.	65
Tabla 8-4:	Consumo eléctrico del sistema de control.	66
Tabla 9-4:	Consumo eléctrico de los actuadores.	66
Tabla 10-4:	Consumo Total de Sistema del Automatizado.	66
Tabla 11-4:	Listado de elementos para la implementación del sistema automatizado.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Estructura de un sistema automatizado.	9
Figura 2-2:	Guantes de nitrilo.	11
Figura 3-2:	Inmersión de las hormas.....	13
Figura 4-2:	Esquema del proceso de producción de NBR.	17
Figura 5-2:	Sensor termopar.....	18
Figura 6-2:	Sensor ultrasónico de nivel.....	18
Figura 7-2:	Interfaz humano-máquina (HMI).	20
Figura 8-2:	Sistema SCADA planta de gas.	22
Figura 9-2:	Guardamotor Siemens.	24
Figura 10-2:	Contactador Schneider.	25
Figura 11-2:	Bomba hidráulica	26
Figura 12-2:	Válvulas de aislamiento.....	27
Figura 13-2:	Válvulas de regulación con volante.....	28
Figura 14-2:	Válvula de seguridad.	28
Figura 15-2:	Modelo de publicación y suscripción protocolo MQTT.	35
Figura 16-2:	Control de nivel de un tanque.....	36
Figura 1-3:	Diagrama de bloques de proceso para la fabricación de guantes de nitrilo en la planta Agrilatexa S.A.	39
Figura 2-3:	Diseño eléctrico general del sistema automatizado.	42
Figura 3-3:	Diseño del circuito electrónico.	42
Figura 4-3:	Arduino Nano.	43
Figura 5-3:	Arduino Nano.	44
Figura 6-3:	Módulo sensor JSN-SR04T.....	44
Figura 7-3:	Sensor de temperatura sumergible DS18B20.....	45
Figura 8-3:	Electroválvula solenoide 12VDC.....	46
Figura 9-3:	Módulo de relé SHR0001.....	47
Figura 10-3:	Contactador de potencia 3RT20241AN20 de Siemens.....	47
Figura 11-3:	Guardamotor 3RV2011-1FA10.....	48
Figura 12-3:	Bomba hidráulica 1HP	49
Figura 13-3:	Pantalla Nextion NX8048P070-011C.	49
Figura 14-3:	Programación de conexión del módulo wifi ESP32 con Arduino.....	50
Figura 15-3:	Programación de lectura de sensores en Arduino.....	51
Figura 16-3:	Pantalla principal software NEXTION Editor.	52

Figura 17-3:	Pantalla principal de programación del Sistema Automatizado de nivel y de temperatura del nitrilo.	52
Figura 18-3:	Programación de la conexión web con el controlador mediante protocolo MQTT.	53
Figura 19-3:	Programación del MVC modo vista programador en Sublime Text.	54
Figura 20-3:	Página inicial de acceso al Sistema Automatizado.	55
Figura 21-3:	Pantalla Usuarios Administradores del Sistema Automatizado.	55
Figura 22-3:	Pantalla Usuarios operadores de línea del sistema Automatizado.	56
Figura 23-3:	Tablero de control del Sistema Automatizado.	56
Figura 1-4:	Prueba de obtención de valores de Temperatura.	57
Figura 2-4:	Comparativa entre la medida del flexómetro con el Sistema Automatizado de los sensores JSN-SRO4T.	59
Figura 3-4:	Historial de registro de valores de temperatura y nivel extraído de la página web.	63
Figura 4-4:	Medición de Longitud del guante producido.	64
Figura 5-4:	Pesaje del guante de Nitrilo.	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de bloques funcionamiento del Sistema Automatizado.	41
Gráfico 1-4:	Gráfico comparación de valores de Temperatura entre termómetro infrarrojo y el Sistema Automatizado.	58
Gráfico 2-4:	Gráfico comparativo de valores de distancia entre el sensor JSN-SRO4T y el flexómetro.....	60
Gráfico 3-4:	Gráfico comparativo de los valores de error entre el Sistema Manual anterior y el Sistema Automatizado actual.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DATOS TÉCNICOS DEL ARDUINO NANO
- ANEXO B:** DATOS TÉCNICOS DEL MODULO WIFI ESP32
- ANEXO C:** DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE NIVEL
- ANEXO D:** DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA DS18B220
- ANEXO E:** DATOS TÉCNICOS ELECTROVALVULA SELENOIDE $\frac{3}{4}$
- ANEXO F:** DATOS TÉCNICOS DEL CONTACTOR DE POTENCIA 3RT2
- ANEXO G:** DATOS TÉCNICOS DEL GUARDAMOTOR 3RV2011-1FA10
- ANEXO H:** DATOS TÉCNICOS DE LA BOMBA 1HP
- ANEXO I:** DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA TOUCH NEXTION 7 PULGADAS
- ANEXO J:** PROGRAMACION ARDUINO NANO
- ANEXO K:** ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TERMOMETRO GM320

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado para el control de nivel de nitrilo y temperatura en las tinas dentro del proceso de producción de guantes en la planta Agrilatexa. Se realizó el diseño general del sistema automatizado, el cual estuvo conformado por dos sensores de nivel ultrasónicos, dos sensores de temperatura digitales, una pantalla para la interfaz humano – máquina (HMI), una tarjeta de control Arduino nano, un módulo wifi Esp32 y el servidor en la nube con la interfaz de supervisión y control. Se hicieron los esquemas de conexión electrónica de los elementos mencionados y se determinaron las herramientas de software necesarias para la programación, configuración, comunicación y funcionamiento del sistema automatizado. En los resultados de las pruebas realizadas se pudo evidenciar el correcto funcionamiento del sistema automatizado y la eficaz conectividad entre el HMI, sitio web y aplicación móvil, por medio del protocolo MQTT; de igual manera se corroboró que el sistema automatizado implementado logró controlar y monitorear el nivel y temperatura en las tinas de nitrilo aumentando o disminuyendo el tamaño y peso del guante independientemente de la talla. Con lo expuesto se concluyó que variando los parámetros de nivel y temperatura se consiguió modificar las características del guante en tamaño y peso, como lo solicitó el Departamento de Producción de la planta de guantes de nitrilo Agrilatexa.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <SISTEMA AUTOMATIZADO>, <CONTROL DE TEMPERATURA>, <CONTROL DE NIVEL>, <NITRILO>, <PROTOCOLO MQTT>, <INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA (HMI)>.



1718-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

The objective of this work was to design and implement an automated system for the control of nitrile level and temperature in the tubs within the glove production process at the Agrilatexa plant. The general design of the automated system was carried out, which consisted of two ultrasonic level sensors, two digital temperature sensors, a screen for the human-machine interface (HMI), an Arduino nano control card, an Esp32 wifi module and the cloud server with the monitoring and control interface. The electronic connection diagrams of the mentioned elements were made and the software tools necessary for the programming, configuration, communication, and operation of the automated system were determined. In the results of the tests carried out, it was possible to demonstrate the correct operation of the automated system and the effective connectivity between the HMI, website and mobile application, through the MQTT protocol; In the same way, it was confirmed that the implemented automated system was able to control and monitor the level and temperature in the nitrile tubs, increasing or decreasing the size and weight of the glove regardless of size. With the above, it was concluded that by varying the level and temperature parameters, it was possible to modify the characteristics of the glove in size and weight, as requested by the Production Department of the Agrilatexa nitrile glove plant.

Keywords: <ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY>, <AUTOMATED SYSTEM>, <TEMPERATURE CONTROL>, <LEVEL CONTROL> <NITRILE>, <MQTT PROTOCOL>, <HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)>.



Firmada electrónicamente por:
**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

Lic. Nelly Padilla P. Mgs.

0603818717

DOCENTE FIE

INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos industriales constituye uno de los objetivos más importantes de las empresas en la siempre incesante tarea de la búsqueda de la competitividad en un entorno cambiante y agresivo. La automatización de un proceso industrial consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen comportamiento. Dicho automatismo, en general ha de ser capaz de reaccionar frente a las situaciones previstas de antemano (MORENO & VILLANUEVA, 1999, pp. 1-2).

La automatización se considera una forma eficiente de lograr sistemas de producción rentables en diversas industrias. En un contexto de producción, generalmente se extiende a las actividades y funciones laborales que los trabajadores no pueden realizar con tanta precisión y confiabilidad como las máquinas automatizadas (Parasuraman, 2000, p. 931). La misma puede ayudar a lograr una mejor calidad del producto, un mejor manejo de una amplia gama de productos, una mayor seguridad del proceso y una utilización más eficiente de los recursos (JÄMSA-JOUNELA, 2007, p. 211).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Este capítulo recoge los antecedentes del problema de automatización que va a resolverse. Cabe destacar que el proceso de fabricación de guantes de Nitrilo en la planta AGRILATEXA se realiza de forma semiautomática en la actualidad. No posee sensores físicos que midan la temperatura y el nivel para la producción de guantes. Se delimita en espacio, tiempo y alcance de la ejecución de la automatización.

1.1. Antecedentes

La seguridad industrial como la salud ocupacional ha cobrado importancia en los últimos años, que ha llegado a ser una obligación la implementación de políticas, procedimientos y normas para que se garantice un ambiente seguro a los trabajadores.

En el Ecuador, las normas para la seguridad del trabajador se encuentran reguladas en la Constitución, la Organización Internacional del Trabajo, el Código del Trabajo, la Ley de Seguridad Social, etc. Las mismas que se constituyen como políticas del uso de Equipos de Protección Personal (EPP), un elemento importante son los guantes, que sirven para proteger las manos de alguna contusión o de algún químico que se esté manipulando y sea nocivo para el operador.

El nitrilo también conocido como *cianuros*, es un compuesto químico que da paso a un caucho sintético similar al látex, pero no contienen sus alérgenos al estar hechos de látex sintético. Se considera un material muy resistente, y por eso, los guantes hechos con este material son utilizados en profesiones donde el riesgo de contaminaciones químicas o punciones son habituales. Este tipo de guantes de nitrilo cumple los requisitos para la comprobación de seguridad microbiológica y de bajo riesgo químico (EN374-2 y EN374-3) (DISTRIBUCIONES, 2021).

Los guantes de nitrilo se utilizan frecuentemente para la industria de la alimentación, industria electrónica o de limpieza ya que el NBR no contiene látex, poseyendo una resistencia 3 veces mayor al látex. En el pasado la automatización de procesos estaba limitada por los altos costo y poca tecnología que existía, por ende, eran pocas las industrias que tenían acceso a los dispositivos que permiten la automatización de procesos. Sin embargo, actualmente, la masificación de la producción de equipos y elementos para la automatización industrial posibilita, por costos, a la

pequeña y mediana industria acceder a tecnología que agilice y mejore sus procesos de producción (GOMEZ NEIRA, 2020).

En América Latina, la automatización de procesos industriales se ha vuelto relevante debido a la necesidad de mejorar los procesos de producción y calidad para que ciertas industrias tengan la oportunidad de competir con los mercados nacionales y / o extranjeros. La producción de prendas de seguridad, específicamente de guantes de nitrilo no existe sistemas completamente automatizados, si bien una parte de su proceso lo realizan de forma automática otras partes son realizadas de forma manual, como podemos hacer referencia a la empresa PROANTEX ubicada en Colombia en la cual solo se realiza la automatización de la línea de inmersión en coagulante y látex (GOMEZ NEIRA, 2020).

En el Ecuador, la producción de prendas de seguridad como: guantes de cuero y guantes de látex no son elaboradas mediante sistemas automatizados y son realizados de forma manual por ende su producción es muy limitada, una de las empresas dedicadas a esta actividad es la empresa Agrilatexa ubicada en Santo Domingo con la marca de guantes domésticos Superior, otra empresa que produce guantes revestidos de látex corrugado para uso industrial es la empresa Indecauchos ubicada en Quito con la marca de guantes Master (Hernandez, 2012).

1.2. Formulación del problema

¿Es posible diseñar un sistema automatizado para el control de nivel de nitrilo y temperatura en las tinas dentro del proceso de producción de guantes de nitrilo en la planta AGRILATEXA?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los fundamentos básicos de la fabricación de los guantes de nitrilo y la normativa NEC 15.1.6 necesaria para la implementación del sistema de control automatizado?
- ¿Cuáles son los requerimientos de hardware y software necesarios para la implementación del sistema de control automatizado?
- ¿Qué diseño electrónico permitirá cumplir con el monitoreo del nivel de nitrilo y temperatura en las tinas?
- ¿Cómo evaluar el funcionamiento del sistema de control automatizado mediante los datos obtenidos de nivel de nitrilo y temperatura en las tinas?

1.4. Justificación teórica

Los procesos digitales suponen una gran ventaja para las empresas, ya que les permiten realizar su trabajo de una forma más ágil y eficiente, sin mencionar el importante ahorro de costos y tiempo que éstos suponen. La era digital promete grandes cosas, un mundo en el que personas, procesos y tecnología se combinan para realizar todo el trabajo sin esfuerzo (TICbeat 2016).

AGRILATEXA es una empresa dedicada a la producción de guantes de látex, mascarillas de calidad KN95. Se encuentra ubicada en la vía Santo Domingo - Quevedo km 16.

Hace poco tiempo se empezó la ampliación de la planta de producción para guantes de nitrilo y mascarillas quirúrgicas y KN95 las que fueron añadidas a su catálogo de productos, preservando siempre los altos estándares de calidad demandados por los consumidores nacionales e internacionales.

Actualmente surge la necesidad de implementar la automatización del proceso dentro de la línea de producción para los guantes de nitrilo en el control del llenado constante de las tinas de nitrilo y el control de temperatura para mantener los estándares en el producto final.

Por esta razón se propone a la empresa AGRILATEXA automatizar el proceso de llenado de las tinas de nitrilo y control de temperatura para la producción de guantes de nitrilo en sus diferentes tamaños: pequeño, mediano y grande.

1.5. Justificación aplicativa

El sistema automatizado realizará el monitoreo y control de nivel y temperatura del nitrilo en las tinas para el proceso de producción de guantes de nitrilo.

Con dos sensores infrarrojos de temperatura se controlará la temperatura del nitrilo, evitando se eleve el nivel de viscosidad del nitrilo, mediante una bomba hidráulica se conseguirá recircular agua fría por el doble fondo de las tinas.

Mediante un sensor de nivel ultrasónico se controlará el nivel del nitrilo para que los guantes tengan la misma consistencia teniendo un producto de calidad.

El monitoreo del nivel y temperatura de la tina de nitrilo se realizará mediante una HMI de forma local y de forma remota a través de un sitio web y en un dispositivo móvil mediante de una aplicación.

El presente trabajo escrito consta de cuatro capítulos. En el capítulo I, denominado diagnóstico del problema, se explican los antecedentes que dieron paso al problema del nivel de nitrilo en los cuatro tanques de la planta por donde pasan los moldes con la forma de guantes que previamente han venido con una capa de solvente, y al control de temperatura que se necesita tener en las tinas de nitrilo. Se detallan tanto la justificación aplicativa de la propuesta como la delimitación del trabajo a ejecutar. El capítulo finaliza con la definición de los objetivos a cumplir.

El capítulo II describe con detalle todos los elementos utilizados para la automatización, las características y funciones que cumplen, además se realiza un análisis del estado actual de la empresa tomando como punto de partida la adquisición de los elementos que son necesarios para la implementación.

El capítulo III explica el proceso para la correcta implementación del proyecto. Se identifica los requerimientos del sistema, proceso a mejorar, el dimensionamiento de elementos y equipos, programación del controlador y su respectivo HMI para luego finalizar con la implementación del proceso automatizado.

El capítulo IV, denominado análisis de resultados detalla el cumplimiento de los objetivos planteados previamente. Se visualizan datos obtenidos luego de la implementación del proceso automatizado de la planta de AGRILATEXA.S.A.

1.6. Delimitación

1.6.1. Espacio

El presente proyecto se ejecuta en la empresa fabricante de guantes de látex AGRILATEX S.A. la misma que se encuentra ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en el Km 16 vía Santo Domingo – Quevedo, Ecuador.

1.6.2. Tiempo

El proyecto se empezó a ejecutar entre el mes de septiembre del año 2021 y el primer trimestre del año 2022 dentro de la empresa Agrilatexa S.A. Se considera que la empresa sigue produciendo dentro de todo este tiempo y la intervención para implementar el nuevo proceso automatizado debe de ser progresiva. Posteriormente se verificará su correcto funcionamiento a través de la ejecución de pruebas, monitoreo y la comparación del producto final.

1.6.3. Alcance

El presente proyecto se implementa en la planta de AGRILATEXA la misma que se encuentra ubicada Vía Santo Domingo - Quevedo km 16, con el fin de optimizar su producción de guantes de nitrilo y obtener una mayor calidad de producto se precisa automatizar el proceso de llenado de tinas de nitrilo y también su respectivo control de temperatura para así obtener la mejor calidad en el producto final, mediante la automatización de ese segmento en su planta principal.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema automatizado para el control de nivel de nitrilo y temperatura en las tinas dentro del proceso de producción de guantes en la planta AGRILATEXA.

1.7.2. Objetivos específicos

- Investigar los fundamentos básicos de la fabricación de los guantes de nitrilo y la normativa NEC 15.1.6 necesaria para la implementación del sistema de control automatizado.
- Determinar los requerimientos de hardware y software necesarios para la implementación del sistema de control automatizado.
- Realizar el diseño electrónico que permita cumplir con el monitoreo del nivel de nitrilo y temperatura en las tinas.
- Evaluar el funcionamiento del sistema de control automatizado mediante los datos obtenidos del nivel de nitrilo y temperatura en las tinas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se hace una revisión bibliográfica de los aspectos tomados en cuenta para llevar a cabo el trabajo de investigación. Se analiza conceptos generales en el control de calidad del guante de nitrilo y las normas que intervienen en el proceso, además también hace énfasis al procesamiento digital de imágenes, donde se describen cada una de sus etapas y técnicas de procesamiento, finalmente se determina el hardware y software necesarios para implementar el sistema automatizado.

2.1. Automatización industrial

La Automatización es la aplicación de la automática al control de procesos industriales, entendiéndose por automática al conjunto de métodos y procedimientos cuyo fin es sustituir al operario en la realización de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas que han sido previamente programadas. Se aplica la automatización tanto a las tareas más sencillas, tales como: la regulación de la temperatura de un horno o el mando secuencial de una máquina herramienta, como a las más complejas, la dirección mediante ordenador de una unidad química o la gestión automatizada de un establecimiento bancario. (García Moreno, 2019)

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano (Almazán, 2008).

2.1.1. *Objetivos de la automatización industrial*

Los objetivos esenciales de la automatización en los procesos productivos son:

- Integrar la gestión y producción (Almazán, 2008).
- Mejorar y mantener un nivel de calidad uniforme.
- Mejorar la productividad y la reducción de costos.
- Producir cantidades necesarias de un producto en un tiempo determinado.
- Disminuir la intervención humana en la realización de labores repetitivas o peligrosas (Sanchis et al., 2010).
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo (Sanchis et al., 2010).

2.1.2. Niveles de automatización

Con el fin de mantener la competitividad en el proceso productivo se ha dado diferentes niveles de automatización tales con son:

- **Nivel Máquina:** En este nivel se asume la automatización de una máquina que realiza una tarea determinada simple.
- **Nivel Célula:** En este nivel se considera el control automatizado de un conjunto de máquinas que trabajan conjunta y coordinadamente para la realización de un proceso de producción más complejo.
- **Nivel Planta:** En este nivel se considera el control automatizado de toda la planta de producción que trabaja de forma coordinada para cumplir unos objetivos de producción global de la fábrica (Sanchis et al., 2010).

2.1.3. Partes de un sistema automatizado

Los sistemas automatizados pueden clasificarse en dos partes las cuales se detallan a continuación.

2.1.3.1. Parte operativa

La Parte Operativa está diseñada para la ejecución de determinadas labores de fabricación, como puede ser operaciones de mecanizado, destilación o bien subprocesos, el cual esta conformados por un conjunto de dispositivos como sensores, motores, cilindros, válvulas, compresores cuyo fin es realizar la operación deseada (García Moreno, 2017, p. 10).

2.1.3.2. Parte de control

Es el dispositivo encargado de realizar la coordinación de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la Parte Operativa bajo control (García Moreno, 2017, p. 11).

2.2. Automatismo

Automatismo en esencia es una máquina o proceso automatizado, capaz de actuar de forma automática frente a los cambios que se producen en el mismo, realizando acciones necesarias para cumplir con la función para la que he sido diseñado (Sanchis et al., 2010, p. 6). La figura 1-1 muestra la estructura de un sistema automatizado. En la figura 1-2 se muestra la estructura de un Sistema Automatizado.

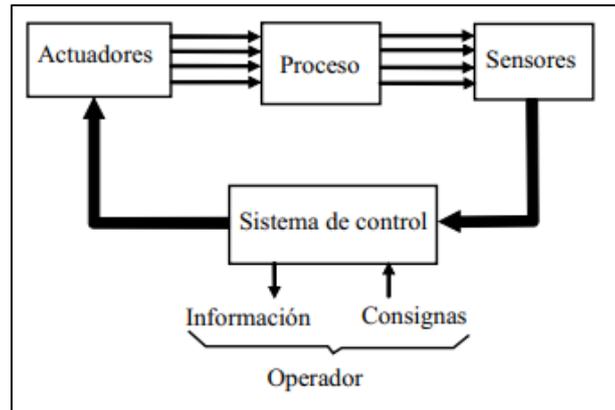


Figura 1-2: Estructura de un sistema automatizado

Fuente: (Sanchis et al., 2010)

2.2.1. Tipos de Automatismos

A continuación, se te detalla los automatismos cableados y programados, así como las tecnologías y sus formas de implementación.

2.2.1.1. Cableado

Se implementan por medio de uniones físicas entre los elementos que forman el sistema de control (por ejemplo, contactores y relés unidos entre sí por cables eléctricos). La estructura de conexionado entre los distintos elementos da lugar a la función lógica que determina las señales de salida en función de las señales de entrada (Sanchis et al., 2010, p. 7). Se pueden distinguir tres tecnologías diferentes:

- Fluidica (neumática o hidráulica).
- Eléctrica (relés o contactores).
- Electrónica estática (puertas lógicas y biestables).

Los automatismos cableados solo tienen utilidad para resolver problemas muy sencillos (Sanchis et al., 2010).

2.2.1.2. Programados

Se implementan por medio de un programa que se ejecuta en un microprocesador. Las instrucciones de este programa determinan la función lógica que relaciona las entradas y las salidas. Se pueden distinguir 3 formas de implementación:

- Autómata Programable.
- Ordenador.
- Microcontrolador.
- La tecnología programada es superior a la tecnología cableada, salvo en automatismos que sean extremadamente simple (Sanchis et al., 2010, p. 8).

2.3. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT) es el proceso que permite conectar elementos físicos cotidianos al Internet: desde objetos domésticos comunes, como las bombillas de luz, hasta recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos; también abarca prendas y accesorios personales inteligentes e incluso los sistemas de las ciudades inteligentes (Hat, 2019)

El término IoT hace referencia a todos los sistemas de dispositivos físicos que reciben y transfieren datos a través de redes inalámbricas con intervención humana mínima, lo cual es posible gracias a la integración de dispositivos informáticos en todo tipo de objetos. Por ejemplo, un termostato inteligente (es decir, que utiliza el IoT) recibe datos de la ubicación de su automóvil inteligente mientras conduce para ajustar la temperatura de su casa antes de que llegue. Todo esto se logra sin su intervención e incluso ofrece un mejor resultado que si lo hiciera de forma manual (Hat, 2019).

2.4. Guantes

Los guantes se consideran prendas las cuales nos ayudan a cubrir las manos. Por lo general, constan de una funda para cada uno de los dedos, es decir que cada guante posee cinco fundas. Sus características y tipos varían de acuerdo con su finalidad, en la actualidad se utilizan con mucha más frecuencia que antes ya sea con un fin de salud pública o con cumplir una determinada función dentro de una actividad de contacto, como se muestra en la Figura 2-2.



Figura 2-2: Guantes de nitrilo.

Fuente: <https://www.fishersci.es/shop/products/semperguard-xtension-long-nitrile-gloves-3/p-7139097>

2.4.1. Tipos de guantes

Los guantes se clasifican en cuatro grupos:

- **Guantes de cuero, lona o malla metálica:** Proporcionan protección contra cortes y quemaduras. Los hay también de tejido aluminizado para calor intenso y de fibra de aramida para calor y frío.
- **Guantes de tela:** Son de algodón u otras telas y proporcionan diferentes grados de protección contra la suciedad, astillas, roces y abrasiones. No ofrecen protección suficiente para el uso de materiales en bruto, agudos o pesados.
- **Guantes de tela revestido:** Se hacen normalmente de franela de algodón revestida la parte no tejida con un plástico o resina especial. Se utilizan para protección antideslizante y en ciertas ocasiones contra peligros de cortes, abrasiones y exposición a químicos.
- **Guantes resistentes a sustancias químicas:** Se hacen con diferentes tipos de caucho: natural, butilo, neopreno, nitrilo y fluorocarbono (Vitón), cloruro de polivinilo (PVC), etc. Se utilizan para protección de sustancias químicas en general (Hernandez, 2012)

2.4.2. Proceso de producción de Guantes a través de inmersión

Según (Cahueque, 2012) el proceso consiste en la inmersión de las hormas con las formas de los guantes en los distintos tanques, esto con el fin de formar una película de látex encima de la horma, para posteriormente remover el guante de la horma.

2.4.2.1. Preparación de la Horma

El primer paso consiste en tener las hormas en óptimas condiciones, para luego depositar una película uniforme, sin defectos, de coagulante encima de la misma.

- a. La primera etapa consiste en la inmersión de la horma una solución de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), tiene como objetivo remover metales pesados, así como compuestos que conforman el agua dura.
- b. La segunda etapa consiste en la inmersión en agua a 70 °C, como objetivo limpiar la horma de la solución de EDTA.
- c. La tercera etapa consiste en una inmersión de la horma en una solución de alquilofenol etoxilado a 60 °C, tiene como objetivo humectar la horma.

El tiempo de residencia para cada uno de los tanques es aproximadamente un minuto y medio (Cahueque, 2012).

2.4.2.2. Coagulación

En la etapa de coagulación, se debe sumergir la horma en una solución de coagulante, con el fin de dejar una película de esta sobre la horma. La inmersión se debe hacer en un coagulante que posea una concentración entre 20% y 40% a una temperatura de 50°C, el tiempo de residencia de la horma en esta solución es de aproximadamente 20 segundos (Cahueque, 2012).

Según (Cahueque, 2012), a causa de que el látex es una emulsión coloidal, se comporta como un líquido por lo cual es esencial que se modifique para obtener una forma mucho más sólida de la materia prima mediante la coagulación. Al agregar un coagulante, el equilibrio iónico se altera, por lo que las moléculas de hule se unen o aglomeran, permitiendo así que el látex se coagule, este es un proceso de tipo no reversible.

2.4.2.3. Inmersión de las hormas en látex o Vulcanización

Se realiza una inmersión de la horma en látex, el cual contiene una mezcla de aditivos químicos para que se lleve a cabo el proceso de vulcanización del látex; la formación de la película sobre la horma es posible debido a la acción del coagulante sobre el látex. La inmersión de la horma en el tanque de látex se debe llevar a cabo con un tiempo de residencia entre 20 y 40 segundos y la temperatura de este puede estar en un rango entre 30°C y 35°C (Cahuaque 2012).

En la figura 3-2 se observa la inmersión de las hormas en látex.



Figura 3-2: Inmersión de las hormas

Fuente: <https://ppedad.files.wordpress.com/2021/07/ppedad-blue-nitrile-glove-production-line.jpg?w=560>

Según Cahuaque (Cahuaque 2012), El proceso de vulcanización provoca un cambio de las propiedades de las moléculas de caucho, aumentando considerablemente la dureza de este, esto se lleva a cabo por la acción del azufre y otros aditivos químicos.

Cabe mencionar que en el proceso de vulcanizado el caucho aumenta su dureza y mejoran sus propiedades mecánicas. Algunos ejemplos de materiales vulcanizados comunes son las llantas de automóviles, suelas de zapatos, gorros de natación, preservativos, globos, componentes elásticos de los carros, guantes y piezas bucales para instrumentos de viento (Cahuaque 2012).

Los métodos de vulcanizado según el tipo de caucho que se esté vulcanizando son 4 de los cuales se diferencian por el aditivo químico que se utiliza para vulcanizar, ya que estos aditivos deben ser compatibles con las moléculas de caucho(Cahuaque 2012).

Los métodos para vulcanizar son:

- Sistemas de azufre.
- Peróxidos.
- Uretano.
- Óxidos metálicos(Cahuaque, 2012).

2.4.2.4. Etapa de secado de las hormas del guante

Según (Cahuaque 2012) ,las hormas de guantes con la película de látex se hacen pasar a través de un horno. El cual tiene como función, secado de la película y vulcanizado de las partículas de caucho.

La fase de secado busca liberar el agua atrapada en la película en el momento que la formulación de látex coagula y la fase de vulcanización es en la cual los agentes vulcanizantes y acelerantes actúan químicamente con el látex para darle las propiedades deseadas al caucho. La temperatura para el secado debe ser de 80°C y la de vulcanización debe ser de 120°C.

La transferencia de calor en el horno se realiza por convección y se puede operar con aceite térmico o con propano, el tiempo de residencia en el horno aproximado es de 1 hora con 15 minutos, pero para guantes de látex natural el tiempo se puede reducir a 1 hora, con 30 minutos de secado y 30 minutos de vulcanizado(Cahuaque 2012).

2.4.3. El caucho Nitrilo

En 1964 debido al aumento en casos de alergia al látex entre profesionales de salud y en la población general, se inició la fabricación de nuevos guantes hechos de un material distinto al látex: el nitrilo; El Nitrilo Butadieno es un copolímero no saturado compuesto de 2 elementos esenciales: Propanonitrilo(acrilonitrilo) y Monómeros de butadien (Ramos, 2009).

Características del Nitrilo

Los guantes de nitrilo poseen características como:

- Capacidad de recuperación (resiliencia) por lo que hace del Nitrilo un material útil para fabricación de guantes de laboratorio desechables, guantes industriales y de examen médico. El caucho nitrilo es más resistente que el caucho natural a los aceites y ácidos.
- Los guantes de nitrilo son tres veces más resistentes a los pinchazos (resistencia a la perforación) que los guantes de caucho natural.
- Más resistente a aceites, combustibles y otros productos químicos (más nitrilo dentro del polímero, mayor es la resistencia a los aceites, pero menor la flexibilidad del material).
- Las propiedades físicas y químicas del Nitrilo varían dependiendo de la composición de nitrilo del polímero.

- Una de las utilizaciones más destacada es el uso en la industria nuclear gracias a su alta resistencia a la temperatura: de -40°C hasta 120°C.
- El caucho nitrilo es resistente a los hidrocarburos alifáticos. Tanto el caucho nitrilo, como el caucho natural, pueden ser atacado por el ozono, hidrocarburos aromáticos, cetonas, ésteres y aldehídos (Ramos 2009).
- El guante de látex suele ser más apropiado para tareas que requieran de mucha destreza ya que es más adaptable, elástico y confortable, aunque en la actualidad los guantes de nitrilo se han mejorado tecnológicamente en este sentido permitiendo realizar también tareas de examen que requieran destreza cumpliendo bien su cometido.(Ramos 2009).
- Los guantes de nitrilo tienen un costo mayor a aquellos hechos con látex, siendo difícil la sustitución en lugares donde no se tienen recursos suficientes.
- El nitrilo es una goma sintética que no tiene ningún contenido de proteína del látex y es más seguro para personas alérgicas a la proteína de látex.
- Los guantes de nitrilo se consideran también el tipo más duradero de guantes desechables (Ramos 2009).

2.4.3.1. Tipos de Caucho Nitrilo

Caucho nitrilo carboxilado (XNBR): Este tipo de polímero contiene, además de la cadena acrilonitrilo-butadieno, un tercer monómero, que puede ser divinilbenceno o ácido metacrílico. Al vulcanizar el nitrilo carboxilado, no sólo se cura el polímero a través de la doble ligadura convencional (aportada por el butadieno) sino también los grupos carboxílicos mencionados, actuando entonces estos como una especie de “refuerzo” que confiere excelentes propiedades mecánicas al compuesto (Mariano, 2012).

Caucho nitrilo hidrogenado (HNBR): Es posible hidrogenar parcial o totalmente la cadena molecular del caucho nitrilo resultando polímeros altamente resistentes a la temperatura, a los aceites calientes y al ozono, debido a la reducción de la reactividad de la cadena polimérica. Los grados totalmente hidrogenados se curan con peróxidos y los parcialmente hidrogenados, con un nivel de insaturación de 3 a 5% pueden hacerlo con azufre (Mariano, 2012).

Caucho nitrilo entrecruzado: Son polímeros ramificados altamente entrecruzados por adición de un monómero disfuncional. Estos productos son habitualmente utilizados en piezas moldeadas para generar, con suficiente fuerza de moldeo o presión, la eliminación del aire atrapado. Otro uso es para el incremento de la estabilidad dimensional o retención de la forma en piezas extrudidas o calandradas. Esto genera una mayor eficiencia en la extrusión y vulcanización de

piezas intrincadas, como así también, provee una mejor liberación de los rodillos de la calandra (Mariano, 2012).

Caucho nitrilo con antioxidante: El caucho nitrilo está disponible con un antioxidante polimerizado en la cadena polimérica. Esto provee protección adicional al NBR durante prolongados tiempos de servicio en exposición de aire y fluidos. En compuestos con alto contenido de refuerzo de negro de humo, la reactividad química entre el polímero y el pigmento puede limitar la capacidad de resistencia al envejecimiento. La resistencia a la abrasión se ve mejorada comparada con el NBR convencional, especialmente a altas temperaturas. Estos también exhiben excelentes propiedades dinámicas (Mariano, 2012).

2.4.3.2. Proceso de producción de Caucho Nitrilo (NBR)

El NBR es producido por el sistema de polimerización en emulsión. Existen dos procesos de fabricación a nivel industrial de uso habitual de caucho nitrilo: el proceso de producción en caliente y el proceso de producción en frío (Mariano, 2012).

En el primero se añaden al reactor o tanque de polimerización un emulsionante (jabón), 2-propenonitrilo, varios monómeros de butadieno (incluido el 1,3-butadieno y el 1,2-butadieno), activadores generadores de radicales y un catalizador. El agua sirve como medio de reacción dentro del reactor. Los reactores se calientan a 30-40°C para facilitar la reacción de polimerización y promover la formación de ramificaciones en el polímero. Debido a que varios monómeros capaces de propagar la reacción están involucrados en la producción de caucho nitrilo, la composición de cada polímero puede variar (dependiendo de las concentraciones de cada monómero añadido al reactor de polimerización y a las condiciones dentro del mismo) (Mariano, 2012). En la figura 4-2 se muestra el esquema del proceso de producción de NBR.

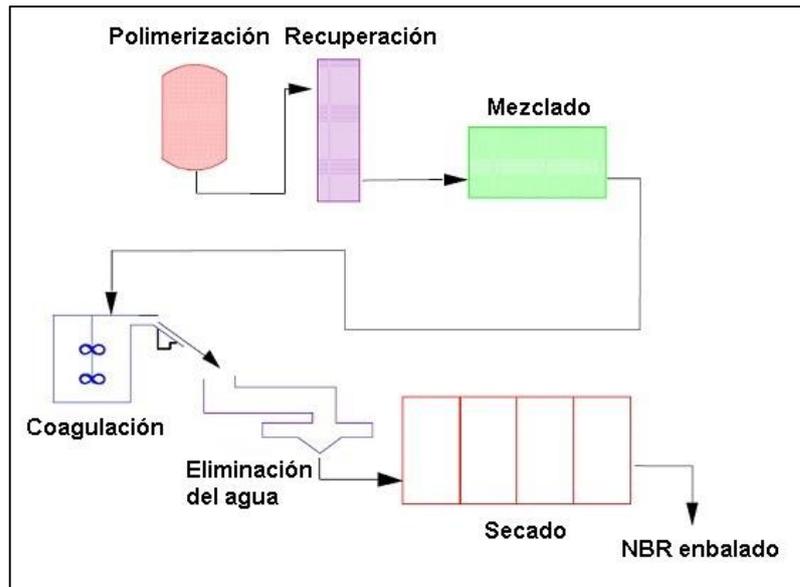


Figura 4-2: Esquema del proceso de producción de NBR.

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/01/el-caucho-nitrilo-tambien-conocido-como.html>

2.5. Los Sensores

Imitan la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello es cada vez más usual encontrarlos incorporados a cualquier área tecnológica. Debido a esta característica de imitar la percepción humana, podemos encontrar sensores relacionados con los de diferentes sentidos: vista, oído, tacto, es decir, que reaccionan a la luz, el sonido, el contacto, etc. De igual manera que nuestro cerebro reacciona a la información que recibe de nuestros sentidos, los dispositivos que incorporan sensores reaccionarán a la información que reciben de ellos. Los sensores son por tanto dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el entorno, de forma que nos proporcionan información de ciertas variables que nos rodean para poder procesarlas y así generar ordenes o activar procesos (Obregón, 2017, p. 34) .

2.5.1. Tipos de sensores

Existe una gran variedad de sensores en la actualidad como: sensores de temperatura, nivel, presión, de los cuales se describirá los esenciales en detalle a continuación.

2.5.1.1. Sensores de temperatura Termopar

Un termopar el cual se puede observar en la figura 5-2, es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de

temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia. En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener (Logicbus, 2020).



Figura 5-2: Sensor termopar.

Realizado por: <https://www.logicbus.com.mx/termopares.php>

2.5.1.2. Sensores ultrasónicos de nivel

La altura del nivel se calcula por el tiempo que tardan los impulsos ultrasónicos en viajar desde el sensor hasta la superficie del medio y volver. Las propiedades químicas y físicas del medio no influyen en el resultado de la medición. Por lo tanto, se pueden medir sin problemas, medios agresivos y abrasivos, viscosos y pegajosos (Pepperl+Fluchs, 2021).

Un modelo de sensor ultrasónico de nivel se puede apreciar en la figura 6-2.



Figura 6-2: Sensor ultrasónico de nivel.

Fuente: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_492.htm

Esta medición continua de nivel se basa en el tiempo transcurrido de viaje de los pulsos ultrasónicos hasta la superficie del medio y vuelta. Al instalar el sensor, se debe tener en cuenta la distancia típica de bloqueo. Las superficies líquidas agitadas y el cambio de ángulo durante el llenado y vaciado de sólidos granulados afectan a la reflexión de los pulsos ultrasónicos y por lo tanto puede afectar a los resultados de medición (Pepperl+Fluchs, 2021).

2.5.1.3. Criterios para la selección de sensores

Para seleccionar un sensor infrarrojo de temperatura se debe de considerar la aplicación a medir. Los aspectos cruciales para cualquier sensor infrarrojo son:

- Campo visual (tamaño del objetivo y distancia).
- Tipo de superficie que se está midiendo (consideraciones de emisividad).
- Respuesta espectral (para efectos atmosféricos o transición a través de superficies).
- Rango de temperatura y montaje (portátil de mano o montura fija) (Spectris, 2021).

También se consideran otros factores como:

- Tiempo de respuesta.
- Limitaciones de montaje.
- El entorno.
- Aplicaciones de puerto (ventana de visión).
- Procesamiento de señal deseado.

En el caso de la selección de los sensores ultrasónicos de nivel únicamente se consideran aspectos como la distancia a medir, tipo de superficie (agitadas o estables) y el tipo de respuesta que se desea obtener (Spectris, 2021).

2.5.2. Interfaz Humano Máquina – HMI

Un sistema HMI que se observa en la figura 7-2, es un monitor o panel visual capaz de ofrecer información en tiempo real sobre los distintos procesos que se ejecutan en una planta industrial. Estos dispositivos buscan la comunicación entre las máquinas industriales y los humanos que las operan (Edimar, 2020).



Figura 7-2: Interfaz humano-máquina (HMI).

Fuente: <https://blogspanol.se.com/industria/2020/10/14/interfaz-humano-maquina-hmi-una-solucion-completa-para-tender-puentes-entre-it-y-ot/>

Un sistema HMI tiene como objetivo conectarlos a cualquier área de la máquina o de la línea de producción para simplificar el proceso de toma de decisiones, impulsando sus habilidades de mantenimiento, incrementando su colaboración o, simplemente, motivándolos aún más en su espacio de trabajo. Para ello, el sistema HMI debe ser capaz de conciliar en tiempo real los datos IT/OT y generar actualizaciones de estado y órdenes simples accesibles a cualquier tipo de operador. Esta es la mejor manera de converger las dimensiones humanas, la IT y la OT (Saltiveri, 2020).

2.5.2.1. Tipos de HMI

Los HMI se pueden dividir, atendiendo a su configuración, en dos tipos:

- **Terminal de operador:** Dispositivo construido para ser instalado en ambientes industriales agresivos. Pueden ser táctiles.
- **Ordenador + Software HMI:** Consiste en un ordenador al que se incorpora un software específico para el control y la monitorización de las máquinas.

Se pueden clasificar en función de sus prestaciones y de su funcionalidad. Podemos encontrar los siguientes tipos de paneles:

- **Push-button:** Los paneles HMI push-button se basan únicamente en accionadores e indicadores luminosos.

- **Mobile:** Se basan en pantallas de procesos que requieren visualizaciones móviles y no estáticas.
- **Micro pannels:** Estos paneles se caracterizan por su pequeña dimensión. Suelen disponer de pantallas LCD monocromáticas y permiten visualizar datos alfanuméricos.
- **Pannels:** Son monitores táctiles o con botones que permiten visualizar la información en una interfaz gráfica y dinámica.
- **Multi-Pannels:** Estos sistemas incluyen más de una pantalla, para operar y supervisar varios procesos industriales de manera simultáneamente (Edimar, 2020).

2.5.2.2. Diferencia entre HMI y SCADA

El sistema SCADA y la HMI están estrechamente relacionados, y a menudo se hace referencia a ellos en el mismo contexto, ya que ambos forman parte de un sistema de control industrial más amplio. Los HMI están enfocados en transmitir información visualmente para ayudar al usuario a supervisar un proceso industrial, los sistemas SCADA tienen una mayor capacidad para la recolección de datos y la operación del sistema de control. A diferencia de los sistemas SCADA, las HMI no recopilan ni registran información ni se conectan a bases de datos. Más bien, la interfaz proporciona una herramienta de comunicación efectiva que funciona como parte de, o junto con, un sistema SCADA (2020).

2.6. Sistema SCADA

Un sistema SCADA (*del inglés Supervisory Control And Data Acquisition*) es una aplicación o conjunto de aplicaciones de software especialmente diseñadas para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel para el operador como son: pantallas táctiles, ratones o cursores, etc. (Pérez-López, 2015).

Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos ha surgido una serie de productos de hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para este tipo de sistemas. El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (sensores y controladores) para controlar el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser configurada con facilidad. Además, provee a diversos usuarios de toda la información que se genera en el proceso productivo (Pérez-López, 2015).

2.6.1. Características de un SCADA

Un sistema SCADA abarca la recolección de la información y la transferencia de datos al sitio central, llevando a cabo el análisis y el control necesario, para luego mostrar la información sobre una serie de pantallas de operador y de esta manera permitir la interacción, cuando las acciones de control requeridas se transportan de nuevo al proceso (Bailey, y otros, 2003).

En la figura 8-2, se puede observar el sistema SCADA de una planta de gas.

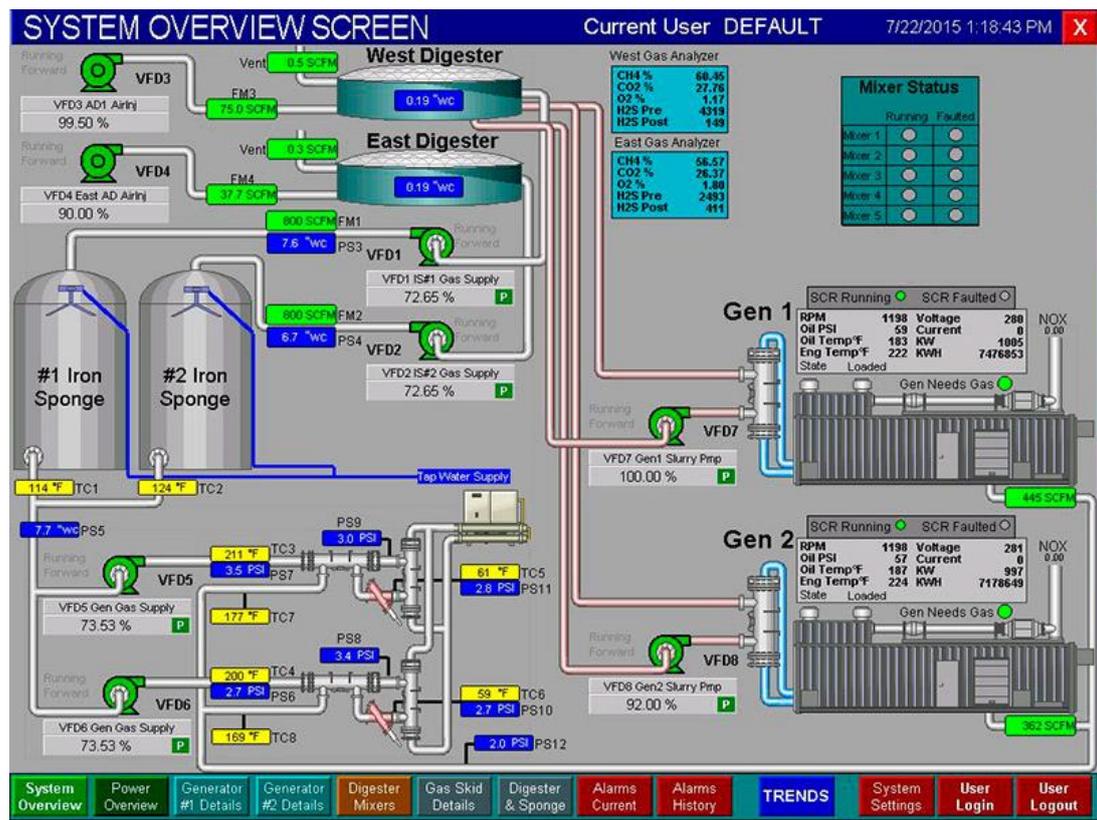


Figura 8-2: Sistema SCADA planta de gas.

Fuente: <https://vestertraining.com/blog/tecnologia-scada/>

La función de monitoreo de estos sistemas se realiza sobre un computador industrial, ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface), como en SCADA, pero solo ofrecen una función complementaria de monitorización: observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías. Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos ofrecen una gestión de alarmas básica, mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y hacer un reset. Los sistemas SCADA utilizan un

HMI interactivo que permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real (Pérez-López, 2015).

Según (Gómez et al., 2008) las siguientes son las características principales de un Sistema SCADA:

- Adquisición y almacenado de datos para recoger, procesar y almacenar la información recibida en forma continua y confiable.
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y su monitorización por medio de alarmas.
- Ejecutar acciones de control para modificar la evolución del proceso, actuando ya sea sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) o directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC.
- Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso.
- Presentación, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI.
- Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador sobre cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como los que se produzcan en su operación diaria (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis (Gómez et al., 2008).

2.7. Actuadores

Los actuadores son los dispositivos que permiten al sistema de control ‘actuar’ sobre el ‘mundo real’ para realizar las acciones deseadas, existen multitud de sistemas actuadores, aunque el mando y control de estos es más fácil, en general, que el manejo de sensores. Un porcentaje muy elevado de actuadores solo tienen dos estados: marcha y paro, abrir/cerrar, etc., estos actuadores se manejan mediante señales digitales 0/1 (Micronica, 2017).

2.7.1. Guardamotor

El guardamotor se encarga de desconectar el motor en cuanto la corriente (intensidad) que está consumiendo supera en un porcentaje a la corriente nominal que corresponde a la potencia del motor, lo cual es indicativo de un mal funcionamiento del motor y es mejor desconectarlo para evitar que termine por calentarse demasiado y quemarse. Por esta razón se puede clasificar como un elemento de protección. Estos dispositivos protegen contra sobrecarga al motor, y contra corto circuito y sobrecarga a la línea de alimentación y al motor, tienen que estar conectados al principio de la línea de alimentación del motor (Mecafenix, 2017).

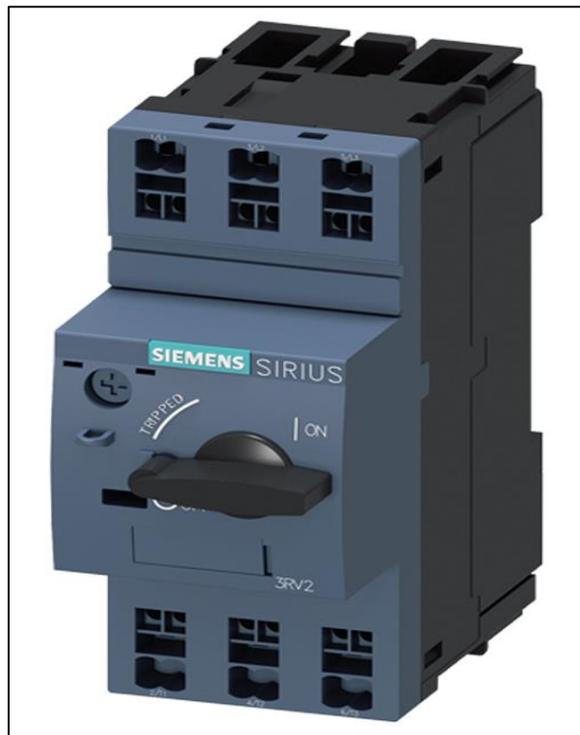


Figura 9-2: Guardamotor Siemens.

Fuente: <https://motores-electricos.com.ar/catalogo/guardamotores-siemens/guardamotores-sirius-innovations-siemens/>

Los guardamotors Siemens tienen un relé de sobrecargas llamado “protector térmico” que se dispara de acuerdo con las curvas de calibración apropiadas cuando la corriente alcanza valores peligrosos durante tiempos máximos bien determinados. Además de su tamaño compacto, los guardamotors SIRIUS 3RV cuentan con interruptores que limitan el paso de corriente hasta 100A, protegiendo así el motor o el arranque. Gracias a su sistema de desconexión segura, garantizan la protección en caso de corto circuito y sobrecargas (GSL, 2020).

2.7.2. Contactor

Un contactor es un switch controlado eléctricamente y se usa para activar circuitos eléctricos de potencia como motores eléctricos y sistemas de iluminación. Estos dispositivos tienen los contactos normalmente abiertos y están diseñados para estar conectados directamente a dispositivos con alto consumo de corriente, el mismo que se puede apreciar en la figura 10-2. Hay contactores monofásicos y contactores trifásicos. La diferencia principal radica en la cantidad de contactos que el contactor tiene (Unicrom Administrador, 2019).



Figura 10-2: Contactor Schneider.

Fuente: <https://www.camei.com.ec/shop/product/se-lc1d25r7-contactor-3-polos-25a-bobina-440vac-ac3-2246?page=2&category=224>

Los contactores a diferencia de los relés son más veloces y se diseñan con características para controlar y suprimir el arco producido cuando se interrumpe la corriente en grandes motores. Hay muchos tipos de contactores. Estos dispositivos pueden interrumpir corrientes de hasta miles de amperios con voltajes que van desde los 24 hasta miles de voltios, los mismos que se utilizan especialmente para:

- Controlar el arranque y pare de motores en la industria.
- Conectar y desconectar sistemas de iluminación en la industria, el comercio y grandes edificios (Unicrom Administrador, 2019).

2.7.3. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica que se observa en la figura 11-2, es un dispositivo que transforma energía mecánica (torque y velocidad del motor) en hidráulica (caudal). Cuando una bomba opera, cumple

dos funciones: primero, su acción mecánica crea un vacío en la succión lo cual permite que la presión atmosférica fuerce líquido del tanque o reservorio hacia la entrada de esta. Segundo, la misma acción entrega este líquido a la salida de la bomba y lo empuja hacia el circuito hidráulico (Solorzano, 2016).



Figura 11-2: Bomba hidráulica

Fuente: <https://como-funciona.co/una-bomba-hidraulica/>

Es importante destacar que una bomba produce movimiento del líquido (caudal), las bombas no generan presión. Se genera el caudal necesario para el desarrollo de la presión en el sistema, la cual es realmente resultado de la resistencia al flujo. Por ejemplo: la presión de un fluido a la salida de la bomba es nula si ésta no está conectada a un sistema o carga. De igual manera, si una bomba está entregando caudal a un sistema, la presión sólo llegará al nivel necesario para vencer la resistencia de la carga aplicada al mismo (Solorzano, 2016).

2.7.4. Las Válvulas

Son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías. El Comité Europeo de Normalización (CEN) en su Norma EN-736-2 define las Válvulas como aquel componente de tuberías que permite actuar sobre el fluido por apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla del mismo (Comeval, 2019).

2.7.4.1. Válvulas aislamiento

Conocidas también como Válvulas de cierre, de interrupción, de bloqueo o de corte de acuerdo de su función dentro del sistema de fluidos y se puede observar algunos tipos de válvulas en la figura 12-2. Con relación al movimiento que realizan para la obstrucción del fluido son clasificadas en dos grupos:

- a. **Válvulas de aislamiento lineal:** Su eje se desplaza de forma vertical desde arriba hacia abajo para la acción de cierre y de abajo hacia arriba para la acción de apertura. Dichos movimientos de cierre y apertura son lentos y accionados por volante Multi vuelta. Cuando se manejan fluidos compresibles como el vapor estas válvulas son elementales para realizar un cierre lento que no provoque fenómenos hidráulicos que pudiesen dañar la válvula y el sistema general.
- b. **Válvulas de aislamiento giratorio:** su eje se desplaza de manera rotatoria en 90° como carrera total. Sus movimientos de cierre y apertura son rápidos. Se utilizan para trasegar fluidos no compresibles en estado líquido a presiones de ejercicio bajas. La palanca de agarre suele ser el mando de accionamiento (Fitvalv, 2021).



Figura 12-2: Válvulas de aislamiento.

Realizado por: <https://fitvalv.cl/2021/07/29/categorias-de-valvulas-de-aislamiento/>

2.7.4.2. Válvulas de regulación

Las válvulas de control son un elemento fundamental diseñado para usarse como parte de un bucle de control de proceso, las válvulas de control manipulan el fluido como gases, vapor, agua o productos químicos con la finalidad de compensar las pérdidas de carga y mantener las variables de proceso reguladas lo más cerca posible del nivel exigido. Están constituidas por dos componentes básicos: un cuerpo que se encarga de regular el paso del fluido modificando el área de paso y un actuador que produce la fuerza necesaria para provocar un cambio en la obertura de la válvula moviendo elementos internos del cuerpo. Normalmente dependen de la señal de dispositivos independientes como termostatos o termómetros (GRM, 2021).

Generalmente se utilizan como elemento de control final de todo un proceso, por esa razón, es importante que la válvula seleccionada sea de calidad y aporte la máxima fiabilidad. Cabe decir que nos encontramos ante seguramente la tipología de válvula con ramificaciones más extensas,

pues existe una gran variedad de modelos, como lo es la válvula de regulación con volante el cual se puede ver en la figura 13-2, los cuales se han ido adaptando paulatinamente a una industria en constante desarrollo (GRM, 2021).



Figura 13-2: Válvulas de regulación con volante.

Realizado por: <https://www.gyrperu.com/valvulas-regulacion.html>

2.7.4.3. Válvulas de Seguridad

Este tipo de válvulas está diseñado para evitar sobrepresiones en la instalación, evacuando el caudal necesario para mantener el elemento protegido. Se construyen con materiales adecuados para aguantar tanto la presión como la temperatura. También deben ser resistentes a los fenómenos de corrosión que pueda originar el fluido contenido en el recipiente, como ocurre en la válvula de alivio para agua que se instala en muchas tuberías (Arco, 2021).

En la figura 14-2, se puede observar una de las válvulas de seguridad que se utiliza comúnmente.



Figura 14-2: Válvula de seguridad.

Fuente: <https://blog.valvulasarco.com/valvulas-de-seguridad-y-alivio-que-es-funciones-y-caracteristicas>

Además, el diseño de una válvula de alivio debe realizarse de manera que cualquier rotura de una de sus partes no pueda obstruir la total descarga del fluido contenido (Arco, 2021).

Las válvulas de seguridad y alivio se dividen en 3 tipos, según como liberan la presión:

- **Mecánicas.** Consisten en un tapón que se abre cuando la presión interna es demasiado elevada y necesita liberar fluido por el escape. Cuando esto ha sucedido, vuelve a la posición original. Esto es posible gracias a que dispone de un resorte calibrado, que se ajusta para determinar el punto en que es necesario dejar ir el fluido.

En el caso de las válvulas de alivio para presión y temperatura, hay un mecanismo que permite su apertura cuando uno de estos elementos supera el umbral marcado.

- **Eléctricas.** Este tipo de válvulas controlan la presión a través de un presostato que permite controlar los tiempos de disparo de una electroválvula a la presión que sea necesaria.

- **Electrónicas.** Estas válvulas de seguridad contienen un transductor que envía una señal a un control para decidir cuándo debe abrirse una electroválvula en función de la presión existente (Arco, 2021).

2.8. Norma Instalaciones electromecánicas NEC de forma generalizada

Esta norma tiene por objeto fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Bajo Voltaje, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas. Esta norma contiene esencialmente exigencias de seguridad. Su cumplimiento, junto a un adecuado mantenimiento, garantiza una instalación básicamente libre de riesgos; sin embargo, no garantiza necesariamente la eficiencia, buen servicio, flexibilidad y facilidad de ampliación de las instalaciones, condiciones éstas inherentes a un estudio acabado de cada proceso o ambiente particular y a un adecuado proyecto (NEC, 2013).

Las disposiciones de esta norma están hechas para ser aplicadas e interpretadas por profesionales especializados; no debe entenderse este texto como un manual de instrucciones o de diseño (NEC, 2013).

2.8.1.1. Especificaciones en construcción

La construcción de toda instalación eléctrica y electrónica debe ser realizada bajo la dirección técnica y responsabilidad de un profesional de la ingeniería eléctrica o electrónica, y este debe certificar la calidad tanto de la ejecución como el hecho de que todos los materiales y equipos utilizados sean aceptados por el INEN o por el órgano regulador competente.

Formas constructivas

- Todos los dispositivos y componentes de un tablero deberán montarse dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen.
- Los tableros deben ser fabricados en materiales resistentes al fuego, autoextinguibles, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido para ella.
- Todos los tableros deberán contar con una cubierta interna sobre los equipos y con una puerta exterior. La cubierta interna tendrá por finalidad impedir el contacto de cuerpos extraños con las partes energizadas, o bien, que partes energizadas queden al alcance del usuario al operar las protecciones o dispositivos de maniobra deberá contar con perforaciones de tamaño adecuado como para dejar pasar libremente el cableado y demás conexiones pertinentes, sin que ello permitiera la introducción de los mencionados cuerpos extraños, sin que ninguno de los elementos indicados sea solidario a ella, palancas, perillas de operación o piezas de reemplazo, si procede, de los dispositivos de maniobra o protección.
- La cubierta cubre equipos se fijará mediante bisagras en disposición vertical elementos de cierre a presión o cierres de tipo atornillado; en este último caso los tornillos de fijación empleados deberán ser del tipo no desprendible para que no se pierdan. La puerta exterior será totalmente cerrada con un grado de hermeticidad de acuerdo con su aplicación, permitiéndose sobre ella indicaciones, equipos de medida, selectores o pulsadores. Su fijación se hará mediante bisagras en disposición vertical u horizontal. Las partes energizadas de un tablero solo podrán alcanzarse moviendo la cubierta cubre equipos, entendiéndose que esta maniobra solo se realizará por necesidad de efectuar trabajos de mantenimiento o modificaciones en el interior del tablero. Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra solo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá contar con una chapa o llave o un dispositivo equivalente.
- Todo tablero debe contar con la cubierta interior o tapa cubre equipos, y se podrá exceptuar de la exigencia de contar con puerta exterior a todo tablero de uso doméstico o similar.
- Los tableros podrán ser montados empotrados o sobrepuestos en una pared si son de baja o de mediana capacidad, tamaño y peso. Si los tableros son de gran capacidad, tamaño y peso, este deberá ser auto soportados mediante una estructura metálica anclada directamente al piso o sobre una estructura de hormigón.

- Los tableros de gran capacidad y tamaño, además de ser accesibles frontalmente a través de puertas y cubiertas cubre equipos, podrán ser accesibles por los costados o por su parte trasera mediante tapas removibles fijadas mediante pernos del tipo no desprendible.
- El conjunto de elementos que constituyen la parte eléctrica de un tablero deberá ser montado sobre un bastidor o placa de montaje mecánicamente independiente de la caja, gabinete o armario los que se fijaran a estos mediante pernos, de modo de ser fácilmente removidos en caso de ser necesario (NEC, 2013).

El tamaño de caja, gabinete o armario se seleccionará considerando que:

- El cableado de interconexión entre sus dispositivos deberá hacerse a través de bandejas o canaletas de material no conductor que permitan el paso cómodo y seguro de los conductores.
- Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.
- Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero (NEC, 2013).

2.8.1.2. Material Eléctrico

- Los conductores de alimentación que lleguen a un tablero deberán hacerlo mediante puentes de conexión o barras metálicas de distribución, pudiendo existir una protección principal. Desde las barras de distribución se harán las derivaciones para la conexión de los dispositivos de comando o protección constitutivos del tablero. No se aceptará el cableado interno de un tablero con conexiones hechas de dispositivo a dispositivo.
- Las barras de distribución se deberán montar rígidamente soportadas en las cajas, gabinetes o armarios; estos soportes deberán ser aislantes.
- Tanto las barras como los conductores del cableado interno de los tableros deberán cumplir el código de colores vigente.
- Todos los tableros principales de distribución cuya capacidad sea igual o superior a 200 Amperios deberán llevar instrumentos de medida que indiquen el voltaje y corriente sobre cada fase.
- Todos los tableros principales de distribución deberán llevar luces piloto sobre cada fase para indicación de tablero energizado.

- Los tableros principales y principales auxiliares y aquellos cuyas características de funcionamiento lo exijan deberán llevar luces piloto de indicación de estado de funcionamiento (NEC, 2013).

2.9. Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son reglas que posibilitan que dos o más dispositivos o sistemas se puedan comunicar entre sí. Es decir, es un protocolo para transmitir información a través de diversos medios y con un formato definido, ya sean implementados por software y por hardware (o ambos). El estándar del protocolo define multitud de características de la comunicación. Puede ir desde las reglas de sincronización, semántica, sintaxis, formato de paquetes, etc. Y lo cierto es que no son algo despreciable, ya que gracias a estos protocolos hoy podemos usar Internet y otras redes de comunicación (Llamas, 2019).

2.9.1. Protocolos de comunicación Industrial

Un protocolo de comunicación industrial es un conjunto de normas que le permiten a dos identidades que se encuentren en un mismo sistema establecer una comunicación, con el objetivo de pasar información a través de diversas variables (Industrias, 2021).

A medida que la tecnología ha avanzado, estos van teniendo un proceso de evolución, las comunicaciones a este nivel deben de poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Los protocolos que se usan en la industria provienen, por un lado, de la evolución de los antiguos protocolos basados en comunicaciones serie, y, por otro, de la creación de nuevos estándares basados en nuevas tecnologías. Como ejemplo de evolución de los antiguos protocolos se pueden citar Modbus/TCP, DNP3, Profinet, etc. (Logicbus, 2021).

2.9.1.1. Características

La comunicación de datos se refiere a la transformación de información o datos, principalmente en formato digital, de un transmisor a un receptor a través de un enlace (que puede ser de alambre de cobre, cable coaxial, fibra óptica o cualquier otro medio) que conecte estos dos (2021).

Las redes industriales tradicionales se utilizan para permitir la comunicación de datos entre ordenadores, ordenadores y sus periféricos y otros dispositivos. Por otro lado, la red de

comunicación industrial es un tipo especial de red hecha para manejar el control en tiempo real y la integridad de los datos en entornos difíciles sobre grandes instalaciones (2021).

Los tres mecanismos de control significativos utilizados en el campo de la automatización industrial incluyen Controladores Lógicos Programables (PLC), Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) y Sistema de Control Distribuido (DCS).

Todos estos elementos se refieren a instrumentos de campo, dispositivos de campo inteligentes, PC de control de supervisión, controladores de E/S distribuidos y pantallas HMI (2021).

2.9.2. Protocolos de comunicación IoT

En el ámbito informático y de telecomunicaciones, los protocolos IoT son un conjunto de normas y reglas que permiten a dos entidades entenderse e intercambiar información, facilitando la comunicación Machine2Machine (M2M). En otras palabras, los protocolos IoT son a la comunicación entre máquinas lo que los idiomas, los gestos, o el lenguaje corporal son a la comunicación entre humanos. Así, de igual manera que dos humanos necesitan hablar el mismo idioma para poder entenderse, los dispositivos necesitan utilizar los mismos protocolos para IoT para intercambiar información (IoT, 2021).

Según (IoT, 2021) dice que para su funcionamiento, los protocolos de datos emergentes utilizados en las redes de IoT cuentan con varios niveles:

- **Aplicación:** la interfaz entre usuario y dispositivo.
- **Red:** potencia la comunicación entre enrutador y cada uno de los dispositivos conectados a la red.
- **Transporte:** facilita la comunicación de datos entre los diferentes niveles y garantiza su seguridad.
- **Físico:** la red de comunicación física entre dispositivos.
- **Vínculo de datos:** encargado de transportar los datos en el sistema y detectar y corregir problemas (IoT, 2021).

En la tabla 1-2 se muestra las principales características de algunos protocolos IoT.

Tabla 1-2: Características principales de algunos protocolos IoT.

	Trasporte	Modelo	Ámbito de aplicación	Conocimiento del contenido	Datos principales	Seguridad	Prioridad de los datos	Tolerancia a fallos
AMQP	TCP/IP	Intercambio de mensajes punto a punto	D2D D2C C2C	Ninguno	Codificados	TLS	Ninguno	Específica de la implementación
CoAP	UDP/IP	Petición/Respuesta (REST)	D2D	Ninguno	Codificados	DTLS	Ninguno	Descentralizado
DDS	UDP/IP (unicast + mcast) TCP/IP	Publicación/Suscripción Petición/Respuesta	D2D D2C C2C	Enrutamiento basado en el contenido, consultas	Declarados codificados	TLS, DTLS, DDS	Prioridades de transporte	Descentralizado
MQTT	TCP/IP	Publicación/Suscripción	D2C	Ninguno	No definidos	TLS	Ninguno	El nodo central (bróker) es el punto único de fallo (SPoF)

Fuente: <https://www.incibe-cert.es/blog/iot-protocolos-comunicacion-ataques-y-recomendaciones>

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

2.9.2.1. Protocolo MQTT

MQTT son las siglas MQ Telemetry Transport, aunque en primer lugar fue conocido como Message Queing Telemetry Transport. Es un protocolo de comunicación M2M (machine-to-machine) de tipo *message queue*. Está basado en la pila TCP/IP como base para la comunicación. En el caso de MQTT cada conexión se mantiene abierta y se "reutiliza" en cada comunicación. Es una diferencia, por ejemplo, a una petición HTTP 1.0 donde cada transmisión se realiza a través de conexión (Llamas, 2019).

MQTT es un protocolo de red ligero y flexible que afecta al equilibrio correcto para los desarrolladores de IoT. El protocolo ligero permite su implementación tanto en hardware de dispositivos fuertemente restringidos como en redes de alta latencia/ancho de banda limitado. Su flexibilidad permite dar soporte a diversos escenarios de aplicaciones para dispositivos y servicios IoT (Yuan, 2017).

El protocolo MQTT define dos tipos de entidades de la red: un intermediario de mensajes y un número de clientes. El intermediario es un servidor que recibe todos los mensajes de los clientes y, a continuación, direcciona esos mensajes a los clientes de destino relevantes. Un cliente es cualquier cosa que pueda interactuar con el intermediario para enviar y recibir mensajes. Un cliente podría ser un sensor de IoT en el campo o una aplicación en un centro de datos que procesa datos de IoT (Yuan, 2017).

- 1) El cliente se conecta al intermediario. Puede suscribirse a cualquier mensaje «tema» en el intermediario. Esta conexión puede ser una conexión TCP/IP simple o una conexión TLS cifrada para mensajes confidenciales.
- 2) El cliente publica mensajes bajo un tema enviando el mensaje y el tema al intermediario. A continuación, el intermediario reenvía el mensaje a todos los clientes que se suscriban a dicho tema (Yuan, 2017).

En la figura 15-2 se observa el Modelo de publicación y suscripción del protocolo MQTT.

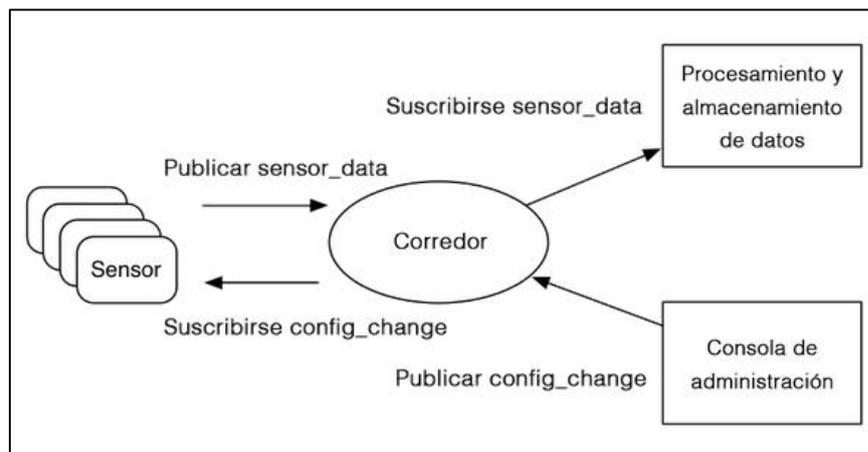


Figura 15-2: Modelo de publicación y suscripción protocolo MQTT.

Fuente: <https://developer.ibm.com/es/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>

2.10. Sistema de Control

Un proceso es el conjunto de equipos mecánicos, eléctricos, neumáticos, o de cualquier otra índole, estructurados de tal manera que en conjunto puedan realizar las operaciones necesarias para lograr un determinado objetivo, como puede ser mantener un valor constante de temperatura prefijado para un horno. Un sistema control es una serie de dispositivos relacionados entre sí, que tiene como finalidad el control o regulación de un proceso (Roca, 2014).

2.10.1. Componentes básicos del sistema de control

Los componentes básicos de todo sistema de control son tres:

Sensor-Transmisor: Llamado también elemento primario y secundario, generalmente el sensor está conectado al transmisor el cual es el encargado de convertir la señal para que se captada por el controlador.

Controlador: Considerada como el Cerebro del sistema de Control, este recibe la señal y la compara con el valor deseado.

Dependiendo del resultado de la comparación el controlador decide que acción emprender para mantener el valor deseado, por lo cual el controlador envía una señal al elemento final de control.

Elemento Final de control: Por lo general es una válvula de control u otro componente como una bomba de velocidad variable, bandas transportadoras, motores eléctricos (Smith, y otros, 2014).

En la figura 16-2 se puede observar el control de nivel de un tanque con sus componentes básicos del sistema de control.

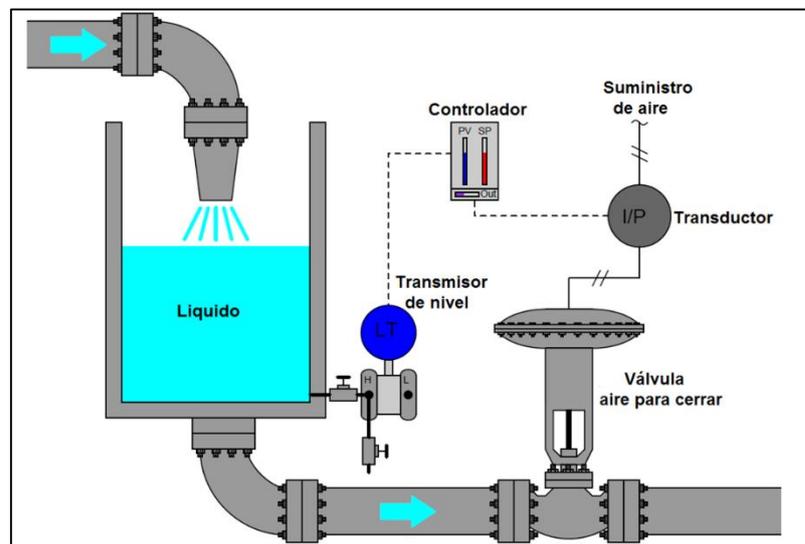


Figura 16-2: Control de nivel de un tanque.

Fuente: <https://3.bp.blogspot.com/cSV7EMMcS6k/WcVWbsH4xuI/AAAAAAAAABTw/VmZyAE1AQoUCCHucMh7zhI1uHSr8PnJ9wCLcBGAs/s1600/lazo2.png>

2.10.2. Importancia de los componentes del sistema de control

La importancia de estos componentes se basa en la realización de tres operaciones básicas las cuales deben estar presentes en todo sistema de control.

- Medición:** La medición de la variable a controlar se realiza en conjunto con el sensor y trasmisor.
- Decisión:** Con base a la medición, el controlador decide que acción emprender para mantener la variable en el valor deseado.

c. Acción: En consecuencia, de la decisión del controlador, el sistema debe realizar una acción que generalmente se hace sobre el elemento final de control.

Estas tres operaciones se encuentran siempre presentes en cualquier tipo de sistema de control (Smith, y otros, 2014).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo detalla la selección de los dispositivos hardware y software necesarios para el diseño del Sistema Automatizado, el control de volumen de nitrilo en los tanques y la temperatura. Se especifican los requerimientos que debe cumplir el sistema automatizado, la selección del hardware y software a implementar y el manejo remoto del sistema conectado al internet mediante una aplicación móvil y acceso a un sitio web.

3.1. Proceso de producción de los guantes de Nitrilo

En esta sección se describen las etapas para la fabricación de guantes de nitrilo manejadas en la línea de producción de la fábrica Agrilatexa S.A. La figura 1-3 muestra el diagrama de bloques del proceso.

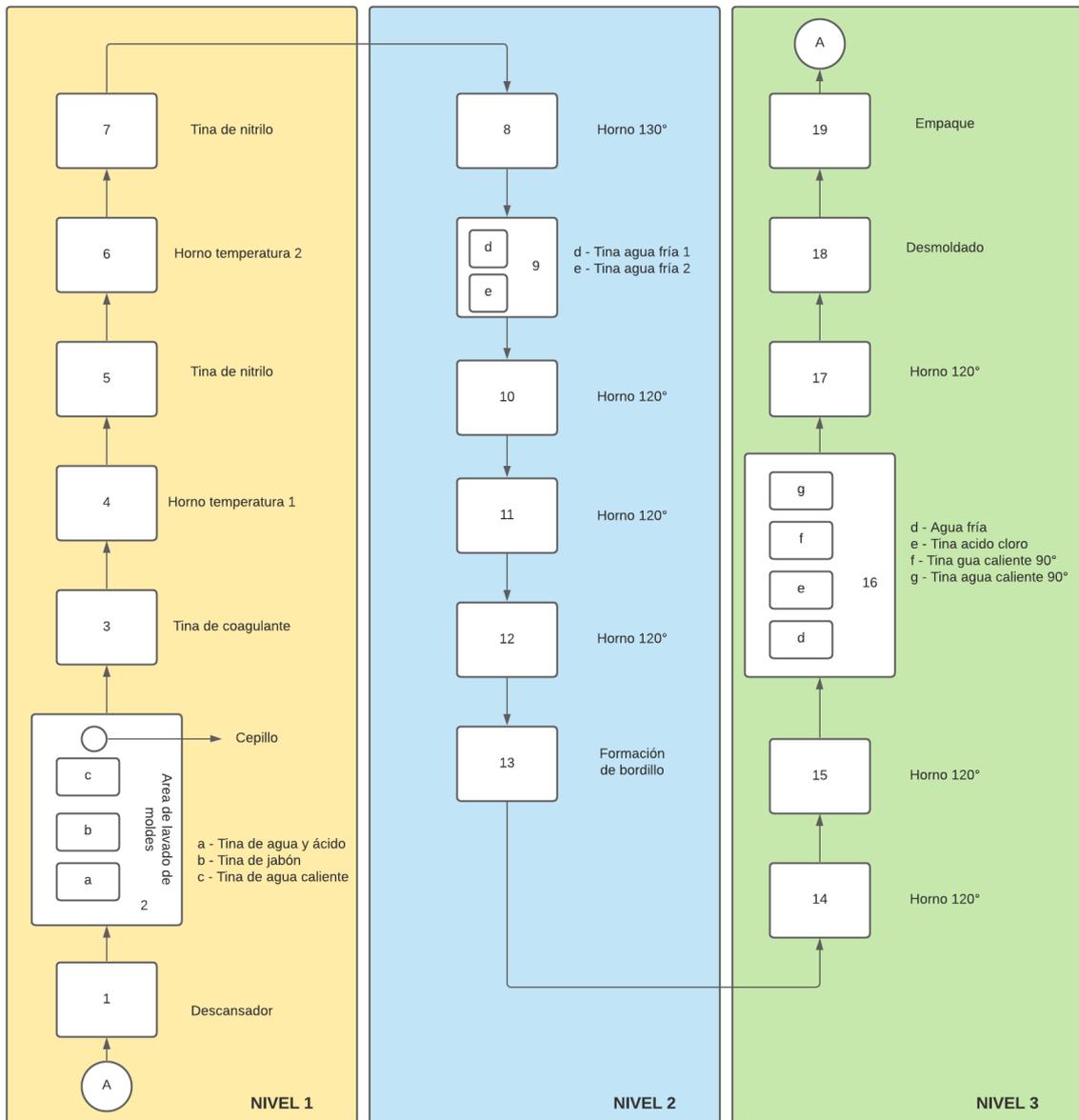


Figura 17-3: Diagrama de bloques de proceso para la fabricación de guantes de nitrilo en la planta Agrilatexa S.A.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

La planta maneja 3 niveles que componen la totalidad de su línea de producción los cuales son: lavado e inmersión de moldes, secado y formación del bordillo del guante; y, depuración del guante. El proceso empieza en la desmoldadora ubicada al inicio del primer nivel en donde los moldes son movilizadas por los diferentes niveles por medio de una cadena en la cual están montados. Los moldes ingresan a una primera tina de ácido con agua a temperatura ambiente, luego los moldes ingresan a una tina con jabón, la misma que se encuentra a temperatura ambiente para después pasar por el área de cepillado y lavado de moldes para ingresar enseguida a una tina de agua caliente a una temperatura de 90°C. Luego los moldes ingresan a un pequeño horno de secado a 130°C para eliminar el agua adsorbida en el paso anterior, a continuación, el molde

ingresa a una tina de coagulante en donde recibe una capa de este compuesto que evita que el nitrilo se pegue directamente al molde y sea fácil el proceso de desmoldado. En el siguiente proceso los moldes ingresan a un horno a una temperatura de 130°C que sirve para secar el coagulante. Luego los moldes se sumergen a una tina de nitrilo a una temperatura de 35°C, después el molde ingresa a un horno a 120°C que seca la primera capa de nitrilo. Este ciclo de dos pasos de pasar por nitrilo y luego por el horno se repiten nuevamente para así formar la segunda capa de nitrilo sobre el molde de los guantes.

En el nivel 2 que corresponde al secado y formación de bordillo se compone en su mayoría de hornos a una temperatura de 120°C y 130°C que sirven para secar el guante, en la última parte de este nivel el molde ingresa al área de formación de bordillo donde el guante adquiere el bordillo y su dimensión final. En el nivel 3 que es el nivel de depuración del guante, el cual ingresa a un horno a 120°C, luego pasa por una tina de agua fría a 15°C, continua su paso por una tina de ácido clorhídrico mezclado con hipoclorito de sodio que es donde el guante elimina cualquier tipo de bacteria o residuo que pudo haber adquirido durante el proceso, después de esto el guante pasa a otra tina de agua caliente a 90°C para finalmente ingresar a un horno de 130°C donde el guante elimina la presencia de agua caliente adquirida en la última tina, seguidamente el guante baja al primer nivel que es el área de desmoldado y finalmente el área de empaque del producto final. El proceso vuelve a repetirse cíclicamente.

3.2. Requerimientos del Sistema Automatizado

El objetivo principal del Sistema Automatizado es la regulación tanto del nivel de nitrilo líquido ubicado en las tinas como la temperatura. Se necesita que la regulación sea de forma manual y automática a través de una pantalla HMI para establecer el set point del nivel de nitrilo en las tinas y la temperatura desde el gabinete de control, además se visualiza en tiempo real la variación de nivel y temperatura dentro del Sistema Automatizado.

El diseño implementado dispone de un sistema IoT (internet de las cosas) y un SCADA remoto construido en una página web desde donde se pueden monitorear los datos en tiempo real y también se puede establecer los valores requeridos de temperatura y de nivel de nitrilo.

También dispone de una aplicación móvil para Android, donde se ingresa valores de nivel y temperatura de nitrilo para su posterior visualización. En la figura 2-3 se muestra el diagrama de bloques del funcionamiento del Sistema Automatizado.

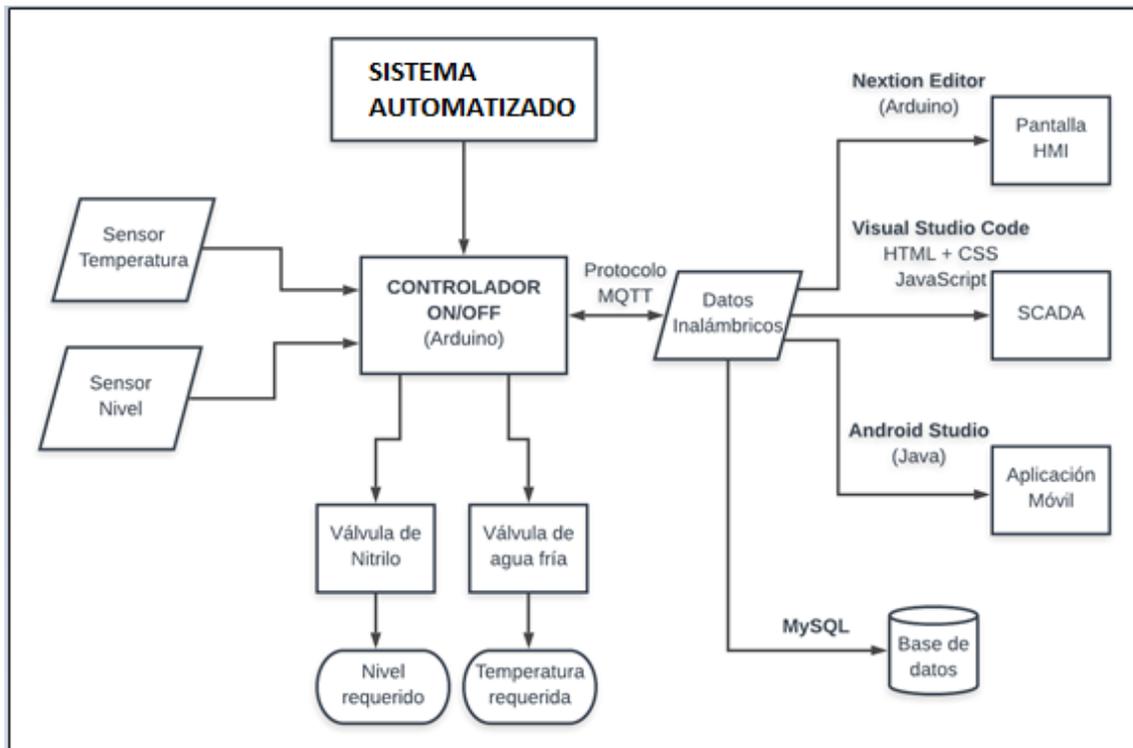


Gráfico 1-3: Diagrama de bloques funcionamiento del Sistema Automatizado.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

Por el tipo de válvulas que posee la línea de producción, el sistema de control tanto para nivel como para la temperatura es un controlador On/Off tanto para las válvulas como para el encendido y apagado de los calentadores de temperatura de las tinas de nitrilo.

3.3. Identificación y selección de hardware necesario para el Sistema Automatizado

Se consideran los objetivos a cumplir para poder seleccionar los equipos necesarios para el Sistema Automatizado. Para el control de los niveles de nitrilo en las tinas y la temperatura se realizó el siguiente diseño eléctrico que se muestra en la figura 3-3 en la que se presentan de forma general los componentes que integran el Sistema Automatizado.

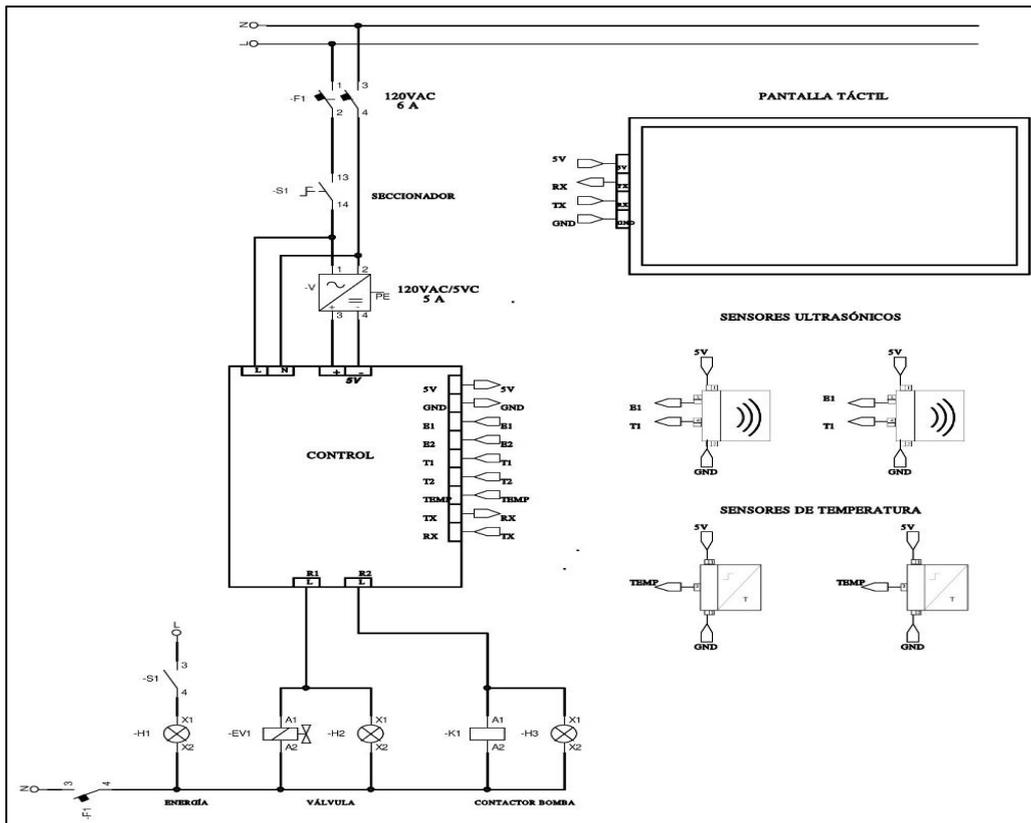


Figura 18-3: Diseño eléctrico general del sistema automatizado.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

Se implementó una placa electrónica donde se incorporó los elementos necesarios para llevar a cabo el control del Sistema Automatizado que se muestra en la figura 4-3.

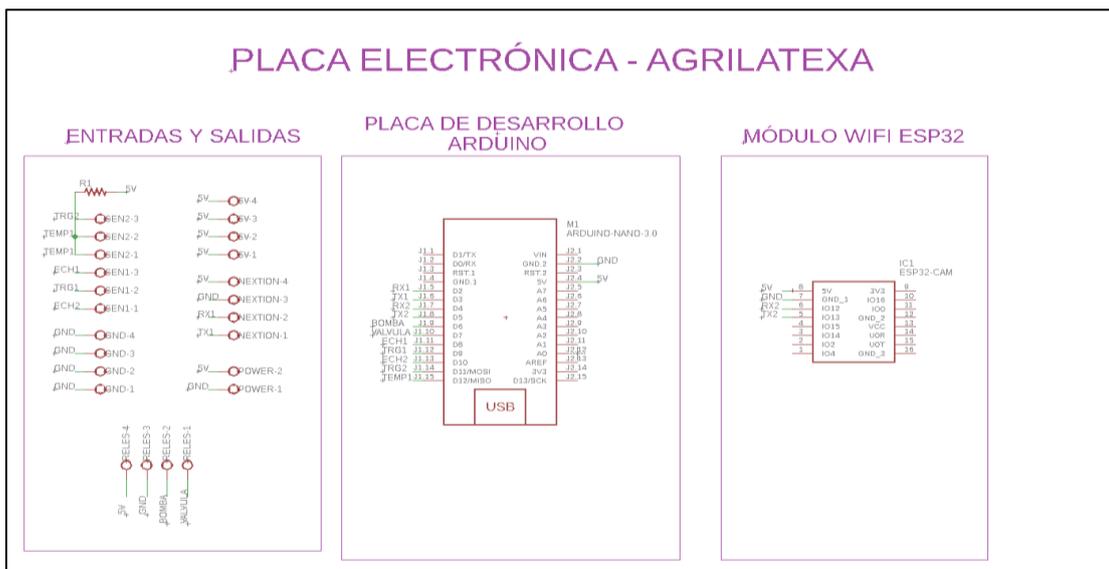


Figura 19-3: Diseño del circuito electrónico.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

3.3.1. Tarjeta de Control Arduino Nano

Para el control del Sistema Automatizado se requiere de un controlador versátil, fácil de programar y que posea compatibilidad para un sistema de monitoreo HMI+SCADA. El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. En él se pueden grabar instrucciones y su entorno de programación es en software libre de Arduino IDE.

En la figura 5-3, se observa la tarjeta de control Arduino Nano que posee una alimentación de 5V y que puede variar desde los 7 hasta los 12V. Dispone de 14 pines digitales, 8 pines analógicos y 2 pines de reinicio. Ver anexo A. Poseen múltiples funcionalidades y compatibilidad para una amplia gama de sensores.

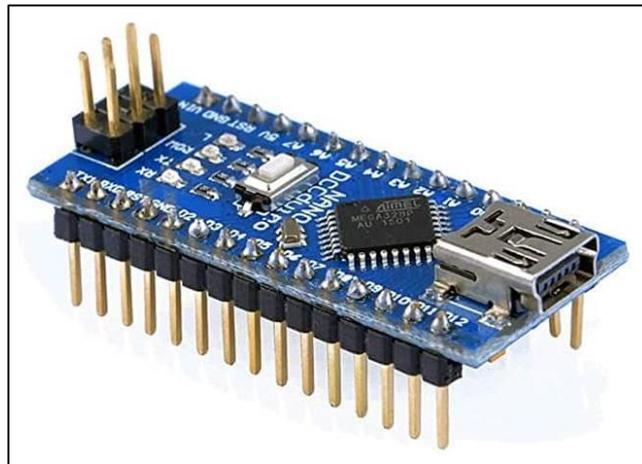


Figura 20-3: Arduino Nano.

Fuente: <https://www.hwlibre.com/arduino-nano/>

Se seleccionó este microcontrolador por sus características y compatibilidad con los sensores de nivel y de temperatura, posee compatibilidad con protocolos de comunicación IoT en tiempo real a través del protocolo MQTT.

3.3.2. Módulo wifi Esp32

Para enviar los datos medidos por los sensores de nivel y temperatura al servidor web, fue necesario la utilización de un módulo wifi, por lo que se seleccionó el Esp32 que se muestra en la figura 6-3. Por la compatibilidad con el controlador Arduino nano y las características de comunicación inalámbricas Bluetooth y Wifi, que se muestra en el anexo B, debe ser alimentado por una fuente de 5VDC y posee un CPU 32 bits.

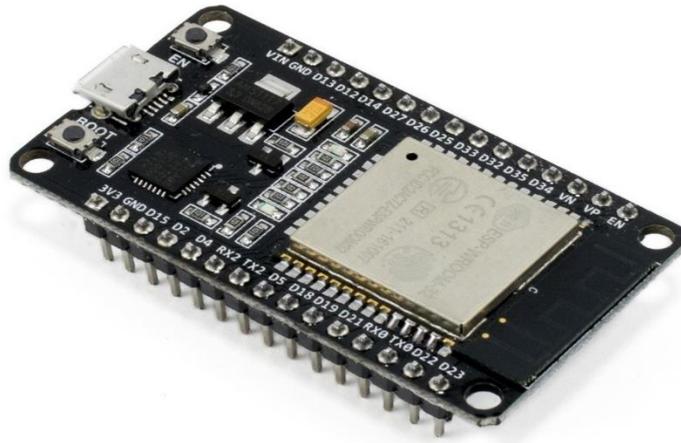


Figura 21-3: Arduino Nano.

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html>

3.3.3. *Sensor de nivel*

Para el control de nivel es necesario un dispositivo que sea del tipo inalámbrico, puesto que el nitrilo está a altas temperaturas y es de una calidad viscosa fácil de secarse y crear capas, dando lugar a posibles fallas de lectura cuando se utiliza un sensor de tipo contacto. Para la implementación del sistema se requirió de un sensor de distancia/nivel ultrasónico JSN-SR04T, el cual se puede observar en la figura 7-3. Este sensor posee resistencia al agua y salpicaduras en su parte frontal, se alimenta de 5VDC, posee un rango de detección que va desde los 20cm hasta los 600cm con una resolución de 1mm y precisión de +-1cm, dispone de un ángulo de medición de 75 grados. Ver anexo C. Incluye tres modos de operación y una pequeña corriente de trabajo de 8mA ().



Figura 22-3: Módulo sensor JSN-SR04T.

Fuente: <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/ultrasonicos/modulo-sensor-jsn-sr04t-ultrasonico/>

3.3.4. *Sensor de temperatura sumergible DS18B20*

Para el control de temperatura del nitrilo es necesario tener un sensor que posea precisión, un rango de medición que supere los 100°C y compatibilidad con el controlador para la automatización del proceso. Otros requerimientos considerados son el voltaje de funcionamiento y la comunicación los cuales se pueden ver en el anexo D.

El sensor digital de temperatura DS18B20 de la figura 7-3, se comunica con el Arduino Nano a través del protocolo 1-Wire. Este protocolo solamente necesita un pin de datos para la comunicación y permite conectar a más de un sensor en el mismo bus, similar al estándar de red Profibus.



Figura 23-3: Sensor de temperatura sumergible DS18B20.

Fuente: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/ds18b20-sensor-de-temperatura-sumergible/>

Este sensor de temperatura es de tipo sumergible y posee un rango de medición que va desde los -55°C hasta los 125 °C con una precisión en sus mediciones de +/- 0.5°C desde los -10°C a +85°C. Posee una resolución programable de 9 a 12 bits. Tiene un recubrimiento de acero inoxidable, es a prueba tanto de agua como de fluidos no corrosivos. Este sensor no requiere de componentes externos para el acondicionamiento de señal y también posee una salida digital que beneficia al objetivo de tener datos en tiempo real de la variación de temperatura que poseen las tinas de nitrilo (2022).

3.3.5. *Electroválvula solenoide*

Para el control del flujo de nitrilo que ingresa al tanque se usó una electroválvula de $\frac{3}{4}$ de pulgada normalmente cerrada (N/C) la cual se puede observar en la figura 8-3, que funciona a 12VDC y con una corriente de operación de 0.6 A, ver anexo E.



Figura 24-3: Electroválvula solenoide 12VDC.

Fuente: <https://www.330ohms.com/products/plastic-water-solenoid-valve-12v-1-2-nominal>

Esta válvula solenoide activa la varilla de metal ferroso cuando pasa corriente eléctrica a través de la bobina del solenoide, así la válvula se abre o se cierra dependiendo de la configuración que se necesite. Para este caso la válvula solenoide es de tipo normalmente cerrada (N/C), es decir que la válvula permanece cerrada cuando el solenoide no está cargado. Esta electroválvula permitirá el ingreso de nitrilo a las tinas.

3.3.6. *Módulo de relé SHR0001.*

Es necesario que el controlador ejecute las ordenes de activar o desactivar la válvula de nitrilo y la bomba de agua. La bomba es la que envía el agua fría hacia las tinas de nitrilo para enfriar hasta que lleguen a la temperatura deseada. La válvula es la que permite el ingreso del nitrilo para el llenado en las tinas y que luego son absorbidas por los moldes de los guantes.

Para esto se ha seleccionado un módulo relé de 2 canales con salidas optoacopladas a 12V, que conectan a la bobina de un contactor que da paso para la activación de la bomba, el otro canal se utilizó para activar la válvula. Los dos canales pueden ser controlados de forma remota por un microcontrolador, en nuestro caso por el Arduino Nano. Requiere una alimentación de 12V y el

circuito de control debe suministrar una corriente de 15 a 20mA. En la figura 9-3 se muestra el módulo de relés seleccionado.

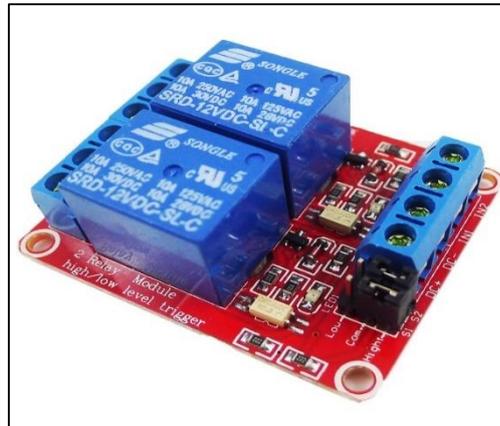


Figura 25-3: Módulo de relé SHR0001.

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/modulo-rele-de-2-canales-salidas-optoacopladas/>

3.3.7. Contactor de Potencia 3RT20241AN20 Siemens

Es necesario el uso del contactor de potencia para el control del encendido y apagado de la bomba hidráulica, por lo que se decidió usar el contactor 3RT20241AN20 de la marca Siemens que se muestra en la figura 10-3 el cual debe conectarse a 220VAC para activar los 3 polos del contactor que puede circular una corriente de 12A como se muestra en la hoja de datos del anexo F.



Figura 26-3: Contactor de potencia 3RT20241AN20 de Siemens

Fuente:

https://www.automation.siemens.com/bilddb/interfaces/InterfaceImageDB.aspx/GetImageVariant?objectkey=G_NSA0_XX_92864&imagevariantid=16&lang=&interfaceuserid=MALL/

3.3.8. Guardamotor 3RV2011-1FA10

Se uso un guardamotor 3RV2011-1FA10 que se muestra en la figura 11-3 de la marca Siemens para protección del motor de la bomba de agua, el cual dispone de un disparador por sobrecarga con retardo dependiendo la intensidad de 3,5 a 5 A, además de un disparador de cortocircuito de 52 A las cuales se muestran en el anexo G.



Figura 27-3: Guardamotor 3RV2011-1FA10

Fuente: https://cdn11.bigcommerce.com/s-83bhjx/images/stencil/1280x1280/products/16454/36035/3RV2011__69978.1604336345.jpg?c=2/

3.3.9. Bomba Hidráulica

Para suministrar el agua que recirculara por el doble fondo de las tinas de nitrilo se usó una bomba hidráulica 1HP que se muestra en la figura 12-3, ver anexo H.



Figura 28-3: Bomba hidráulica 1HP

Fuente: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

3.3.10. Pantalla Nextion NX8048P070-011C

Para la visualización y el control del Sistema Automatizado se requiere de una pantalla HMI compatible con el controlador con una interfaz gráfica adecuada y amigable con el usuario.

Para ello se ha seleccionado una pantalla HMI de la marca Nextion, la cual posee un procesador integrado, 512KB de memoria RAM y una pantalla de 7pulgadas táctil, la misma se muestra en la figura 14-3, ver anexo I.

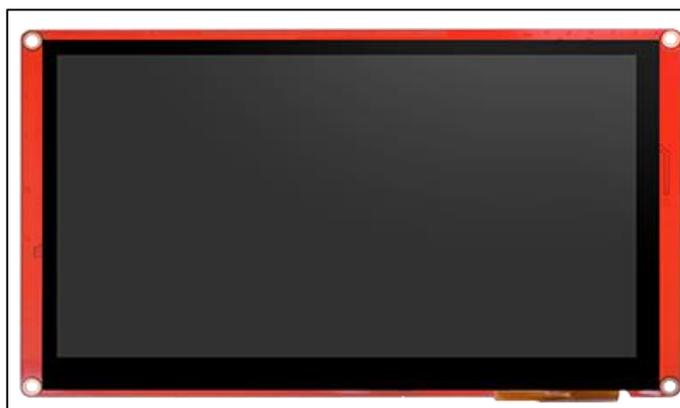


Figura 29-3: Pantalla Nextion NX8048P070-011C.

Fuente: <https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011c/>

3.4. Requerimientos de Software del Sistema Automatizado

Dentro de los requerimientos de software implementado en el Sistema Automatizado se utilizó el entorno de programación IDE, para la comunicación entre el módulo wifi Esp32 y la tarjeta Arduino nano mediante el protocolo MQTT. En la figura 15-3 se muestra la línea de código.

```
esp32 §
    delay(2000);
  }
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi conectado");

timeClient.begin();

client.subscribe("SCADA/BOMBA", 0);
client.subscribe("SCADA/VALVULA", 0);
client.subscribe("SCADA/MODO", 0);

client.subscribe("SCADA/TEMP1", 0);
client.subscribe("SCADA/TEMP2", 0);
client.subscribe("SCADA/TEMP-PROMEDIO", 0);

client.subscribe("SCADA/NIVEL1", 0);
client.subscribe("SCADA/NIVEL2", 0);
client.subscribe("SCADA/NIVEL-PROMEDIO", 0);

client.subscribe("SCADA/SET/TEMPERATURA", 0);
client.subscribe("SCADA/SET/NIVEL", 0);

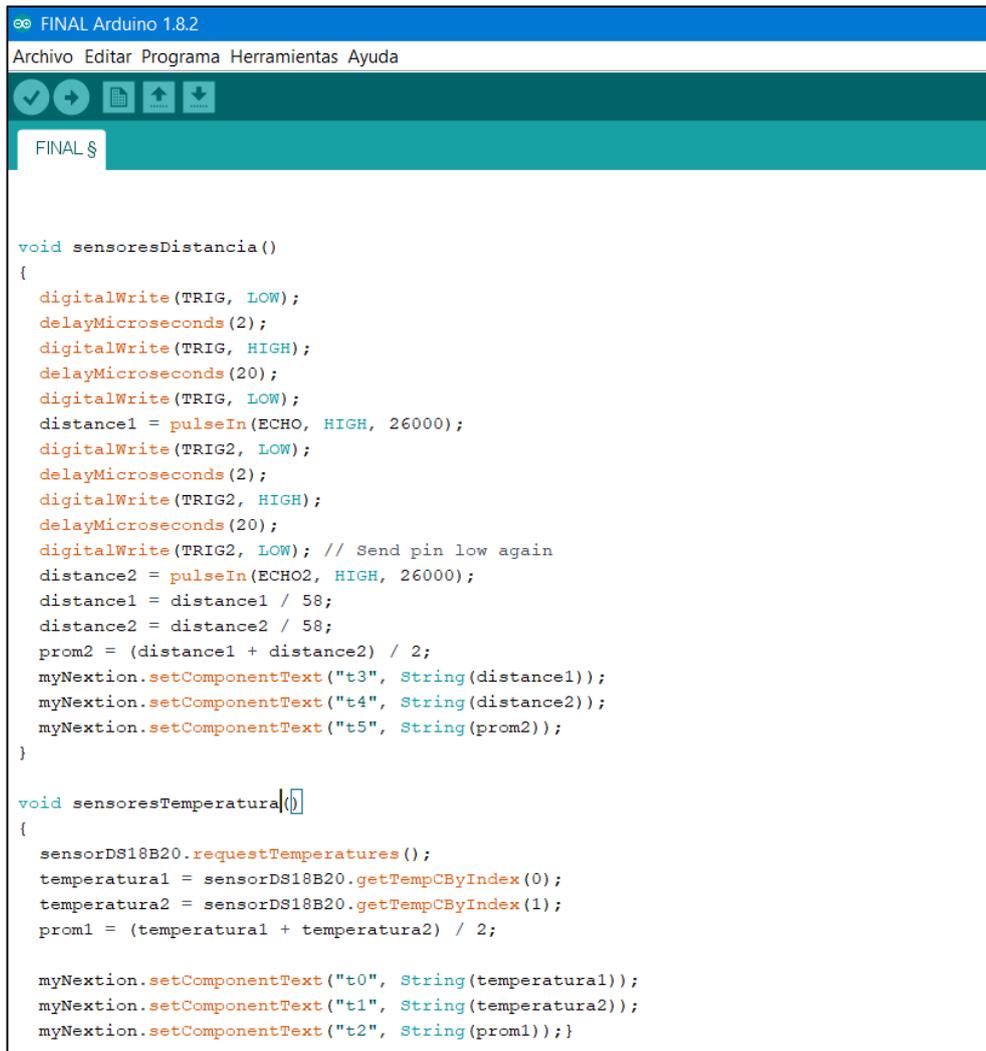
Serial.println("LISTO");

pinMode(33, OUTPUT);
digitalWrite(33, LOW);
```

Figura 30-3: Programación de conexión del módulo wifi ESP32 con Arduino.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

La figura 16-3 muestra la programación de los sensores de nivel y de temperatura con dos estados bajo (LOW) y alto (HIGH) los cuales sirven como punto de referencia para abrir o cerrar la válvula y activar o desactivar la bomba, ver anexo J.



```
FINAL Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
FINAL $

void sensoresDistancia()
{
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(20);
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  distance1 = pulseIn(ECHO, HIGH, 26000);
  digitalWrite(TRIG2, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG2, HIGH);
  delayMicroseconds(20);
  digitalWrite(TRIG2, LOW); // Send pin low again
  distance2 = pulseIn(ECHO2, HIGH, 26000);
  distance1 = distance1 / 58;
  distance2 = distance2 / 58;
  prom2 = (distance1 + distance2) / 2;
  myNextion.setComponentText("t3", String(distance1));
  myNextion.setComponentText("t4", String(distance2));
  myNextion.setComponentText("t5", String(prom2));
}

void sensoresTemperatura()
{
  sensorDS18B20.requestTemperatures();
  temperatur1 = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
  temperatura2 = sensorDS18B20.getTempCByIndex(1);
  prom1 = (temperatur1 + temperatura2) / 2;

  myNextion.setComponentText("t0", String(temperatur1));
  myNextion.setComponentText("t1", String(temperatura2));
  myNextion.setComponentText("t2", String(prom1));
}
```

Figura 31-3: Programación de lectura de sensores en Arduino.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

3.4.1. Interfaz del HMI del Sistema Automatizado

Para programar la pantalla Nextion NX8048P070-011C se utilizó el software NEXTION Editor cuyo interfaz se puede observar en la figura 17-3. Su programación se hace mediante conexión USB y el software es intuitivo en su uso.

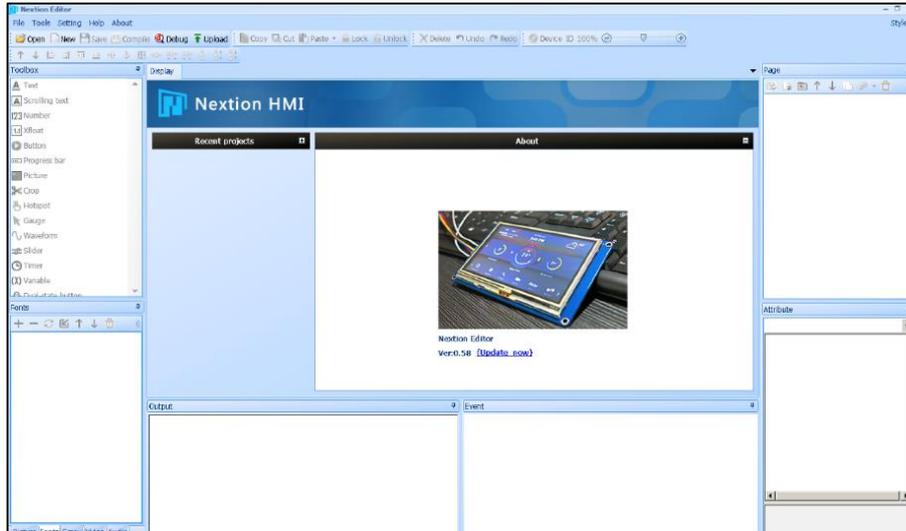


Figura 32-3: Pantalla principal software NEXTION Editor.

Fuente: <https://nextion.tech/nextion-editor/>

En la pantalla HMI se observa el nivel del nitrilo y de temperatura del Sistema Automatizado. La figura 18-3 muestra una captura de pantalla de la interfaz de la programación del HMI dentro del software NEXTION Editor.



Figura 33-3: Pantalla principal de programación del Sistema Automatizado de nivel y de temperatura del nitrilo.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

3.4.2. Programación de la interfaz Web del Sistema Automatizado

Para la interfaz web del Sistema Automatizado se hace necesario el uso del software Sublime Text. Este software es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft compatible con lenguajes de programación como: HTML, JavaScript, CSS y SQL.

La figura 19-3 muestra la programación para conectar el controlador Arduino con la interfaz web del Sistema Automatizado, mediante el protocolo de comunicación MQTT. Utilizando el software Visual Studio Code, se establecen las credenciales de acceso y los clientes que son los datos reflejados dentro del Sistema Automatizado (variables de temperatura, de nivel, sus promedios de nivel y te temperatura y la activación de los actuadores).

```
client = new Paho.MQTT.Client("broker.mqtt-dashboard.com", 8000, "web_" + parseInt(Math.random() * 100, 10) );

client.onConnectionLost = onConnectionLost;
client.onMessageArrived = onMessageArrived;
var options = {
  useSSL: false,
  userName: "wsolarte@esPOCH.edu.ec",
  password: "SOLARTE",
  onSuccess: onConnect,
  onFailure: doFail
}

client.connect(options);

function onConnect() {

  console.log("Conectado...");

  client.subscribe("SCADA/BOMBA");
  client.subscribe("SCADA/VALVULA");
  client.subscribe("SCADA/MODO");

  client.subscribe("SCADA/TEMP1");
  client.subscribe("SCADA/TEMP2");
  client.subscribe("SCADA/TEMP-PROMEDIO");

  client.subscribe("SCADA/NIVEL1");
  client.subscribe("SCADA/NIVEL2");
  client.subscribe("SCADA/NIVEL-PROMEDIO");

  client.subscribe("SCADA/SET/TEMPERATURA");
  client.subscribe("SCADA/SET/NIVEL");
  client.subscribe("SCADA/CONEXION");

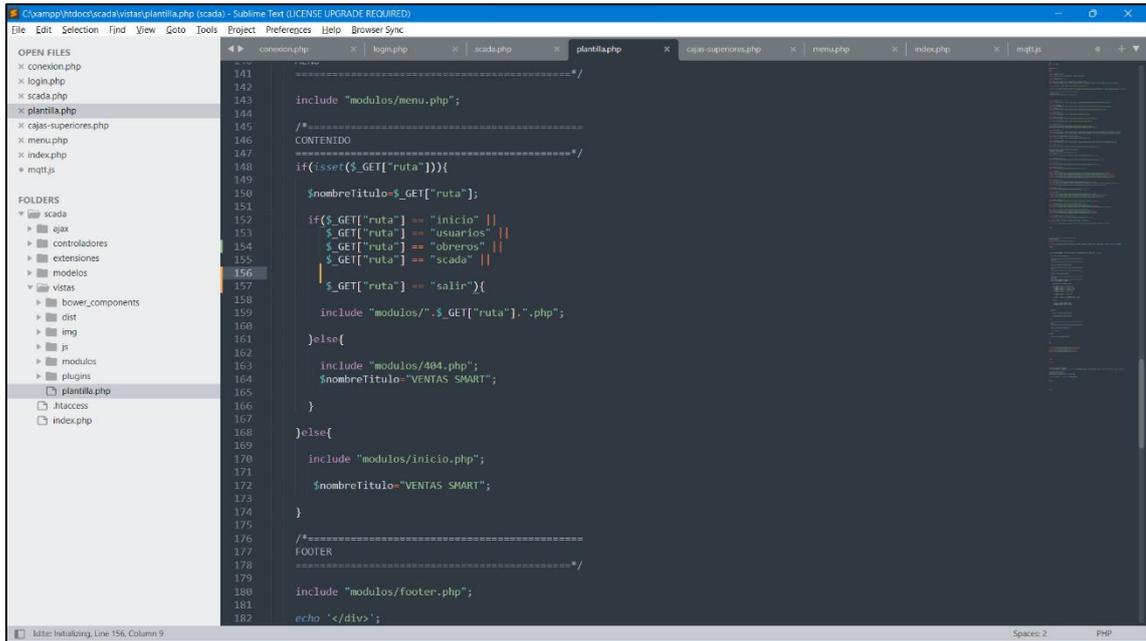
  message = new Paho.MQTT.Message("hola desde la web");
  message.destinationName = "SCADA/CONEXION";
  client.send(message);
}
```

Figura 34-3: Programación de la conexión web con el controlador mediante protocolo MQTT.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

Con el uso del software Sublime Text para la programación de la web se lo realiza mediante un Modelo Vista Controlador (MVC) que separa los datos de la: aplicación web, aplicación móvil y

HMI. En la figura 20-3 se visualiza la programación del MVC dentro del entorno de programación del Sublime Text.



The image shows a screenshot of the Sublime Text editor with a dark theme. The window title is 'C:\xampp\htdocs\scada\views\plantilla.php (scada) - Sublime Text (LICENSE UPGRADE REQUIRED)'. The left sidebar shows a file explorer with 'OPEN FILES' and 'FOLDERS'. The main editor area displays PHP code for a view template. The code includes a header section, a content section with conditional logic for different routes, and a footer section. The code is as follows:

```
141 .....*/
142 .....*/
143 include "modulos/menu.php";
144 .....*/
145 .....*/
146 CONTENIDO
147 .....*/
148 if(isset($_GET["ruta"])){
149 .....*/
150     $nombreTitulo=$_GET["ruta"];
151 .....*/
152     if($_GET["ruta"] == "inicio" ||
153        $_GET["ruta"] == "usuarios" ||
154        $_GET["ruta"] == "obreros" ||
155        $_GET["ruta"] == "scada" ||
156        $_GET["ruta"] == "salir"){
157 .....*/
158         include "modulos/".$_GET["ruta"].".php";
159 .....*/
160     }else{
161 .....*/
162         include "modulos/404.php";
163         $nombreTitulo="VENTAS SMART";
164 .....*/
165     }
166 .....*/
167 }else{
168 .....*/
169     include "modulos/inicio.php";
170 .....*/
171     $nombreTitulo="VENTAS SMART";
172 .....*/
173 }
174 .....*/
175 .....*/
176 .....*/
177 .....*/
178 .....*/
179 .....*/
180 include "modulos/footer.php";
181 .....*/
182 echo '</divs';
```

Figura 35-3: Programación del MVC modo vista programador en Sublime Text.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

Se programan las etapas de acceso en Sublime Text y los accesos conectados a una base de datos en la página web creada. En la figura 21-3 se aprecia la primera pantalla que es el Login, en la segunda pantalla se presenta el Sistema Automatizado con sus variaciones de nivel y de temperatura en tiempo real. En la figura 21-3 se visualiza las variables a controlar del proceso.

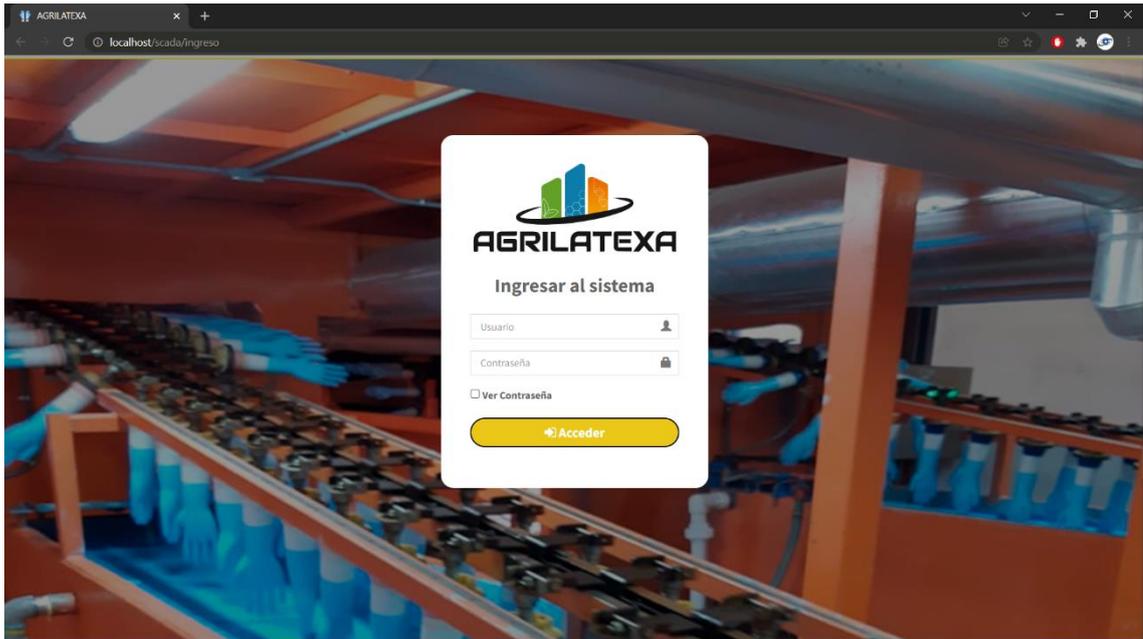


Figura 36-3: Pagina inicial de acceso al Sistema Automatizado.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

Para el control del sitio web del Sistema Automatizado se estableció usuarios y administradores para su monitoreo desde la pantalla HMI, aplicación para el dispositivo móvil. La figura 22-3 muestra dos administradores agregados.

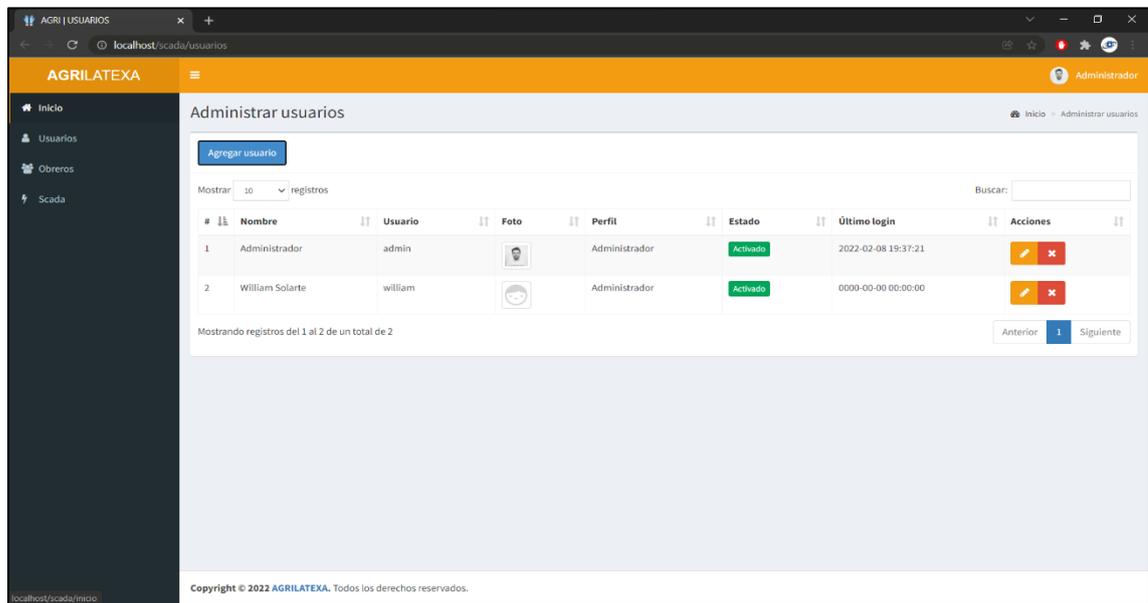


Figura 37-3: Pantalla Usuarios Administradores del Sistema Automatizado

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

La figura 23-3 muestra los usuarios creados que son los operadores de línea designados para monitorear el Sistema Automatizado desde cualquier parte a través de internet.

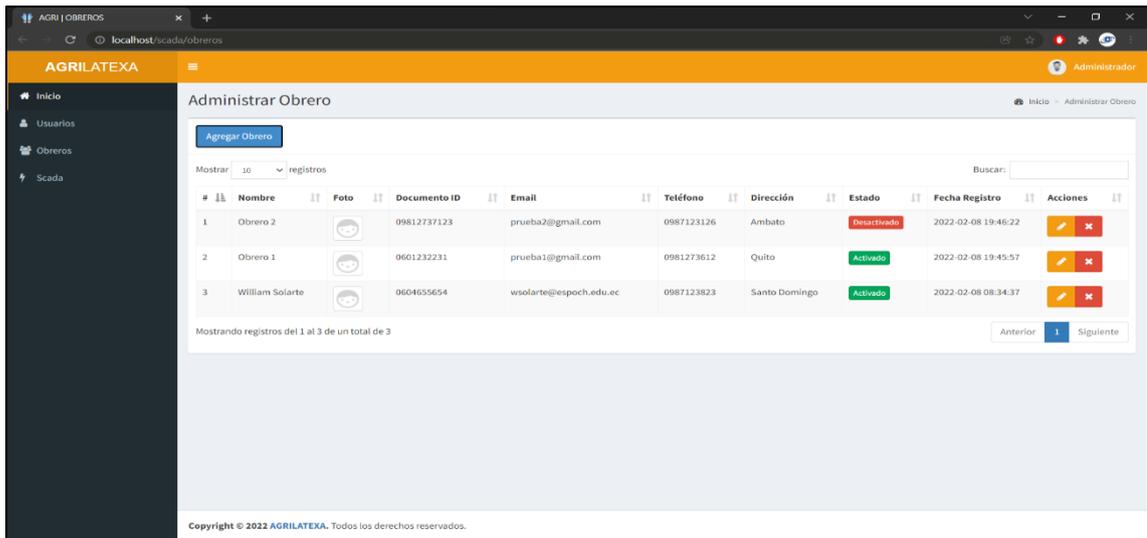


Figura 38-3: Pantalla Usuarios operadores de línea del sistema Automatizado.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

3.5. Montaje del tablero del Sistema Automatizado

Para la instalación del Sistema Automatizado se colocó una acometida de 220V para su alimentación, el sistema posee dos fuentes de corriente continua, una de 12VDC para alimentar la válvula solenoide que cierra y abre el paso del nitrilo, y otra de 5VDC para energizar la tarjeta Arduino Nano, las bobinas de los relés, el módulo de conexión wifi, la pantalla HMI y los sensores de nivel y de temperatura. La figura 24-3 muestra el tablero de control del Sistema Automatizado.



Figura 39-3: Tablero de control del Sistema Automatizado.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se detallan las pruebas realizadas para la validación del Sistema Automatizado, se consideraron pruebas de laboratorio y de campo. En las pruebas de laboratorio se calibraron los sensores de temperatura DS18B20 y los sensores de nivel JSN-SRO4T. Las pruebas de campo se llevaron a cabo en la línea de producción para verificar el correcto funcionamiento del Sistema Automatizado. También se midió el consumo total de corriente del Sistema Automatizado.

4.1. Evaluación del Sistema Automatizado

Para la evaluación de Sistema Automatizado se realizaron diversas mediciones con los sensores de temperatura DS18B20 y sensores de nivel JSN-SRO4T comparando con dispositivos patrones como: un termómetro infrarrojo GM320 para la temperatura, y para el nivel o distancia se utilizó un flexómetro.

4.1.1. Medición y comparacion de lecturas de los Sensores de Temperatura DS18B20

Con la finalidad de obtener valores reales de lectura del sensor de temperatura DS18B20 se comparó con un termómetro infrarrojo GM320 de marca Benetech cuya especificación se muestra en el anexo K. En la figura 1-4 se puede observar el valor de temperatura de la tina de nitrilo medido por el sensor de temperatura DS18B20 y el termómetro infrarrojo GM320.



Figura 40-4: Prueba de obtención de valores de Temperatura.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

De las mediciones realizadas se extrajo una muestra de 15 valores para su respectivo análisis como se muestra en la tabla 1-4, obteniendo un promedio de error absoluto 0.353 °C, que está dentro del rango de precisión del sensor que es de +/- 0,5 °C. De lo que se concluye que las mediciones del sensor DS18B20 son fiables y no existe un margen de error significativo.

Tabla 2-4: Mediciones de temperatura del nitrilo

N°	Equipo patrón: termómetro infrarrojo (°C)	Sistema Automatizado (°C)	Error Absoluto (°C)
1	36,3	37	0,7
2	40,5	40	0,5
3	40,1	40	0,1
4	38,5	38	0,5
5	39,3	39	0,3
6	38,4	38	0,4
7	39,8	40	0,2
8	40,2	40	0,2
9	39,4	39	0,4
10	38,3	38	0,3
11	39,7	40	0,3
12	40,3	40	0,3
13	38,6	39	0,4
14	40,4	40	0,4
15	39,7	40	0,3
PROMEDIO	39,3	39,2	0,353

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En el gráfico 1-4 se muestra la comparativa de los valores de temperatura del nitrilo tanto del Sistema Automatizado como del termómetro infrarrojo donde no existe mayor diferencia entre los valores.

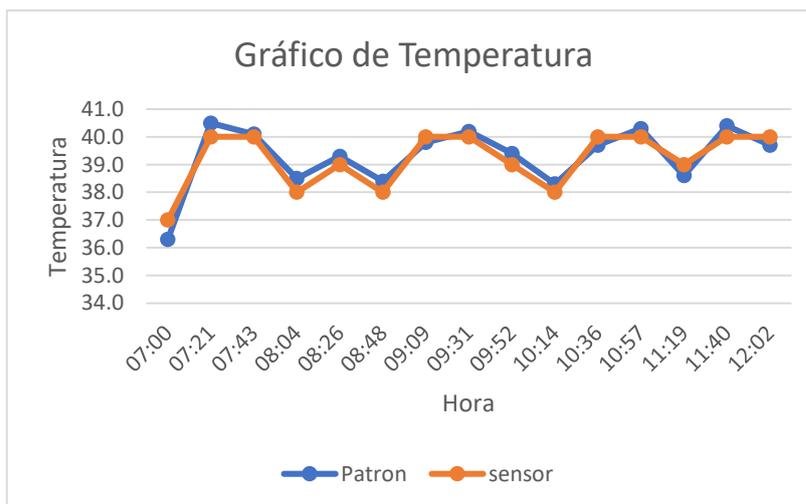


Gráfico 2-4: Gráfico comparación de valores de Temperatura entre termómetro infrarrojo y el Sistema Automatizado.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

4.1.2. Medición y comparación de lectura de los Sensores de Nivel JSN-SRO4T

Para realizar la medición con los sensores JSN-SRO4T, se utilizó como dispositivo patrón como el flexómetro el cual se muestra en la figura 2-4. El flexómetro permitió conocer la distancia que existe entre la ubicación del sensor JSN-SRO4T y el nitrilo requerido para la fabricación de los guantes, valor que coincide con el Sistema Automatizado que es de 48 cm.



Figura 41-4: Comparativa entre la medida del flexómetro con el Sistema Automatizado de los sensores JSN-SRO4T.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En la tabla 2-4 se muestran las mediciones de distancia realizadas con el flexómetro y el Sistema Automatizado, obteniendo un error promedio absoluto de 0,14 cm; lo cual es aceptable ya que el sensor JSN-SRO4T tiene una precisión de +/- 0.3 cm.

Tabla 3-4: Mediciones de distancia entre flexómetro y Sistema Automatizado.

N°	Equipo patrón: Flexómetro (cm)	Sistema de Automatizado (cm)	Error Absoluto (cm)
1	49,2	49	0,2
2	50,2	50	0,2
3	48,8	49	0,2
4	47,9	48	0,1
5	48,0	48	0
6	48,8	49	0,2
7	49,1	49	0,1
8	49,8	50	0,2
9	50,0	50	0
10	49,9	50	0,1
11	49,2	49	0,2
12	48,9	49	0,1
13	49,8	50	0,2
14	50,8	51	0,2
15	49,9	50	0,1
PROMEDIO	49,4	49,4	0,14

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En el gráfico 2-4 se muestra la comparativa de los valores de distancia obtenidos entre el flexómetro y el sensor JSN-SRO4T donde no existe mayor diferencia entre los valores.

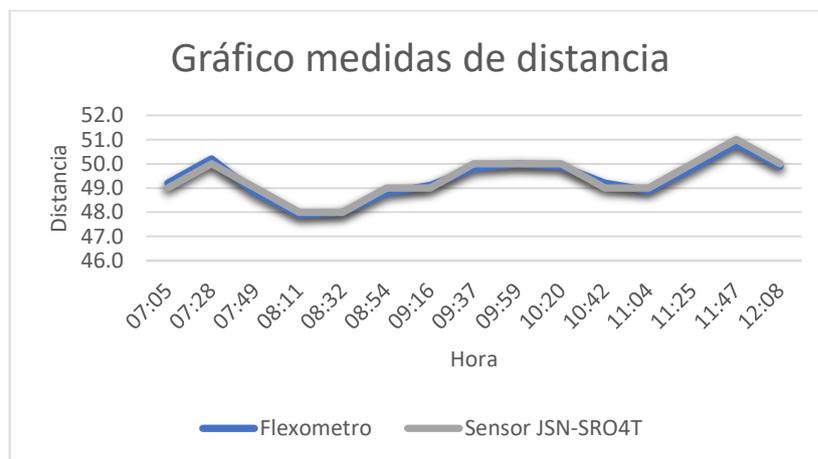


Gráfico 3-4: Gráfico comparativo de valores de distancia entre el sensor JSN-SRO4T y el flexómetro.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

4.1.3. Comparación del Sistema Automatizado actual con el Sistema Manual anterior

Se tomaron mediciones de nivel, temperatura y peso del error producido con el sistema manual instalado anteriormente en la línea de producción, y se compararon con las mediciones tomadas con el sistema automatizado instalado actualmente, con estos datos obtenidos se realizó el estudio estadístico y se determinó que el sistema automatizado instalado actualmente es mucho más eficiente y redujo el error producido en un 6,4%.

En la tabla 3-4 están registradas las mediciones del sistema manual en el momento que se realizó la inmersión de moldes, luego de 30 minutos saldrá el guante listo para ingresar al área de control de calidad, el valor del error se lo calculó tomando como referencia la cantidad total de nitrilo formulado a utilizar durante el día, cada 30 minutos se fueron tomando las mediciones incluido el pesaje, al finalizar la producción se procedió a calcular el error.

Tabla 4-4: Mediciones de datos con el Sistema Manual anterior.

N°	Hora	Nivel (cm)	Temperatura (°C)	Error Antes (kg)
1	7:30	48	43	0
2	8:00	49	43	5,81
3	8:30	50	42	4,95
4	9:00	51	41	5,05
5	9:30	49	40	4,22
6	10:00	49	42	5,46
7	10:30	50	44	6,53
8	11:00	50	45	5,13
9	11:30	49	44	4,36
10	12:00	50	43	5,78
11	12:30	51	41	5,63
12	13:00	50	41	6,25
13	13:30	50	42	4,62
14	14:00	49	43	5,27
15	14:30	50	44	6,81

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En la tabla 4-4 se procedió a realizar las mediciones con el Sistema Automatizado ya operando con intervalos de tiempo de 30 minutos y misma cantidad de nitrilo formulado que la tabla anterior y se obtuvo los siguientes datos.

Tabla 5-4: Mediciones de datos con el Sistema Automatizado actual.

N°	Hora	Nivel (cm)	Temperatura (°C)	Error después (kg)
1	7:30	48	40	0
2	8:00	48	40	1,87
3	8:30	48	40	1,95
4	9:00	48	40	1,85
5	9:30	48	40	1,52
6	10:00	49	41	1,76
7	10:30	48	40	1,83
8	11:00	48	39	1,63
9	11:30	48	40	1,86
10	12:00	48	40	1,78
11	12:30	49	40	1,63
12	13:00	48	40	1,75
13	13:30	48	41	1,92
14	14:00	48	40	1,77
15	14:30	48	40	1,81

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En la tabla 5-4 se presentan los valores obtenidos a partir de las tablas 3-4 y 4-4 que fueron los datos que se tomaron de referencia para realizar los cálculos donde se evidenció una diferencia significativa entre los dos sistemas siendo el sistema automatizado el más eficiente.

Tabla 6-4: Datos comparativos del Sistema Manual anterior y Sistema Automatizado actual.

Elementos	Sistema Manual anterior	Sistema Automatizado actual
Cantidad Nitrilo	4,8 m3	4,8 m3
Cantidad total en guantes	150000 u	150000 u
Peso guante (u)	5,3 g	5,3 g
Peso (kg)	795 kg	795 kg
Error (kg)	75,87 kg	24,93 kg
Error (u)	14315 u	4703
% Error	9,54 %	3,14 %

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En el gráfico 3-4 se muestra la comparación de la cantidad de error de producción en kg entre el Sistema Manual anterior y el Sistema Automatizado actual siendo este último muy superior en cuanto a ahorro en costos de producción siendo esto muy beneficioso para la empresa, ya que el porcentaje de error generado por el sistema automatizado está por debajo del 5 % que es el error permitido por la empresa.

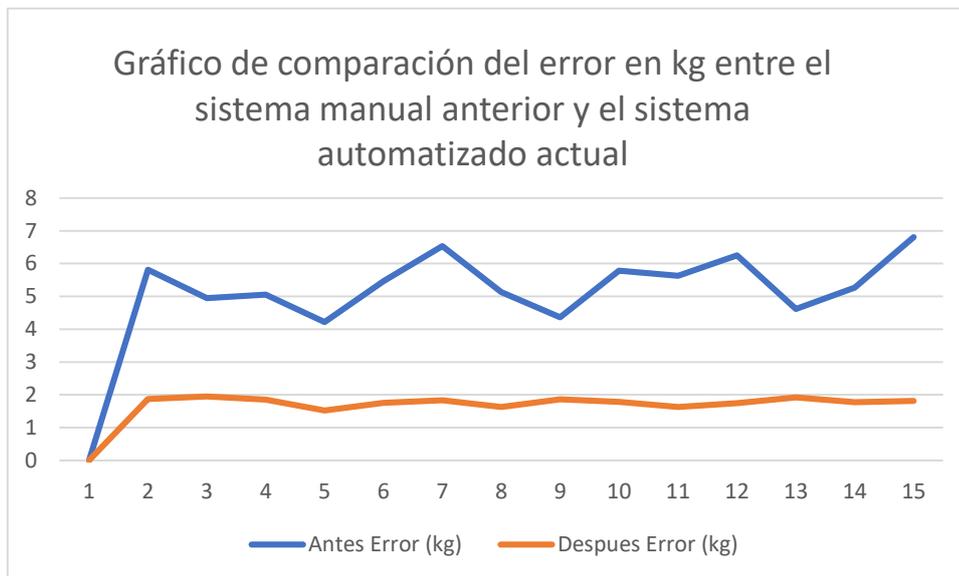
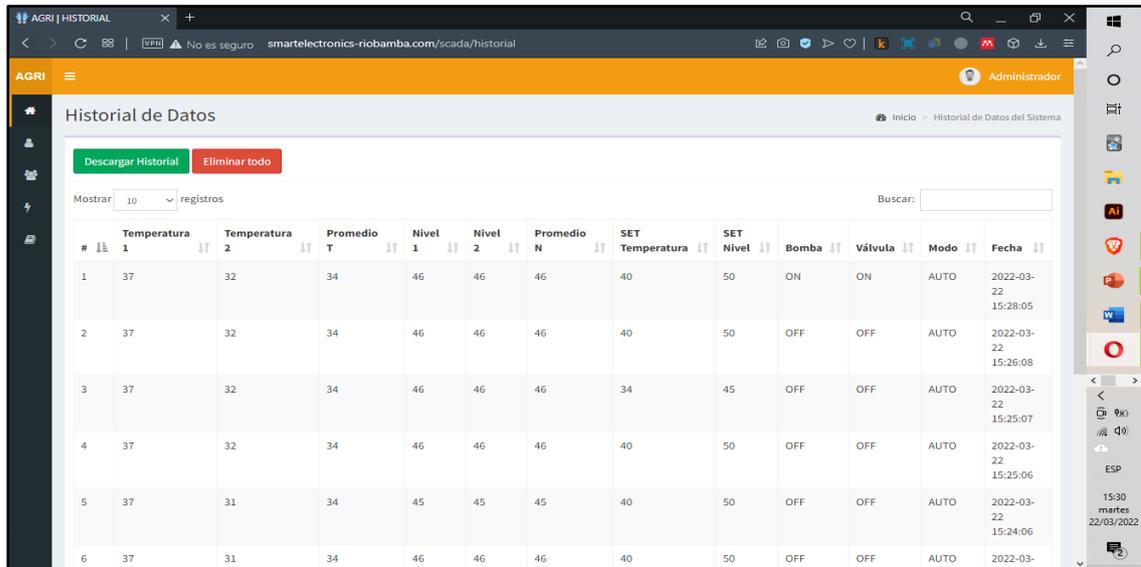


Gráfico 4-4: Gráfico comparativo de los valores de error entre el Sistema Manual anterior y el Sistema Automatizado actual.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

4.2. Pruebas de comunicación entre el Sistema Automatizado y la página web.

Se comprobó la comunicación entre el tablero de control y la página web, mediante la verificación de la actualización de los valores de temperatura, nivel, encendido de válvula y bomba del historial de datos que se observa en la figura 3-4.



The screenshot shows a web browser window with the URL 'smartelectronics-riobamba.com/scada/historial'. The page title is 'Historial de Datos' and it is accessed by an 'Administrador'. There are buttons for 'Descargar Historial' and 'Eliminar todo'. A search bar is present. The table below displays six records of system data.

#	Temperatura 1	Temperatura 2	Promedio T	Nivel 1	Nivel 2	Promedio N	SET Temperatura	SET Nivel	Bomba	Válvula	Modo	Fecha
1	37	32	34	46	46	46	40	50	ON	ON	AUTO	2022-03-22 15:28:05
2	37	32	34	46	46	46	40	50	OFF	OFF	AUTO	2022-03-22 15:26:08
3	37	32	34	46	46	46	34	45	OFF	OFF	AUTO	2022-03-22 15:25:07
4	37	32	34	46	46	46	40	50	OFF	OFF	AUTO	2022-03-22 15:25:06
5	37	31	34	45	45	45	40	50	OFF	OFF	AUTO	2022-03-22 15:24:06
6	37	31	34	46	46	46	40	50	OFF	OFF	AUTO	2022-03-

Figura 42-4: Historial de registro de valores de temperatura y nivel extraído de la página web

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

4.3. Pruebas de longitud del guante

Para verificar el funcionamiento del Sistema Automatizado se tomó medidas de la longitud de cada guante producido correspondientes a cada talla la cual se muestra en la figura 4-4.



Figura 43-4: Medición de Longitud del guante producido.

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En la tabla 3-4 se muestra los valores correspondientes al Setpoint de Nivel que debe establecer en el Sistema Automatizado para producir cada una de las tallas de los guantes con su respectiva longitud.

Tabla 7-4: Equivalencias de las tallas de los guantes producidos.

Talla	Longitud del guante (cm)	Setpoint Nivel (cm)
S	24	49
M	25	48
L	26	47

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

4.4. Pruebas de gramaje de los guantes de Nitrilo

Para comprobar el peso correcto del guante se realizó el pesaje respectivo. El peso del guante depende de la temperatura presente en las tinas de nitrilo, variando la temperatura en las tinas se logra reducir o aumentar el peso del guante, al variar el peso también varía el espesor del guante ya que son variables directamente proporcionales. El tamaño y peso del guante lo impone el departamento de producción cumpliendo con lo solicitado por los clientes de la empresa. En la figura 4-5 se presenta el pesaje del guante producido.

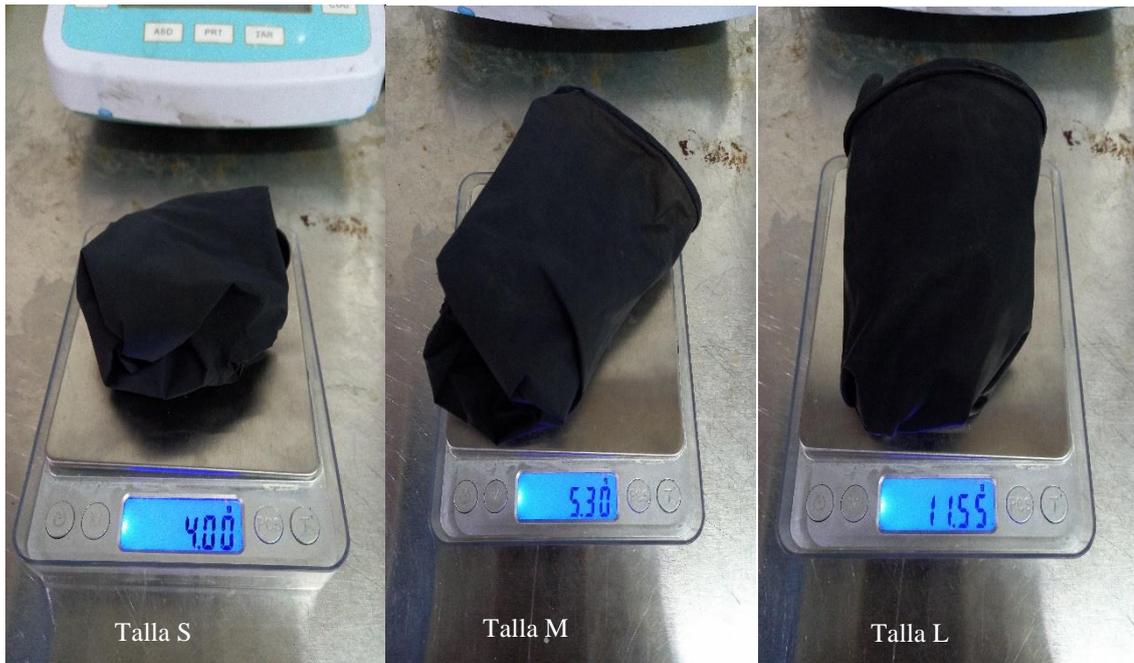


Figura 44-4: Pesaje del guante de Nitrilo

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En la tabla 4-4 se visualiza los valores correspondientes de talla, peso y temperatura del guante, estos datos fueron recabados en producción, cabe recalcar que no siempre el peso del guante es directamente proporcional con la talla, es de decir el cliente puede solicitar un guante de talla S con un peso de 11.55 gramos y así los valores relacionados van a variar.

Tabla 8-4: Peso del guante de Nitrilo según la talla.

Talla	Peso del guante (gr)	Setpoint Temperatura (°C)
S	4.00	36
M	5.30	40
L	11.55	45

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

4.5. Consumo Eléctrico del Sistema Automatizado

Con una pinza amperimétrica Fluke-376 se midió el consumo total del Sistema Automatizado y de los distintos componentes que lo conforman.

En la tabla 5-4 se detalla el consumo eléctrico del circuito de control, estos valores medidos permiten comparar si el consumo de cada dispositivo no varía con los valores dados por el fabricante.

Tabla 9-4: Consumo eléctrico del sistema de control.

Elemento	Consumo (mA)
Arduino nano	46
Esp32 Modulo wifi	50
Sensor DS18B20 (4mA x 2)	8
Sensor de Nivel JSN-SRO4T (8mA x 2)	16
Pantalla Nextion 7"	750
CONSUMO TOTAL	870

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En base a los valores de consumo independiente de cada dispositivo se determinó que el consumo total del circuito de control es de 870 mA.

El consumo eléctrico de los actuadores fue de 3100 mA como se muestra en la tabla 6-4.

Tabla 10-4: Consumo eléctrico de los actuadores.

Elemento	Consumo (mA)
Consumo válvula solenoide	600
Consumo de los Bomba Hidráulica	2500
CONSUMO TOTAL	3100

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

El consumo total del Sistema Automatizado fue 3970 mA que se muestra en la tabla 7-4.

Tabla 11-4: Consumo Total de Sistema del Automatizado.

Elemento	Consumo (mA)
Consumo del Circuito electrónico de control	870
Consumo eléctrico de los Actuadores	3100
CONSUMO TOTAL	3970

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

En base a los valores de consumo obtenidos nuestro sistema presenta un bajo consumo energético que representa un ahorro para la empresa.

4.6. Análisis Económico de la implementación del Sistema Automatizado

Se determinaron los elementos necesarios a utilizar para la implementación y ejecución del proyecto de tesis, se hizo el análisis de cada elemento y se eligieron los más idóneos tomando en cuenta la calidad y precio.

Tabla 12-4: Listado de elementos para la implementación del sistema automatizado.

CANT.	ELEMENTO	PRECIO	UTILIDAD
1	Modulo wifi ESP32 + antena	\$ 25,50	Sistema de Control
1	Pantalla HMI Nextion NX8048P070-011C	\$ 149,00	Sistema de Control
1	Arduino nano	\$ 19,50	Sistema de Control
1	Módulo de relés SHR0001	\$ 10,00	Sistema de Control
1	Fuente de poder 110/220 – 24 V	\$ 16,00	Sistema de Control
1	Placa PCB Sistema de Control	\$ 25,00	Sistema de Control
2	Sensor Temperatura sumergible DS18B20	\$ 12,50	Sistema de Control
2	Sensor de ultrasonido JSN-SR04T	\$ 40,00	Sistema de Control
1	Selector 2 posiciones camscro	\$ 2,00	Elementos Eléctricos
1	Breaker protección 6 Amp, 2 polos	\$ 8,00	Elementos Eléctricos
15	Bornera para cable 12 awg	\$ 3,75	Elementos Eléctricos
70	Cable concéntrico 3x16 awg	\$ 112,00	Elementos Eléctricos
1	Canaletas 5 cm x 2 m	\$ 3,00	Elementos Estructurales
1	Caja plástica 10x10 cm	\$ 15,00	Elementos Estructurales
1	Caja metálica con doble Fondo 40x60 cm	\$ 38,00	Elementos Estructurales
1	Riel din 2 m	\$ 5,00	Elementos Estructurales
20	Maguera funda sellada ½ “	\$ 30,00	Elementos Estructurales
3	Maguera funda sellada 2 “	\$ 15,00	Elementos Estructurales
6	Prensa estopa ½ “	\$ 1,50	Elementos Estructurales
8	Conectores ½ “	\$ 4,00	Elementos Estructurales
4	Condulets ½ “	\$ 6,00	Elementos Estructurales
1	Alquiler servidor sitio web	\$ 100,00	Servidor Web
1	Transporte, alimentación, varios	\$ 50,00	Viáticos
	TOTAL	\$690,75	

Realizado por: Solarte Wilian, Pilco Danny, 2022

De los elementos enlistados en la tabla 11-4 el 43% del presupuesto fue ocupado en el sistema de control 18% de representa los elementos eléctricos, el 17% del presupuesto se gastó en elementos estructurales, el 14% se destinó para el alquiler del servidor donde están almacenados todos los datos y archivos del sistema automatizado, y el 7% se utilizó en viáticos específicamente en pasajes, alimentación y gastos varios. Todo este conjunto de elementos sumó la cantidad \$ 690.75 USD, haciendo la comparación con el precio de un elemento que también se podría haber utilizado como el PLC Siemens S7-1200 fácilmente sobrepasa la cantidad de \$ 1000 USD sin mencionar los demás elementos que conforman el sistema automatizado, el sistema implementado resulta un gran ahorro para la empresa y para nosotros como desarrolladores de este trabajo de titulación.

CONCLUSIONES

- Se realizó la implementación de un Sistema Automatizado en la línea de producción de guantes, que permitió monitorear y controlar la temperatura y el nivel de nitrilo mediante una pantalla HMI, historial de los parámetros medidos y almacenados en una base de datos y visualizados en una página web, se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles para el monitoreo y control del sistema automatizado.
- En base a la normativa NEC 15.6.1 se concluyó las condiciones mínimas de la instalación eléctrica del Sistema Automatizado en la línea de producción de guantes como: uso de cajas para los sensores de nivel y temperatura y un gabinete metálico para montar el tablero de control, con el fin de proteger a los operadores de línea de riesgos eléctricos y preservar el Sistema Automatizado implementado.
- De las pruebas realizadas al Sistema Automatizado implementado, se verificó que no excede el error esperado de ± 0.5 °C, siendo un valor de 0.353 °C para el sensor de temperatura DS18B20. Para el sensor nivel JSN-SRO4T el error fue de 0.14 cm y no excede el error esperado de ± 1 cm, concluyendo que el Sistema Automatizado no incorpora error en los sensores y que las mediciones realizadas son fiables, con un consumo energético de 3970 mA.
- De las pruebas de comunicación se verificó que los valores medidos por los sensores de nivel y temperatura se registran en una base de datos para posteriores consultas y toma de decisiones en beneficio del sistema implementado.
- De las pruebas de longitud y gramaje del guante, se comprobó que al establecer un valor de Setpoint de nivel de 49 cm y de temperatura 36 °C, se obtuvo un guante de longitud de 24 cm, con un peso de 4 gramos, concluyéndose que el Sistema Automatizado mediante el ingreso de valores de Setpoint se puede controlar la longitud y peso del guante.

RECOMENDACIONES

- Incorporar al sistema automatizado una electroválvula proporcional, para tener un mayor rango de apertura y cierre, y así controlar el caudal del nitrilo que ingresa a las tinas aplicando algoritmos de control más robustos, ya que el sistema actual es de control ON/OFF.
- Incorporar alarmas que permita a los operadores de línea conocer los niveles de agua y nitrilo en los tanques de reserva, sin necesidad de la presencia física de un operador, y así obtener un sistema más autónomo.
- Estudiar la posibilidad de usar una placa de control más robusta que integre la comunicación Wifi, y la lectura de señales de entrada de los sensores con mayor capacidad de procesamiento.
- Realizar un mantenimiento periódico del sistema automatizado, para optimizar su rendimiento y preservar la vida útil de sus componentes.
- Se recomienda utilizar sensores con mejores características y desempeño para la lectura de las variables de nivel y temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

ALMAZÁN, B. Automatización y robótica para la producción. [en línea]. 2008. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion/>

ARCO, T. Válvulas Arco S.L. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://blog.valvulasarco.com/valvulas-de-seguridad-y-alivio-que-es-funciones-y-caracteristicas>

BAILEY, D. & WRIGT, E. Practical SCADA for Industry. IDC Technologies. [en línea]. 2003. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/practical-scada-for-industry/bailey/978-0-7506-5805-8>

CAHUEQUE, R. Diseño de una línea de inmersión para la producción de guantes a partir de látex natural en Guatemala [Universidad Rafael Landívar]. [en línea]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/02/02/Cahueque-Roberto.pdf>

COMEVAL. Válvulas Industriales, Glosario y Definiciones. Comeval.es;[en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.comeval.es/formacion/formacion-valvulas-industriales-glosario-definiciones/>

CURSOSAULA21. Qué es un HMI .cursosaula21. [en línea]. 2021a. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>

CURSOSAULA21. Redes de comunicación industrial. Cursosaula21. [en línea]. 2021b. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>

DETALLES DEL PRODUCTO - INDUSTRY MALL - SIEMENS SPAIN. .Mall industry siemens. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3RT20241AN20>

DISTRIBUCIONES, A. Guantes de nitrilo desechables. AEB Distribuciones. [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.bolsadevacio.es/guantes-de-nitrilo/>

DOCS.ARDUINO. docs.arduino.cc. Nano | Arduino documentation. [en línea]. 2021 Disponible en: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>

DS18B20 SENSOR TEMPERATURA. Programarfácil. [en línea]. 2021. Disponible en: <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>

EDIMAR. ¿Qué es un sistema HMI?. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://edimar.com/hmi-tipos-y-funciones/>

ELECTRONILAB. Electronilab. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://electronilab.com/tienda/modulo-rele-de-2-canales-salidas-optoacopladas/>

FITVALV. ACOTANGO: Fitvalv valvulas de aislamiento. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://fitvalv.cl/2019/07/29/categorias-de-valvulas-de-aislamiento/>

GARCÍA MORENO, E. Automatizacion de procesos Industriales. Editorial Universitat Politècnica de València. [en línea]. 2019. Disponible en: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true

GÓMEZ, J., REYES, R. & GUZMÁN DEL RÍO, D. Temas especiales de instrumentación y control [en línea]. 2020. (Cuba: Edit).

GOMEZ, P. Metodología para la propuesta de un sistema automatizado de la línea de inmersión en COAGULANTE Y LÁTEX para la fabricación de guantes de caucho en la empresa PROANTEX [en línea]. 2019. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23765/GomezNeiraPabloAndres2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GRM. GRM Válvulas e instrumentaión, s.l. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://www.grm.com.es/es/valvulas-de-regulacion-y-control/>

GSL. Características del guardamotor GSL Industrias. Recuperado el 2022, [en línea]. 2019. de <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/conoce-las-caracteristicas-de-un-guardamotor-siemens>

HAT, R. Red Hat. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>

HERNANDEZ, M. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de guantes industriales recubiertos de nitrilo para la creación de una empresa localizada en el Distrito Metropolitano de Quito [Escuela Politécnica Nacional]. [en línea]. 2012. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7795>

INDUSTRIAS, G. GSL Industrias. [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.industriagsl.com/blog/post/protocolos-de-comunicacion-industrial>

IOT, B. Protocolos de comunicación en IoT que deberías conocer. [en línea]. 2021. Disponible

en: <https://barbaraiot.com/blog/protocolos-iot-que-deberias-conocer/>

JÄMSA-JOUNELA. Future trends in process automation. Annual Reviews in Control, 211–220. [en línea]. 2007. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223763699_Future_trends_in_process_automation

LLAMAS, L. ¿Qué es MQTT? Su importancia como protocolo IoT. Zona Geek. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/que-es-mqtt-su-importancia-como-protocolo-iot/>

LOGICBUS. Sensores de Temperatura tipo Termopar. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.logicbus.com.mx/termopares.php>

MALL.INDUSTRY.SIEMENS. 3RT2024-1AN20 [en línea]. 2019. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/3RT20241AN20>

MARIANO. Caucho nitrilo (NBR) | Tecnología de los Plásticos. [en línea]. 2012. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/01/el-caucho-nitrilo-tambien-conocido-como.html>

MECAFENIX. Ingeniería Mecafenix. [en línea]. 2017. Recuperado el 2022, de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/guardamotor/>

MICRONICA. Sensores, actuadores y elementos del sistema de control. [en línea]. 2017. Disponible en: http://www.micronica.es/files/pdfs/SIHD/SIHD_Sens_Actu_EC.pdf

MORENO, E. & VILLANUEVA, R. Automatización de procesos industriales. Universidad Politécnica de Valencia. [en línea]. 1999. Disponible en: https://gdocu.upv.es/alfresco/s/ervice/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true

NAYLAMPMECHATRONICS. (s.f.). Válvula solenoide 3/4" 12VDC (NC). [en línea]. 2019. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/valvulas/826-valvula-solenoide-3p4-pulg-12vdc.html>

NEC. Norma Ecuatoriana de Construcción. Instalaciones Electromecánicas. [en línea]. 2013. Disponible en: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECANICAS2013.pdf>

NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI. NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI [en línea]. 2022. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html>

OBREGÓN, J. Diseño e implementación de un sistema automatizado para envasado de fluidos semipastosos tarrinera n°2, para la empresa EPACEM S.A en la ciudad de Santo Domingo. 114. [en línea]. 2017. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8988>

PARASURAMAN, R. Designing automation for human use: empirical studies and quantitative models. Ergonomics. [en línea]. 2000. Disponible en: <http://hj.diva-portal.org/smash/get/diva2:1047628/FULLTEXT01.pdf>

PEPPERL+FLUCHS. Pepperl+Fluchs SE. [en línea]. 2020. Disponible en: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_492.htm?view=productgroupoverview

PÉREZ, E. Los sistemas SCADA en la automatización industrial. Revista Tecnología en Marcha, 28(4), 3. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2438>

PRODUCT DETAILS - INDUSTRY MALL - SIEMENS WW. 3RV2011-1FA10. [en línea]. 2022. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/3RV2011-1FA10>

RAMOS, S. Guantes de nitrilo, la importancia de una buena materia prima. [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.sts-proteccion.com/blog/guantes-de-nitrilo-la-importancia-de-una-buena-materia-prim>

ROCA, A. Control automático de procesos industriales. [en línea]. 2022. doi:9788499698748

SALTIVERI, D. Interfaz Humano-Máquina (HMI): una solución completa para tender puentes entre IT y OT. [en línea]. 2022. Disponible en: <https://blogspanol.se.com/industria/2020/10/14/interfaz-humano-maquina-hmi-una-solucion-completa-para-tender-puentes-entre-it-y-ot/>

SANCHIS, R., ROMERO, J. & ARIÑO, C. Automatización Industrial. En Universitat Jaume [en línea]. 2010. (Vol. 1, Número 1).

UELECTRONICS. Sensor JSN-SR04T. (s.f.). [en línea]. 2019. Disponible en: <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2018/10/JSN-SR04T-2.0.pdf>

SMITH, C., & CORRIPIO, A. Control automático de procesos – teoría y práctica. limusa. [en línea]. 2014.

SOLORZANO, R. Principios Ingenieriles Básicos - Bombas Hidráulicas. **POWER&MOTION.** Principios ingenieriles básicos de bombas hidraulicas. [en línea]. 2016. Disponible en: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-bsicos-bombas-hidrulicas>

SPECTRIS, O. Omega Engineering Inc. [en línea]. 2022. Disponible en <https://mx.omega.com/prodinfo/termometro-infrarrojo.html>

UNICROM ADMINISTRADOR. ¿Qué es un contactor? Electrónica Unicrom. [en línea]. 2019. Disponible en. <https://unicrom.com/contactor/>

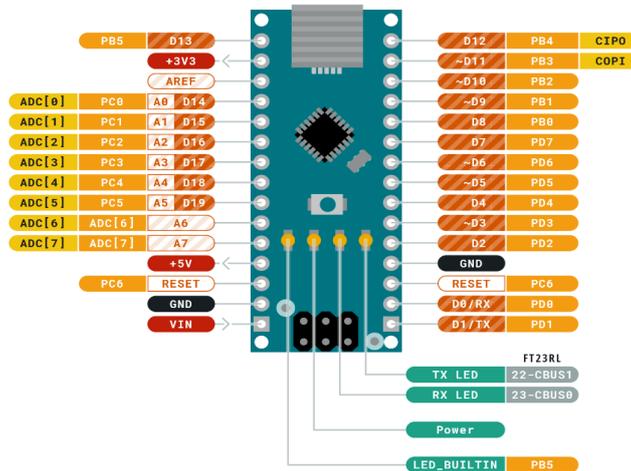
YUAN, M. Conozca MQTT. IBM Developer. [en línea]. 2022. Disponible en: <https://developer.ibm.com/es/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>

ANEXOS

ANEXO A: DATOS TÉCNICOS DEL ARDUINO NANO



**ARDUINO
NANO**



Legend for pin types:

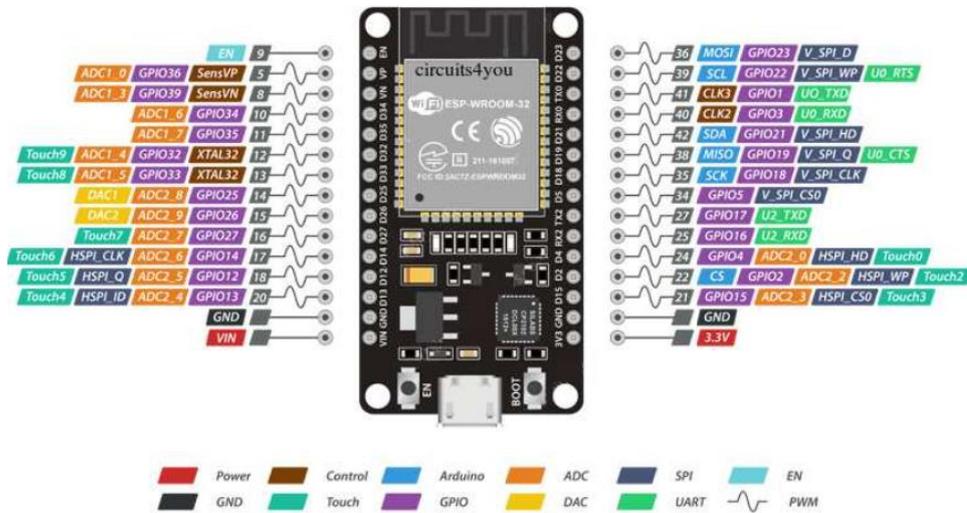
- Ground (Black square)
- Internal Pin (Grey square)
- Digital Pin (Orange square)
- Microcontroller's Port (Yellow square)
- Power (Red square)
- SWD Pin (Brown square)
- Analog Pin (Light blue square)
- LED (Green square)
- Other Pin (White square)
- Default (Yellow square)

ARDUINO . CC BY SA

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

CARACTERÍSTICAS DEL ARDUINO NANO	
Arquitectura	AVR
Voltaje de operación	5 V
Memoria flash	32 KB de los cuales 2 KB utilizados por bootloader
SRAM	2 KB
Velocidad del reloj	16 MHz
Pines de E/S analógicas	8
EEPROM	1 KB
Corriente continua por pin entrada salida	40 mA (Pines de E/S)
Voltaje de entrada	7-12 V
Pines de E/S digitales	22
Pines de salida PWM	6
Consumo de energía	19 mA
Tamaño de la placa de circuito impreso	18 x 45 mm
Peso	7 g

ANEXO B: DATOS TÉCNICOS DEL MODULO WIFI ESP32



ESP32 Dev. Board Pinout

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- Placa: ESP32 DEVKIT V1 (Espressif)
- SoM: ESP-WROOM-32 (Espressif)
- SoC: ESP32 (ESP32-D0WDQ6)
- CPU: Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Procesador secundario: Permite hacer operaciones básica en modo de ultra bajo consumo
- Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Memoria:
 - 448 KByte ROM
 - 520 KByte SRAM
 - 16 KByte SRAM in RTC
- QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes
- Pines: 30
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Pines PWM: 16
- Pines Analógicos ADC: 18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
- Convertor Digital a Analógico DAC: 2 (8bit)
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Antena en PCB
- Seguridad:
 - Estandares IEEE 802.11 incluyendo WFA, WPA/WPA2 and WAPI
 - 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers
 - Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG
- Dimensiones: 55*28 mm
- Peso:

ANEXO C: DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE NIVEL

JSN-SR04T-2.0

20-600 cm Ultrasonic Waterproof Range Finder

JSN-SR04T-2.0 ultrasonic distance measurement module can provide 20cm-600cm non-contact distance sensing function, ranging accuracy up to 2mm; module includes the transceiver of an integrated ultrasonic sensor and control circuit. Mode one usage and the Division's JSN-SR04T-2.0 module.

This product adopts industrial-grade integrated ultrasonic probe design, waterproof type, stable performance, all the MCU on the market. 1, the module performance is stable, the measurement distance is accurate. And foreign SRF05, SRF02 and other ultrasonic rangefinder module comparable. Module high precision, blind (20cm), stable range is the product successfully to the market a strong basis.

Features:

1. small size, easy to use;
2. low voltage, low power consumption;
3. high precision measurement;
4. strong anti-interference;
5. integrated closed waterproof cable probe, suitable for wet, bad measurement occasions

Specifications:

	Pulse width output / Serial Output
Operating Voltage	DC 3.0-5.5V
Working current	Less than 8mA
Probe frequency	40KHz
Farthest range	600cm
Recent range	20cm
Distance accuracy	+/- 1cm
Resolution	1mm
Measuring angle	75 degree
Enter the trigger signal	1,10uS above the TTL pulse 2, the serial port to send instructions 0X55
Output the echo signal	Output pulse width level signal, or TTL
Wiring	3-5.5V (power positive) Trig (RX) RX Echo (output) TX GND (power supply negative)
Product Size	L42 * W29 * H12 mm
Operating temperature	-20 ° C to + 70 ° C
Product color	PCB board is blue

ANEXO D: DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20

Click [here](#) for production status of specific part numbers.

DS18B20

Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

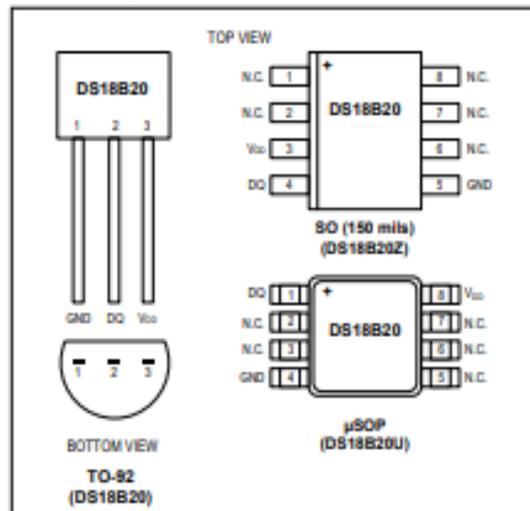
Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
 - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
 - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
 - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
 - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
 - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin µSOP, and 3-Pin TO-92 Packages

Pin Configurations



Ordering Information appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....-0.5V to +6.0V
 Operating Temperature Range.....-55°C to +125°C

Storage Temperature Range.....-55°C to +125°C
 Solder Temperature.....Refer to the IPC/JEDEC
 J-STD-020 Specification.

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; $V_{DD} = 3.0V$ to $5.5V$)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite power	+3.0		+5.5	V
		Local power	+3.0		V_{DD}	
Thermometer Error	I_{ERR}	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-30°C to +100°C			±1	
		-55°C to +125°C			±2	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V_{IH}	Local power	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$	V
		Parasite power	+3.0			
Sink Current	I_L	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA
Standby Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$ (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)		5		µA
Drift		(Note 11)		±0.2		°C

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU} . In order to meet the V_{IH} spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.

Note 3: See typical performance curve in Figure 1. Thermometer Error limits are 3-sigma values.

Note 4: Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

Note 5: To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.

Note 6: Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

Note 7: Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.

Note 8: To minimize I_{DD} , DQ should be within the following ranges: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.

Note 9: Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

Note 10: DQ line is high ("high-Z" state).

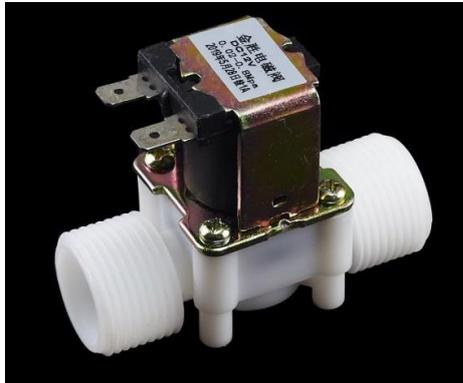
Note 11: Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with $V_{DD} = 5.5V$.

AC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; $V_{DD} = 3.0V$ to $5.5V$)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Conversion Time	t_{CONV}	9-bit resolution			93.75	ms
		10-bit resolution			187.5	
		11-bit resolution			375	
		12-bit resolution			750	
Time to Strong Pullup On	t_{SPON}	Start convert T command issued			10	µs
Time Slot	t_{SLOT}	(Note 12)	60		120	µs
Recovery Time	t_{REC}	(Note 12)	1			µs
Write 0 Low Time	t_{LOW0}	(Note 12)	60		120	µs
Write 1 Low Time	t_{LOW1}	(Note 12)	1		15	µs
Read Data Valid	t_{RDV}	(Note 12)			15	µs
Reset Time High	t_{RSTH}	(Note 12)	480			µs
Reset Time Low	t_{RSTL}	(Notes 12, 13)	480			µs
Presence-Detect High	t_{PDHIGH}	(Note 12)	15		60	µs
Presence-Detect Low	t_{PDLOW}	(Note 12)	60		240	µs
Capacitance	$C_{IN/OUT}$				25	pF

ANEXO E: DATOS TÉCNICOS ELECTROVALVULA SELENOIDE 3/4



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de operación: 12V DC
- Corriente de operación: 0.6A
- Potencia consumo: 8W
- Temperatura de funcionamiento: 5°C a 100°C
- Presión de funcionamiento mínima: 0.02 MPa (0.2 Bar = 2.04 mca)
- Presión de funcionamiento máximo: 0.8 MPa (8 Bar = 81.6 mca)
- Tiempo de respuesta (apertura): ≤ 0.15 s
- Tiempo de respuesta (cerrado): ≤ 0.3 s
- Conector tubería: Rosca externa 3/4" NPS Macho
- Reposo: Normalmente cerrado (NC)
- Tipo de válvula: Diafragma
- Adecuado para agua y fluidos de baja viscosidad
- No se recomienda para aplicaciones que usan solo la gravedad, por la presión mínima de funcionamiento
- Material cuerpo: Plástico ABS
- Dimensiones: 72*60*34 mm
- Peso: 103 gramos

APLICACIONES

- Domótica
- Automatización Industrial
- Riego automatizado
- Agricultura de precisión

ANEXO F: DATOS TÉCNICOS DEL CONTACTOR DE POTENCIA 3RT2

SIEMENS

Hoja de datos

3RT2024-1AN20

Contactora de potencia, AC-3 12 A, 5,5 kW/400 V 1 NA + 1 NC, 220 V AC 50/60 Hz, 3 polos tamaño S0, conexión por tornillo

nombre comercial del producto	SIRIUS
designación del producto	Contactora de potencia
denominación del tipo de producto	3RT2
Datos técnicos generales	
tamaño del contactor	S0
ampliación del producto	
• módulo de función para comunicación	No
• interruptor auxiliar	Si
pérdidas [W] con valor asignado de la intensidad	
• con AC en estado operativo caliente	1,5 W
• con AC en estado operativo caliente por polo	0,5 W
• sin componente de corriente de carga típico	7,9 W
tensión de aislamiento	
• del circuito principal con grado de contaminación 3 valor asignado	690 V
• del circuito auxiliar con grado de contaminación 3 valor asignado	690 V

ANEXO G: DATOS TÉCNICOS DEL GUARDAMOTOR 3RV2011-1FA10

SIEMENS

Hoja de datos

3RV2011-1FA10


Interruptor automático tamaño S00 para protección de motores, CLASE 10
 Disparador por sobrecarga con retardo según intensidad 3,5...5 A
 Disparador de cortocircuito 65 A borne de tornillo poder de corte estándar

nombre comercial del producto	SIRIUS
designación del producto	Interruptores automáticos
tipo de producto	para protección de motores
denominación del tipo de producto	3RV2
Datos técnicos generales	
tamaño constructivo del interruptor automático	S00
tamaño del contactor combinable específico de la empresa	S00, S0
ampliación del producto interruptor auxiliar	Si
pérdidas [W] con valor asignado de la intensidad	
• con AC en estado operativo caliente	7,25 W
• con AC en estado operativo caliente por polo	2,4 W
tensión de aislamiento con grado de contaminación 3 con AC valor asignado	690 V
resistencia a tensión de choque valor asignado	6 kV
tensión máxima admitida para separación de protección	
• en redes con neutro aislado entre circuito principal y auxiliar	400 V
• en redes con neutro a tierra entre circuito principal y auxiliar	400 V
resistencia a choques según IEC 60068-2-27	25g / 11 ms
vida útil mecánica (ciclos de maniobra)	
• de contactos principales típico	100 000
• de los contactos auxiliares típico	100 000
vida útil eléctrica (ciclos de maniobra) típico	100 000
modo de protección Ex según Directiva ATEX 2014/34/UE	Ex II (2) GD
certificado de aptitud según Directiva ATEX 2014/34/UE	DMT 02 ATEX F 001
designaciones de referencia según IEC 81346-2:2009	Q
Directiva RoHS (fecha)	01.10.2009
Condiciones ambiente	
altitud de instalación con altura sobre el nivel del mar máx.	2 000 m
temperatura ambiente	
• durante el funcionamiento	-20 ... +60 °C
• durante el almacenamiento	-50 ... +80 °C
• durante el transporte	-50 ... +80 °C
compensación de temperatura	-20 ... +60 °C
humedad relativa del aire durante el funcionamiento	10 ... 95 %
Circuito de corriente principal	

número de polos para circuito principal	3
valor de respuesta ajustable para corriente del disparador de sobrecarga dependiente de la corriente	3,5 ... 5 A
tensión de empleo	
• valor asignado	690 V
• valor asignado	20 ... 690 V
• con AC-3 valor asignado máx.	690 V
frecuencia de empleo valor asignado	50 ... 60 Hz
intensidad de empleo valor asignado	5 A
intensidad de empleo	
• con AC-3 con 400 V valor asignado	5 A
potencia de empleo	
• con AC-3	
— con 230 V valor asignado	1,1 kW
— con 400 V valor asignado	1,5 kW
— con 500 V valor asignado	2,2 kW
— con 690 V valor asignado	4 kW
frecuencia de maniobra	
• con AC-3 máx.	15 1/h
Círculo de corriente secundario	
número de contactos NC para contactos auxiliares	0
número de contactos NA para contactos auxiliares	0
número de contactos conmutados para contactos auxiliares	0
Protección/ Vigilancia	
función del producto	
• detección de defectos a tierra	No
• detección de pérdida de fase	Sí
clase de disparo	CLASS 10
tipo de disparador por sobrecarga	térmico
poder de corte corriente de cortocircuito de servicio (Ics) con AC	
• con 240 V valor asignado	100 kA
• con 400 V valor asignado	100 kA
• con 500 V valor asignado	100 kA
• con 690 V valor asignado	4 kA
poder de corte corriente de cortocircuito límite (Icu)	
• con AC con 240 V valor asignado	100 kA
• con AC con 400 V valor asignado	100 kA
• con AC con 500 V valor asignado	100 kA
• con AC con 690 V valor asignado	6 kA
valor de respuesta de corriente del disparador instantáneo de cortocircuito	65 A

ANEXO H: DATOS TÉCNICOS DE LA BOMBA 1HP



0.5HP Electric Auto Pressure Self-Priming Centrifugal Jet Centrifugal Peripheral Water Pump

Max.Head: 30-50m

Max.Capacity: <50 L/min

Driving Type: Motor

Material: Cast Iron

Structure: Single-stage Pump

Assembly: Booster Pump

Basic Info.

Model NO.	PS139/550/750, PS128/528/728	Power	Electric
Start Up	Electric Pump	Type	Domestic Pump
Industry	Surface Pump	Media	Clean Water
Performance	Automatic Pump	Theory	Centrifugal Pump
Motor Shaft	45#/304# Stainliss Steel	Brand	OEM
Motor Sheet	Cold Silicon Rolling Sheet	Mechanical Seal	NBR/Ceramic/Carbon
Insulation	B/F	Protection	IP44
Stator	Silicon Steel Sheet Cold Rolling	Rator	Silicon Steel Sheet Cold Rolling
Transport Package	Foam+Carton+Pallet	Specification	Self-Priming Pump
Trademark	GORDON	Origin	Fu'an China
HS Code	8413709990	Production Capacity	500000 PCS/Year

Product Description

Company Info.

Customer Question & Answer (3)

Product Description

Pump

- >> Pump Body: cast iron & support under special anti-rust treatment
- >> Impeller: stainless steel impeller, brass impeller, ppo impeller
- >> Mechanical Seal: carbon / ceramic / Stainless Steel

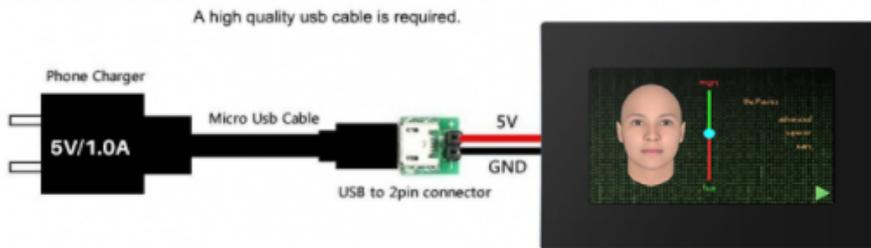
Motor

- >> Built-in thermal protector for single phase motor
- >> Motor with copper winding
- >> Motor Housing: Steel-plate, Aluminum alloy
- >> C&U bearing
- >> AISI 304 shaft or 45# carbon steel

Working Range

- >> Liquid: clean liquids without suspended solids, non-aggressive
- >> Liquid temperature: -10°C and +100°C
- >> Ambient temperature up to +40°C
- >> Max. working pressure 10 bar
- >> Continous service S1
- >> Insulation: B
- >> Protection: IP44

ANEXO I: DATOS TÉCNICOS DE LA PANTALLA TOUCH NEXTION 7 PULGADAS



Nextion Models

Nextion Type	Intelligent Series
Nextion Models	NX8048P070-011C-Y (7.0 inch capacitive touchscreen with enclosure)

Specifications

	Data	Description
Color	65K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	218.1mm(L)×150mm(W)×22.5mm(H)	NX8048P070-011C-Y
Active Area (A.A.)	164.90mm(L)×100.00mm(W)	
Visual Area (V.A.)	154.08mm(L)×85.92mm(W)	
Resolution	800×480 pixel	Also can be set as 480×800
Touch type	Capacitive	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	300nit	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	470g	

Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	6.5	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	530	750	mA
	SLEEP Mode	-	170	-	mA
Power supply recommend : 5V, 1.0A, DC					

Working Environment & Reliability Parameter

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

ANEXO J: PROGRAMACION ARDUINO NANO

```
1 #include <Nextion.h>
2 #include <SoftwareSerial.h>
3 #include <DallasTemperature.h>
4
5 #define motor 6
6 #define valve 7
7 #define ECHO 8
8 #define TRIG 9
9 #define ECHO2 10
10 #define TRIG2 11
11
12 const int pinDatosDQ = 12; // Sensores de temperatura
13 OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
14 DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
15
16 int temperatur1;
17 int temperatura2;
18 int distancia1;
19 int distancia2;
20 int promTemperatura;
21 int promNivel;
22
23 unsigned long previousMillis = 0;
24 const long interval = 1000;
25 unsigned long previousMillis2 = 0;
26 const long interval2 = 1000;
27
28 int setNivel = 60; // min 30 max 80


---


29 int setTemperatura = 25; // 25 max 50
30
31 int nivelcomp = 0;
32 int nivelcomp2 = 0;
33
34 int tempcomp = 0;
35 int tempcomp2 = 0;
36
37 boolean inicio = false;
38
39 unsigned long previousMillis3 = 0;
40 const long interval3 = 1000;
41 unsigned long previousMillis4 = 0;
42 const long interval4 = 5000;
43
44 SoftwareSerial mySerial(2, 3); // Nextion TX to pin 2 and RX to pin 3 of Arduino
45 Nextion myNextion(mySerial, 9600); // create a Nextion object named myNextion using the nextion serial port @ 9600bps
46
47 boolean estadoBomba = false;
48 boolean estadoValvula = false;
49 boolean estadoModo = false; // 1 PARA AUTOMATICO 0 PARA MANUAL
50
51 boolean estadoAutoB1 = false;
52 boolean estadoAutoB2 = false;
53 boolean estadoAutoV1 = false;
54 boolean estadoAutoV2 = false;
55 boolean estadoManualDato = false;
```

```

56 |
57 | int temperaturaSiguiente1 = 1;
58 | int temperaturaSiguiente2 = 1;
59 | int distanceSiguiente1 = 1;
60 | int distanceSiguiente2 = 1;
61 | int promTemperaturaSiguiente = 1;
62 | int promNivelSiguiente = 1;
63 | String BS = "BOFF";
64 | String VS = "VOFF";
65 | String MS = "MANUAL";
66 |
67 | void setup() {
68 |
69 |     Serial.begin(9600);
70 |
71 |     pinMode(TRIG, OUTPUT);
72 |     pinMode(ECHO, INPUT);
73 |     pinMode(TRIG2, OUTPUT);
74 |     pinMode(ECHO2, INPUT);
75 |     pinMode(valve , OUTPUT);
76 |     pinMode(motor , OUTPUT);
77 |     digitalWrite(valve , HIGH);
78 |     digitalWrite(motor , HIGH);
79 |
80 |     myNextion.init();|
81 |     myNextion.sendCommand("rest");
82 |
83 |     myNextion.setComponentText("bt1", "VALVULA ON"); // update text using original sensor value
84 |     myNextion.setComponentText("bt2", "BOMBA ON"); // update text using original sensor value
85 |     myNextion.setComponentText("bt00", "AUTOMATICO"); // update text using original sensor value
86 |     // para ocultar botones
87 |     Serial.print("LISTO");
88 |
89 | }
90 |
91 | void loop() {
92 |
93 |
94 |     if(inicio){
95 |         funcionLecturaESP();
96 |         funcionMedirSensores();
97 |         funcionImprimirDatos();
98 |     }
99 |     String message = myNextion.listen(); //check for message
100 | if (message != "") { // if a message is received...
101 |     // Serial.println(message);
102 |     if (message.indexOf("INICIO") != -1)
103 |     {
104 |         myNextion.setComponentText("bt1", "VALVULA ON"); // update text using original sensor value
105 |         myNextion.setComponentText("bt2", "BOMBA ON"); // update text using original sensor value
106 |         myNextion.setComponentText("bt00", "AUTOMATICO"); // update text using original sensor value
107 |     }
108 |     if (message.indexOf("valores:") != -1)
109 |     {
110 |         myNextion.setComponentText("bt1", "VALVULA ON"); // update text using original sensor value
111 |         myNextion.setComponentText("bt2", "BOMBA ON"); // update text using original sensor value
112 |         myNextion.setComponentText("bt00", "AUTOMATICO"); // update text using original sensor value
113 |
114 |         String valores2 = message.substring(8);
115 |         int num = message.indexOf('/');
116 |         String num1 = message.substring(8, num);
117 |         String num2 = message.substring(num + 2);
118 |         setTemperatura = num1.toInt();//nivel
119 |         setNivel = num2.toInt();//temperatura
120 |
121 |         setTemperatura = myNextion.getComponentValue("n0");
122 |         setNivel = myNextion.getComponentValue("n1");

```

```
123
124     Serial.println("T" + String(setTemperatura));
125     Serial.println("N" + String(setNivel));
126
127     Serial.println("T" + String(myNextion.getComponentValue("n0"));
128     Serial.println("N" + String(myNextion.getComponentValue("n1"));
129     inicio = true;
130 }
131
132 if (!estadoModo) {
133     if (message == "BB") {
134
135         if (!estadoBomba) {
136
137             funcionBomba(estadoBomba, true);
138             estadoBomba = true;
139             Serial.println("P1");
140         }
141         else {
142
143             funcionBomba(estadoBomba, true);
144             estadoBomba = false;
145             Serial.println("P2");
146         }
147     }
148     if (message == "VV") {
149
150         if (!estadoValvula) {
151             funcionValvula(estadoValvula, true);
152             estadoValvula = true;
153             Serial.println("L1");
154         }
155         else {
156             funcionValvula(estadoValvula, true);
157             estadoValvula = false;
158             Serial.println("L2");
159         }
160     }
161 }
162
163 if (message == "MM") {
164     if (!estadoModo) {
165         funcionModo(estadoModo, true);
166         estadoModo = true;
167         Serial.println("K1");
168     }
169 }
```

ANEXO K: : ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TERMOMETRO

GM320



MODEL: GM320

Infrared thermometer Instruction manual



Version: GM320-EN-00
7160320006 A0

-1-

A. Introduction

This infrared thermometer is used for measuring the temperature of the object's surface, which is applicable for various hot, hazardous or hard-to-reach objects without contact safely and quickly.

This unit consists of Optics, Temperature Sensor, Signal amplifier, Processing circuit and LCD Display. The Optics collect the infrared energy emitted by the object and focus it onto the sensor. Then the sensor translates the energy into an electrical signal. This signal will be turned out to be digital shown on the LCD after the signal amplifier and processing circuit.

B. Warning & Cautions

1. Warning:

To avoid the potential situation that may cause harm or damage to people, please pay attention to the following items:

- 1) Before you use this unit, check on the plastic housing carefully. If there is any damage, do not use it.
- 2) Do not point the laser directly at eye or indirectly off reflective surfaces.
- 3) Do not use this unit in the environment of explosive gas, steam or dust.

2. Caution:

To avoid the damage of the unit or the target, please protect from the following situations:

- 1). EMF (electro-magnetic fields) from arc welders, induction heaters.

-2-

- 2). Thermal shock (caused by large or abrupt ambient temperature changes) allow 30 minutes for unit to stabilize before use.

- 3). Do not leave the unit on or near objects of high temperature

C. Distance to Spot size

1. When taking measurement, pay attention to the Distance to Spot Size. As the Distance (D) from the target surface increases, the spot size (S) of the area measured by the unit becomes larger. The Distance to Spot size of the unit is 12:1

***This unit is equipped with a laser, which is used for aiming.

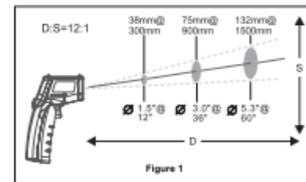


Figure 1

2. Field of view:

Make sure the target is larger than the unit's spot size. The smaller the target the closer the measurement distance. When accuracy is critical, make sure the target is at least twice as large as the spot size.

-3-

D. Emissivity

Most organic materials and painted or oxidized surfaces have an emissivity of 0.95 (pre-set in the unit). Inaccurate readings will result from measuring shiny or polished metal surfaces. To compensate, cover the target surface with masking tape or flat black paint. Measure the tape or painted surface when the tape or painted reach the same temperature as the material underneath.

E. Operation

1. Operating the unit:

- 1). Open the battery door and insert 2*1.5V AAA batteries properly;
- 2). Pull the trigger to turn on the unit;
- 3). Aim at the target surface and pull the trigger, then temperature will be shown on the LCD. This unit is equipped with a laser, which is only used for aiming.

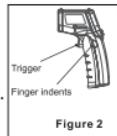


Figure 2

2. Locating a Hot Spot:

To find a hot spot, aim the thermometer outside of interest, then scan across with an up and down motion until you locate the hot spot. (Figure 3)

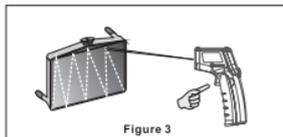


Figure 3

-4-

F. LCD Display & Buttons

1. LCD display: Figure 4

- a. Data hold icon
- b. Scanning icon
- c. Laser on icon
- d. Backlight on icon
- e. Low battery icon
- f. Fahrenheit unit
- g. Celsius unit
- h. Temperature reading

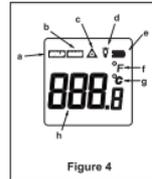


Figure 4

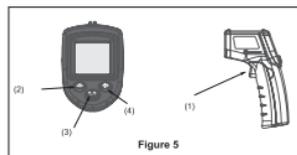


Figure 5

2. Buttons: Figure 5

- (1) Trigger: When pull the trigger, LCD display reading with SCAN icon. Release the trigger, display reading with HOLD icon for 7 sec(approx). Built-in 7 sec auto power off function.
- (2) Laser on/off button
- (3) Celsius / Fahrenheit switch button
- (4) Back light on/off button

-5-

G. Maintenance

1. Lens Cleaning:

Blow off loose particles using clean compressed air. Gently brush remaining debris away with a moist cotton swab. The swab may be moistened with water.

2. Case cleaning: Clean the case with a damp sponge/cloth and mild soap.

Note:

- 1) Do not use solvent to clean plastic lens.
- 2) Do not submerge the unit in water.

H. Specification

Temperature range	-50 ~ 400 °C (-58 ~ 752 °F)
Accuracy	0 °C ~ 400 °C (32 °F ~ 752 °F): ±1.5 °C (±2.7 °F) or ±1.5% -50 °C ~ 0 °C (-58 °F ~ 32 °F): ±3 °C (±5 °F) Whichever is greater
Resolution	0.1 °C or 0.1 °F
Repeatability	1% of reading or 1 °C
Response time	500 mSec, 95% response
Spectral response	5-14 μm
Emissivity	0.95 Preset
Distance to Spot size	12:1
Operating Temperature	0 ~ 40 °C (32 ~ 104 °F)
Operating Humidity	10~90%RH non-condensing. up to 30 °C (86 °F)
Storage Temperature	-20 ~ 60 °C (-4 ~ 140 °F)
Power	1.5V AAA*2 battery
Typical battery life	Laser off: 12 hrs

Specific Declarations:
Our company shall hold no any responsibility resulting from using output from this product as an direct or indirect evidence.
We reserves the right to modify product design and specification without notice.



-6-



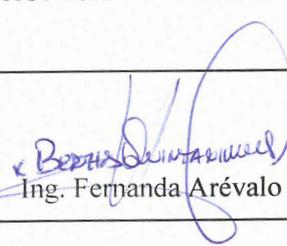
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14 / 09 / 2022

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: DANNY WALTER PILCO VALENTE WILIAN GERÓNIMO SOLARTE ROSAS
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable:  Ing. Fernanda Arévalo M.

