



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO**

*Simulación de un Sistema Automatizado de una línea de producción de Harina de  
Pescado en la Provincia de Santa Elena*

**JANER SAUL YAGUAL TUMBACO**

**Dirigido por:**

**Ing. Óscar Wladimir Gómez Morales, MBA.**

**LA LIBERTAD – 2023**

## **DEDICATORIA**

A mi padre Francisco Yagual, quien me afianzó en la elección de esta trayectoria profesional y me apoyó en mis estudios, el tesoro más preciado que supe recibir de él que, a pesar de no estar ahora, sé que siempre me guía y cuida de mí, y estaría orgulloso de este logro académico. ¡Sí se pudo, sí se puede y siempre se podrá!

A mi madre Esperanza Tumbaco, quien ha cultivado en mí resiliencia y fortaleza, quien además ha confiado en mí y me ha acompañado en muchos momentos, que gracias a ella junto a mis hermanos yo culmino este camino de aprendizaje.

**Janer Saul Yagual Tumbaco**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a mi familia que me ha brindado confianza y apoyo incondicional mientras gestionaba este logro académico.

A mis grandes amigos y colegas ingenieros: Robert S., Anniabel C., Steveen V., Gabriela S., que ayudaron afianzando el conocimiento recibido en las aulas y supieron guiar técnicamente con calidad y calidez durante este proceso de aprendizaje profesional.

A mis maestros e ingenieros Óscar Gómez Morales y Luis Chuquimarca Jiménez, que me brindaron su tiempo colaborándome con asesoría, orientándome técnicamente para desarrollar este trabajo académico en el área de Electrónica y Automatización Industrial.

**Janer Saul Yagual Tumbaco**

## FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

### Firma de responsabilidad del estudiante.

**Nombre:** Janer Saul Yagual Tumbaco

**Cédula:** 2450007121



-----  
**Firma**

### Firma de Responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto.

**Nombre:** Ing. Óscar Wladimir Gómez Morales, MBA.

**Cédula:** 0503358625

**Firma**

### Firma de Responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II.

**Nombre:** Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, Mgt.

**Cédula:** 1104610132

**Firma**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Componente Práctico del Examen Complexivo con título: **“Simulación de un sistema automatizado de una línea de producción de Harina de Pescado en la provincia de Santa Elena”**, elaborado por el estudiante Yagual Tumbaco Janer Saul, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 11 de diciembre del 2023.

-----  
**Ing. Óscar Wladimir Gómez Morales, MBA.**

# ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>Contexto y relevancia del tema</b> .....	11
<b>Objetivos</b> .....	13
<b>CAPÍTULO 1: Fundamentos Teóricos</b> .....	14
<b>1.1. Marco Conceptual</b> .....	14
<b>1.1.1. Sistema automatizado</b> .....	14
<b>1.1.2. Controlador lógico programable (PLC)</b> .....	14
<b>1.1.3. Dispositivos sensores</b> .....	16
<b>1.1.4. Equipos actuadores</b> .....	20
<b>1.1.5. Protocolos de comunicación</b> .....	24
<b>1.1.6. Topología de comunicación</b> .....	25
<b>1.1.7. Harina de Pescado: características físicas – químicas</b> .....	25
<b>1.1.8. Interfaz Humano - Máquina</b> .....	26
<b>1.1.9. Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) V16</b> .....	28
<b>1.1.10. Sistemas eléctricos industriales</b> .....	30
<b>1.1.11. Diagrama de Tuberías y de Instrumentación</b> .....	34
<b>1.2. Antecedentes</b> .....	35
<b>1.3. Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica</b> .....	38
<b>CAPÍTULO 2: Desarrollo Experimental</b> .....	40
<b>2.1. Plan de Implementación</b> .....	40
<b>2.1.1. Metodología del Proyecto</b> .....	41
<b>2.1.2. Componentes de la Propuesta</b> .....	42
<b>2.1.3. Esquema general para la simulación del Sistema Automatizado de una Línea de Producción de Harina de Pescado</b> .....	43
<b>2.2. Descripción de la solución propuesta</b> .....	44
<b>2.2.1. Esquema sistemático de la producción automatizada de Harina de Pescado</b> ...	46
<b>2.2.2. Procesos operativos para la producción continua de Harina de Pescado</b> .....	47
<b>2.3. Programación desarrollada para el Controlador PLC S7 1200 1212C AC/DC/RLY en TIA Portal</b> .....	51
<b>2.3.1. Empleo de PLCSIM como interfaz de simulación de procesos del TIA PORTAL</b> 59	
<b>2.3.2. Configuración para el diseño del Interfaz Operador – Máquina y comunicación con el Controlador Lógico Programable</b> .....	59
<b>2.4. Pruebas y puesta en marcha de la solución.</b> .....	62
<b>2.5. Resultados y Conclusiones</b> .....	73
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	74

## Índice de Figuras

Figura 1: Autómata Lógico Programable marca Siemens [5].	15
Figura 2: Configuración eléctrica de una Celda de Carga [7].	16
Figura 3: Placa electrónica del amplificador HX711 [9].	18
Figura 4. Esquema físico de termocupla tipo J [11].	19
Figura 5: Sensores de humedad relativa para un sistema de medición [14].	20
Figura 6: Válvula solenoide para vapor EV225B [16].	21
Figura 7: Motor Trifásico de 1200 RPM [17].	21
Figura 8: Representación 2D de un cilindro neumático de doble efecto	22
Figura 9: Válvula Solenoide de Aire Comprimido [18]	23
Figura 10: Red de Comunicación empleada en la propuesta. (Fuente: Autor).	24
Figura 11: Pantalla táctil TP900 Comfort marca Siemens [27].	28
Figura 12: Entorno de Desarrollo de Programación TIA Portal. (Fuente: Autor).	29
Figura 13: Programación en texto estructurado en TIA Portal. (Fuente: Autor).	29
Figura 14: Operación de encendido de un motor usando lenguaje KOP. (Fuente: Autor).	30
Figura 15: Participación del número de empresas dedicadas a la manufactura del pescado por provincia en el año 2019 en Ecuador [39].	36
Figura 16: Sistema automatizado simulado en PC con 8GB de RAM (Fuente: Autor)	43
Figura 17: Etapas para la Producción de Harina de Pescado. (Fuente: Autor. 2023).	46
Figura 18: Línea de Unidad de Descarga y Pesaje de Insumo. (Fuente: Autor).	47
Figura 19: Línea de Unidad de Cocción de Insumo. (Fuente: Autor)	48
Figura 20: Línea de Unidad de Prensado de Insumo. (Fuente: Autor)	49
Figura 21: Línea de Unidad de Secado de Insumo. (Fuente: Autor).	50
Figura 22: Programación para el Control General del Sistema. (Fuente: Autor).	51
Figura 23: Ladder para la marcha del sistema automatizado. (Fuente: Autor).	52
Figura 24: Programación para habilitación de bloques de funcion. (Fuente: Autor)	52
Figura 25: Lógica de escalera para pesaje de materia prima. (Fuente: Autor).	53
Figura 26: Instrucciones para activación y desactivación de salidas digitales. (Fuente: Autor).	53
Figura 27: Empleo de operaciones de temporización para salidas digitales. (Fuente: Autor).	54
Figura 28: Bloques para normalización y escalamiento de entradas analógicas. (Fuente: Autor).	54
Figura 29: Uso de comparadores para rango de operación de salidas. (Fuente: Autor).	55
Figura 30: Uso de un temporizador de pulso para activación de electroválvula. (Fuente: Autor).	55
Figura 31: Acondicionamiento de señal de entrada de humedad (Fuente: Autor).	56
Figura 32: Comparadores de valores analógicos en humedad en etapa de secado. (Fuente: Autor).	56
Figura 33: Programación de activación/desactivación de salidas por relé. (Fuente: Autor).	57
Figura 34: Conversión de entradas analógicas de humedad relativa en etapa de secado. (Fuente: Autor).	58
Figura 35: Uso de temporizadores para la activación por señales de salidas discretas. (Fuente: Autor).	58
Figura 36. Tabla de Variables de Entradas Físicas en Simulador Virtual. (Fuente: Autor).	59
Figura 37: Configuración de conexión entre PLC S7 1200 y HMI Comfort TP900. (Fuente: Autor).	60
Figura 38. Mímica para configuración de imagen para el diseño del HMI. (Fuente: Autor).	60
Figura 39: Aplicación de funciones para la comunicación entre variables del PLC y HMI. (Fuente: Autor).	61
Figura 40: Configuración de variables utilizadas en HMI para indicadores. (Fuente: Autor).	61
Figura 41: Presentación de pantalla de inicio del HMI. (Fuente: Autor).	62
Figura 42: Establecimiento de conexión entre la interfaz y PLC Virtual. (Fuente: Autor).	62

Figura 43. Conexión validada y observación en tiempo real de variables. (Fuente: Autor). .....	63
Figura 44. Asignación de variables físicas a usarse. (Fuente: Autor).....	63
Figura 45. Bloques de función energizadas mediante la marcha forzada del sistema. (Fuente: Autor).....	64
Figura 46: Mímica de Control General en marcha. (Fuente: Autor). .....	64
Figura 47: Activación de temporizador para el control de apertura de compuerta. (Fuente: Autor). .....	65
Figura 48: Mímica de etapa de Pesaje de Insumo. (Fuente: Autor). .....	65
Figura 49. Indicadores de luces pilotos de actuadores encendidos. (Fuente: Autor). .....	66
Figura 50: Desconexión de salidas por medio de temporizadores. (Fuente: Autor). .....	66
Figura 51: Cierre de Válvula de Purga de Condensado. (Fuente: Autor). .....	67
Figura 52: Normalización y escalamiento de valores de temperatura. (Fuente: Autor). .....	67
Figura 53. Seteo y reseteo de salidas mediante el comparador de valores. (Fuente: Autor). .....	68
Figura 54: Accionamiento de actuador del transportador helicoidal. (Fuente: Autor). .....	68
Figura 55: Presentación de Alarmas por Temperatura Alta. (Fuente: Autor). .....	69
Figura 56: Cambio de temperatura registrado en Histograma. (Fuente: Autor). .....	69
Figura 57: Circuito de mando de sistema automatizado. (Fuente: Autor). .....	70
Figura 58: Circuito de salidas del PLC. (Fuente: Autor). .....	71
Figura 59: Diagrama eléctrico de fuerza del sistema automático. (Fuente: Autor).....	72



## Índice de Tablas

Cuadro 1: Términos técnicos empleados en la propuesta .....	10
Cuadro 2: Características Operativas de Válvula [16].....	21
Cuadro 3: Datos Técnicos de Motor trifásico [17].....	22
Cuadro 4: Datos de placa de Válvula de Aire comprimido [18].....	23
Cuadro 5: Dispositivos para la protección eléctrica de equipos de potencia.....	33
Cuadro 6: Leyenda de variables usados en el esquema de control en línea de Cocción.....	71
Cuadro 7: Lista de Entradas y Salidas Digitales/Analógicas en las Etapas de Producción de Harina de Pescado. (Fuente: Autor. 2023).....	86

## NOMENCLATURA Y ABREVIATURAS

*Cuadro 1: Términos técnicos empleados en la propuesta*

Abreviatura	Significado
Queque	Insumo resultado del prensado generalmente por método de estrujamiento.
Scrap	Insumo resultado del secado principalmente por técnicas de vapor indirecto.
AO	Antioxidante para conservar la frescura de la harina después de ser sellada herméticamente en sacos y/o fundas.
ppm	Partes por millón, unidad de concentración de una sustancia sobre otra
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

## INTRODUCCIÓN

### **Contexto y relevancia del tema**

Ecuador, se caracteriza por ser un país costero, condición que lo hace atractiva a los inversores en el sector pesquero, aquello se denota localmente en actividades relacionadas al procesamiento y comercialización de la pesca de captura generando divisas en la productividad nacional y regional. Dichos inversores buscan beneficiarse de los recursos naturales, en este caso la materia prima obtenida de la pesca, para convertirlos en productos para el consumo humano directo e indirecto, refiriéndose este último a que cierto porcentaje está destinado a la alimentación de otras especies presentes en la pirámide alimentaria humana. Esta práctica/actividad industrial se dedica a satisfacer estos sectores e indirectamente agregar varias plazas de empleo en la península de Santa Elena, mundialmente esto hace que se integre a nuestro país dentro de las 25 naciones productoras de pesca.

A nivel del litoral ecuatoriano el área de dicha producción, desarrollada en la zona centro-norte nacional se destaca por la pesca de especies particulares de ese sector como el atún y el morenillo, tomando de referencia solo en ese sector se estima que la actividad pesquera suscita 12000 unidades de cargos ocupacionales para dicha población [1]. Por mencionar, dicha contribución económica se consigue con la colaboración de empresas como “Conservas Isabel” e “Industria Ecuatoriana Productora de Alimentos C. A.” (INEPACA), mientras que en la zona centro-sur (península de Santa Elena) se destaca el establecimiento con mención en procesamiento del pescado para su obtención en harina de calidad, como es ECUAFEEDSA.

Actualmente es común encontrar varias empresas dedicadas a la producción continua de este balanceado, y es preciso implementar sistemas ordenados de producción y/o manufactura, esto implica poner en marcha sistemas precisos destacando el aprovechamiento de recursos. Esta reestructuración innovadora se da con el uso de tecnología adecuada; siendo esta práctica común en países de primer mundo, quienes han hecho este cambio hace décadas, dando avances muy notables en el sector alimentario e industrial.

La propuesta de una simulación de un sistema automatizado de una línea de producción de harina de pescado, que incluye etapas como cocción, prensado y secado de este insumo proveniente del pescado, está enfocado en el monitoreo local de parámetros significativos en la producción de dicho alimento balanceado. Dichas variables operativas, como temperatura y humedad en el procesamiento de dicho insumo, se consideran de carácter crucial y crítico debido a que el cuidado y control preciso de esta consigna o setpoint permite la preservación de vitaminas y nutrientes requeridos y/o válidos para la dieta dirigida a la crianza de camarones. Así mismo el registro continuo de este tipo de datos brinda la facilidad para conocer el comportamiento de las unidades operativas a través del tiempo, usando los debidos dispositivos sensores, equipos de control, potencia, que del mismo modo se adecúan a la cantidad promedio de materia prima a procesar de acuerdo con lo obtenido en la pesca, siendo esta aproximadamente de 20 toneladas por hora [2].

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Simular un sistema automatizado de una línea de producción de harina de pescado mediante softwares de programación específicos y redes industriales que permitan el monitoreo y control del proceso para la producción de harina.

### **Objetivos Específicos:**

- Seleccionar los softwares y dispositivos tecnológicos para la automatización de la planta a través del estudio de parámetros técnicos operativos.
- Desarrollar la programación en Ladder de la etapa de producción de harina de pescado mediante el software TIA Portal.
- Desarrollar un interfaz humano – máquina para una línea de fabricación de harina de pescado en la herramienta de TIA Portal.
- Seleccionar la comunicación industrial entre el controlador lógico programable y el interfaz humano – máquina

## **CAPÍTULO 1: Fundamentos Teóricos**

### **1.1. Marco Conceptual**

#### **1.1.1. Sistema automatizado**

Un sistema automatizado tiene componentes mecánicos y tecnológicos que abarcan la aplicación de la teoría de control, comunicación e información, principios de funcionamiento para el uso de dispositivos recolectores de magnitudes físicas, mejor conocidos como sensores. Además del uso de equipos de visualización de información, generalmente llamados interfaces de comunicación; se los integra para el funcionamiento independiente uno o más procesos industriales, cuya construcción sigue los siguientes pasos [3]:

- Planificación de sistemas con énfasis en adquisición de datos, tratamiento de los datos, puesta en marcha de accionadores, interfaces de comunicación sistema – usuario.
- Estudio para la viabilidad de implementación del sistema.
- Representación gráfica del sistema aplicando normas técnicas vigentes.
- Montaje e Instalación del sistema automático.

#### **1.1.2. Controlador lógico programable (PLC)**

Un PLC es una computadora que generalmente se la emplea como elemento principal para diseñar sistemas automáticos, en conjunto con sistemas mecánicos tiene la finalidad de automatizar tareas o procesos industriales. Dicho autómatas dispone de una memoria programable utilizándola para almacenar instrucciones de control ayudándose con dispositivos digitales y/o analógicos que integra señales de entrada y salida para la operación de procesos.

Este controlador robusto permite la operatividad de tareas industriales en tiempo real, siendo de carácter flexible, pues ofrece la interconectividad con otros dispositivos controladores, en comunicación e información a la vez siendo eficiente con el tiempo de respuesta de sus operaciones. El PLC está formado por componentes como: la Unidad de Proceso Lógico que se aloja en un circuito Microprocesador o Microcontrolador, la Memoria donde residen la data de instrucciones y variables, distribuyéndose en varios tipos como Memoria Interna y Externa (EPROM, RAM, EEPROM).

Incluye un módulo de comunicación que permite la interconexión de sistemas mediante protocolos (RS-232, RS485, Profibus), así mismo para la inserción del programa de tipo lógica secuencial de algún proceso a automatizar. Adjunta un módulo de entradas y salidas que disponen la comunicación física con el entorno de trabajo (Dispositivos Sensores y Equipos Actuadores). Módulos Inteligentes que facilitan el procesamiento de tareas que necesitan mayor exactitud y/o velocidad, así mismo cuenta una fuente de Alimentación, componente necesario para el funcionamiento de los módulos anteriores [4].

#### **1.1.2.1. PLC Siemens S7 - 1200, CPU 1212 AC/DC/RLY**

Este autómata especializado para el control y automatización industrial de procesos cuenta con un CPU compacto con un puerto Ethernet para la disposición de una comunicación PROFINET. Dicho dispositivo integra un panel de distribución de salidas y entradas para el control de tareas industriales: ocho entradas digitales (24 VDC), dos entradas analógicas receptando un rango de voltaje de 0 a 10 VDC y sus seis salidas digitales respectivas de tipo relé. Así mismo dispone de una memoria de programa de 125 KB, capacidad que brinda para la utilización en herramientas para el desarrollo de la programación, refiriéndose a funciones y bloques usados para dicho proceso de automatización; mientras que la memoria RAM utilizada es de 50 KB para guardar los datos del proceso [5].



*Figura 1: Autómata Lógico Programable marca Siemens [5].*

### 1.1.3. Dispositivos sensores

Es aquel instrumento dispuesto en campo para la adquisición de parámetros y/o variables físicas inmiscuidos en uno o más procesos (generalmente industriales) y aplicaciones de biomedicina, caracterizándose por medir magnitudes ambientales como acelerómetros, de radiofrecuencia, presión, temperatura, nivel de líquidos, etcétera [6]. Estos dispositivos reciben señales analógicas o digitales que, con su debida conversión, son útiles para el control de sistemas electromecánicos junto a otros equipos componentes.

#### 1.1.3.1. Sensores de peso

Este tipo de dispositivos permiten convertir una magnitud de vector fuerza en una señal de carácter eléctrica, se complementa principalmente con una galga extensiométrica, cuya deformación física es producto de la fuerza del objeto a medir. Este tipo de sensor internamente cuenta con un elemento que acondiciona la señal para ser recibida por el dispositivo controlador. La medición de aquella deformación tiene su base en variaciones de voltaje de ciertas resistencias, este mecanismo está dispuesto junto a una estructura que cambia de proporción a medida que recibe peso. Dicho circuito comúnmente que ocupa cuatro resistencias es llamado “Puente de Wheastone”, y aunque haya diferentes tipos, usan la misma configuración para la obtención de voltaje, cuando ya se tiene una fuerza y/o peso ya calculado, en este caso con la siguiente expresión matemática [7]:

$$\text{fuerza resultante o peso} = G * (\text{variación de voltaje} - \text{compensación})$$

**Ecuación 1:** Fuerza resultante de tensión o compresión producido por variaciones de voltaje

Donde,  $G$  = es la ganancia que varía y depende de la cantidad de peso y/o fuerza resultante a calcular

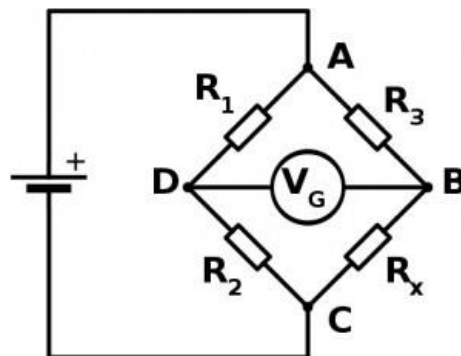


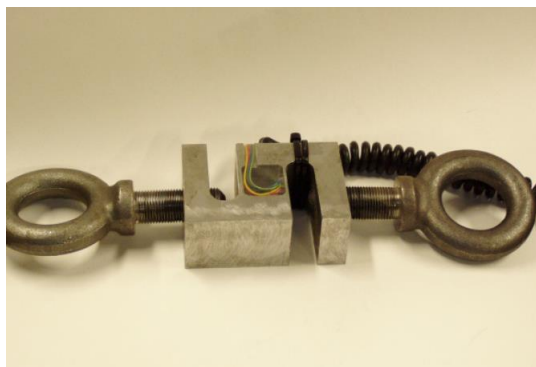
Figura 2: Configuración eléctrica de una Celda de Carga [7].



## Galga extensiométrica

Este sensor, usando el principio ya mencionado, junto la propiedad estructural de ser maleable referente al cambio en su longitud, permiten la medición precisa del peso de un volúmen, y de acuerdo a la fuerza y/o carga física que se necesita determinar. Dicho equipo se selecciona a partir de una gran gama de galgas extensiométricas existentes, habiendo entre ellas las metálicas, por resistencia, las fotoeléctricas, la de efecto por capacitancia y las del tipo semiconductoras. La diferencia en las características de las galgas metálicas está en razón de la temperatura a la que mide la variación de fuerza de un cuerpo, limitándose en el soporte de corriente en dicho circuito cerrado de Wheatstone, manejándose con un rango de corriente de 5 a 25 mA.

La disposición estructural de este dispositivo radica en el uso de una hebra hecha de metal, una película que protege de voltajes indirectos no necesarios, y sus debidos conectores físicos. Dichas galgas metálicas derivan a otros tipos de sensores, en este caso las galgas del tipo semiconductoras, que al igual que las anteriores, las resistencias empleadas tienen una tolerancia límite que está entre los 1% y 2%. Este tipo de galgas emplean del principio de “Hooke”, o sea la ley que toma en cuenta la relación entre la deformación física de una pieza y la diferencia de voltaje producido, acatando las propiedades elásticas de dicha estructura, por eso se consideran a la vez como galgas por resistencia. Mientras que el último tipo de galga están especializadas en aplicaciones donde existen altas temperaturas, usando otro enfoque en su estructura, pero manteniendo el mismo principio [8].



*Figura 3: Configuración de Celda de Carga tipo S [9].*

### **Amplificador HX711 para extensómetro**

Normalmente las celdas de cargas presentan en su estructura cuatro dispositivos extensiométricos, dos de ellos que están dispuestos mediante un hilo metálico corto y grueso que sensan la compresión, y los otros dos miden mediante una configuración de alambre largo y fino, la tensión. Si bien es cierto, la deformación producida con esta estructura de Wheatstone favorece mediciones con valores de variabilidad algo despreciables, el empleo de un amplificador junto al extensómetro de esta magnitud manteniendo la precisión es útil, como lo es el del tipo HX711.

Este dispositivo posee cinco puntos receptores de cables de la celda de carga, reconocidos con los colores verde, blanco, negro y rojo, identificándolos para las señales Output (-), Output (+), Excitación o GND (E-) y Excitación (E+) respectivamente, y un cable amarillo para disipar algún ruido electromagnético externo [9].

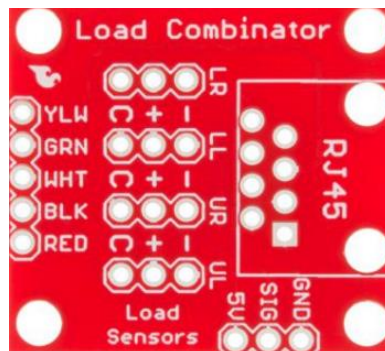


Figura 3: Placa electrónica del amplificador HX711 [9].

#### **1.1.3.2. Sensores de temperatura**

Estos medidores de temperatura son dispositivos electrónicos que ofrecen la capacidad de recepción de señales, generalmente calibrados de una de tantas magnitudes físicas presentes en el entorno industrial como tal, la temperatura es la propiedad que tiene un objeto o un área en específico de transmitir, así mismo la absorción de calor.

Entre ellos se pueden distinguir varios tipos como los sensores de temperatura resistiva (RTD), donde el uso del PT100 presenta precisión en la recolección de señales físicas, del mismo modo se caracteriza por su robustez y mayor linealidad. Su empleabilidad de estos dispositivos se fundamenta en la variación de la resistencia, con su configuración interna de un puente de Wheatstone, en una variabilidad de voltaje [10].

## Termocupla tipo J

La diversificación de los sensores de temperatura, entre los dispositivos como las termocuplas, resulta por la composición del material del que está construido dicho sensor, porque esta repercute en el rango de valores físicos dedicado a la recolección de datos de temperatura en grados Celsius, en este caso la termocupla del tipo “J” mide temperaturas desde los  $-200^{\circ}\text{C}$  hasta por niveles regulares de  $900^{\circ}\text{C}$ .

Entre la composición de los terminales del sensor, se destaca el Hierro y la mezcla entre Cobre y Níquel, siendo de bajo precio de adquisición, brinda ventajas sobre ambientes húmedos corrosivos, pero a valores cercanos al umbral se recomienda la disposición de un alambre de mayor sección transversal, limitándose en atmósferas sulfurosas [11].



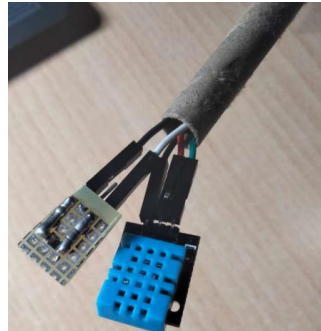
Figura 4. Esquema físico de termocupla tipo J [11].

### 1.1.3.3. Sensores de humedad

Este dispositivo detecta la cantidad de vapor de agua que se encuentra dentro de un cuerpo y/o volumen herméticamente cerrado, permitiéndose distinguir dos clases, según su técnica de medición, pues una de ellas es desarrollada empleando método de detección capacitiva. Dicha técnica permite la captación de dichas señales en un rango porcentual de 0 a 100, siendo proporcional con la propiedad capacitiva alcanzada, por una variación de voltaje medida, resultando representar una medición de tipo lineal [12].

Estos dispositivos requieren de una calibración para su operación, tomando en cuenta que, a la vez, se subdividen de acuerdo a la disposición de obtener valores de capacitancia, mediante condensadores cilíndricos cruzados, coaxiales y condensadores de placa paralela [13]. A diferencia de un sensor de humedad, con principio de detección resistiva, donde el comportamiento de esta magnitud física es de tipo logarítmica, además de la relación directa con la variación de la resistencia eléctrica.

También, se detalla que muestra una desventaja cuando se trata de medir porcentajes de humedad relativa bajas, ya que resulta una alta impedancia, entonces para dar una solución a este problema se da uso de materiales semiconductores en comparación del empleo de polímeros en el sentido de amplificar la sensibilidad [14]. Un dispositivo para la recolección de humedad relativa define su robustez de acuerdo a cuanto resista las condiciones en que opere, particularmente a altas temperaturas, ambientes herméticos, y la capacidad para medir dicha humedad en sustancias granulosas.



*Figura 5: Sensores de humedad relativa para un sistema de medición [14].*

#### **1.1.4. Equipos actuadores**

Los actuadores son considerados útiles en sistemas de procesos industriales, empleando señales digitales o analógicas para su operación, explayándose una gama según el mecanismo de funcionamiento, por ejemplo, existen actuadores con principios eléctricos, electrónicos, hidráulicos, neumáticos, representándose en motores, válvulas y pistones. Generalmente, ellos utilizan diferentes principios físicos para su conversión en energía mecánica, permitiendo algún beneficio sobre un proceso industrial, dichos actuadores reciben señales eléctricas directas y/o indirectas para su funcionamiento, para su operación como el accionamiento de un pistón, apertura de una válvula, encendido de un motor, u otro [15].

##### **1.1.4.1. Válvula solenoide para vapor**

El proceso de cocción propuesto incluye la entrada de vapor que es proporcionado por calderos que emiten la salida de dicho fluido gaseoso, a rangos altos de temperatura que rondan a una magnitud de 120°C. De acuerdo con los requerimientos físicos mencionados en esta línea de producción, se indica idóneamente la operación de una válvula del tipo solenoide para controlar la apertura/cierre de vapor de agua, de la misma manera se brinda algunos detalles de este actuador eléctrico.



Figura 6: Válvula solenoide para vapor EV225B [16].

Cuadro 2: Características Operativas de Válvula [16]

<b>Válvula solenoide para vapor</b>	
<b>Marca</b>	Danfoss
<b>Voltaje</b>	24VDC
<b>Potencia</b>	20W
<b>Diámetro de Conexión</b>	2"
<b>Temperatura máxima</b>	185° C
<b>Presión de operación máxima</b>	10 bares
<b>Material del dispositivo</b>	Latón
<b>Caudal máximo de vapor</b>	5.8 galones por minuto

#### 1.1.4.2. Motor trifásico

El equipo cocinador requiere un actuador eléctrico, en este caso un motor que pueda desplazar y transportar la materia prima en esta línea de producción, esto quiere decir que debe mantener su funcionalidad ante condiciones continuas de humedad, que favorecen a la corrosión de este y otros dispositivos en campo. Dicho motor fue seleccionado de acuerdo a la cantidad másica del pescado que se procesará, proporcional a la potencia mecánica, estimándola así a la potencia eléctrica del motor.



Figura 7: Motor Trifásico de 1200 RPM [17].

Cuadro 3: Datos Técnicos de Motor trifásico [17]

<b>Motor eléctrico trifásico</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencio nominal</b>	15 HP
<b>Voltaje</b>	440V/22.5A – 380V/26A – 220V/45A
<b>Velocidad de operación</b>	1200 RPM
<b>Eficiencia</b>	91.7 %
<b>Par de torsión</b>	88.6 Nm
<b>Radio del eje</b>	21 mm
<b>Frecuencia nominal</b>	60 Hz
<b>Fluctuación de frecuencia permisible</b>	+5%, -5%
<b>Fluctuación de voltaje permisible</b>	+10%, -10%

### 1.1.4.3. Cilindros neumáticos de doble efecto

Los cilindros neumáticos son actuadores cuyo principio de operación es el flujo de aire comprimido, este fluido gaseoso ejerce presión sobre las cámaras internas del cilindro, efectuando un movimiento para la salida de un pistón, en este caso particular opera junto a una electroválvula del tipo on/off y una compuerta de salida para la materia prima.

#### Dinámica para el desplazamiento de un cilindro neumático.

El movimiento de un objeto fijado al pistón que se encuentra en reposo depende de la fuerza del vástago, que a la vez es desplazado por la presión de aire en la entrada del cilindro neumático.

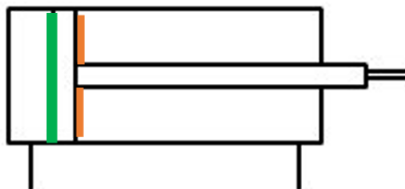


Figura 8: Representación 2D de un cilindro neumático de doble efecto

$$F_{avance} = P_T * S_{avance}$$

**Ecuación 3.** Fuerza aplicada a área transversal para el movimiento de vástago.

donde,

$F_{avance}$  = Fuerza de avance del pistón neumático.

$S_{avance}$  = Superficie transversal de cilindro neumático

$P_T$  = Presión de trabajo

$$S_{avance} = \pi * \frac{D^2}{4}$$

**Ecuación 4.** Superficie transversal de base del vástago.

donde,

$D$  = Diámetro de la sección izquierda transversal del cilindro

### Electroválvula on/off

La selección de una electroválvula para este sistema se fija para un cilindro de doble efecto, es decir se complementa con una previa disposición interna, orientándose a la cantidad de orificios para conectar al actuador neumático, para controlar la salida de su pistón, con la entrada regulada de aire a presión en el dispositivo, en este caso específico se emplea una válvula de 5 vías y de 2 estados permitiendo una conmutación del ingreso y/o salida de dicho actuador.



Figura 9: Válvula Solenoide de Aire Comprimido [18]

Cuadro 4: Datos de placa de Válvula de Aire comprimido [18].

<b>Válvula solenoide para aire comprimido</b>	
<b>Marca</b>	Festo
<b>Función de válvula</b>	Biestable de 5 direcciones
<b>Flujo máximo apto</b>	1300 l/min
<b>Rango de presión de operación</b>	1.5 – 10 bar
<b>Valor de caudal</b>	5.6 litros por segundos
<b>Operación de bobina</b>	3.3 Watts a 24 Voltios DC
<b>Permisibilidad en tensión</b>	+10%, -10%
<b>Temperatura máx. de operación</b>	60° C

### 1.1.5. Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación hacen referencia a la variedad de normas que disponen que dos o más dispositivos puedan interconectarse, estas normas están dirigidas a la revisión de fallas en la transmisión de datos entre los equipos, garantizando el buen funcionamiento de sistemas operativos y programas que la integran, además de ofrecer la recuperación de datos en el caso de que haya pérdida de estos durante el proceso de comunicación [19].

#### 1.1.5.1. Profinet

Este tipo de comunicación se destaca entre las del tipo comercial debido a que soportan características presentes en el ámbito de los procesos industriales, por mencionarse las del ruido del tipo eléctrico y/o magnético, y resaltándose así la confiabilidad para su uso. Así mismo se apoyan de normas que regulan el intercambio de mensajes bidireccionales, ya sea por medio de comandos y formatos en dicho ámbito, y esto se da para que se manifieste la comunicación entre equipos de distintas marcas (fabricantes), por lo general.

Y es que el estándar Profinet es una combinación de la red Ethernet más la Profibus, su puesta en marcha se distingue por la velocidad de transmisión de datos, adaptándose con otros protocolos, variabilidad en tiempo real; dentro del modelo en capas OSI, se fundamenta en las de acceso a la red, red, transporte y de aplicación, en el modo de que utiliza los protocolo Ethernet, el del tipo IP, y en relación a la conexión entre las dos periféricas, usa el protocolo del tipo TCP o UDP, y por ultimo requiere del protocolo HTTP para algún diagnóstico o actualización, respectivamente [20].

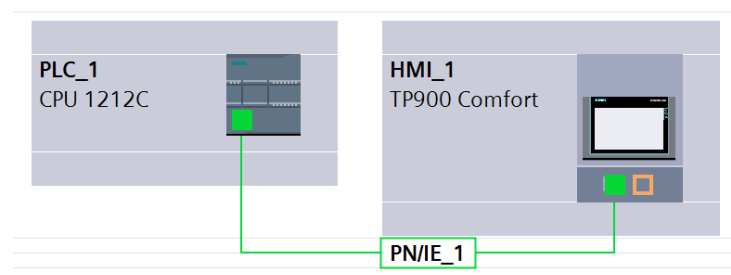


Figura 10: Red de Comunicación empleada en la propuesta. (Fuente: Autor).



### **1.1.6. Topología de comunicación**

La topología de red tiene como propósito definir la manera en cómo se diseña una red de comunicación, es decir definir la ubicación de los equipos que los componen. Lo que se distingue una red de otra, es la potencia en el funcionamiento, la capacidad en el rendimiento, la disponibilidad que ofrece en la red.

La topología de una red sobresale por ser diversificada, detalle que permite la adaptabilidad de esta a la necesidad de tráfico de red que maneje una empresa, seguidamente se detalla cuál de las topologías de red se puede obtener más provecho en la realización de la propuesta actual [21]:

#### **1.1.6.1. Topología en estrella**

Cada estación está conectado a concentrador (switch), por el que pasan los paquetes de datos, permitiéndose que la comunicación dependa de este punto principal céntrico, pudiendo no ser funcional la red si el switch central falla; por esta razón es fácil de definir un problema en la comunicación.

### **1.1.7. Harina de Pescado: características físicas – químicas**

La harina de pescado es una fuente de tipo alimenticia que se destaca por poseer proteínas y minerales con altas propiedades digestibles como biotina, vitamina A y B12, sobre todo fósforo respectivamente sin dejar atrás los nutrientes adiposos como omega 3, incluso este es destinado como alimento balanceado para el sector porcino además del sector acuícola, debido a su influencia positiva sobre el sistema inmune de estos animales no rumiantes.

A diferencia de otros suplementos alimenticios de origen animal, este producto balanceado es considerado por ser uno de los más económicos teniendo escasas propiedades infecciosas que afecten sobre el sector animal [22]. Este alimento de consumo humano indirecto (CHI), es el resultado de la pesca local, distinguiéndose especies capturadas como morenillo, sierra, hojita, los cuales tienen tejidos grasos en su composición corporal.

### **1.1.8. Interfaz Humano - Máquina**

De acuerdo al pirámide de la automatización, donde se reconoce el nivel de supervisión, al conjunto de elementos que permiten el control en tiempo real de parámetros de operación de un proceso, como por ejemplo la asignación de un valor de consigna a un algoritmo de control para un sistema automatizado, lográndose mediante la comunicación industrial entre equipos, usando protocolos de comunicación garantizando la preservación de datos/información a pesar de perturbaciones físicas y/o interferencias.

Esta herramienta interfaz, además de ofrecer el servicio de monitoreo y supervisión, proporciona la capacidad para reconocer estados importantes del proceso o eventos que es necesario registrar y reportarlo ante operadores locales o usuarios. Estas interfaces están aplicadas a una gama de tareas en el hogar o la industria, por ejemplo, en temas de consumo energético sobre cargas resistivas e inductivas, vigilancia y supervisión de procesos automáticos, detallando cambios de parámetros eléctricos a través del tiempo previamente configurados, limitando un rango de operación donde el proceso funcione correctamente, de acuerdo con criterios de control, así como se detalla en [23].

El diseño de mímicas, si bien es cierto, requiere a la vez un estudio para implementar en sistemas automatizados, tomar en cuenta el factor humano y el desenvolvimiento para manejar esta herramienta asociada con procesos funcionando en tiempo real [24].

#### **1.1.8.1. Norma ANSI/ISO-101.01-2015 para el Diseño de HMI mención Sistemas de Procesos Automatizados**

Para el diseño de este tipo de interface, que también pueden estar orientado a la realización de sistemas SCADA, se busca lograr un óptimo desenvolvimiento visual del operador con un sistema automatizado, ya que esto resulta ventajosamente en el desempeño óptimo sobre las condiciones de monitorización de tareas y/o procesos industriales, disminuyendo el desgaste visual dados por estas pantallas a dichos usuarios, en este caso se toma como fundamento dicha norma internacional, fomentando a la mejora en el desarrollo de prácticas de sistemas automatizados de tipo industrial [25].

La selección de la pantalla, el hardware, es uno de los pasos iniciales para definir un alcance en temas de resolución y la disponibilidad en la conectividad e interoperabilidad de variables, a partir de aquí se toma recomendaciones para buenas prácticas en el diseño de procesos en los HMI's:

- Dicho estándar orienta a los diseñadores de interfaces, que configuren mímicas de procesos tomando en cuenta parámetros que brinden claridad y precisión para quienes intervendrán sobre el control y monitorización de variables en tiempo real, desde operadores en líneas de producción específicas, hasta administradores y supervisores generales de las debidas unidades de trabajo.
- El cuidado por usar colores adecuados, gestión de generación de alarmas, el uso requerido de gráficos son detalles primordiales que ayudan al manejo y operación de sistemas automatizados, aquellos que brindan al usuario confianza para dicha actividad de supervisión.
- La interfaz de comunicación entre el operador y la “máquina” debe también resolver a eventos de emergencias, criterios no usuales pero posibles, otorgando la facilidad para entender la información fijada sobre las mímicas (pantallas), y principalmente a la interpretación de valores fijados a través del tiempo (históricos) [26].

#### **1.1.8.2. HMI Siemens TP900 Comfort**

El uso del panel TP900 Comfort de la marca Siemens es ideal para la monitorización de variables en el proceso actual de producción de harina de pescado, ya que dicho equipo proporciona una interfaz mediante una pantalla con modo táctil de 19.5 cm x 11.7 cm de ancho y largo respectivamente. Y es que con esta herramienta física da la facilidad de representar los esquemas del proceso en conjunto de una gama de colores que, en este caso integra 16777216 unidades de estas para la simulación de sistema similares.

Este dispositivo físico funciona con un suministro de voltaje de corriente continua de 24V, de la misma manera ofrece 12 Mbyte en capacidad de memoria específicamente para reservar datos de usuario. De la misma forma incluye un interfaz de comunicación industrial Ethernet, para la interconexión de variables con un autómata programable junto al protocolo Profinet, así mismo del tipo I/O. Este componente electrónico emplea la herramienta de diseño WINCC incluido en el software de programación TIA Portal, por ser productos del mismo referente de automatización industrial, Siemens [27].



Figura 11: Pantalla táctil TP900 Comfort marca Siemens [27].

### 1.1.9. Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) V16

El área industrial de la automatización es un campo que demanda de continuas actualizaciones, resultado de la implementación de nuevas tecnologías orientadas a la optimización de procesos. Dichos cambios se manifiestan en la diversidad de tareas que requieren soluciones que integren componentes y/o características de programación avanzadas y a la vez flexibles, como el desarrollo de operaciones (soluciones algorítmicas) para la automatización de procesos, estando conectado a los sistemas de producción en red o vía virtual [28].

El desarrollo de sistemas de automatización en este entorno de programación de TIA Portal, se orienta por emplear recursos y herramientas flexibles e intuitivas para el desarrollador de proyectos de ingeniería, permitiendo facilidades en la configuración de soluciones para satisfacer las tareas en el control y/o visualización de procesos industriales.

Este entorno de programación brinda cinco maneras para el desarrollo de operaciones, estos lenguajes de programación se adaptan a los requerimientos del usuario programador, como por ejemplo el Lenguaje de Control Estructurado o SCL, el Diagrama de Escaleras o Ladder ilustrado en la figura 12, entre otros.

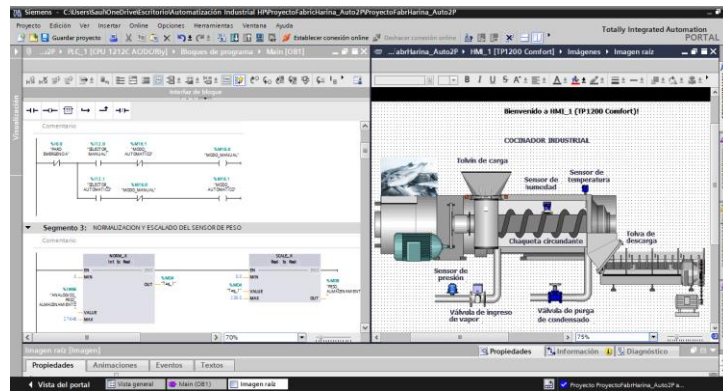


Figura 12: Entorno de Desarrollo de Programación TIA Portal. (Fuente: Autor).

### 1.1.9.1. Lenguaje SCL

Este lenguaje de desarrollo de programación de manera textual es considerado de alto nivel, caracterizándose por emplear estructuras de control del tipo condicional y/o repetitivas, siendo bucles CASE, IF, WHILE y FOR respectivamente; por lo tanto, tiene fundamentos en lenguaje C, Basic, diferenciándolo a resolver tareas en el sector de la automatización industrial.

De la misma forma es usual el manejo de funciones en las instrucciones desarrolladas aplicadas a la combinación de entradas y salidas declaradas previamente [29], como se denota en la figura 13:

```

IF "time" <= T#10S THEN
    //donde se indica que durante un itempo menor a 10
    //segundos se activa la variable salida_a representando
    //la salida del vástago del cilindro A
    "Salida_a" := TRUE;
    //y definiendo como al vástago del cilindro B retraído
    "Regreso_a" := FALSE;
ELSIF
    // si no, es decir el tiempo es mayor a 10s y menor que 20s
    "time" >= T#10S AND "time" <= T#20S THEN

```

Figura 13: Programación en texto estructurado en TIA Portal. (Fuente: Autor).

### 1.1.9.2. Lenguaje KOP

El lenguaje de contactos, conocido así, por su procedencia del alemán “Kontaktplan”, en el ámbito de programación industrial, se diferencia de otros por el empleo de operaciones lógicas que se fundamenta en valores discretos: 1 y 0, representando el estado “activo” y “no activo” o “desactivado” respectivamente.

Estos dígitos que producen un resultado lógico utilizan la lógica de Boole, usando a la vez mecanismos que representan variables de estados a través de contactos, uno “normalmente cerrado” y otro “normalmente abierto”, y por último una salida, simbolizando una bobina de relé [30] tal como se ilustra en la figura 14.

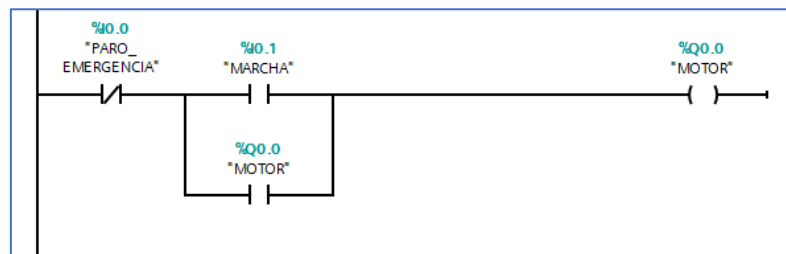


Figura 14: Operación de encendido de un motor usando lenguaje KOP. (Fuente: Autor).

### 1.1.10. Sistemas eléctricos industriales

En los sistemas eléctricos industriales se destacan el empleo de tableros eléctricos, aquellos se conforman generalmente por dispositivos de protección, de mando, de conexión con el sistema de potencia, dispositivos indicadores de señales y/o alarmas, debidamente recubiertas por aislantes y soportes, caracterizándose por permitir la funcionalidad de uno o más equipos de potencia.

Dicha construcción está debidamente regulada por normas ya que los operadores interactúan con estas instalaciones que permanentemente se encontrarán energizados. Previo a la construcción de estos sistemas se toma en cuenta el Código de Práctica Ecuatoriana (CPE) INEN 19:2001 con bases en el Código Eléctrico Nacional (CEN), con la finalidad de prevalecer la seguridad y confiabilidad en las instalaciones eléctricas de tableros de control, generales (T.G.), tableros de Distribución (T.D.) [31].

#### **1.1.10.1. Normas CPE INEN 19:2001 con énfasis en Métodos y Materiales de las instalaciones.**

La sección 384 del estándar indica que los tableros eléctricos que poseen dispositivos de protección ante eventos particulares e independientes de sobrecorrientes y cortocircuitos del sistema y fugas de corrientes, deben estar instaladas con una fijación adecuada de modo que estén fuera del alcance de daños físicos, resistentes a excedentes de humedad siendo estos también fabricados con material no propenso a fundirse por temperaturas altas.

Se recalca la disposición de estos interruptores automáticos en el apartado “Protección contra sobrecorriente”, donde se hacen recomendaciones sobre los tableros de distribución, especificando que en cada sistema eléctrico particular utilizará un disyuntor de protección ante efectos magnéticos y térmicos generados por el fluido eléctrico, limitándose con un máximo de dos unidades, con la característica de no superar el umbral en capacidad de dicho panel seccional eléctrico.

Mientras que en el componente donde abarcan sistemas de puesta a tierra de estos paneles de distribución, que siendo estos de material no metálicos, como fibra o similares, en el interior de estos se fija un terminal del tipo “regleta bornera” permitiendo la conexión de modo equipotencial del sistema eléctrico de potencia con el cable de conductor de puesta a tierra del gabinete eléctrico.

De la misma manera en el inciso (9) indica que se deben usar canalizaciones que recubran las líneas conductoras, por mencionar el uso de soportes de tipo canal, sistema de bandejas, esta adecuación evita posibles sobrecalentamientos y efectos inductivos de las líneas conductoras, esto se ampara el uso de ductos o tuberías de PVC, ya sea del tipo Rígido y Flexible, canaletas, etc. Así mismo se recomienda el dimensionamiento de los conductores del fluido eléctrico, de acuerdo a la carga eléctrica a montar, condicionándose a soportar la tensión umbral del equipo, tomando en cuenta el aislamiento, estos deben ofrecer la propiedad de retardante a la llama [32].

### **1.1.10.2. Dispositivos de protección eléctrica para equipos de fuerza**

El diagrama de fuerza está constituido por breakers termomagnéticos, relés térmicos que actúan cuando exista algún evento de cortocircuito y sobrecargas térmicas en los motores. Dichos elementos están dimensionados de acuerdo las características de operación de los actuadores, uno de la Unidad de Cocción, y otro de la Transportador Helicoidal, en este caso ambos con  $I_n=22.5$  A, funcionando con un voltaje suministrado de 440V trifásico, mientras que las otras válvulas (por sus bobinas) de manipulación de vapor y la de aire comprimido funcionan con una alimentación de 24 VDC.

Para calcular la capacidad del interruptor termomagnético, se toma como referencia el Código Eléctrico Nacional, en este caso se multiplica dicho valor de corriente nominal por un 120%, dimensionándolo ante eventos de pico de corriente por arranque, particularmente obteniéndose un valor de 27 A, luego se parte para adquirir el dispositivo de protección con valores comerciales que se acerquen al valor calculado teóricamente [31].

Así mismo para elegir el contactor que comandará el equipo de potencia, se pretende tomar en cuenta que el dispositivo de control debe aguantar la corriente de operación de dicho motor, por lo que se elige uno de valor comercial de 40 A. Como paso final, para la protección de eventos de sobrecargas se elige un relé térmico del tipo regulable con rango de 23 a 32 A, valores comerciales lo más similar posible encontrado del valor teórico.



Cuadro 5: Dispositivos para la protección eléctrica de equipos de potencia.

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	APARIENCIA FÍSICA
Telemecanique IC65 serie MCB marca iC65N A9F18340	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de Interrupción: 6KA</li> <li>• Corriente Nominal: 40A</li> <li>• Curva BCD: C</li> <li>• Tamaño de paquete único: 10X10X5cm</li> </ul>	
Contactador TeSys D 4P(2NA+2NC) AC-1 440 V 40A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensión Asignada de Empleo: Circuito de alimentación, estado 1 <math>\leq 690</math> V AC 25...400 Hz.</li> <li>• Corriente Asignada de Empleo 40 A a <math>\leq 440</math> V AC para circuito de alimentación.</li> <li>• Composición dos los Polos de Contacto 2 NA + 2 NC.</li> <li>• Bobina 110VAC</li> </ul>	
Relé de Sobrecarga Térmica LRD32 Original SCHNEIDER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación Térmica: 23 a 32A.</li> <li>• Estándares: CSA C22.2 n° 60947-4-1; CSA C22.2 n° 60947-5-1.</li> <li>• Clasificación de voltaje máximo: 690 VCA</li> <li>• Alto y ancho y profundidad: 8.1cm x 7cm x 11.5cm.</li> </ul>	

Fuente: Características Técnicas de dispositivos de protección [33], [34], [35].

### **1.1.11. Diagrama de Tuberías y de Instrumentación**

Estos diagramas de Instrumentación y de Tuberías presentan información precisa de una línea de producción, en el área eléctrica, neumática y mecánica, muy necesaria cuando se quiera solventar algún problema del sistema [36]. En el diseño de dichos planos que contienen sistemas formados a partir de instrumentos y equipos, representados con simbologías estandarizadas para la lectura e interpretación globalizada por profesionales del área, donde preside la norma ISA S5.1, herramienta necesaria para ejecutar planes de mantenimiento y a la vez garantizan la instalación de manera funcional y segura, de aquellos sistemas automatizados.

#### **1.1.11.1. Normas ISA-S5.1-84(R-1992) para el Diseño de Planos P&ID**

Se detallará algunas recomendaciones primordiales a tomar en cuenta cuando se diseñe estos sistemas automatizados con énfasis en instrumentación de medición y control, según dicho estándar:

- Cuando se desee representar algún instrumento, se lo simboliza y se ubica respectivamente una etiqueta que identifique el lazo de control, la variable a medir, cuál es la función principal como el secundario de dicho dispositivo en la línea de producción.
- La dimensión de la numerología debe mantener una sola proporcionalidad en tamaño, limitando a cuatro letras funcionales, permitiendo uniformidad en el plano general de instrumentación.
- Generalmente las etiquetas están dadas por caracteres de tipo alfanumérico en mayúsculas, en los lazos de control, si estas son similares porque pertenecen a una misma área se las diferencia con un sufijo al final del identificativo.
- En el caso que se desee conectar dos dispositivos mediante señales del tipo eléctrica, mecánica o de comunicación deben ir añadidas con flecha para indicar si es una entrada o salida del instrumento sin importar el ángulo de direccionamiento.

## **1.2. Antecedentes**

La producción de harina de pescado representa un gran impacto en el sector camaronero y porcino, pues forma parte de la dieta y/o alimentación a estas especies, permitiendo así un cultivo y una crianza adecuada, mediante un producto asequible y a la vez nutricional, con diferentes niveles de proteínas que es resultado de la pesca, actividad acontecida en zonas costeras del Ecuador. En 2021, una encuesta mundial proporcionada por una empresa experta en biotecnología y bienestar animal marca una producción global de 1235 MTM (millones de toneladas métricas) obtenida por 28000 plantas industriales de alimentos para animales. De dicha totalidad América Latina representa el 14.44% de aquella producción de alimento balanceado; tomando en cuenta que el sector acuícola y camaronero reflejan el consumo de 51,36 MTM de esta producción mundial [37].

Dentro de la producción de alimentos para el consumo animal dirigido hacia el sector camaronicultor, la harina de pescado se destaca por representar un 45% del alimento proteínico de fuente animal, y que garantiza la reproducción, crianza y engorde de esta especie debido a que contiene aminoácidos y vitaminas, entre otras sustancias que aportan significativamente en el cultivo del camarón [38]. La producción industrial que emplea como recurso natural, la materia prima obtenida por la pesca representa un impacto del 0.97% sobre el rubro en el PIB (Producto Interno Bruto) en el Ecuador.

Asimismo, se estima que la población peninsular dedicada al sector pesquero en la provincia de Santa Elena es de 7475 habitantes, dando lugar a actividades de comercialización y procesamiento del pescado de forma artesanal y/o industrial, los cuales proveen un ingreso económico a las familias de quienes forman parte de dicho sector manufacturero.

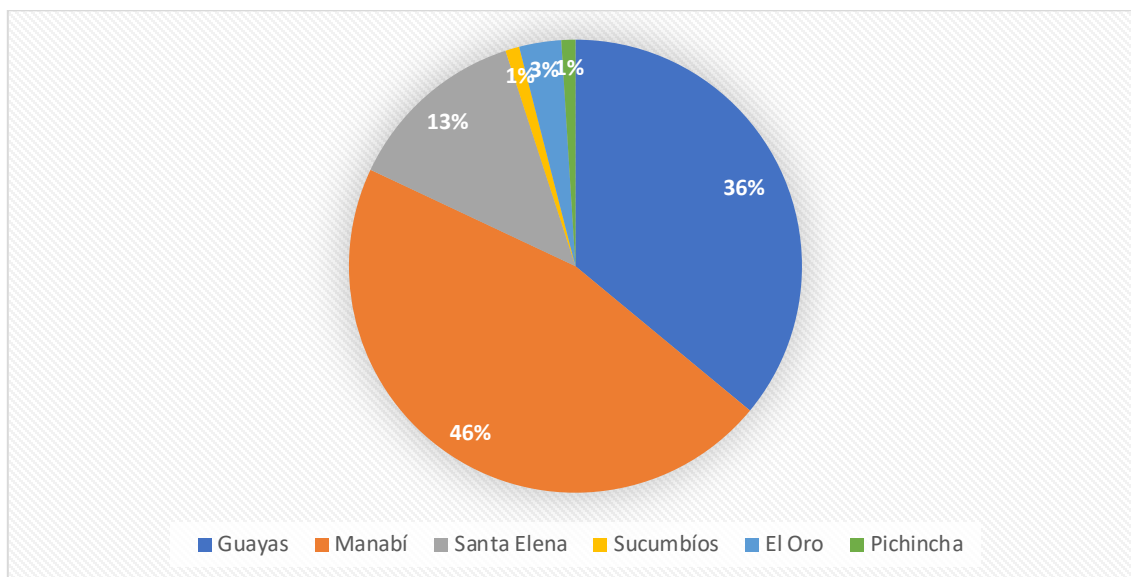


Figura 15: Participación del número de empresas dedicadas a la manufactura del pescado por provincia en el año 2019 en Ecuador [39].

En la actualidad, las empresas productoras de harina de pescado generalmente manejan procesos de carácter artesanal, pues requieren la intervención directa o indirecta del ser humano en sus etapas de producción entre ellos, la supervisión y control de parámetros de operación, factor primordial para garantizar un producto de calidad para el sector alimentario ya establecido. De la misma manera, dentro de esta modalidad de operación en la producción de harina de pescado, no se concentra en aprovechar de manera eficaz la materia prima, en este caso al uso de componentes orgánicos del pescado como lo son: espinas, vísceras y escamas;

Dicho problema, en conjunto de otros factores operativos como el control no eficiente de los equipos de producción que ralentizan la producción de harina, esto lo cerciora Enríquez, A. y Márquez, R. en su propuesta [40] titulada “Propuesta de mejora de la eficiencia de la línea de producción de una planta de harina de pescado aplicando la metodología del Mantenimiento Productivo Total”. Además de realizar un análisis de las condiciones operativas que influyen sobre la discontinuidad en la producción de dicho insumo alimentario, toma en cuenta las variables que permiten la manipulación adecuada de los equipos eléctricos en la industria harinera.

El uso de tecnología automatizada permite el empleo óptimo de este recurso natural para el procesamiento del alimento balanceado, que aproximan 2 toneladas métricas de materia residual obtenidas de la pesca. Así el empleo de tecnología con énfasis en los procesos productivos resulta y prevé un alza en la capacidad y niveles de producción de estas empresas harineras, sobre todo obtener una mejora en la calidad del producto elaborado, ya que asegura de forma conjunta el control continuo de parámetros técnicos operativos en las etapas de procesamiento.

### **1.3. Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica**

Actualmente, el desarrollo productivo en la industria alimentaria es fundamental para abastecer las necesidades globales del consumo humano directo e indirecto, de esta manera se propone la automatización de procesos. Dicho mejoramiento en el área industrial va junto a la supervisión y control de parámetros inmersos para el mejoramiento de procesos satisfaciendo con sectores, que en este caso conforman la cadena alimentaria con base en la implementación de tecnología enfocada a la fabricación de harina de pescado.

La optimización de recursos energéticos y de materia prima, objetivo que toda empresa requiere aplicar sobre sus procesos de producción, y la industria harinera de pescado no es la excepción, por lo que se busca el diseño de sistemas automáticos e implementación de dispositivos electrónicos de medición y control. Dichos componentes conllevan la configuración e instrumentación adecuada junto al desarrollo funcional de un sistema de comunicación entre los equipos/dispositivos permitiendo la automatización industrial. La elaboración artesanal de harina de pescado procura satisfacer el sector acuicultor, que tiene por objeto la crianza y cultivo de camarones, y la calidad del producto fomenta su competencia en el mercado alimentario, con las características físicas o consistencia idóneas. Para lograr el mantenimiento y/o mejoramiento de la calidad del alimento balanceado, por lo tanto, se requiere priorizar el control operativo de los procesos, influyendo esto a la vez positivamente sobre la eficiencia productiva industrial.

El mejoramiento y eficiencia de procesos se puede lograr mediante varias técnicas como la integración de un registro periódico de fallas operativas que generalmente suscitan en toda industria, un evento de alarma ante una ejecución no esperada en los subprocesos, estos datos complementarios pueden estar destinados al nivel de supervisión, donde a través de gestión y planificación se puede direccionar y tomar decisiones corporativas para controlar la productividad de las secciones/estaciones de trabajo, ubicados a nivel de campo que incluyen al manejo preventivo y/o correctivo de dispositivos de control y potencia; y es que ante la innovación tecnológica, el muestreo de datos del desempeño operativo de una o varias líneas de producción ayudan a supervisar la producción e implementar mejoras continuas en esta industria alimentaria.

La aplicación del conocimiento aprendido en las aulas de clases mediante a este componente práctico donde integra asignaturas de Automatización Industrial, Instalaciones Eléctricas y Redes Industriales, las cuales son importantes para puntualizar mejoras en los sistemas de producción. En este caso, la simulación de un sistema automatizado busca el monitoreo de un proceso para la obtención de harina y el manejo eficiente del insumo a procesar (pescado y pequeños moluscos). Si bien es cierto, que el empleo de la tecnología en la industria en el proceso de cocinado, prensado, secado del producto va de la mano con el consumo energético de recursos renovables y no renovables, vale acotar también que se busca abastecer la necesidad de un sector primordial para la cadena alimentaria, que a la vez genera un ingreso económico local mediante la exportación de este alimento proteico para la producción animal.

## **CAPÍTULO 2: Desarrollo Experimental**

### **2.1. Plan de Implementación**

La presente propuesta de carácter práctico tiene el enfoque en el desarrollo de un sistema automatizado de una línea de fabricación de harina de pescado, que se compone de ciertas etapas de producción, empezando con la recepción y pesaje de la materia prima. Este insumo obtenido de la pesca en sectores portuarios luego es transportado hacia unidades donde se realiza el cocido, prensado, secado, molido de dicho insumo conocido también como “scrap”, y su debida dosificación de sustancias catalizadoras permitiendo la obtención de la harina, un alimento suplemento. El sistema automatizado está formado con el componente investigativo - experimental, donde se explica el desarrollo de obtención industrial de harina, detallando variables y equipos necesarios para dicho sistema. Se prevé el diseño eléctrico en softwares como “CAdE\_SIMU” y esquematizar la arquitectura de comunicación para el funcionamiento del sistema automatizado.

El proyecto cuenta la selección adecuada de dispositivos sensores, capaces de recolectar parámetros físicos como temperatura, humedad del insumo mientras es procesado, es decir, entradas analógicas involucradas en todas las etapas de operación que permiten la obtención de harina de pescado. El uso de un autómata lógico industrial que junto al desarrollo de la programación en TIA Portal, disponen el control de equipos de potencia como motores, bombas, válvulas, dirigidos por señales de salida digitales, dentro del funcionamiento de este sistema.

Además, se plantea la disposición de herramientas que simulen la supervisión y monitoreo del estado operativo de uno de los procesos de producción, de manera local con el uso de softwares específicos para diseñar sistemas HMI, pues la elaboración de mímicas y/o pantallas son muy útiles para la mejora continua en la instrumentación y mantenimiento correctivo de dispositivos sensores y actuadores. De la misma manera estas dispondrán el registro de alarmas y otros parámetros de los que caracterizan a un sistema industrial funcione de manera automatizada.



### **2.1.1. Metodología del Proyecto**

El desarrollo de este proyecto toma en cuenta diferentes metodologías de la investigación; en este caso, se empieza incluyendo el método fenomenológico a la presente investigación, ya que mediante las técnicas de observación y aplicación de fundamentos de procesos químicos y/o físicos se consolida el presente proyecto como la transformación en la manufactura de este insumo, y operación de los dispositivos físicos presentes en campo del antes ya mencionado proceso industrial, se pudieron identificar las variables y cómo sus cambios de estados permiten el funcionamiento general de la planta, así mismo dicho estudio detallado también es resultado de la experimentación en campo partiendo de la recolección de datos para dar lugar a la generación de propuestas que solucionen la problemática latente en la manufactura de este alimento balanceado como lo es la harina de pescado en el cantón Santa Elena, de la provincia del mismo nombre.

Se dispondrá la Investigación bibliográfica debido a la realización de consultas en secciones de libros físicos y publicaciones digitales de revistas científicas, tesis de repositorios institucionales con la finalidad de consolidar conceptos, principios y fundamentos de los dispositivos y equipos a utilizar en el diseño y simulación del sistema automatizado para la fabricación del alimento balanceado, como por ejemplo características de operación del autómata lógico programable, equipos robustos de procesamiento industrial de insumos o materia prima, sensores de temperatura y de humedad, y la revisión de normas para la elaboración del interfaz operador – máquina.

Por otra parte, se emplea el uso de la Investigación Diagnóstica en la validación secuencial de operaciones y comprobación del sistema automatizado mediante el simulador de procesos que ofrece el componente lógico de desarrollo de funciones e instrucciones de automatización totalmente integrada (TIA Portal). Además, se complementa con el método de Investigación Inductiva y Analítica cuando se registra los parámetros operativos involucrados en la producción de sacos de harina después de haberse recopilado los diferentes valores medidos en la simulación de dicho sistema, en el sentido de realizar un análisis del comportamiento y proponer una mejora operativa en los procesos físicos a medida del almacenamiento de estos parámetros.

Finalmente se considera el método de Investigación Descriptiva para especificar y detallar los datos de operación y/o funcionamiento de los elementos que integran la implementación futura del sistema simulado de la automatización de dicho proceso de fabricación del alimento balanceado, la harina de pescado.

### **2.1.2. Componentes de la Propuesta**

El sistema de fabricación de sacos de harinas de pescado está orientado para la operación automática, esto conlleva la selección de dispositivos y equipos que se adecuen a la capacidad del producto que se desee obtener, en este caso, la producción de harina, permitiendo desarrollar una simulación que permitirá representar la implementación de los procesos para la producción de este insumo, que satisface a la demanda alimentaria del sector acuicultor.

Así mismo, la esquematización de un diagrama lógico del funcionamiento de los subprocesos que abarca la fabricación de sacos de harina permitirá interpretar las variables y estados de dispositivos sensores y equipos actuadores respectivamente del sistema automatizado; dicha etapa anterior del proyecto ayudará al desarrollo de la programación que será implementada en el controlador industrial, en este caso representado en PLC lógico virtual.

De la misma manera, la selección de un subproceso para el diseño de un interfaz operador – máquina permitirá el control y monitoreo directo de las variables operativas en el proceso, la configuración de un sistema de seguridad para el acceso de usuarios inmersos en el procesamiento de dicha materia prima, y la disposición de avisos mediante alarmas y su respectivo registro. Finalmente se comprobará la funcionalidad del sistema automatizado mediante la simulación de los subprocesos programados.

### 2.1.3. Esquema general para la simulación del Sistema Automatizado de una Línea de Producción de Harina de Pescado

La propuesta automatizada del sistema simulado de producción se estructura con componentes lógicos como lo es el software TIA Portal versión V16, que incluye herramientas integradas en la programación de tareas industriales, orientándolos también a la supervisión de estos procesos, y de la misma manera la utilización de componentes físicos para llevar a cabo la simulación explicada anteriormente, en este caso con una PC con un procesador Intel Core i3 de 7ma Generación, presentando una capacidad de 8GB en memoria RAM.

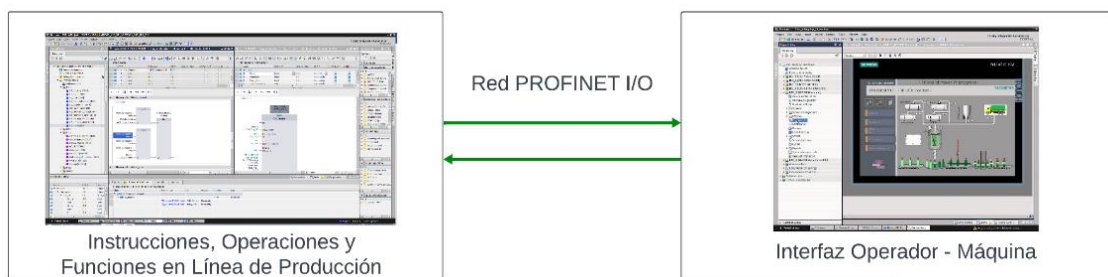


Figura 16: Sistema automatizado simulado en PC con 8GB de RAM (Fuente: Autor)

## 2.2. Descripción de la solución propuesta

La presente propuesta se centra en el diseño y la simulación de un sistema automatizado de una línea de producción de harina de pescado mediante el empleo de softwares que permiten la programación de instrucciones y funciones que se implementan sobre los componentes físicos y junto a la aplicación de una red industrial permiten el control y el monitoreo de variables operativas en un subproceso para la producción de harina de pescado, dicho insumo es el resultado de varias etapas, las cuales requieren de un análisis técnico para la operación automatizada de procesos de dicha planta, del mismo modo para el respectivo diseño de un interfaz entre el operador y el sistema automatizado que forma parte de la planta de fabricación industrial.

El desarrollo de este diseño requiere de un estudio operativo del funcionamiento de los equipos que integran la etapa de almacenamiento de la materia prima, la cocción del pescado y otras especies menores, es decir, que se considera las características físicas de dicho insumo al ser procesado, como su textura que es evaluada mediante variables de temperatura y humedad de la masa de pescado cocido, dichos estados serán representados mediante la variación de entradas de señales analógicas, que junto a la simulación de señales discretas dadas por sensores digitales permiten la activación/operación de equipos eléctricos con la programación de funciones en el controlador lógico robusto.

Secuencialmente, el diseño del sistema automatizado también toma en cuenta el manejo de la cantidad necesaria de la masa a procesar en este caso, su ingreso a otro subproceso como lo es el prensado cuya función se basa en la liberación de líquidos que son transportados para el procesamiento de aceite de pescado, etapa que no se toma en cuenta en este proyecto de elaboración automatizada de harina de pescado. El “cake” de prensa es el resultado del estrujamiento por un tiempo determinado, que así mismo es representado por funciones de temporización que ofrecen la herramienta de programación TIA Portal, posteriormente este es transportado a otra sección de producción, el secado que mediante técnicas específicas reducen la humedad de dicha masa con equipos que realizan dicha acción, dan como resultado un subproducto preparado conocido como “scrap” dirigiéndolo a otras etapas que no se enfocarán en esta propuesta.

La realización de este proyecto se caracteriza por el uso de software que permitirán programar un controlador lógico programable (PLC), diseñar una interfaz humano - máquina (HMI), un sistema capaz de controlar y realizar el intercambio de información del proceso de producción, componente que integra un sistema automatizado, mismo que emplean fundamentos de protocolos de comunicación, estos permitirán una simulación de la producción automatizada de harina de pescado; la aplicación de esta propuesta también se complementa con la selección de hardware necesario para la interoperabilidad de variables junto a datos del desempeño de producción de dicho sistema con los operadores.

### 2.2.1. Esquema sistemático de la producción automatizada de Harina de Pescado

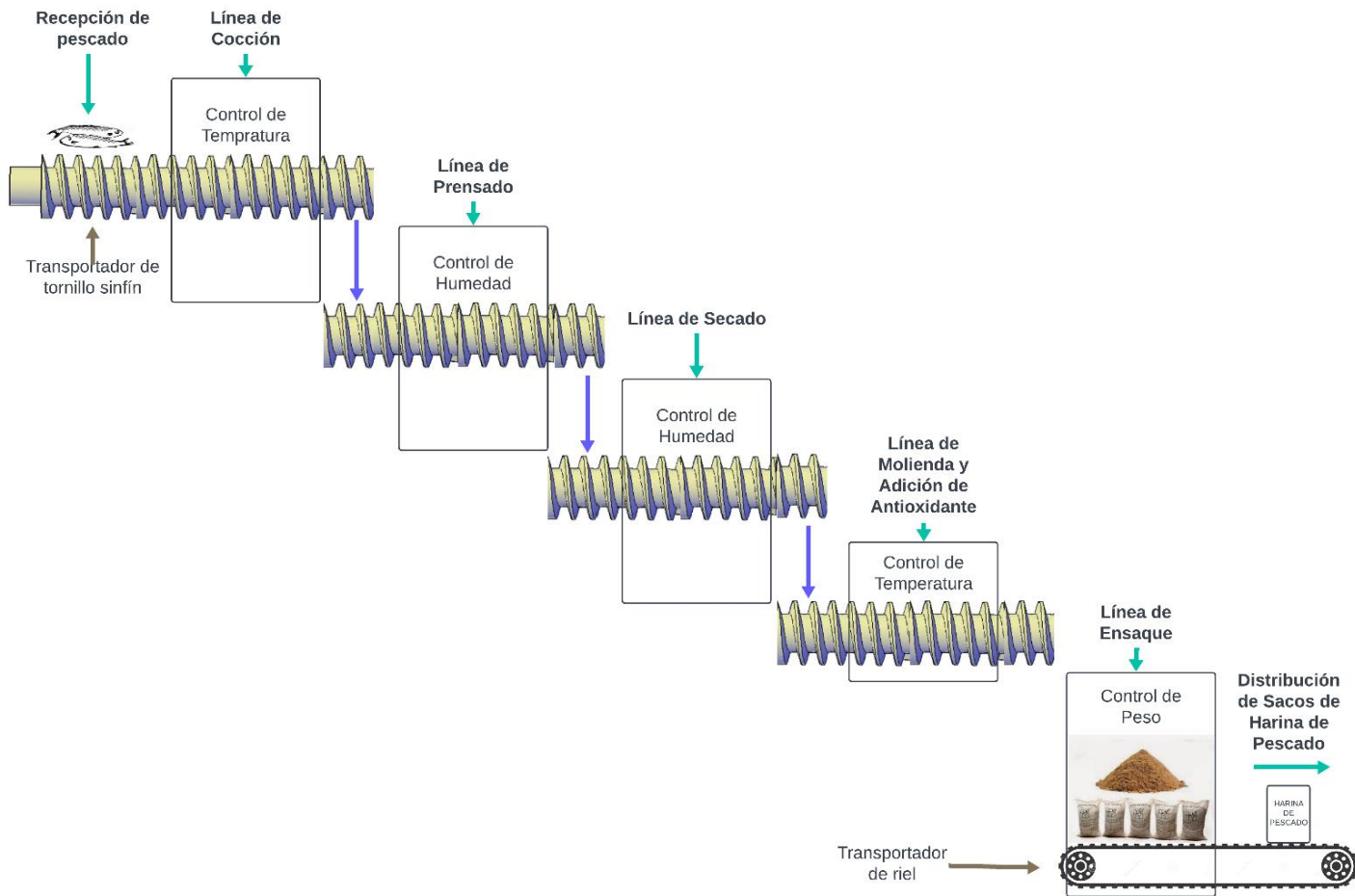


Figura 17: Etapas para la Producción de Harina de Pescado. (Fuente: Autor. 2023)

## 2.2.2. Procesos operativos para la producción continua de Harina de Pescado

La fabricación de harina de pescado comprende desde la recepción de materia prima, la cual es obtenida de la pesca realizada en los puertos de la zona costera de la provincia de Santa Elena, hasta la obtención de harina, un sólido de grano fino que posteriormente es almacenado en sacos con una capacidad de 50 kg, particularmente la producción está destinada al consumo regional del sector camaronicultor.

### 2.2.2.1. Etapa de descarga y pesaje

En la figura 18 se esquematiza la descarga y transporte de pescado, la materia prima reposa sobre una poza de cemento, unidad donde se descargarán diferentes especies de pescados endémicos de la zona, donde además se registrará un peso estándar que luego se trasladará mediante un elevador a rastras al tolván de recepción perteneciente a la unidad de cocción (u. c.), donde se procesará continuamente para obtener un insumo secundario, después de haberse abierto la compuerta de salida, actuador gobernado por un cilindro neumático.

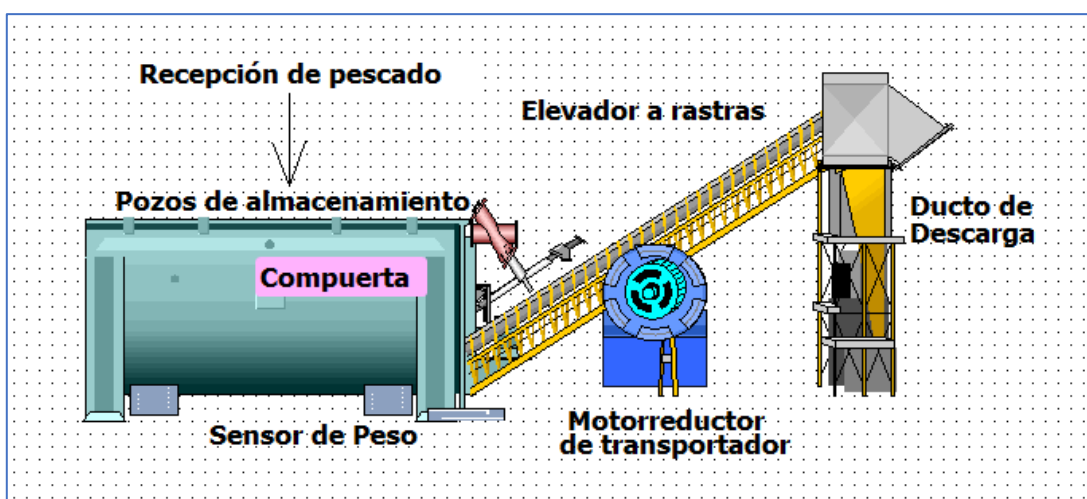


Figura 18: Línea de Unidad de Descarga y Pesaje de Insumo. (Fuente: Autor)

### 2.2.2.2. Etapa de cocinado

Después de haber sido trasladado al área de cocción, el pescado entra por su tolva de carga donde recogerá una capacidad de pescado permisible para ser procesado, en este caso el insumo crudo sufre un cambio donde sus proteínas se coagulan, mediante una residencia en el equipo de cocción durante un tiempo aproximado de 20 minutos a un alcance indirecto de temperaturas altas. Esta unidad de procesamiento se caracteriza por ser hermético, donde la transformación de la materia prima se mantiene intacta de impurezas o residuos del entorno industrial, afín de evitar su deterioro y se realice de forma adecuada la liberación de agua y otras sustancias adiposas, luego es trasladada al área de estrujamiento por un colector helicoidal: como se indica en la figura 19, la circulación de vapor es primordial de esta línea de producción.

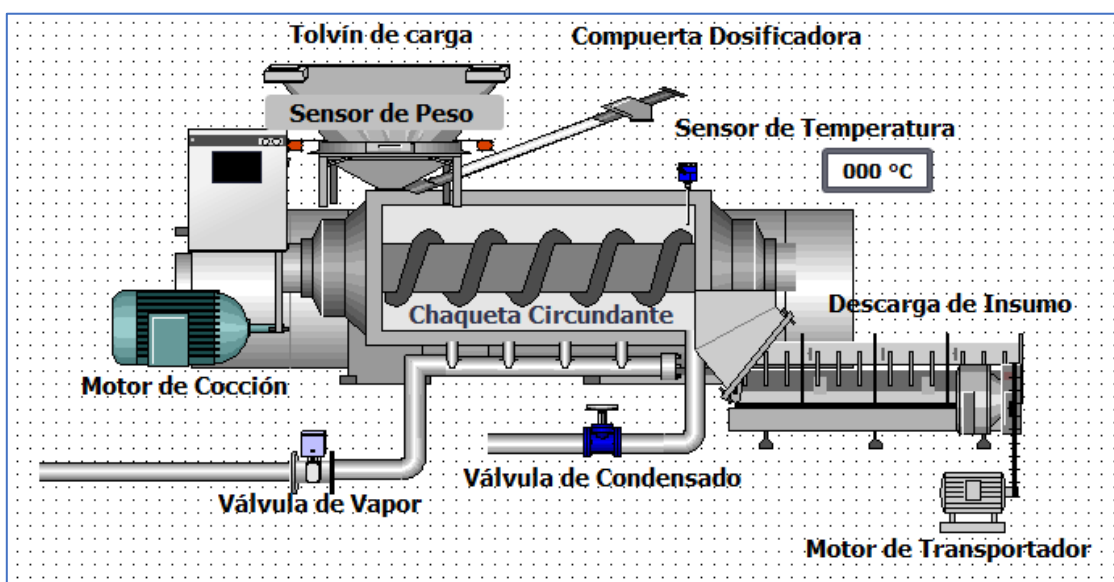


Figura 19: Línea de Unidad de Cocción de Insumo. (Fuente: Autor)

### 2.2.2.3. Etapa de prensado

La figura 20 indica la llegada del insumo anterior a la tolva pulmón de la unidad de prensado (u. p.), equipo que garantizará el estrujamiento de la masa cocinada por medio de un “expeller” de tornillo ubicado internamente que realiza una compresión regulable, liberando una gran cantidad de sustancias líquidas mediante la superficie envolvente interior de la unidad de estrujamiento posteriormente, es dirigida a otra unidad donde se le dará tratamiento para otros usos.



La masa extruida, generalmente denominada como “cake” o queque de prensa, teniendo un porcentaje de humedad del 44% con relación a la masa total, permite el procesamiento de esta a otra unidad, la de secado que le restará humedad a este sólido producido. La medición de esta propiedad física, la humedad relativa, es prioridad en este subproceso para la producción de harina de pescado.

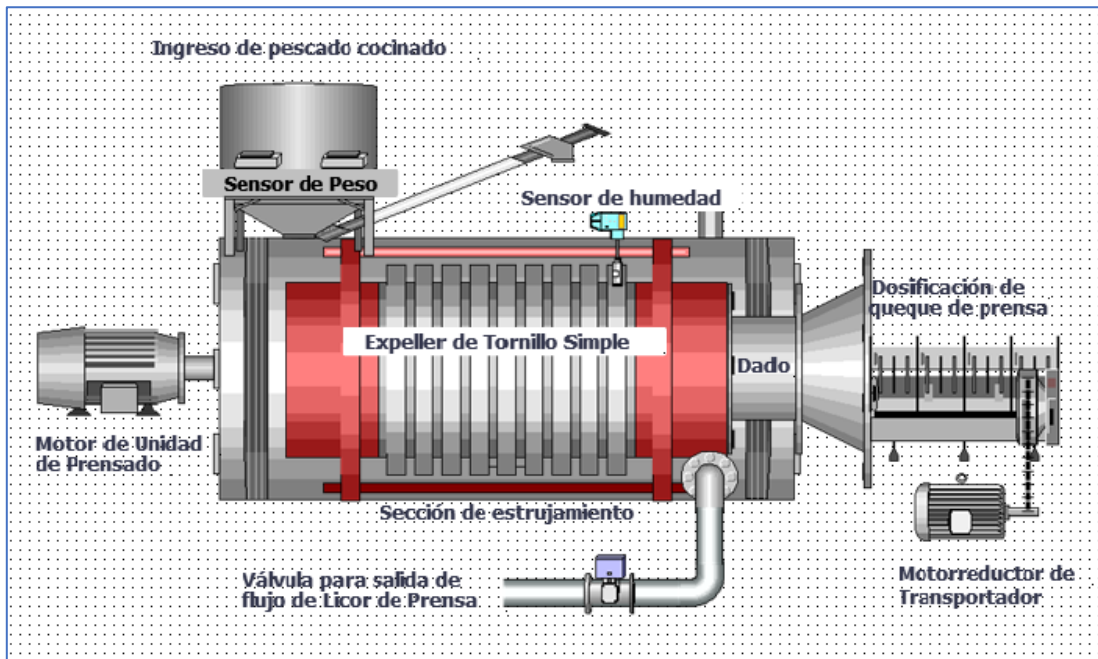


Figura 20: Línea de Unidad de Prensado de Insumo. (Fuente: Autor)

#### 2.2.2.4. Etapa de secado

En la siguiente sección de producción esquematizada en la figura 21, la masa extruida ingresa por tolva de la unidad de secado, cuya función es la de minimizar la humedad de este sólido mediante técnica de aire frío obtenido de equipos adicionales que operan en conjunto durante un tiempo aproximado de 40 minutos, y es que este equipo toma el principio de la transferencia del calor al queque de prensa mediante un juego de tubos donde circula el vapor de agua obtenido del tratamiento de caldos, y con ayuda de la característica principal del secador (u. s.), una estructura cilíndrica ubicada a una altura con respecto al nivel del suelo, permite el óptimo secado generando otro insumo conocido industrialmente como “scrap”, sólido que cumple con propiedades necesarias para ser transportados a otra área de procesamiento; así mismo internamente de esta unidad dispone de un transportador sinfín que hace la circulación del queque ofreciendo un secado uniforme de dicha masa.

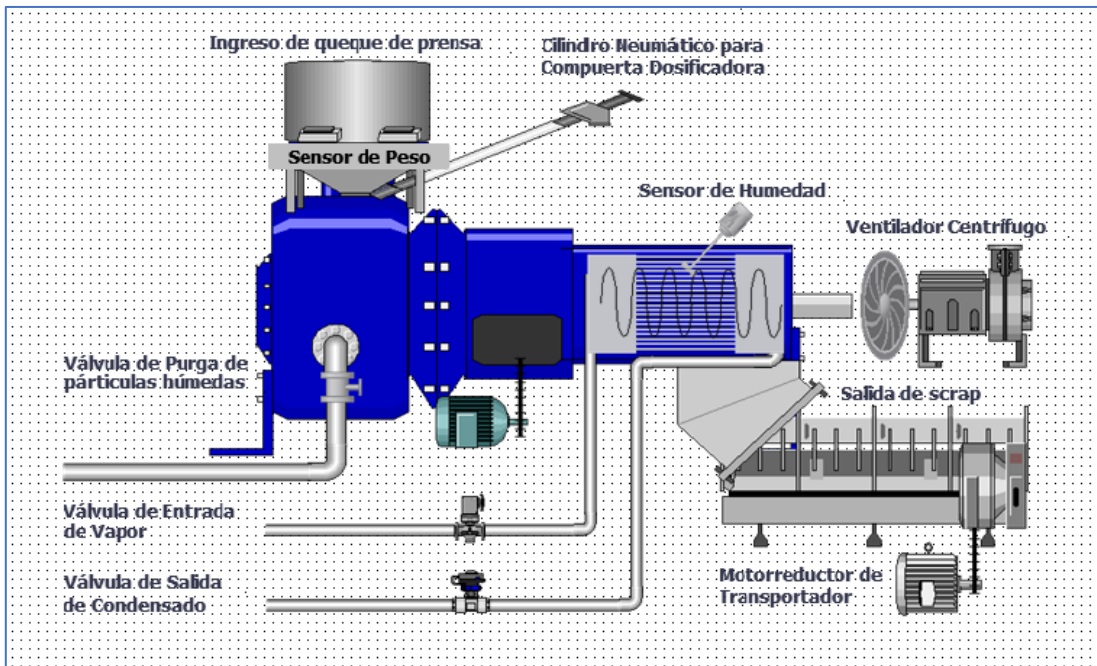


Figura 21: Línea de Unidad de Secado de Insumo. (Fuente: Autor)

### 2.3. Programación desarrollada para el Controlador PLC S7 1200 1212C AC/DC/RLY en TIA Portal

El desarrollo de instrucciones y funciones es resultado de la secuencia de procesos u operación de los elementos físicos que actúan en la planta, dispositivos que captan señales físicas (discretas y continuas) y gobiernan equipos de potencia, funcionamiento que depende de señales de salida, así mismo discretas controlados por relés, destacándose etapas y/o líneas de producción, empezando con el control general del sistema automático, la línea de cocción, el de prensas, el de secado añadiendo la etapa de molido, adición de antioxidantes y por último la línea de ensaque convirtiendo a la harina de pescado en un producto comerciable en sacos de 50kg a proveedores pertenecientes a la rama de crianza del sector camaronicultor.

#### Control General del Sistema

El primer bloque de programación está dedicado al control por medio físico (pulsadores en tablero de control implementado) o digital (botones diseñados en el interfaz operador – máquina), para la parada por situación de emergencia, puesta en marcha o paro de los sistemas, respectivamente (véase en las figuras 22, 23); la disposición del funcionamiento de cada etapa de producción está fijada en bloques de funciones, por cuestiones de organización y estética (nótese en la figura 24).

#### Segmento 1: Control General del Sistema

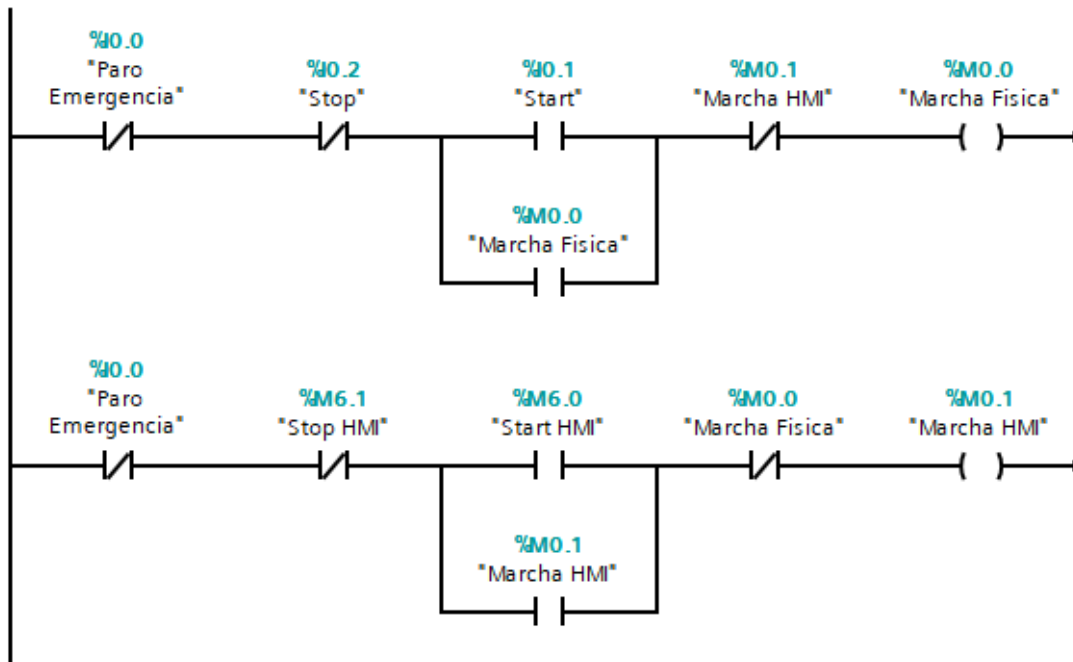


Figura 22: Programación para el Control General del Sistema. (Fuente: Autor)

## Segmento 2



Figura 23: Ladder para la marcha del sistema automatizado. (Fuente: Autor)

## Segmento 3

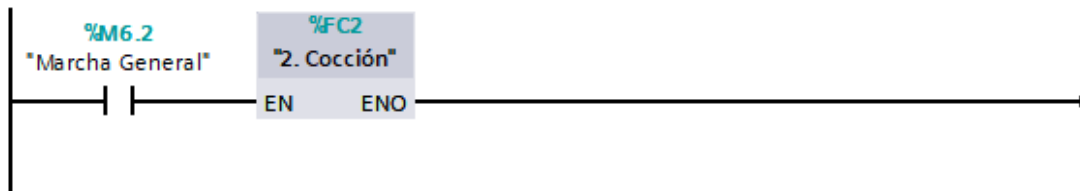


Figura 24: Programación para habilitación de bloques de funcion. (Fuente: Autor)

## Etapa de Descarga y Pesaje

### Segmento 1

Se recibe la carga proveniente de pescado por parte de los camiones, en pozas de almacenamiento, estos equipos integran dispositivos de pesaje, galgas extensiométricas digitales que al activarse permiten la apertura de una compuerta para permitir su transporte correspondiente mediante un elevador a rastras, se estima un tiempo para dicho recorrido del pescado (notándose en la figura 25), donde se cierra la compuerta dependiendo de una electroválvula como actuador, disponiéndole en su estado inicial.

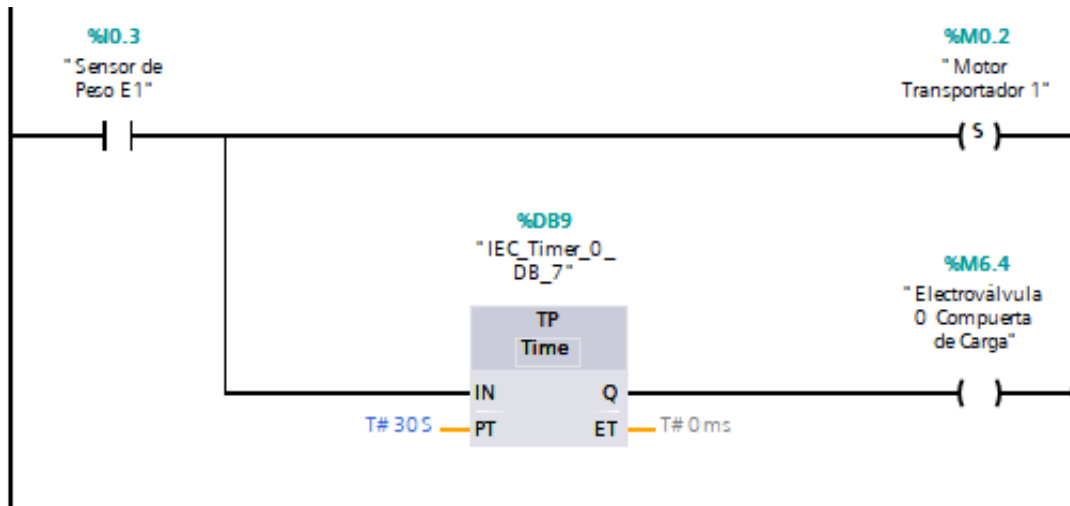


Figura 25: Lógica de escalera para pesaje de materia prima. (Fuente: Autor).

## Etapa de Cocción

### Segmento 1

La etapa de Cocción cuenta con una sección de recepción donde se mide la cantidad necesaria de insumo a procesar mediante una galga extensiométrica cuando el Sensor de Peso E2 obtiene la carga ideal, se abrirá la Válvula de Ingreso del Vapor a 120 psi, y de la misma manera desactiva el motor del transportador 1 de la etapa de Pesaje, (nótese en la figura 26).

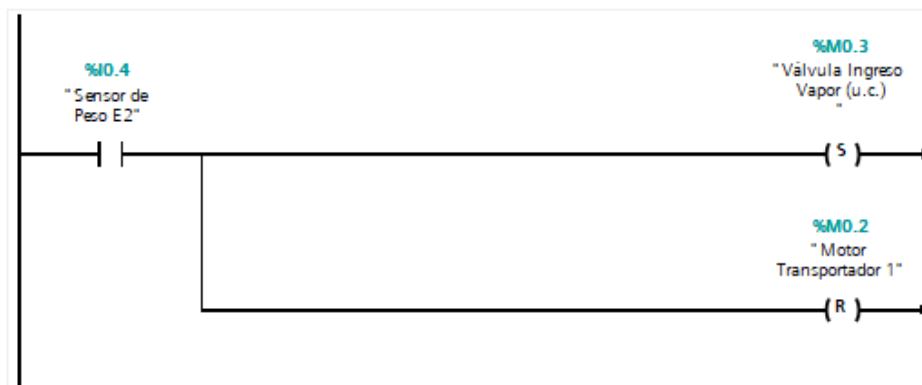


Figura 26: Instrucciones para activación y desactivación de salidas digitales. (Fuente: Autor).

### Segmento 2

El mismo sensor de peso de la presente etapa, activan un Temporizador, que pondrá en estado abierto la Válvula de Purga del Condensado hasta que cumpla una condición más adelante, a la misma vez abre la Válvula para que el cilindro neumático permita abrir la Compuerta de Carga dependiendo del transporte total del pescado a la unidad de Cocción y encienda el Motor de Cocción que hará circular la materia prima, dando garantía el cocinado uniforme de dicho insumo. Cuando haya bajado el insumo primario al transportador interno que forma parte del Motor de Cocción, se desactiva la bobina cerrando la Electroválvula 1 y bajando la Compuerta de Carga, induciendo a un proceso de cocción de manera hermética.

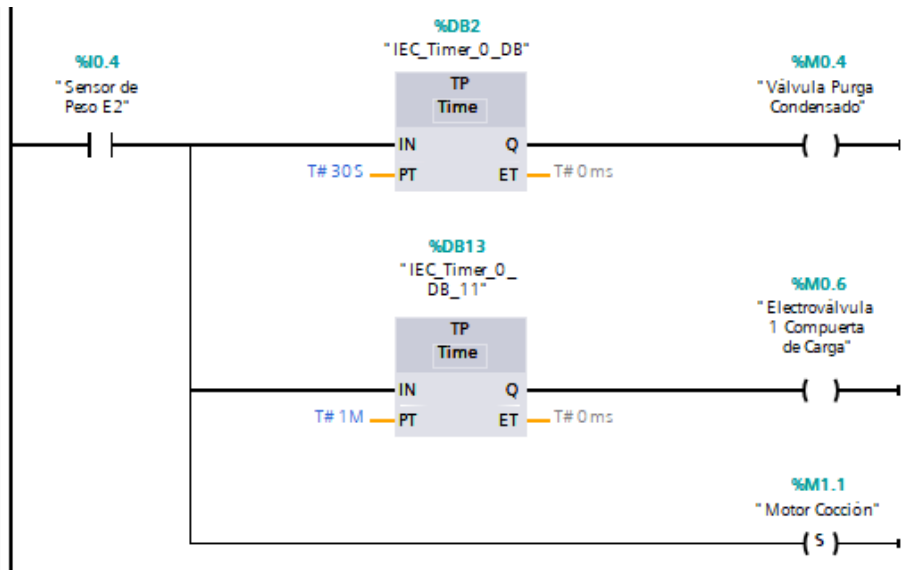


Figura 27: Empleo de operaciones de temporización para salidas digitales. (Fuente: Autor).

### Segmento 3

Después de haberse encendido el Motor de Cocción y apertura la Válvula de la Compuerta, se recibe la señal del sensor de temperatura y cuando reciba el valor ideal que ronda entre los 95°C, asegurando la coagulación de las partículas de la materia prima.

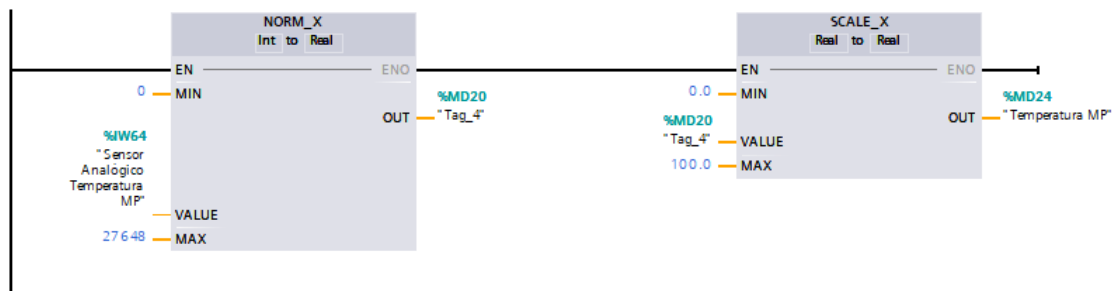


Figura 28: Bloques para normalización y escalamiento de entradas analógicas. (Fuente: Autor)

### Segmento 4

La señal de temperatura con los valores entre 94 a 96°C, hace que se activen ciertos actuadores y otros desactivándolos, porque ya se ha cumplido la temperatura requerida garantizando la cocción adecuada; el cierre de la Válvula de Ingreso de Vapor a la Unidad de Cocción, así mismo apaga el motor de cocción, que tiene incorporado en su estructura helicoidal, unas chaquetas donde circula vapor. Los niveles altos de temperatura harán que registren un aviso de advertencia.

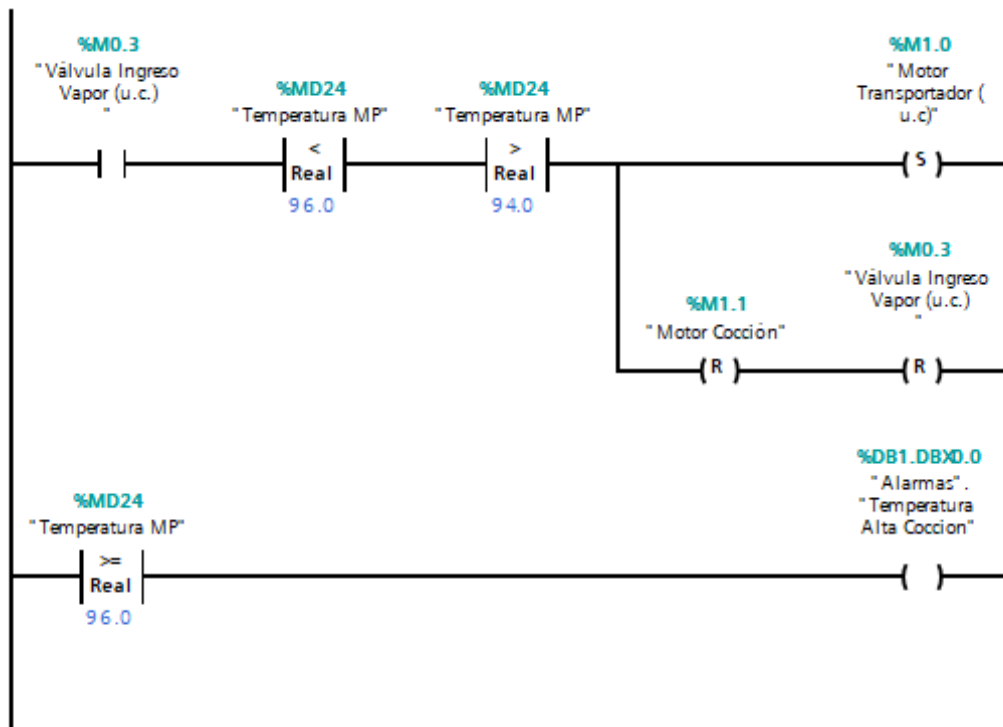


Figura 29: Uso de comparadores para rango de operación de salidas. (Fuente: Autor).

## Etapa de Prensado

### Segmento 1

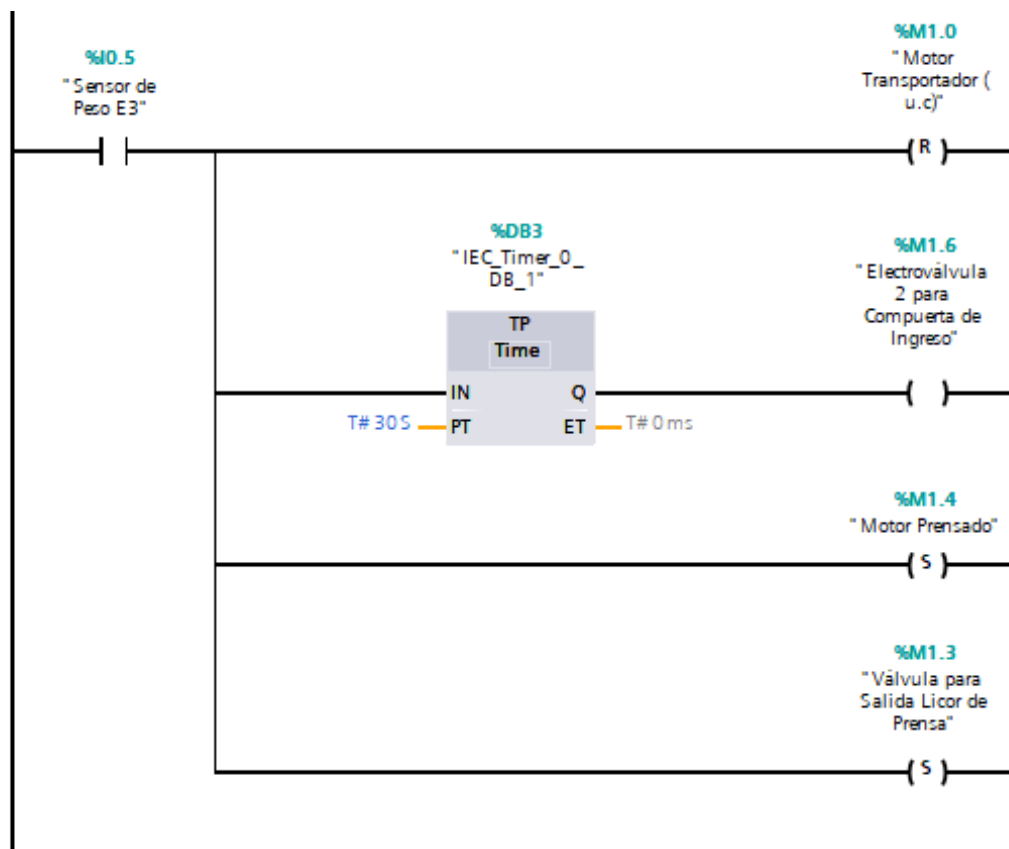


Figura 30: Uso de un temporizador de pulso para activación de electroválvula. (Fuente: Autor).

El ingreso de la materia prima cocinada es controlado por un sensor de carga que habilita la desconexión del motor de transportador Helicoidal 2 que trajo dicho semiproducto a la Unidad de Prensado, permitiendo activar una Electroválvula de aire para la salida del vástago del cilindro neumático resultando en la apertura de la Compuerta de Ingreso del pescado cocido por cierto tiempo, el sensor activa el relé para el encendido del Motor de la Unidad de Prensado, y abre la Válvula de solenoide el cual dará el flujo de Salida del Licor de Prensa.

### Segmento 2

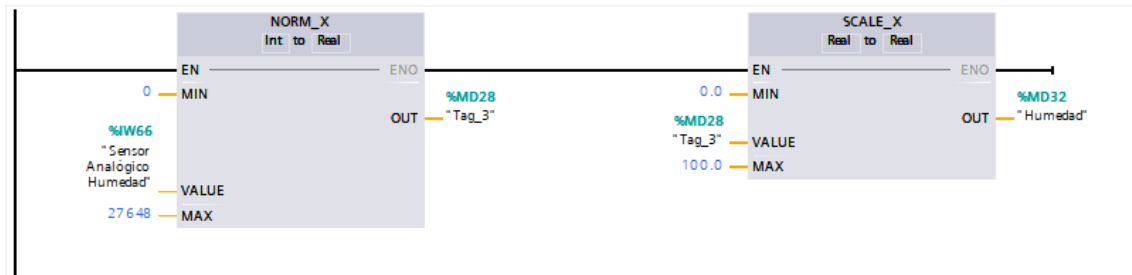


Figura 31: Acondicionamiento de señal de entrada de humedad (Fuente: Autor).

Se utiliza funciones de normalización para adecuar la señal de entrada del sensor, en este caso el de Humedad Relativa, en valores de 0 a 27648, así mismo el escalamiento a valores numéricos recurrentes en el área de operación industrial, enfocándolo a un valor de 0 a 100%.

### Segmento 3

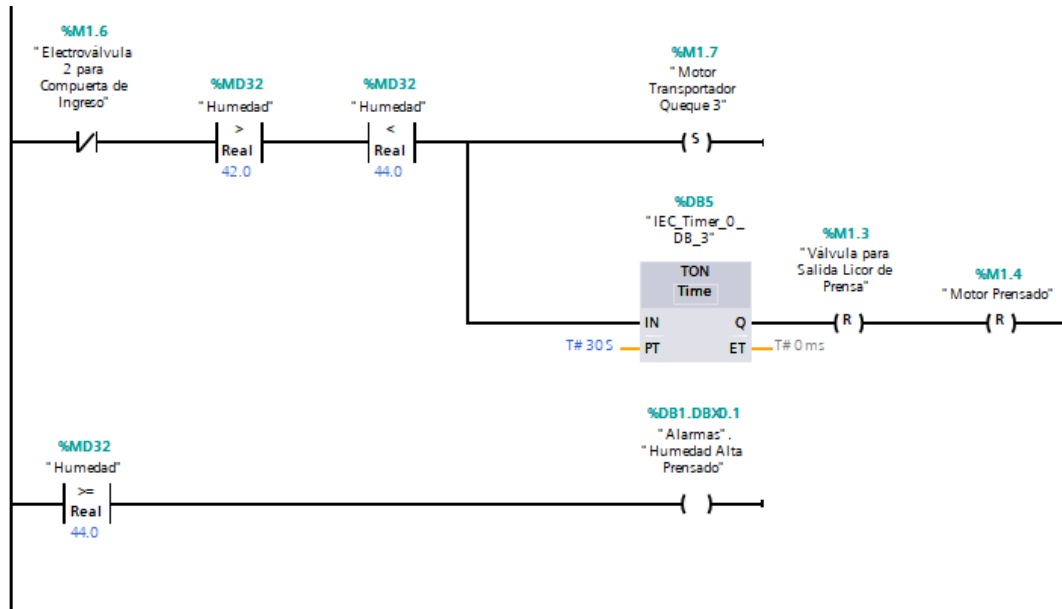


Figura 32: Comparadores de valores analógicos en humedad en etapa de secado. (Fuente: Autor).

Cuando se reciba el insumo ya cocinado, seguidamente se registra el nivel de humedad, valores aproximados entre 40 a 46% requisito para la salida del queque, enciende el motor del transportador sinfin, del mismo modo desactiva la Válvula de Salida del Licor de Prensa, líquido que se reusará para una etapa de producción diferente.



El apagado de motor de Prensas se da cuando el producto se haya distribuido totalmente al otro Transportador, en este caso la del Queque, tomándose en consideración un tiempo aproximado de 3 min.

## Etapa de Secado

### Segmento 1

Después de haberse recibido la cantidad necesaria de queque proveniente de la etapa de prensas, se activa instantáneamente una Electroválvula de tipo On/Off para el primer desplazamiento del cilindro neumático de doble efecto, que a la vez gobierna la apertura de la Compuerta de Carga de dicho insumo al tornillo sinfín que permite su desplazamiento mientras recibe la transmisión de calor dado por la circulación indirecta de vapor por el mecanismo de secador a Rotatubos que envuelve al transportador helicoidal por medio de otra Válvula de Ingreso de Vapor por los Rotatubos

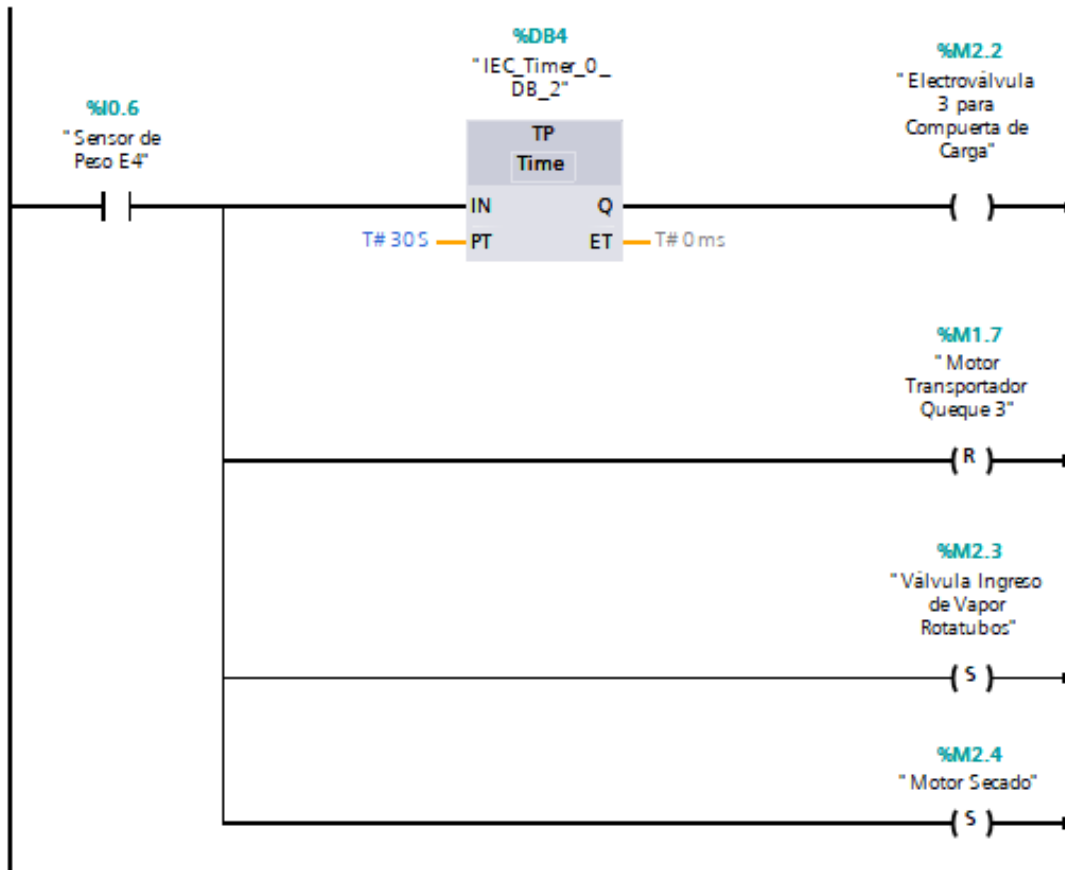


Figura 33: Programación de activación/desactivación de salidas por relé. (Fuente: Autor).

## Segmento 2

Se realiza la normalización y escalamiento de valores analógicos del sensor a uno permisible e interpretable para la operación, la humedad del queque.

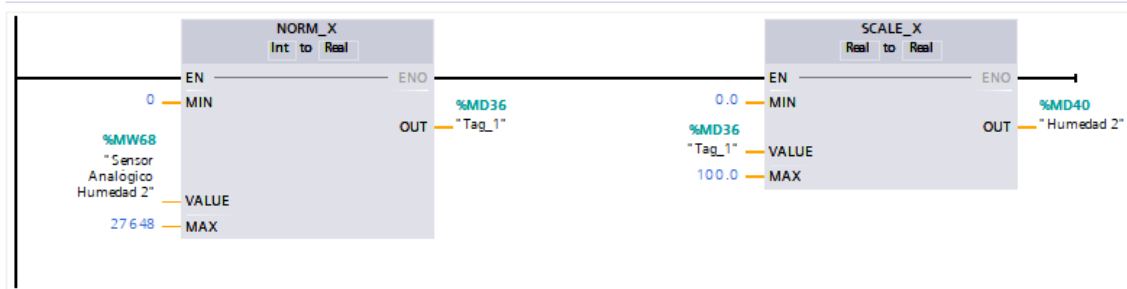


Figura 34: Conversión de entradas analógicas de humedad relativa en etapa de secado. (Fuente: Autor).

## Segmento 3

Después de estar la masa estrujada en la unidad de secado, asegurada con un tiempo de referencia a medida de la Electroválvula en estado off de la Compuerta de Carga, se toma valores de referencia para el funcionamiento de actuadores, debido a que es la humedad es la variable de control principal de esta línea de producción, y cuando se obtenga valores de entre mayores de 18 y menores de 20, se abre la Válvula de Salida del Condensado instantáneamente el encendido del motor centrífugo después de 20 minutos, buscando así la realización del otro método de secado en la misma línea.

El uso de la técnica de secado por ingreso de vapor indirecto solo está permitido hasta que el queque de prensa haya obtenido un valor aproximado entre 19%. Terminando la última técnica de secado (mediante el ventilador centrífugo), se detiene el Motor de Secado y abre la Válvula de Purga de Partículas Húmedas cuando ya está en marcha el motor del Transportador del Scrap, insumo producido en esta línea de Secado.

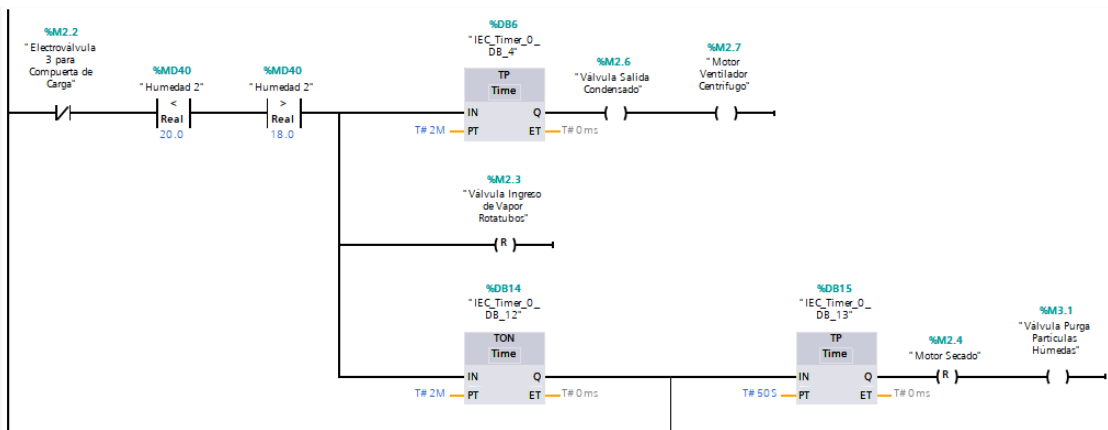


Figura 35: Uso de temporizadores para la activación por señales de salidas discretas. (Fuente: Autor).

### 2.3.1. Empleo de PLCSIM como interfaz de simulación de procesos del TIA PORTAL

Se utiliza la interfaz de simulación de entradas físicas que precisa el uso de señales digitales y la disposición de señales analógicas, en el caso de la representación de sensores que envían señales discretas al dispositivo controlador, y que activan procesos, operaciones e instrucciones en la programación, del mismo modo se toma en cuenta las señales de temperatura y humedad presentes en la línea de producción de harina de pescado, en este caso con un rango entre  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $900^{\circ}\text{C}$ , y de porcentajes de valores entre 0 a 100% de humedad relativa respectivamente.

Nombre	Dirección	Formato de visua..	Observar/forzar valor	Bits	Forzar coherente...	Comentario
*Paro Emergencia*:P	%IO.0:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Start*:P	%IO.1:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Stop*:P	%IO.2:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Sensor de Peso E1*:P	%IO.3:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Sensor de Peso E2*:P	%IO.4:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Sensor Analógico Temperatura M...*	%IW64:P	DEC+/-	0		0	
*Sensor de Peso E3*:P	%IO.5:P	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Sensor Analógico Humedad*:P	%IW66:P	DEC	0		0	
*Sensor de Peso E4*:P	%IO.6:P	DEC	FALSE		<input type="checkbox"/> FALSE	
*Sensor Analógico Humedad 2*	%MW68	DEC+/-	0		0	

\*Sensor Analógico Temperatura MP\* [%IW64:P]  
Mín.: -200 Máx.: 900

Figura 36. Tabla de Variables de Entradas Físicas en Simulador Virtual. (Fuente: Autor).

### 2.3.2. Configuración para el diseño del Interfaz Operador – Máquina y comunicación con el Controlador Lógico Programable

Para la selección del componente físico para dicha interfaz se toma en cuenta el diseño y la interoperabilidad de variables en la línea de producción de harina de pescado, ya detallados anteriormente, ante esto se selecciona un HMI del tipo Confort 900, cumpliendo con características que le permitan comunicarse con el Automata Lógico Programable, el PLC 1212 AC/DC/Rly, así mismo ofreciendo la facilidad para el manejo de mímicas mediante la disposición de una pantalla de 9 pulgadas.

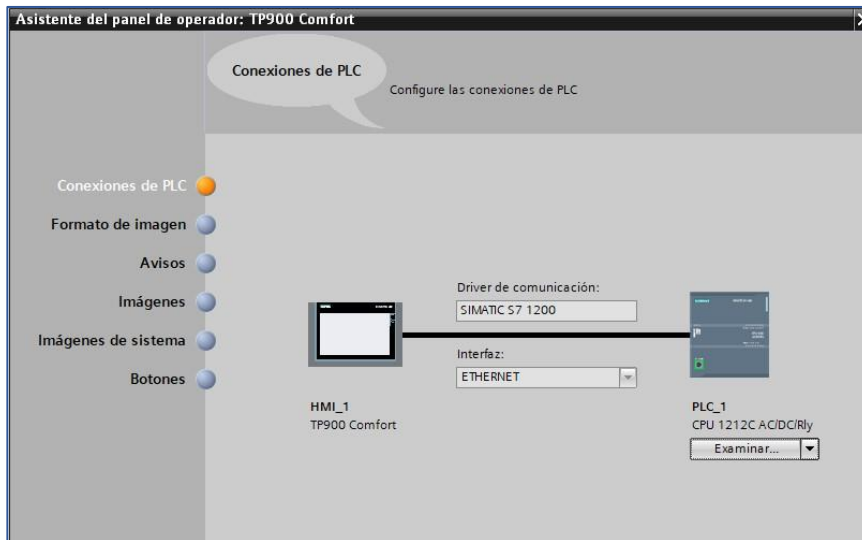


Figura 37: Configuración de conexión entre PLC S7 1200 y HMI Comfort TP900. (Fuente: Autor).

En el asistente del panel operador, se permite la configuración de conexiones con el PLC como también el formato de imagen de las pantallas, disposición de avisos en pantallas emergentes, botones digitales por default e imágenes integradas en la interfaz.

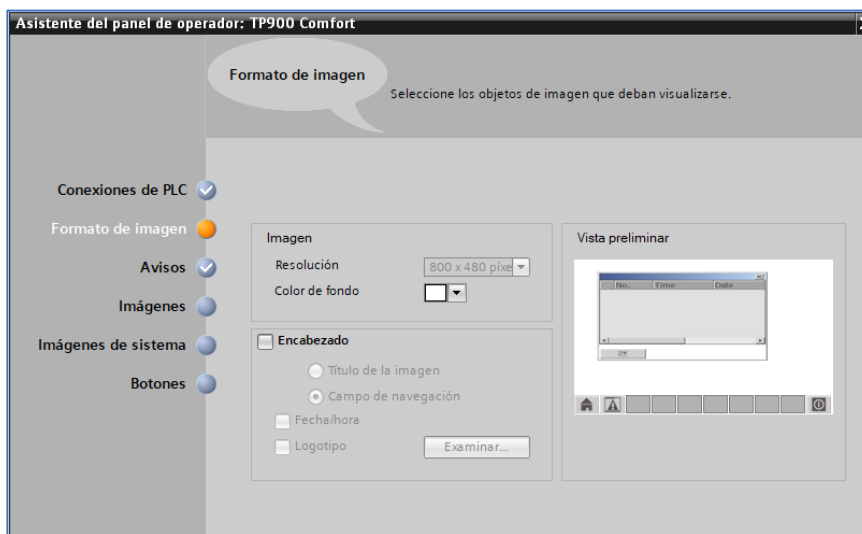


Figura 38. Mímica para configuración de imagen para el diseño del HMI. (Fuente: Autor).

Se realizó la integración de variables inmersas en la línea de producción antes mencionada, mediante la importación de variables de entradas y salidas del tipo analógico y digital respectivamente empleadas en la programación Ladder, en las propiedades que ofrecen las herramientas gráficas del proceso diseñado en la mímica de la etapa de cocción.

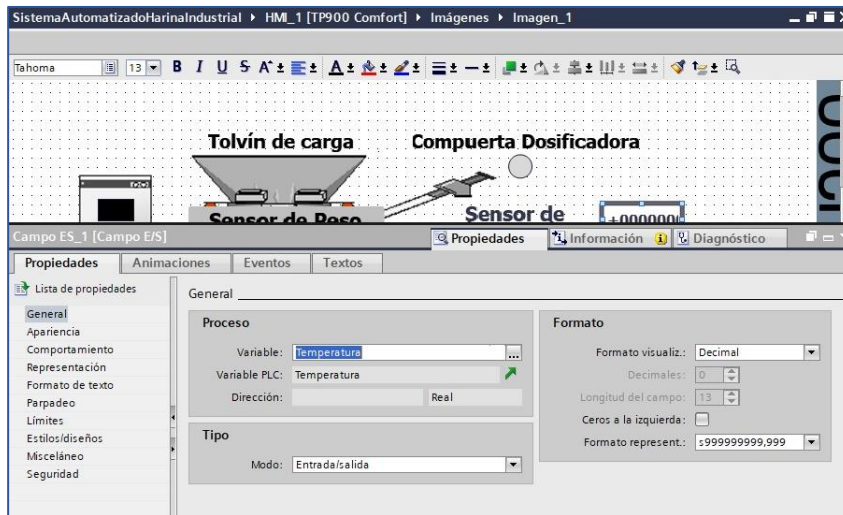


Figura 39: Aplicación de funciones para la comunicación entre variables del PLC y HMI. (Fuente: Autor).

A continuación, se especifica propiedades de dichas variables para la visualización de variables previamente creadas en el entorno de programación KOP dispuestas y replicadas en la “Tabla de Variables Estándar” para el debido control y monitoreo de variables en el proceso para la Producción de Harina de Pescado.

Nombre	de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección
<0> Electroválvula 1 Compuerta de ...		HMI_Conexión_1	PLC_1	*Electroválvula 1 Compu...	%M0.6
<0> Sensor de Peso E1		HMI_Conexión_1	PLC_1	*Sensor de Peso E1*	%I0.3
<0> Temperatura		HMI_Conexión_1	PLC_1	Temperatura	%MD24
<0> Válvula Ingreso Vapor (u.c.)		HMI_Conexión_1	PLC_1	*Válvula Ingreso Vapor (u...	%M0.3
<0> Motor Cocción		HMI_Conexión_1	PLC_1	*Motor Cocción*	%M1.1
<0> Motor Transportador (u.c)		HMI_Conexi...	PLC_1	*Motor Transportador ...	%M1.0
<Agregar>					

Figura 40: Configuración de variables utilizadas en HMI para indicadores. (Fuente: Autor).

## 2.4. Pruebas y puesta en marcha de la solución.

La disposición de la pantalla principal del HMI es necesaria para informar al usuario que proceso y/o administrar, en este caso particular, la Línea de Cocción, permitiendo la entrada al sistema interfaz con un botón de ingreso, con restricción de visualización de acuerdo a niveles de organización de este proceso, es decir el acceso general del sistema al administrados, o acceso específico al operador de una solo línea de producción.



Figura 41: Presentación de pantalla de inicio del HMI. (Fuente: Autor).

Así mismo se procede a cargar la programación al Controlador Lógico Programable, dispuestos en cada bloque de funciones, cerciorándose la validez de la lógica en el Ladder, con base en contactos, temporizadores y relés. Después de haberse utilizado el PLC SIM, nos dirigimos a establecer la conexión online entre el Software TIA Portal con el medio virtual de dicho autómatas.

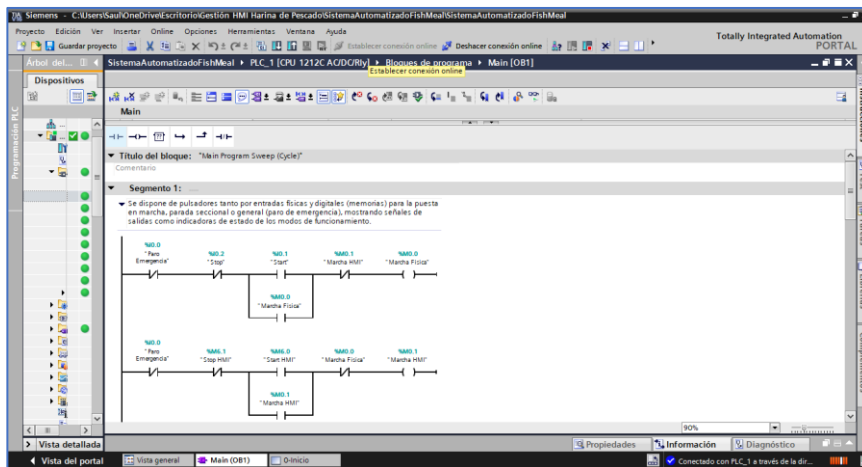


Figura 42: Establecimiento de conexión entre la interfaz y PLC Virtual. (Fuente: Autor).

Se puede verificar dicha conexión, con la señalización de pilotos de color verde en el lado izquierdo del entorno de programación del TIA Portal, seguidamente nos dirigimos a visualizar el proceso que ya se ha comunicado y ver los cambios de estados en los contactos y relés, respectivamente.

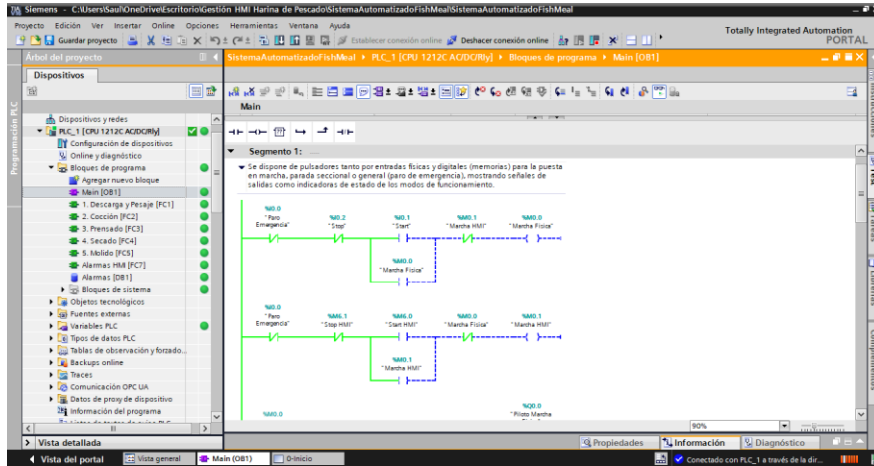


Figura 43. Conexión validada y observación en tiempo real de variables. (Fuente: Autor).

Para verificar y validar dicha conexión, extendemos el simulador de entradas físicas PLCSIM, empezando con la puesta en marcha del sistema, esta acción se refleja en diagrama Ladder con la energización del ramal de Marcha mediante Entradas Físicas, y es que este medio virtual provee una interfaz de operación amigable con el operador, en este caso con un botón pulsador.

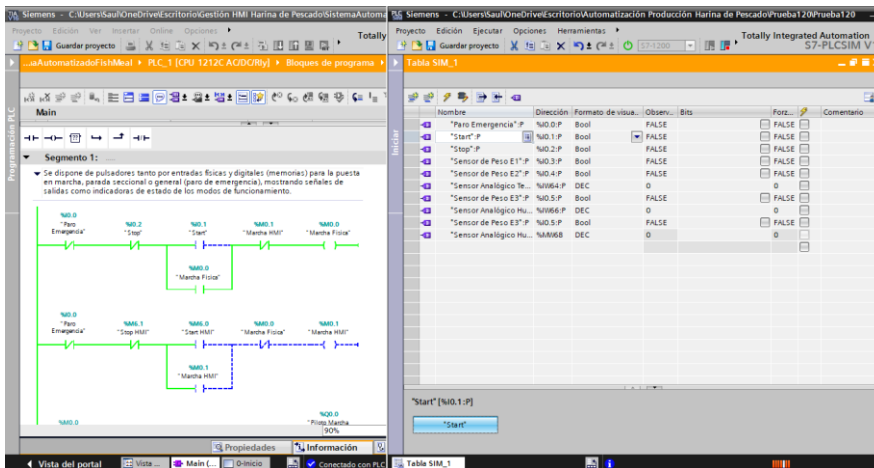


Figura 44. Asignación de variables físicas a usarse. (Fuente: Autor).

Con este pulso accionado permite la energización de los ramales que habilitan la puesta en marcha de los otros procesos como la unidad Pesaje, Cocción, Prensas, Secado. Para controlar las demás entradas físicas, se llama a dicha entrada en la tabla de variables, configuradas previamente en TIA Portal.

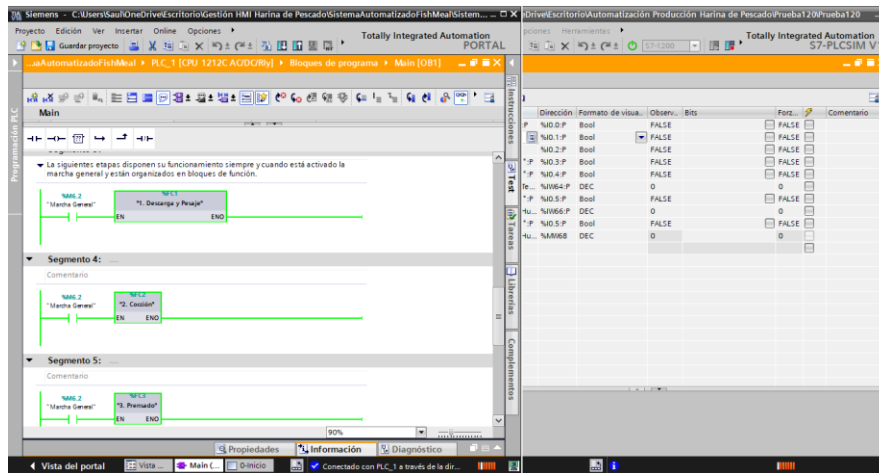


Figura 45. Bloques de función energizadas mediante la marcha forzada del sistema. (Fuente: Autor).

Luego se constatan dichos cambios en la mímica de pantalla del Control General del Sistema, por medio del encendido de la luz piloto indicando el estado de marcha por medio de entradas físicas, mostrando también el acceso a los otros subprocesos, la mímica de alarmas e históricos de señales analógicas físicas.

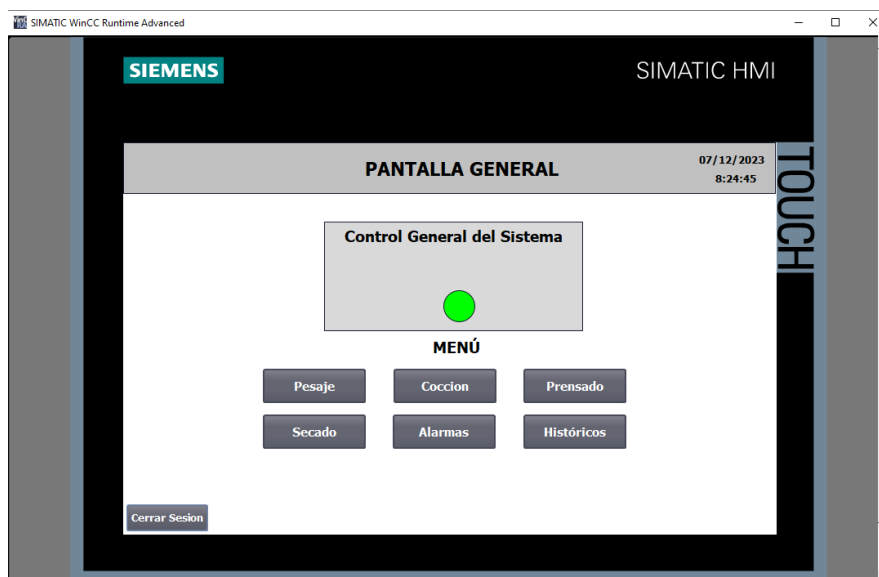


Figura 46: Mímica de Control General en marcha. (Fuente: Autor).

Después de esto simulamos otra entrada, en este caso la señal digital que simboliza la adquisición del peso ideal en tolva de Unidad de Cocción mediante el pulso en el PLCSIM, esta acción da como resultado la activación del temporizador que controlará la desconexión de la electroválvula que gobierna el cierre de la compuerta de entrada.



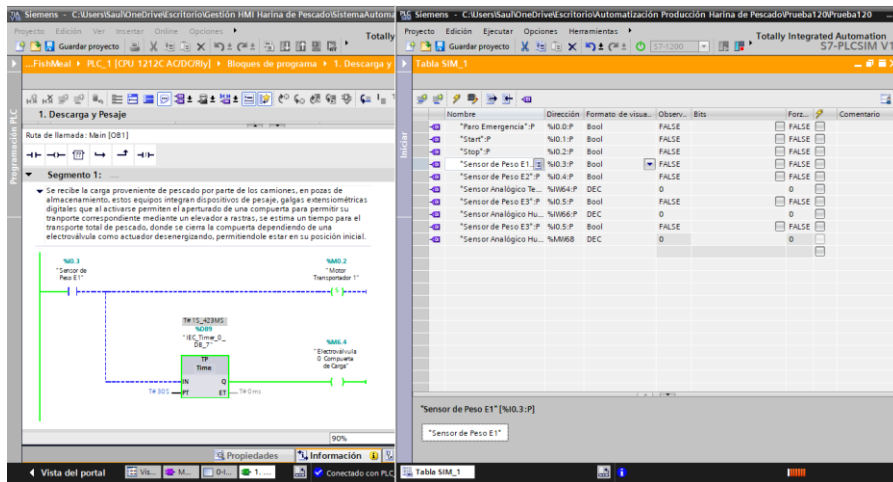


Figura 47: Activación de temporizador para el control de apertura de compuerta. (Fuente: Autor).

El cambio suscitado por el temporizador se refleja en la salida o indicador en esa línea de proceso, la de Pesaje, con un color gris, indicando el cierre de la compuerta, con el cilindro neumático de dicho mecanismo. Este estado se verá también en la configuración/programación Ladder del TIA Portal, con la desactivación del respectivo relé.

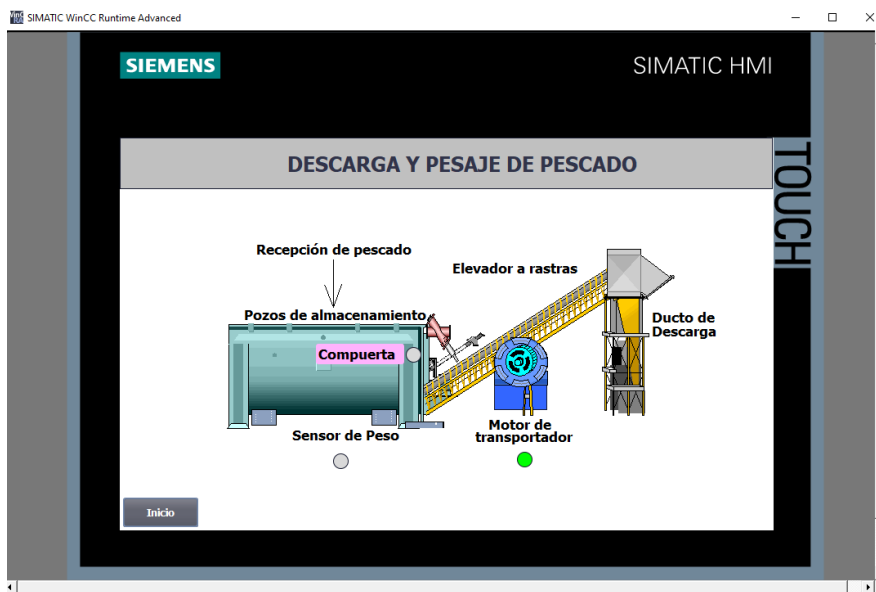


Figura 48: Mímica de etapa de Pesaje de Insumo. (Fuente: Autor).

Así mismo como la etapa anterior, se activa el sensor de peso de la segunda etapa, y la que se enfoca esta propuesta, la de Unidad de Cocción, con un pulso de la entrada física en el Simulador Virtual, accionando otros dispositivos representados con una bobina en el TIA Portal y visualizados en la pantalla del Interfaz Operador – Máquina.

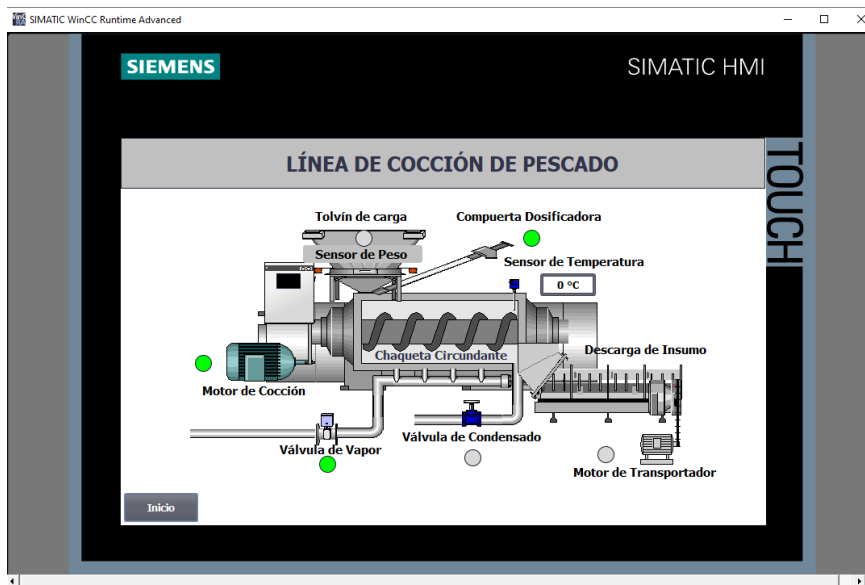


Figura 49. Indicadores de luces pilotos de actuadores encendidos. (Fuente: Autor).

Según la programación desarrollada en TIA Portal, después de activarse el sensor de peso se activa un temporizador que durante un tiempo determina mantiene encendido la Válvula de Purga del Condensado y a la vez permite el estado abierto de la Compuerta de Ingreso de Materia Prima, en la siguiente figura denota la desactivación de dichas salidas por el cumplimiento de dicho tiempo, tanto en el HMI como en la Interfaz de Programación.

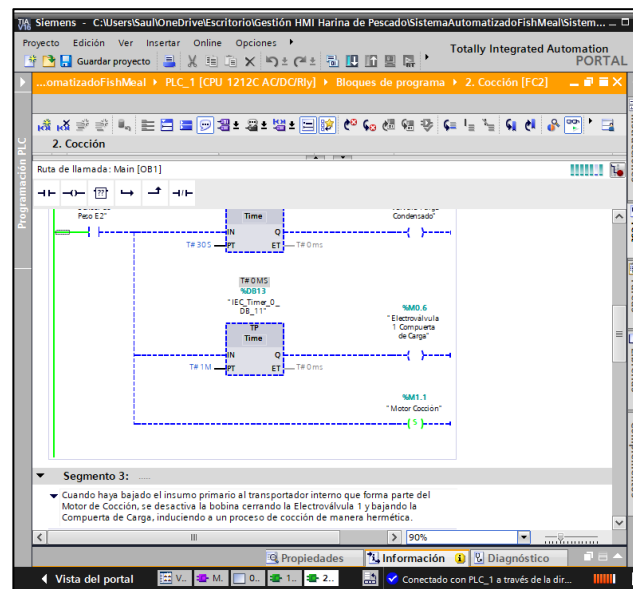


Figura 50: Desconexión de salidas por medio de temporizadores. (Fuente: Autor).

Como se ha dicho anteriormente, los estados de activación se indican en tiempo real de acuerdo a los programado en Ladder, en este caso las luces pilotos de la Compuerta Dosificadora y de la Válvula de Purga de Condensado están en modo Off, y con la previa programación setea a estado On del Motor de la unidad de Cocción.

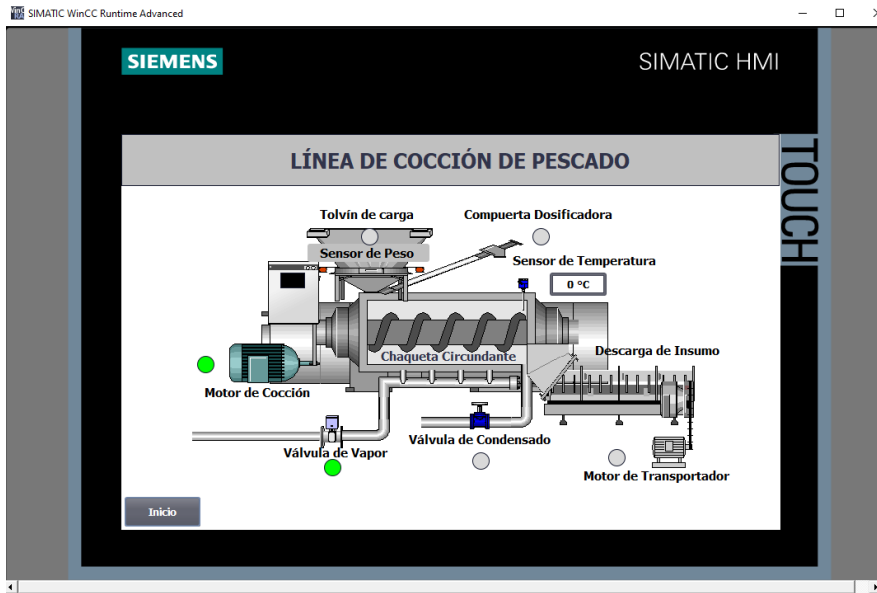


Figura 51: Cierre de Válvula de Purga de Condensado. (Fuente: Autor).

Al suceder dichos cambios de estado, en la unidad de Cocción, mediante el ingreso de Vapor a dicha unidad, existe el aumento de temperatura, esto lo podemos representar con el cambio o seteo de estos valores en el Simulador Virtual, y como de acuerdo con la investigación la temperatura de operación ideal a la que alcanzará es de 94°C. se toma esa proporción con los valores de entrada de 0 a 27648, para definir aquel valor, en este caso es de 26500. Estos valores de la consigna de temperatura permiten activar otros actuadores por media de las bobinas previas.

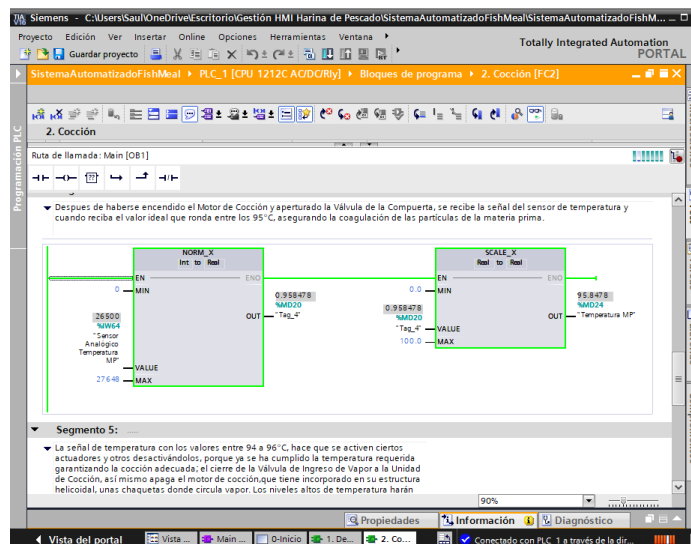


Figura 52: Normalización y escalamiento de valores de temperatura. (Fuente: Autor).

Cuando llega a dicha temperatura ideal, procede a desconectar el Motor de Unidad de Cocción, y cerrar la Válvula de Ingreso de Vapor, promoviendo el ahorro de recursos, energía y vapor, resultando así una cocción adecuada del pescado, manteniendo las proteínas y vitaminas propias, asegurando la calidad de dicho insumo.

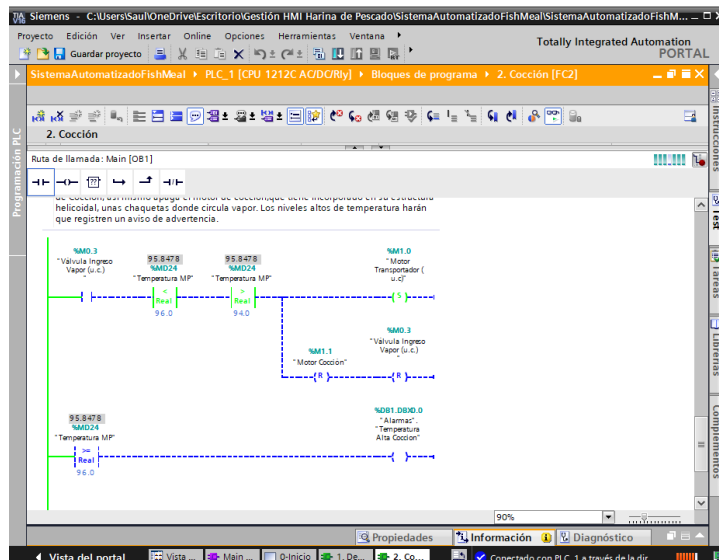


Figura 53. Seteo y reseteo de salidas mediante el comparador de valores. (Fuente: Autor).

La temperatura se muestra por pantalla en el HMI, en este caso de 96°C, así mismo los otros actuadores se desactivan porque ya cumplió los requisitos de Cocción, entonces se permite el transporta a la otra etapa, en este caso la de Prensas, definiendo una optimización de energía eléctrica en dicha Unidad de Producción para la Harina de Pescado.

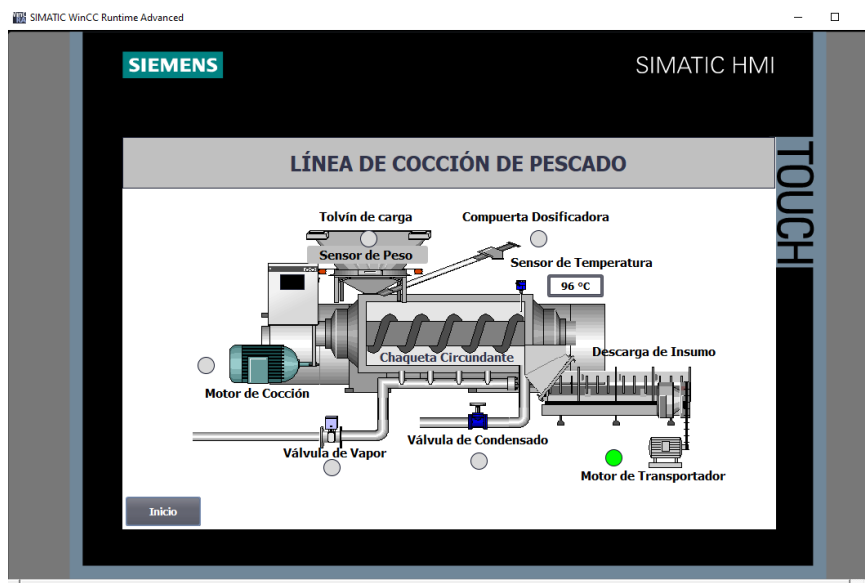


Figura 54: Accionamiento de actuador del transportador helicoidal. (Fuente: Autor).

Para comprobar la pantalla configurada para Alarmas se simula una Temperatura Alta como de 98°C, reflejando este evento anormal con una pantalla emergente, que se desactivará cuando se regule la temperatura por medio físico.

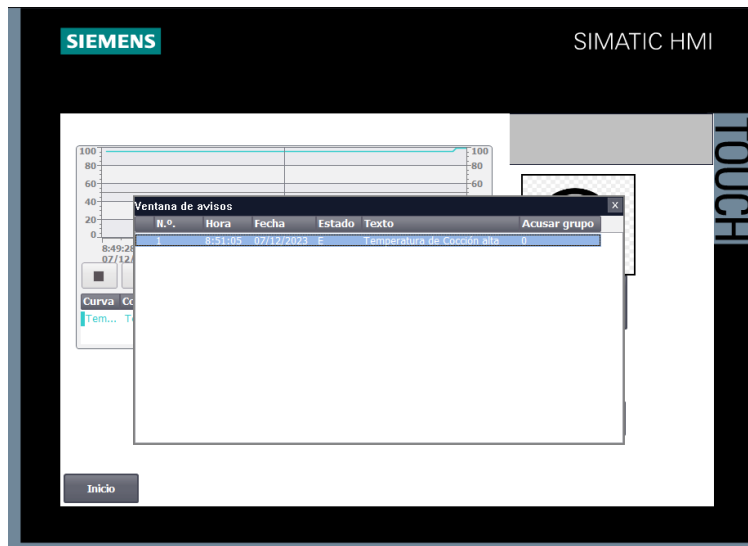


Figura 55: Presentación de Alarmas por Temperatura Alta. (Fuente: Autor).

Este cambio de temperatura se refleja en el Histograma donde el rango de temperatura sube, de acuerdo con el cambio forzado de dicha magnitud física, y esto favorece la característica de monitoreo en tiempo real los datos operativos del sistema, en relación de la señal analógica principal de esta etapa.

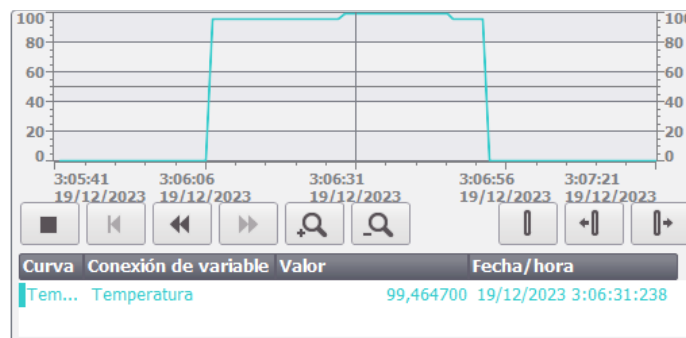


Figura 56: Cambio de temperatura registrado en Histograma. (Fuente: Autor).

### 2.4.1. Diseño de esquema eléctrico para la Unidad de Cocción de Pescado.

Esta sección está dedicada al diseño del sistema de control y potencia del sistema automatizado de la línea de Cocción de materia prima (pescado) usando señales de entradas del tipo digitales y analógicas; dicho diseño se realiza en el componente lógico CADe\_Simu. Este simulador también brinda herramientas para la representación de dispositivos de protección, de control así mismo equipos de potencia, ideales y necesarios para una posible implementación de la propuesta de automatización industrial.

En la figura 57 se visualiza varios elementos, entre ellos un dispositivo de protección, en este caso un interruptor termomagnético que protege de eventos inusuales de cortocircuitos y sobrecargas en los dispositivos de fuerza. Del mismo modo, se aprecia los pulsadores de entrada correspondientes al paro de emergencia, marcha y paro del sistema, símbolo que representa la entrada de la señal discreta del peso umbral del insumo recibido, y otro que representa la señal analógica proveniente de la variación de temperatura en el equipo de Unidad de Cocción. Este esquema se puede ver la conexión del Automata Programable al suministro de voltaje a 120V AC.

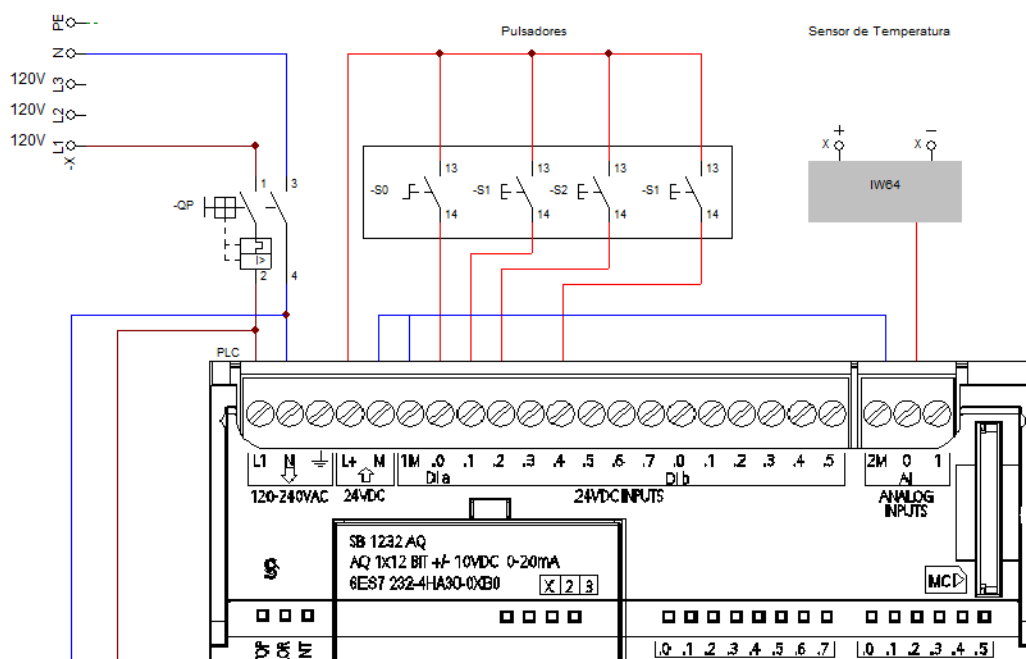


Figura 57: Circuito de mando de sistema automatizado. (Fuente: Autor).

El esquema de fuerza, representado en la figura 58, se aprecia las bobinas que gobiernan los dispositivos de potencia, estas bobinas permiten el control de los contactos principales del contactor permitiendo el paso del parámetro eléctrico, dando lugar a su funcionamiento, ya sea del motor de la Unidad de Cocción y el del Transportador Helicoidal, a las bobinas de las Electroválvulas de aire comprimido, vapor y condensado, esto se encuentra detallado en el siguiente cuadro mediante la descripción de las marcas utilizadas.

Cuadro 6: Leyenda de variables usados en el esquema de control en línea de Cocción.

Variable	Descripción
S0	Paro de Emergencia
S1	Marcha
S2	Paro de Emergencia
S4	Sensor de Peso
AIO	Sensor Analógico de Temperatura
KL	Bobina para Piloto Luminoso
KA	Bobina de Válvula de Aire Comprimido
KI	Bobina de Válvula de Ingreso de Vapor
KP	Bobina de Purga de Condensado
KC	Bobina para Motor de Cocción
KT	Bobina para Motor Transportador

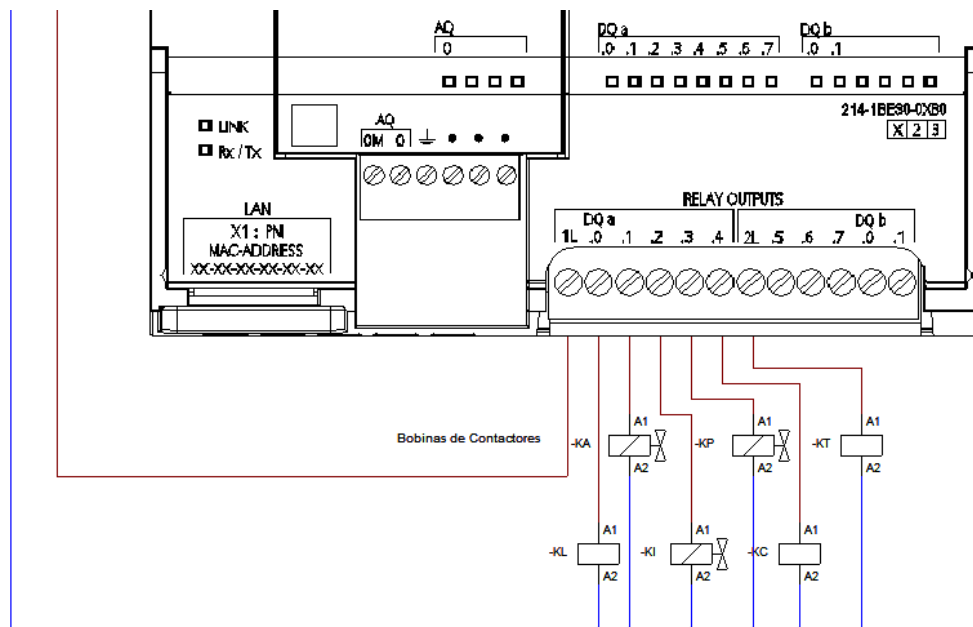


Figura 58: Circuito de salidas del PLC. (Fuente: Autor).

En la figura 59 se visualiza el suministro eléctrico a los equipos de potencia por medio de sus contactores principales, el Motor de la unidad de Cocción y el Motor Transportador operan a un voltaje de 440V, mientras que las electroválvulas de vapor y condensado y la de aire comprimido a un voltaje de 24V DC, suministro obtenido mediante una fuente de alimentación particular.

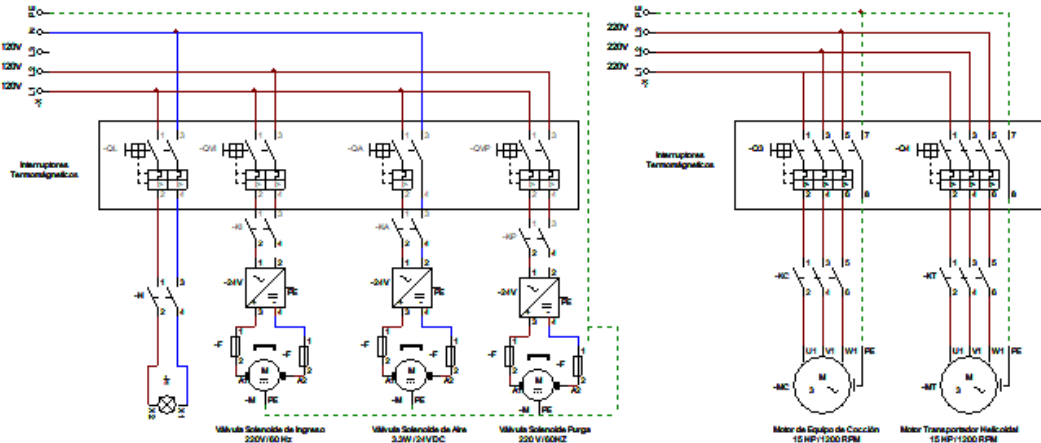


Figura 59: Diagrama eléctrico de fuerza del sistema automático. (Fuente: Autor).

#### 2.4.2. Diagrama P&ID de la línea de producción

En el Anexo 6 está representado la línea de cocción en un Diagrama de tuberías e instrumentación, entre ellos se destaca la comunicación entre dispositivos/equipos, ya sea indicándose el lazo de control para los motores y válvulas inmersas en el proceso, mediante la disposición de señales de entradas del tipo continua o discretas, por ejemplo, sensores de temperatura y de peso, el cual son recibidas por el Autómata Programable; mientras que en el Anexo 7 se indica el sistema neumático de aire comprimido para la disposición de apertura y cierre de Compuerta de Dosificación en la tolva de dicha línea de producción.



## 2.5. Resultados y Conclusiones

- Se desarrolló la programación en Ladder, el funcionamiento automatizado de una línea de producción para la obtención de harina de pescado, tomando en cuenta variables indispensables en la operación de actuadores, el control de temperatura garantiza la formación de una sustancia idónea para los siguientes subprocesos asegurando el consumo apto del producto final. Se acondicionaron valores de parámetros de aquellas variables con la finalidad de ser interpretados en la operación según rangos fijos y conocidos en la producción y manejo técnico de los usuarios encargados de la línea de producción.
- Se diseñó el sistema eléctrico de mando y potencia para el sistema automatizado, basado en el levantamiento de información de equipos elegidos que satisfagan la operación adecuada, para el dimensionamiento de dispositivos de protección eléctrica, entre otros, dentro de un plano multifilar eléctrico, incluyendo a la configuración/esquema del equipo autómatas para el control industrial.
- Se realizó un diseño y configuración de un interfaz operador- máquina con la finalidad de avisar eventos inusuales de operación, orientándolo a la solución rápida aplicando cambios físicos sobre el proceso industrial, empleándose particularmente un protocolo industrial de comunicación para la interconexión bidireccional entre el sistema de interfaz operador – máquina y el controlador programable, Profinet I/O, siendo este un estándar abierto de comunicación industrial en sistemas de control y automatización.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. F. Soledispa Lucas, W. A. Bailón Lourido y F. M. Vásquez Giler, «Auditoria de gestión de calidad y mejoramiento continuo de procesos en pequeñas y medianas empresas del sector pesquero, Manta, Montecristi y Jaramijó - Ecuador,» *Domínio de las Ciencias*, vol. 8, nº 1, pp. 718-729, 2022.
- [2] S. A. De la Rosa Yagual, "Costos de Producción por procesos en la empresa ECUAFEED S.A., Comuna Jambelí, Cantón Santa Elena, 2021", [Tesis de Grado de Licenciatura en Contabilidad y Auditoria, Facultad de Ciencias Administrativas], La Libertad: Repositorio Institucional de Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023.
- [3] J. Escaño González, A. Nuevo García y J. García Caballero, Integración de Sistemas de Automatización, España: Paraninfo, 2019.
- [4] Y. A. Dinás Orejuela y P. A. Rendón Castillo, "Comparación en el desempeño de PLC físico marca Siemens® respecto a un PLC virtualizado aplicado al control de procesos", [Tesis de Grado en Ingeniería Electrónica, Institución Universitaria Antonio José Camacho], Calí: Repositorio Institucional, 2022.
- [5] SIEMENS, «SIEMENS,» [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/ec/en/ps/6ES7212-1BE40-0XB0>. [Último acceso: 21 Noviembre 23].
- [6] D. Thomazini y P. Braga de Albuquerque, Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicacoes, Sao Paulo: érica, 2020.
- [7] 5. H. ELECTRONICA, «5 HERTZ ELECTRONICA "CELDAS DE CARGA",» [En línea]. Available: <https://www.5hertz.com/index.php?route=common/home>. [Último acceso: 23 Noviembre 2023].
- [8] L. Gómez Álvarez, "Montaje y calibración de un sistema de galgas extensiométricas para la medición de deformaciones en estructuras metálicas", [Tesis de Grado en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ingeniería], Almería: Repositorio Intitucional de Universidad de Almería, 2020.
- [9] S. Al-Mutlaq y A. Wende, «Load Cell Amplifier HX711 Breakout Hookup Guide - learn.sparkfun.com,» 2016. [En línea]. Available: [http://www.energiazero.org/arduino\\_sensori/Load%20Cell%20Amplifier%20HX711%20Breakout%20Hookup%20Guide%20-%20learn.sparkfun.pdf](http://www.energiazero.org/arduino_sensori/Load%20Cell%20Amplifier%20HX711%20Breakout%20Hookup%20Guide%20-%20learn.sparkfun.pdf). [Último acceso: 4 Diciembre 2023].
- [10] A. E. Mina Ortiz y J. L. Yungán Garcés, "Implementación de un módulo de entrenamiento para instrumentación y acondicionamiento de señales emitidas por sensores en el laboratorio de control y manipulación automática", [Tesis de Grado de Ingeniería de Mantenimiento, Facultad de Mecánica], Riobamba: Repositorio Institucional de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.
- [11] J. Bausá Aragonés, C. García Gómez, Z. Z. Benito, A. Gil Martínez, M. C. Daniel y A. Galiana Llinares, «Sensores de Temperatura,» 2003. [En línea]. Available:

[https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14089/mod\\_resource/content/0/SensoresTemperatura.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14089/mod_resource/content/0/SensoresTemperatura.pdf). [Último acceso: 4 Diciembre 2023].

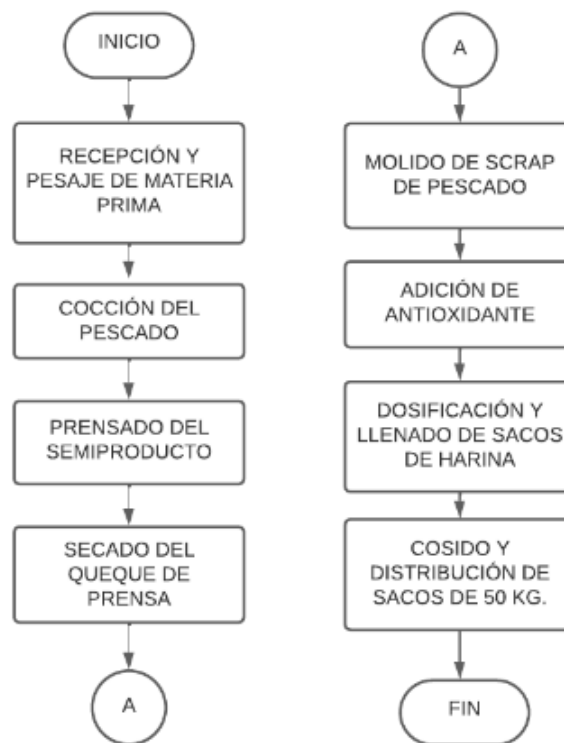
- [12] D. Rodríguez González y Á. M. Andueza Unanua, "Diseño e implementación de un sistema de medida de humedad relativa basado en un sensor capacitivo P14 SMD", [Tesis de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación], Pamplona: Repositorio Institucional de Universidad Pública de Navarra, 2022.
- [13] D. A. Rueda Morales, "Caracterización Eléctrica de Transductores Capacitivo". [Tesis de Posgrado en Ingeniería Aplicada, Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat], Boca de Río, Veracruz: Repositorio Institucional de Universidad Veracruzana, 2021.
- [14] P. M. Perillo y D. F. Rodríguez, «Sensor de humedad usando películas delgadas de nanoarroses de CuO,» *Asociación Física Argentina*, vol. 32, n° 3, pp. 76-82, 2021.
- [15] M. d. V. Gutiérrez Hinestroza y S. A. Iturralde Kure, "Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control". [Texto Académico, Facultad de Ciencias de la Ingeniería], La Libertad: Repositorio Institucional de Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE, 2017.
- [16] Danfoss, «Danfoss, Engineering Tomorrow - Fluid Controls,» 2020. [En línea]. Available: <https://store.danfoss.com/es/es/Sensing-Solutions/V%C3%A1lvulas/V%C3%A1lvulas-solenoides%2C-Fluid-Controls/V%C3%A1lvula-solenoides%2C-EV225B%2C-Funci%C3%B3n%3A-NC%2C-G%2C-3-4%2C-5-000-m%C2%B3-h%2C-Tefl%C3%B3n/p/032U3806>. [Último acceso: 28 Noviembre 2023].
- [17] Transformotor, «Especialistas en Motores Eléctricos,» [En línea]. Available: <https://www.transformotor.com.co/product-page/motor-el%C3%A9ctrico-15-hp-1200-rpm-trif%C3%A1sico>. [Último acceso: 5 Diciembre 2023].
- [18] MECHATALK, «[FESTO] Válvulas Solenoides,» 2023. [En línea]. Available: [https://www.mechatalkstore.com/products/solenoid-valves-vuvs-125-b52-d-g14-f8-1c1?variant=39472238985382&currency=USD&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_source=google&utm\\_content=sag\\_organic&utm\\_campaign=sag\\_organic&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiAsburBhCIARIsAExmsu5](https://www.mechatalkstore.com/products/solenoid-valves-vuvs-125-b52-d-g14-f8-1c1?variant=39472238985382&currency=USD&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAsburBhCIARIsAExmsu5). [Último acceso: 5 Diciembre 2023].
- [19] A. Arias Martineja, A. A. Castillo Ruiz, Á. I. Roa Arias, E. Bidó Cuello, J. García Maimó, D. Mariano-Hernández y M. E. Aybar Mejía, «"Protocolos y topologías utilizadas en los sistemas de comunicación de las microredes eléctricas",» *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, vol. 4, n° 1, pp. 81-95, 2021.
- [20] E. Gutiérrez Agüero, "Automatización y monitorización de una línea de producción mediante Factory I/O y TIA Portal con comunicación Profinet entre PLCs", [Tesis de Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática], Cantabria: Repositorio Institucional de Universidad de Cantabria, 2023.
- [21] V. Tintín-Perdomo, J. Caiza-Caizabano y F. Caicedo-Altamirano, «"Arquitectura de redes de información. Principios y conceptos",» *Dominio de las Ciencias*, vol. 4, n° 2, pp. 103-122, 2018.

- [22] J. H. Cho y K. I. H., «Fish Meal - Nutritive Value,» *Animal Physiology and Animal Nutrition*, vol. 95, n° 6, pp. 685 - 692, 17 Noviembre 2010.
- [23] Ó. W. Gómez Morales, "Diseño de un sistema de control BMS (Building Management System), para la gestión del bus domótico HDL Bus Pro, para la generación de macrodatos basado en software libre", [Tesis de Postgrado en Sistemas de Control y Automatización Industrial], Riobamba: Repositorio Institucional de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.
- [24] J. L. Villa, "Buena Prácticas para diseño de HMI de alto rendimiento", [Tesis de Grado de Ingeniería Electrónica, Departamento de Ingeniería Electrónica], Cartagena de Indias: Repositorio Institucional de Universidad Técnica de Bolívar, 2012.
- [25] C. A. Amaya Bautista, "Rediseño de la interfaz de un sistema de prueba de bloqueo de tubo, aplicando el estándar internacional", [Tesis de Grado en Ingeniería en Control e Instrumentación Industrial, Facultad de Ingeniería Electrónica], Bucaramanga: Repositorio Institucional de Universidad Pontificia Bolivariana, 2017.
- [26] E. Bohórquez, E. Prado y M. Ramirez, «Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Universidad ECCL» *Seminario Internacional*, vol. 3, n° 20, pp. 4-6, 2019.
- [27] SIEMENS, «Equipos estándar Comfort Panels,» 2023. [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/EC/Catalog/Product/?mlfb=6AV2124-0JC01-0AX0&SiepCountryCode=EC>. [Último acceso: 26 Noviembre 2023].
- [28] M. Vilca Luna y V. H. Clavitea Pari, "Aplicación de estaciones virtuales en 3D con Factory I/O y TIA Portal para la simulación de la Automatización Industrial en tiempo real", [ Tesis de Grado en Ingeniería Electrónica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica], Tacna: Reositorio Institucional de Universidad Privada de Tacna, 2022.
- [29] F. Valbuena y F. Yessid, "Implementación virtual de un proceso de clasificación y embalaje de cajas de diferentes tamaños mediante TIA Portal y Factory I/O en el contexto de la industria 4.0", [Tesis de Grado en Ingeniería en Instrumentación electrónica y biomédica, FIMEB ], Nariño: Repositorio Institucional Universidad Antonio Nariño, 2021.
- [30] C. E. Pazos Pingo y R. C. Farias Castillo, "Diseño de la arquitectura de un mini SCADA basado en el PLC S7 con comunicación inalámbrica", [Tesis de Grado en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias], Piura: Repositorio Institucional de Universidad Nacional de Piura, 2023.
- [31] A. Garate Soto, "Metodología para el cumplimiento del Código Nacional de Electricidad para la seguridad de las instalaciones eléctricas - Casos industriales", [Tesis de Grado en Ingeniería Mecánica Electricista, Facultad de Ciencias Físicas y Formales], Arequipa: Repositorio Institucional de Universidad Católica Santa María, 2020.
- [32] I. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19:2001, Quito: Código Eléctrico Nacional, Primera Edición, 2001.
- [33] E. Schneider, «Productos Schneider Electric,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/co/es/product/LC1D258F7/contactor-tesys-d-4p2na+2nc-ac1-bobina-440-v-40a->

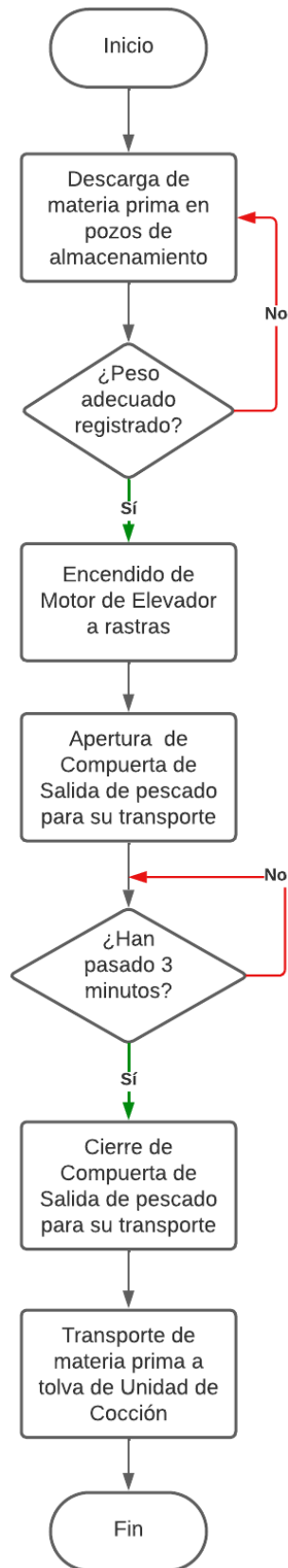
110vac/#::~:~:text=Contactor%20TeSys%20D%204P(2NA%2B2NC)%20AC%2D1%20Bobina%20440%20V%2040A%20110VAC. [Último acceso: 15 Diciembre 2023].

- [34] P. Alibaba, «Dispositivos de Protección Telemecanique,» [En línea]. Available: [https://www.alibaba.com/product-detail/Telemecanique-IC65-series-mcb-brand-iC65N\\_60530248114.html?spm=a2700.pccps\\_detail.0.0.2f5913a0RtHoe](https://www.alibaba.com/product-detail/Telemecanique-IC65-series-mcb-brand-iC65N_60530248114.html?spm=a2700.pccps_detail.0.0.2f5913a0RtHoe). [Último acceso: 15 Diciembre 2023].
- [35] E. Schneider, «Relé de Sobrecarga Térmica para Motor,» [En línea]. Available: [https://www.se.com/co/es/product/download-pdf/LRD32?filename=Schneider+Electric\\_TeSys-Deca-overload-relays\\_LRD32.pdf](https://www.se.com/co/es/product/download-pdf/LRD32?filename=Schneider+Electric_TeSys-Deca-overload-relays_LRD32.pdf). [Último acceso: 15 Diciembre 2023].
- [36] J. C. Gómez Malagón, "Diagramación y actualización de los sistemas de control e instrumentación en la planta de tratamiento de agua residuales de la ciudad de Tunja", [Tesis de Grado de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería Electrónica], Tunja: Repositorio Institucional de Universidad Santo Tomás, 2021.
- [37] Alltech, «Alltech.com,» Alltech, 25 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.alltech.com/es-mx/press-release/las-perspectivas-del-sector-agroalimentario-de-alltech-para-2022-presentan-los>. [Último acceso: 23 Septiembre 2023].
- [38] J. M. Lucas Marcillo, I. R. León Fernando y J. J. Bernal Zambrano, «Harina de torta de "Sacha Inchi" (*Plukenetia volubilis*) en dietas balanceadas para juveniles de camarón (*Penaeus vannamei*) en cultivo,» *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, pp. 16-29, 31 Julio 2021.
- [39] Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos; Steward Redqueen, «asobanca.org.ec,» 6 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://asobanca.org.ec/wp-content/uploads/2022/12/6.-Guia-Procesamiento-de-pescado.pdf>. [Último acceso: 25 Septiembre 2023].
- [40] A. P. Enriquez Quispe y R. E. Márquez Arnao, "Propuesta de mejora de la eficiencia de la línea de producción de una planta de harina de pescado aplicando la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM)", [Tesis de Grado en Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas], Lima: Repositorio Institucional, 2019.
- [41] P. Martínez Neira y J. Padilla López, "Estudio de la Automatización en la etapa de dosificación de Antioxidación para la planta de harina FOODCORP CHILE S.A.", [Tesis de Grado en Ingeniería de Ejecución en electrónica ], Concepción: Repositorio Digital Sistema de Bibliotecas Universidad del Bio-Bio, 2018.

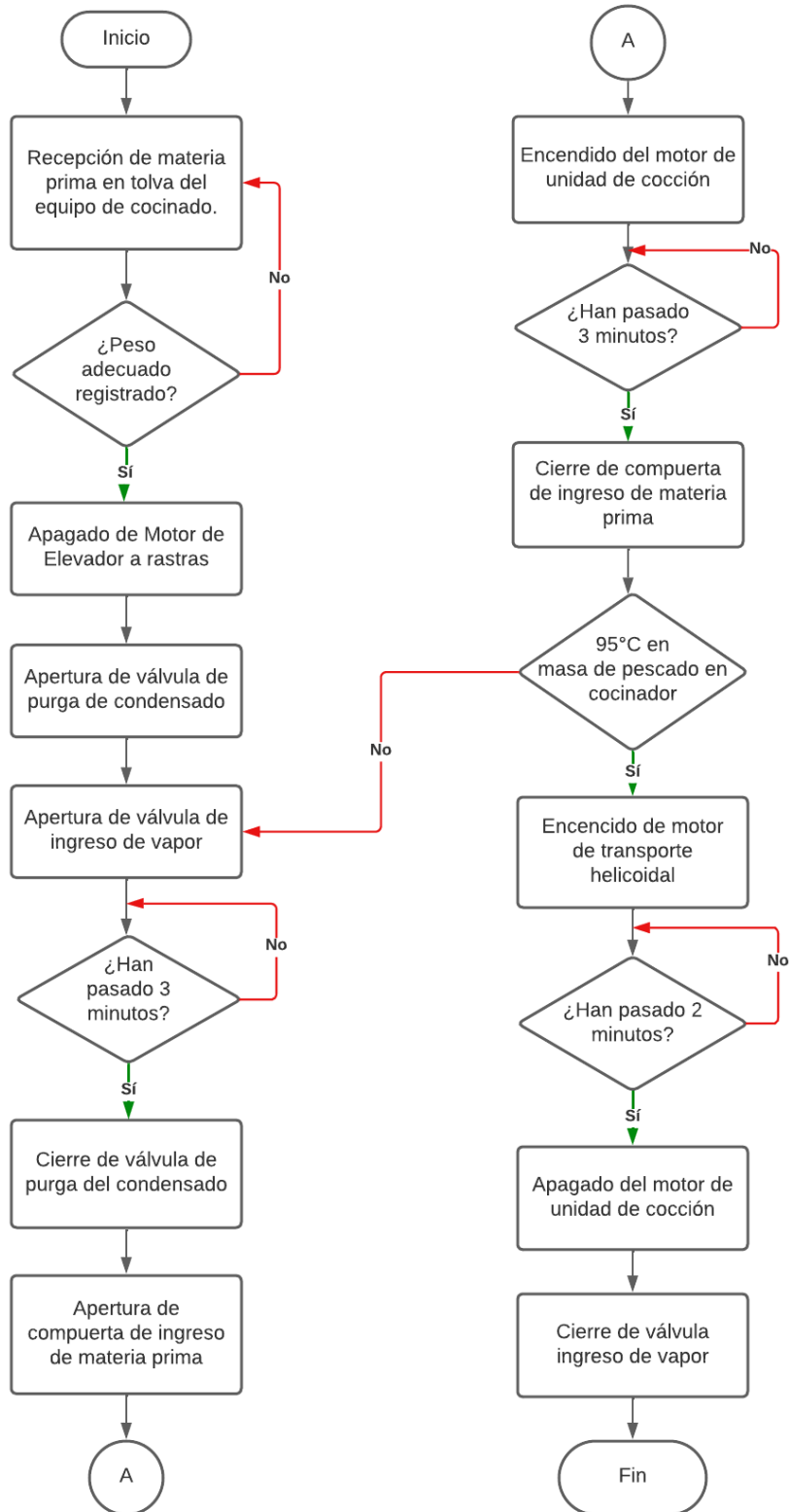
**ANEXO 1. Diagrama de Flujo de Procesos para la fabricación de Harina de Pescado.**



## ANEXO2. Diagrama de Flujo de Procesos en la Etapa de Descarga y Pesaje de pescado

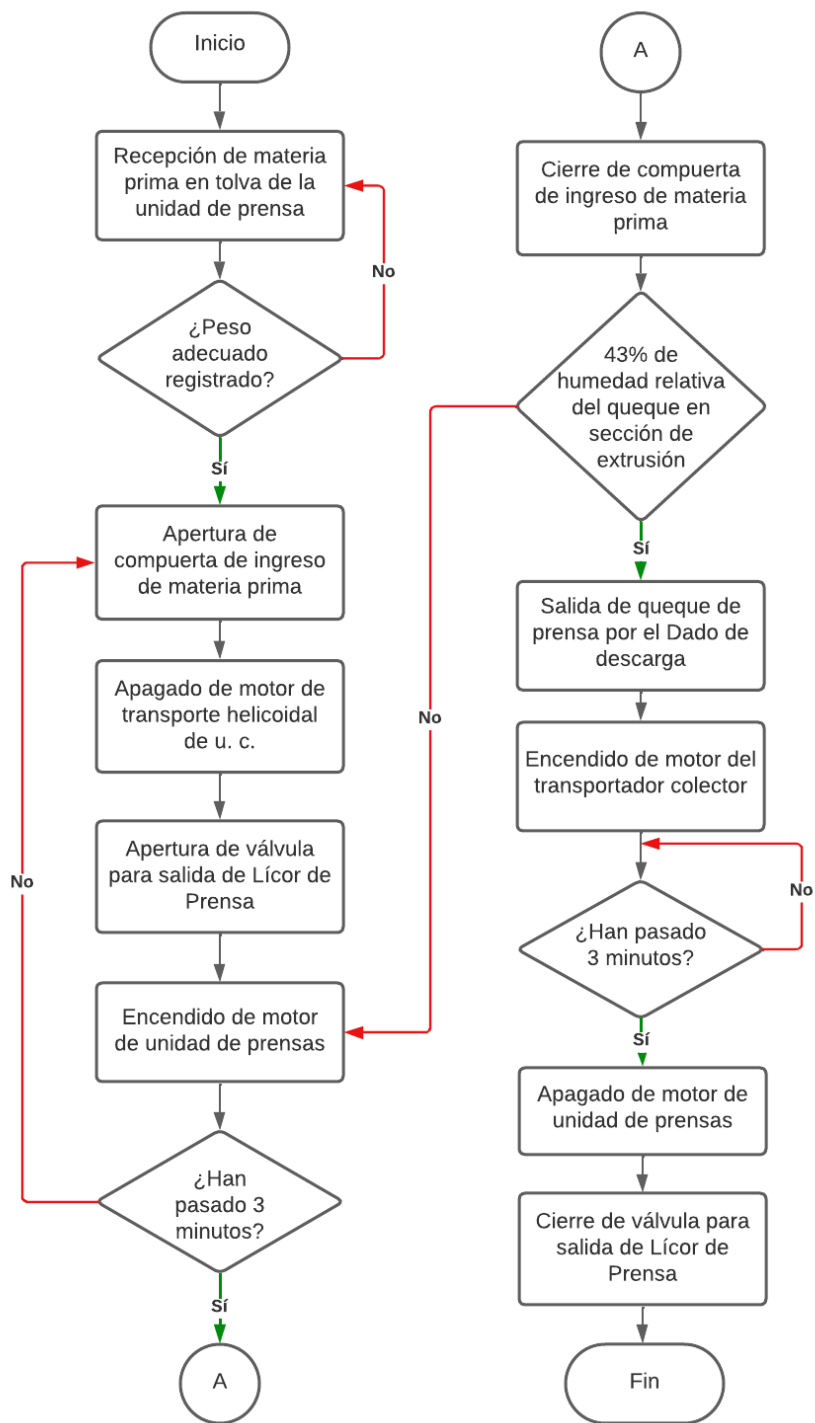


### ANEXO 3. Diagrama de Flujo de Procesos en la Etapa de Cocción

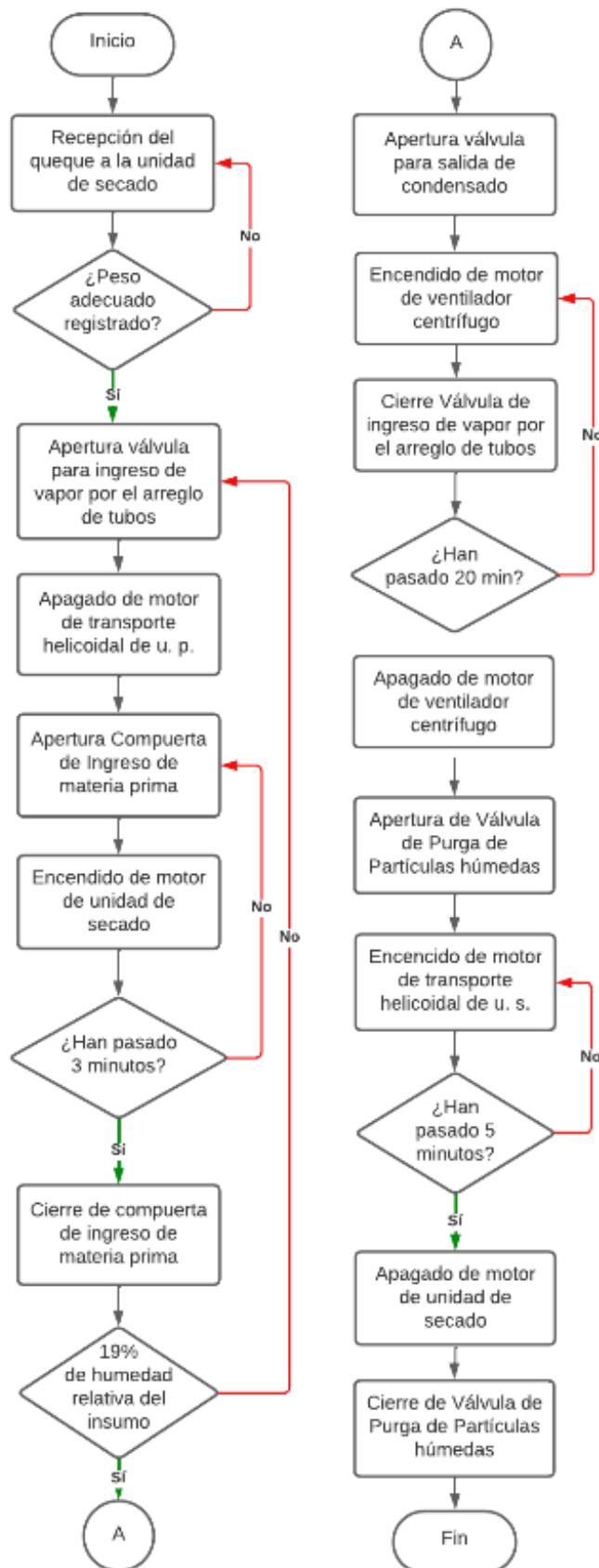




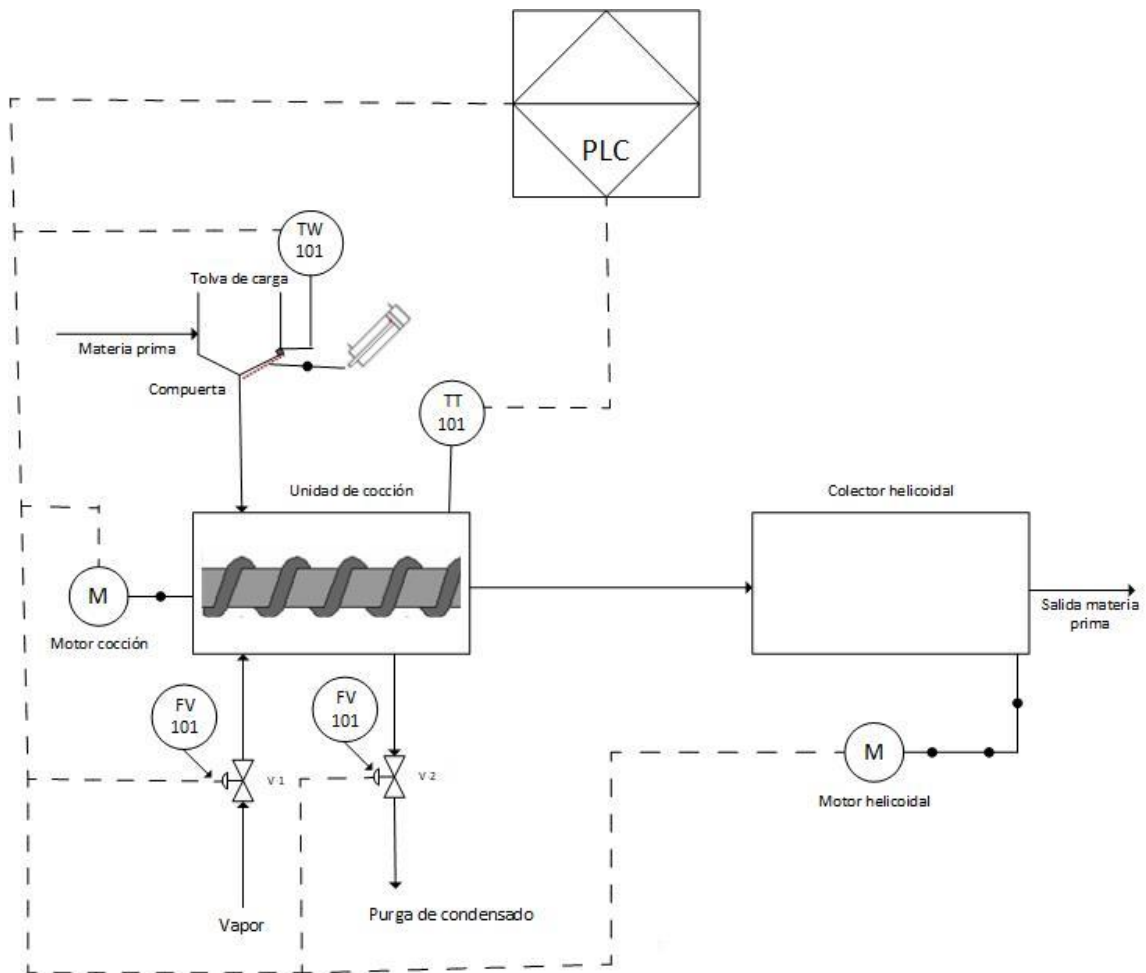
#### ANEXO 4. Diagrama de Flujo de Procesos en la Etapa de Prensado



## ANEXO 5. Diagrama de Flujo de Procesos en la Etapa de Secado

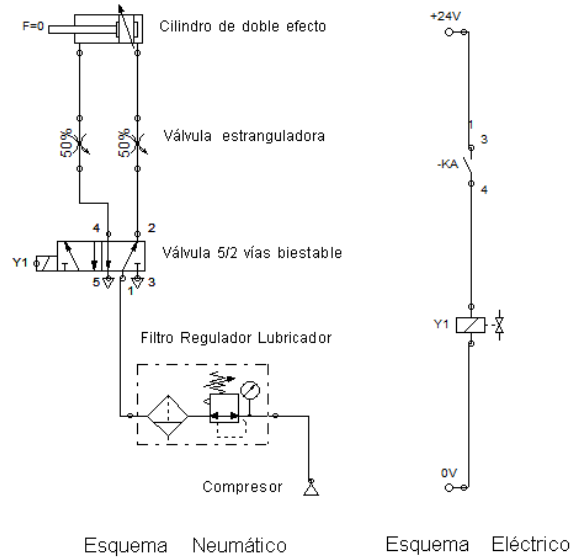


## ANEXO 6. Diagrama P&ID de Línea de Cocción de Pescado.



## ANEXO 7. Esquema Neumático para Apertura y Cierre de Compuerta del Tolván de Línea de Cocción de Pescado.

### CONTROL NEUMÁTICO DE COMPUERTA DE DOSIFICACIÓN





Cuadro 7: Lista de Entradas y Salidas Digitales/Analógicas en las Etapas de Producción de Harina de Pescado. (Fuente: Autor. 2023)

	Entradas	Salidas
<b>Control General del Proceso</b>	Pulsador Paro de Emergencia	
	Pulsador Marcha	Luz Piloto Verde
	Pulsador Paro	Luz Piloto Rojo
<b>Recepción y Pesaje</b>	Sensor de Peso (DI)	Válvula para Compuerta de Carga
		Motor para Transportador Colector
<b>Etapa Cocción</b>	Sensor de Peso (DI)	Válvula para Compuerta de Carga
	Sensor de Temperatura (AI)	Válvula de Ingreso de Vapor
		Válvula de Purga de Condensado
		Motor de Unidad de Cocción
		Motor del Transportador Helicoidal
<b>Etapa de Prensado</b>	Sensor de Peso (DI)	Válvula para Compuerta de Carga
	Sensor de Humedad (AI)	Válvula de Salida de Licor de Prensa
		Motor de Unidad de Prensa
		Motor para Transportador Helicoidal
<b>Etapa de Secado</b>	Sensor de Peso (DI)	Válvula para Compuerta de Carga
	Sensor de Humedad (AI)	Motor de Unidad de Secado
		Válvula de Ingreso de vapor
		Válvula de Salida de Condensado
		Ventilador Centrifugo
		Válvula de Purga Partículas Húmedas
		Motor para Transportador Helicoidal