

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO

Diseño de un sistema SCADA en un PLC para la automatización del secado de cacao en
la empresa Exphiorganic en la ciudad de Mocache

AUTOR

Parrales Villigua, Washington Omar

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

TUTOR

Cajo Díaz, Ricardo Alfredo

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

**Ing. Ricardo Cajo Díaz, Ph.D.
TUTOR**

**Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, Mgtr.
DOCENTE
ESPECIALISTA**

**Ing. Junior Figueroa Olmedo, Mgtr.
DOCENTE
ESPECIALISTA**

**Abg. María Rivera González, MSc.
SECRETARIA GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por WASHINGTON OMAR PARRALES VILLIGUA, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización.

TUTOR

Ing. Ricardo Cajo Díaz, Ph.D.

Santa Elena, 27 de abril de 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, WASHINGTON OMAR PARRALES VILLIGUA

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Diseño de un sistema SCADA en un PLC para la automatización del secado de cacao en la empresa Exphiorganic en la ciudad de Mocache, previo a la obtención del título en Magíster en Electrónica y Automatización, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 27 de abril de 2025

EL AUTOR

Washington Omar Parrales Villigua



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Diseño de un sistema SCADA en un PLC para la automatización del secado de cacao en la empresa Exphiorganic en la ciudad de Mocache, presentado por el estudiante, WASHINGTON OMAR PARRALES VILLIGUA fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 9%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

TESIS - OMAR PARRALES - FINAL
CORREGIDO FINAL



Nombre del documento: TESIS - OMAR PARRALES - FINAL CORREGIDO FINAL.pdf
ID del documento: a445f3c1d8acd653a051da5cb947ac74f2a34fef
Tamaño del documento original: 7,04 MB
Autores: []

Depositante: RICARDO ALFREDO CAJO DÍAZ
Fecha de depósito: 4/4/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 4/4/2025

Número de palabras: 21.308
Número de caracteres: 144.850

TUTOR

Ing. Ricardo Cajo Díaz, Ph.D.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Washington Omar Parrales Villigua

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales del proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo, además apruebo la reproducción de este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, 27 de abril de 2025

EL AUTOR

Washington Omar Parrales Villigua

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer primero, a mis padres Washington Parrales y Flor Villigua por su amor, enseñanzas y ayuda constante en cada paso de mi crecimiento. Su ejemplo de esfuerzo y persistencia ha sido mi inspiración principal.

Para mi esposa Silvia Taipe, por su gran paciencia, entendimiento y motivación constante. Gracias por estar ahí a mi lado en los tiempos difíciles y por festejar conmigo cada éxito.

Para mi tutor de tesis, Ing. Ricardo Cajo Diaz, PhD por su ayuda, consejos y tiempo dado para guiarme en este paso. Su saber y ayuda han sido fundamentales para hacer este trabajo.

A la Universidad Península de Santa Elena, por darme las herramientas, el saber y el sitio para hacerme mejor en mi carrera. Estoy muy agradecido por la enseñanza obtenida y por todos los caminos de aprendizaje que han dejado crecer.

Washington Omar, Parrales Villigua

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi gran fuente de inspiración. Gracias por enseñarme con su ejemplo, el valor del esfuerzo la dedicación y la constancia. Este logro es mío al igual que suyos.

En especial a mi esposa Silvia, por su paciencia y comprensión, y por ser mi compañera en cada paso del camino. Gracias por tu amor, tu apoyo fuerte, y por motivarme a seguir adelante incluso en momentos difíciles. A ustedes, con todo mi afecto y agradecimiento, dedico este esfuerzo.

A ustedes, con todo mi afecto y agradecimiento, dedico este esfuerzo.

Washington Omar Parrales Villigua

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AUTORIZACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Revisión de literatura	6
1.2. Desarrollo teórico y conceptual	9
1.2.1. Componentes de un sistema automatización industrial.	9
1.2.2. Diseño de capacidad de sistema.....	13
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	16
2.1. Contexto de la investigación	16

2.1.1. Localización del Lugar.	16
2.2. Diseño y alcance de la investigación	17
2.2.1. Tipo de Investigación.....	17
2.3. Tipo y métodos de investigación.....	18
2.4. Población y muestra	19
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
CAPÍTULO 3. RESULTADOS	21
3.1. Componentes hardware y software adecuados para la simulación de un sistema SCADA basado en un PLC S7-1200.	21
3.1.1. Hardware.....	21
3.1.2. Software.....	28
3.1.2.1. TIA Portal y el Control del Proceso de Secado de Cacao.....	28
3.2. Configurar la comunicación entre el software SCADA y el PLC S7-1200.	38
3.2.1. Configuración Inicial entre el SCADA.....	38
3.2.2. Programación LADDER.....	40
3.2.2.1. Sistema general de protección.....	83
3.3. Realizar pruebas de las simulaciones del sistema SCADA en el PLC S7-1200	91
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN	94
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS.....	97
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Módulos de señales digitales y tarjetas de señales</i>	23
Tabla 2 <i>Módulos de señales análogas y tarjetas de señales</i>	24
Tabla 3 <i>Interfaces de comunicación</i>	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Circuito unifilar de Sistema</i>	7
Figura 2 <i>Esquema de automatización industrial</i>	9
Figura 3 <i>Componentes de un PLC</i>	10
Figura 4 <i>Muestreo de una tensión analógica</i>	14
Figura 5 <i>Características de un PLC</i>	14
Figura 6 <i>Lugar de estudio para implementación de proyecto</i>	17
Figura 7 <i>Componentes expansivos del PLC S7-1200</i>	22
Figura 8 <i>Distintos niveles de comunicación con interfaces HMI</i>	25
Figura 9 <i>Red de comunicación PROFINET del PLC S7-1200</i>	26
Figura 10 <i>Interfaz del programa TIA PORTAL</i>	30
Figura 11 <i>Diseño de Interfaz en TIA PORTAL-Modo manual</i>	31
Figura 12 <i>Diseño de Interfaz en TIA PORTAL-Modo automático</i>	32
Figura 13 <i>Diseño de Interfaz configuraciones del PLC</i>	33
Figura 14 <i>Control Manual en la interfaz</i>	34
Figura 15 <i>Entradas y salidas del interfaz</i>	35
Figura 16 <i>Interfaz de curvas de temperatura</i>	36
Figura 17 <i>Interfaz de fallas en el sistema</i>	37
Figura 18 <i>Configuración preliminar entre el PLC y SCADA</i>	38
Figura 19 <i>Entradas y salidas en el PLC</i>	39
Figura 20 <i>Comunicación de PLC con HMI</i>	39
Figura 21 <i>Alarmas de paro de emergencia</i>	40
Figura 22 <i>Alarma de disyuntor</i>	40
Figura 23 <i>Alarma falla en la llama</i>	41

Figura 24 <i>Alarma falla sin encendido de proceso</i>	42
Figura 25 <i>Multiplicación de tiempo de falla</i>	43
Figura 26 <i>Normalizado de Termocupla</i>	43
Figura 27 <i>Alarma de temperatura de seguridad</i>	44
Figura 28 <i>Sistema de alarmas generales</i>	45
Figura 29 <i>Enclavamiento del sistema automático</i>	46
Figura 30 <i>Apagado del sistema automático</i>	47
Figura 31 <i>Suma de tiempos del tiempo automático</i>	48
Figura 32 <i>Multiplicación de tiempo de secado</i>	48
Figura 33 <i>Multiplicación de tiempo de enfriado</i>	49
Figura 34 <i>Normalizado de temperatura de Cacao</i>	50
Figura 35 <i>Activación de electroválvula alta</i>	50
Figura 36 <i>Enclavamiento de arranque electroválvula alta</i>	51
Figura 37 <i>Enclavamiento de paro electroválvula alta</i>	52
Figura 38 <i>Resta de temperatura de gradiente</i>	52
Figura 39 <i>Suma de temperatura de gradiente</i>	53
Figura 40 <i>Temporizador de tiempo de secado</i>	54
Figura 41 <i>Activación de sistema de proceso</i>	54
Figura 42 <i>Activación de electroválvula baja</i>	55
Figura 43 <i>Conversión en tiempo de secado</i>	56
Figura 44 <i>Temporizador de tiempo de enfriamiento</i>	56
Figura 45 <i>Activación de ventilador</i>	57
Figura 46 <i>Multiplicación de tiempo de enfriamiento</i>	58
Figura 47 <i>División de tiempo de enfriamiento</i>	59

Figura 48 <i>Temporizado de chispero</i>	59
Figura 49 <i>Buffer de aviso paro de emergencia</i>	60
Figura 50 <i>Buffer de aviso guarda motor</i>	61
Figura 51 <i>Buffer de aviso de falla de llama</i>	62
Figura 52 <i>Buffer de aviso de alta temperatura</i>	63
Figura 53 <i>Buffer de aviso de sistema activo</i>	64
Figura 54 <i>Sistema manual de ventilador</i>	64
Figura 55 <i>Sistema manual de mezclador</i>	65
Figura 56 <i>Sistema manual de chispero</i>	66
Figura 57 <i>Sistema manual de Electroválvula baja</i>	66
Figura 58 <i>Sistema manual de Electroválvula alta</i>	67
Figura 59 <i>Sistema manual damper</i>	67
Figura 60 <i>Señal de termocupla de seguridad</i>	68
Figura 61 <i>Señal de termocupla de cacao</i>	68
Figura 62 <i>Controlador de ventilador</i>	69
Figura 63 <i>División de horómetro del ventilador</i>	70
Figura 64 <i>Activación de falla sin consentimiento</i>	70
Figura 65 <i>Enclavamiento de falla sin consentimiento</i>	71
Figura 66 <i>Enclavamiento de ventilador sin consentimiento</i>	72
Figura 67 <i>Buffer de aviso de llama sin consentimiento</i>	73
Figura 68 <i>Buffer de aviso de disyuntor</i>	74
Figura 69 <i>Buffer de aviso de ciclo de secado</i>	74
Figura 70 <i>Buffer de aviso de ciclo de ventilación</i>	75
Figura 71 <i>Buffer de aviso de falla en línea de ventilador</i>	76

Figura 72 <i>Buffer de aviso de inicio de proceso</i>	77
Figura 73 <i>Multiplicador retardo mixer</i>	77
Figura 74 <i>Multiplicador retardo mixer set on</i>	78
Figura 75 <i>Enclavamiento mixer</i>	78
Figura 76 <i>Control de Temporizador y Activación del Mezclador de Secadora</i>	79
Figura 77 <i>Sistema online de Control de Temporizador</i>	80
Figura 78 <i>Multiplicador de tiempo secadora mixer</i>	81
Figura 79 <i>Sumador de tiempo secadora mixer</i>	81
Figura 80 <i>Apagado de sistema de secador</i>	82
Figura 81 <i>Semáforo Rojo de alarma</i>	83
Figura 82 <i>Semáforo verde de alarma</i>	83
Figura 83 <i>Alarma de guardamotores de bandas</i>	84
Figura 84 <i>Activación de Sirena</i>	85
Figura 85 <i>Alarma supervisor de voltaje</i>	85
Figura 86 <i>Buffer de supervisor de fase</i>	86
Figura 87 <i>Buffer de paro de emergencia</i>	86
Figura 88 <i>Buffer de paro de emergencia</i>	87
Figura 89 <i>Buffer de aviso de guardamotor de banda</i>	88
Figura 90 <i>Activación de banda 1</i>	88
Figura 91 <i>Activación de banda 2</i>	89
Figura 92 <i>Sistema manual de banda 1</i>	89
Figura 93 <i>Sistema manual de banda</i>	90
Figura 94 <i>Contador de hora banda</i>	90
Figura 95 <i>División de horómetro de banda</i>	91

Figura 96 <i>Prueba de Interfaz</i>	93
Figura 97 <i>Prueba de Interfaz II</i>	93

RESUMEN

Este trabajo de investigación se enfoca en diseñar y simular un sistema SCADA con un PLC S7-1200 para automatizar el proceso de secado de cacao en la empresa Exphiorganic. El principal objetivo es mejorar la eficiencia operativa y la calidad del cacao en comparación con el secado manual. Se empleó un enfoque experimental y descriptivo, combinando simulaciones de condiciones de secado y análisis de datos como temperatura y humedad. Los resultados indican que la automatización mejora la precisión del proceso, reduce el consumo de energía y permite un monitoreo constante en tiempo real a través de una interfaz HMI. La implementación de este sistema SCADA no solo optimiza el proceso, sino que también ofrece un modelo replicable para otras empresas del sector agroindustrial.

Palabras claves: Automatización, SCADA, secado de cacao.

ABSTRACT

This research work focuses on designing and simulating a SCADA system with an S7-1200 PLC to automate the cocoa drying process at Exphiorganic. The main objective is to improve operational efficiency and cocoa quality compared to manual drying. An experimental and descriptive approach was employed, combining simulations of drying conditions and analysis of data such as temperature and humidity. The results indicate that automation improves process accuracy, reduces energy consumption and allows constant real-time monitoring through an HMI interface. The implementation of this SCADA system not only optimizes the process, but also provides a replicable model for other companies in the agroindustrial sector.

Keywords: Automation, SCADA, cocoa drying.

INTRODUCCIÓN

La automatización es importante en el desarrollo de productos de calidad, y su proceso puede afectar en gran parte las características del producto final. Es por ello que la creación de un sistema SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) controlado por un PLC Controlador Lógico Programable es una solución para mejorar la sistematización de este proceso en la empresa Exphiorganic, situada en la ciudad de Mocache. Este trabajo de investigación tiene el objetivo de dar a conocer al lector sobre la importancia de implementar elementos tecnológicos en la agricultura, con la idea primordial de generar un sistema que suministre un control preciso y eficaz en el secado del cacao (MARCOS DANIEL TOROCHE NOVILLO & FRANCISCO XAVIER VILLA PULLA, 2021).

El proceso de secado del cacao es importante en el desarrollo de productos de calidad, y su proceso puede afectar en gran parte las características del producto final. Es por ello que la creación de un sistema SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) controlado por un PLC (Controlador Lógico Programable) es una solución para mejorar la sistematización de este proceso en la empresa Exphiorganic, situada en la ciudad de Mocache. Este trabajo de investigación tiene el objetivo de dar a conocer al lector sobre la importancia de implementar elementos tecnológicos en la agricultura, con la idea primordial de generar un sistema que suministre un control preciso y eficaz en el secado del cacao.

Este proyecto de investigación tiene el alcance de analizar, desarrollar y simular el sistema SCADA, teniendo en cuenta las necesidades de la empresa y las condiciones económicas y tecnológicas del ambiente en el que se realiza el proceso de secado. La propuesta central es que al automatizar el proceso de secado del cacao mediante un sistema SCADA no solo incrementa la eficacia operativa, sino que también mejora la calidad del secado del producto.

La tesis que se defenderá a lo largo de este trabajo es que la automatización del proceso de secado del cacao mediante un sistema SCADA no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad del producto final. Esta propuesta se fundamenta en la premisa de que un control más riguroso y específico de las condiciones de secado puede llevar a una mejora sustancial en las propiedades fisicoquímicas del cacao, lo que a su vez puede traducirse en un mayor valor comercial para la empresa.

La relevancia de esta investigación puede verse desde distintas perspectivas, a nivel social por cuanto la mejora de la calidad del cacao contribuiría al desarrollo sostenible de la localidad permitiendo a los cultivadores mejores condiciones para acceder a mercados más competitivos y, en consecuencia, lograr un mejor precio del cacao en grano. Un cacao de alta calidad a su vez abre la puerta a la certificación de comercio justo y orgánico, con el valor añadido que ello quiere decir.

Por otro lado, a nivel empresarial el trabajo de capacitación de los operarios en el trabajo con equipos más sofisticados permitiría el desempeño en un ambiente de trabajo más eficiente y motivador, no sólo porque el trabajador es más productivo, sino porque podrá tener mayor rotación en la búsqueda de empleo dadas las exigencias cada vez mayores que se tienen en el perfeccionamiento de la producción de cacao. Y, finalmente a nivel de la educación e investigación en el ámbito agrícola, en particular en la automatización de los diferentes procesos, se debe señalar el éxito alcanzado en la transformación de la agricultura en lo que corresponde a las tareas necesarias para la recolección y beneficio del cacao

con diferentes prototipos de brazos mecanizados en una cabina.

Partiendo de granos que han sido adecuadamente fermentados y secados, este estudio busca crear un precedente en el análisis de cómo la optimización del beneficio húmedo puede afectar la obtención de un cacao con sabores y aromas renovados. La otra parte del documento está organizado de la siguiente manera: capítulo I: revisión de literatura y desarrollo teórico conceptual en este capítulo se presentará una revisión de la literatura relacionada con los sistemas SCADA y su aplicación en procesos agrícolas. Se explorarán conceptos fundamentales sobre la automatización y el control de procesos, así como la evolución histórica de los sistemas SCADA en el sector agrícola. Además, se incluirán estudios de caso que demuestran el impacto positivo de la tecnología en la mejora de la calidad del cacao y la eficiencia de los procesos de producción.

En el capítulo II se analizará el contexto de la investigación, diseño y alcance de la investigación, tipos y métodos de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos y procesamiento y población y muestra de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información. En este capítulo se dedicará a detallar las metodologías utilizadas para el diseño y desarrollo del sistema SCADA adaptado a las necesidades de Exphiorganic. Como autor comenzaré por un análisis de las necesidades

particulares de la compañía, señalando los retos presentes en el procedimiento de secado del cacao. Se explicarán los criterios de selección de sensores y dispositivos de control así como las técnicas de recolección de datos. Se explicará además el proceso de simulación del system, incluyendo el software utilizado y las especificaciones técnicas (MARCOS DANIEL TOROCHE NOVILLO & FRANCISCO XAVIER VILLA PULLA, 2021).

En el capítulo III se analizará las discusiones y resultados obtenidos a partir de la simulación del sistema SCADA. Se discutirán las métricas de rendimiento evaluadas, tales como la eficiencia energética, el tiempo de secado y la calidad del cacao producido. Se explorará la fundamental de la automatización y control de procesos, así como la evolución histórica de los sistemas SCADA en el sector agrícola. Además, se incluyen casos de estudio que muestran el impacto positivo de esta tecnología en el mejoramiento de la calidad del cacao y la eficiencia de la producción. Descubra cómo funciona.

Planteamiento de la investigación (Fundamentación de la investigación)

Este proyecto de investigación es de suma importancia en el contexto actual de la agroindustria del cacao en Ecuador, donde la necesidad de mejorar los procesos de producción se ha vuelto crítica. Durante muchos años, estos procesos han sido llevados a cabo de manera manual, lo que los hace propensos a errores y variaciones en la calidad del producto final. La falta de eficacia en el tratamiento del cacao no solo afecta su sabor y aroma, sino que también puede comprometer su valor en el mercado, donde los consumidores exigen cada vez más productos de alta calidad y sostenibles.

Este fundamento se centra en tres pilares fundamentales: el incremento en la calidad del cacao, la disminución de recursos empleados en el proceso, y en el aumento completo de la competencia que rodea a una contextura completamente global representan el motivo de ser de una industria 4.0.

La calidad del cacao es determinante en los negocios, un fruto en buen estado puede significar la entrada a otros países y la elección por parte del consumidor final de un producto de calidad

y dispuesto a pagar más por eso. Es por esta razón que el objetivo de este trabajo es por un lado integrar un sistema SCADA que brindará un control diferenciado del proceso de secado del cacao, asegurando incluso condiciones óptimas a lo largo de toda la producción.

Sin embargo, el ahorro de recursos ya no significa únicamente disminuir el consumo de energía. Se refiere también a un consumo más racional del agua y demás materias primas. Sin ir más lejos, gracias a la automatización con una herramienta SCADA de cada contexto del proceso, se espera lograr menguar la cantidad de productos que se desperdician, así como también la sostenibilidad de la producción.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo el desarrollo de un sistema SCADA en el proceso de secado del cacao en la empresa Exphiorganic puede mejorar la eficiencia operativa y la calidad del producto en comparación con el secador manual?

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y simular un sistema SCADA en un PLC s7-1200 para la automatización del secado de cacao en la empresa Exphiorganic en la ciudad de Mocache.

Objetivos Específicos

1. Investigar los componentes hardware y software adecuados para la simulación de un sistema SCADA basado en un PLC S7-1200, teniendo en cuenta las necesidades de control y monitoreo del proceso de secado de cacao.
2. Diseñar un software de interfaz hombre-máquina (HMI) que permita visualizar el estado del proceso de secado de cacao en tiempo real, que incluya variables como temperatura, tiempos de secado y estado del equipo.
3. Configurar la comunicación entre el software SCADA y el PLC S7-1200 para garantizar el correcto monitoreo y control del proceso de secado de cacao.
4. Realizar pruebas de las simulaciones del sistema SCADA en el PLC S7-1200 para validar su funcionamiento, evaluar su desempeño en condiciones normales y de falla, y mejorar su configuración para garantizar una operación segura y eficiente del proceso de secado de cacao.

Planteamiento hipotético

¿De qué manera afecta la automatización del secado del cacao a la calidad del mismo?

¿Qué parámetros son los más fundamentales que deben ser supervisados y regulados durante el secado?

¿Cuáles son los beneficios económicos que se pueden lograr al introducir un sistema SCADA en el proceso de secado del cacao en lugar de utilizar métodos manuales?

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Revisión de literatura

En el artículo, (Phuyal et al., 2020), se emplean un diseño e implementación de un sistema SCADA en una industria, como objetivo principal se tiene: proponer un sistema SCADA rentable desarrollado en un entorno C# para facilitar la supervisión y control de procesos industriales, eliminando la necesidad de invertir en herramientas de software SCADA con licencia.

Este artículo se observa muchos detalles. Un sistema SCADA desarrollado en el entorno C# que admite tanto la supervisión como el control a través de un servidor en la nube. De hecho, con la conexión a Internet a través de la nube, la información operativa en tiempo real se guarda en el servidor en la nube y se pueden generar informes en función de las necesidades del usuario. La unidad terminal remota se conecta al controlador (PLC) a través de la comunicación Modbus, utilizando el canal de comunicación RS-485 como medio, y el PLC y el ordenador SCADA también se conectan entre sí a través del cable Ethernet de la red local. Es más, si selecciona el botón de conexión situado en la parte superior derecha de la interfaz principal, podrá introducir la dirección IP y el número de puerto del PLC conectado. Si introduce correctamente la dirección IP y el número de puerto del PLC en la ventana de conexión en este momento, podrá resolver el problema de conexión del PLC en la configuración del controlador.

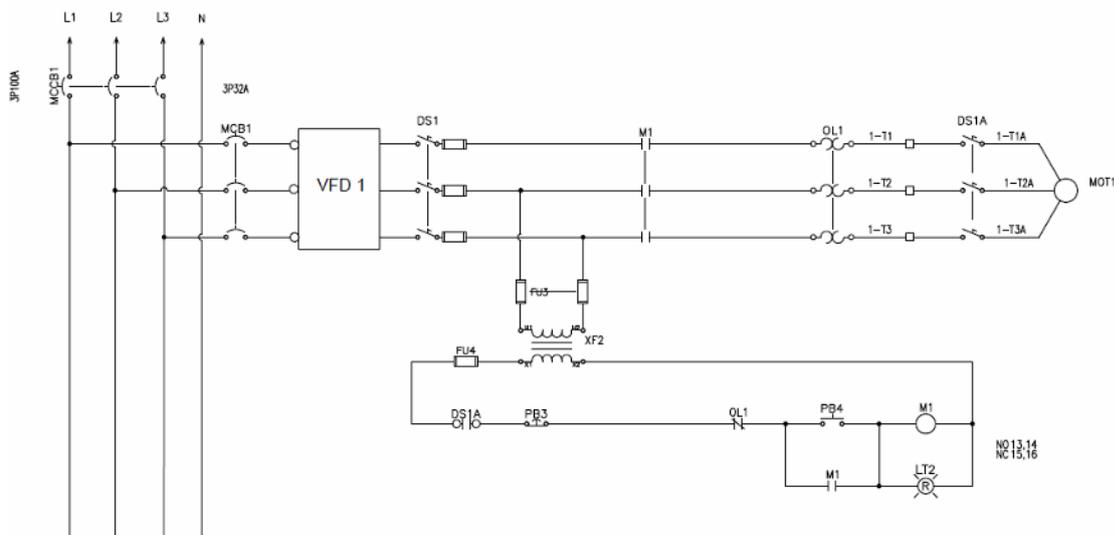
La dirección IP y el número de puerto del PLC en la imagen son “192.168.1.4” y “502”. Los parámetros básicos del motor se pueden configurar fácilmente después de hacer clic en el botón de condición inicial del motor, de modo que una pantalla de ajuste y Es mucho más fácil cambiar con el botón de configuración del equipo del botón de configuración que se abre después de hacer clic en este botón las velocidades iniciales de los motores, de modo que las frecuencias máximas del paso de conversión deben ser cambiado automáticamente a velocidades iniciales.

La implementación experimental se llevó a cabo en la planta de Himalayan Snacks and Noodles Pvt. Ltd. en Banepa, Nepal. El sistema optimizado de control se desarrolló utilizando PLC para decisiones lógicas, controlado desde el software SCADA desarrollado en C#. Los sensores infrarrojos detectan objetos y el estado de las máquinas, comunicándose con el PLC para emitir comandos de control necesarios. El control de las máquinas es accesible tanto desde botones locales como desde la interfaz SCADA. El diseño del software SCADA en C# permite superar

las limitaciones de costos de instalación en industrias pequeñas y medianas, ofreciendo comunicación con el servidor IoT y el PLC maestro para monitorear y controlar las propiedades del sistema.

Figura 1

Circuito unifilar de Sistema



Nota: En la presente imagen se ilustra el diagrama de circuito de la unidad de prueba final El sistema es totalmente automático y dispone de una función de control basada en la nube para permitir un control y supervisión flexibles del sistema de fabricación. Tomado de (Phuyal et al., 2020).

En el Artículo, (Dhabal et al., 2021) A Guide to Design a PLC and SCADA based Industrial Automation System. Se busca generar una guía para el diseño de un PLC en conjunto con un sistema SCADA. Como objetivo principal se tiene, ayudar a plantas e industrias a diseñar sistemas de automatización basados en PLC y SCADA sin necesidad de conocimientos profundos sobre estos componentes.

La metodología aplicada consiste con la descomposición de procesos, que implica dividir el sistema general en procesos más pequeños y luego en equipos individuales. posterior, se procede al cálculo de parámetros IO, donde se identifican y calculan los parámetros de entrada y salida necesarios para cada equipo. Por consiguiente, se realiza la selección de componentes, eligiendo los elementos del sistema basándose en la capacidad calculada y los requisitos de

seguridad. Finalmente, se implementan redundancias y medidas de seguridad para asegurar la fiabilidad y protección del sistema. De este artículo se puede concluir que (Dhabal et al., 2021), ayuda a determinar la capacidad necesaria de un sistema de automatización a partir de los procesos y equipos disponibles, lo cual facilita la selección de componentes adecuados. Con el conocimiento adquirido, un propietario de planta puede diseñar su propio sistema de automatización y consultar directamente con un integrador de sistemas para la adquisición, sin omitir aspectos importantes.

Además, la seguridad y redundancia son críticas para poder evitar fallos prematuros y así asegurar la integridad del sistema, así que la selección de componentes, tiene que tener en cuenta estos aspectos según el grado de importancia del sistema. El resto del proyecto se nos planteó con picos de dificultad, ya que cada proyecto de este conlleva entender el proceso requerido, entender la lógica real y necesaria, posiblemente desarrollada por un programador, en el paper (Nadgauda & Muthukumaraswamy, 2019). Design and development of industrial automated system using PLC-SCADA. En este artículo se buscó como objetivo principal: desarrollar un sistema automatizado utilizando PLC-SCADA para mejorar la eficiencia, calidad y flexibilidad en procesos industriales.

El sistema de automatización industrial que propusieron en este documento, incluye tecnologías como IoT, Zigbee y PLC-SCADA para tener el control y monitorización de los procesos industriales. De esta forma pueden conocer el estado actual de los dispositivos y por tanto máquinas... con lo que mejorarán la general del sistema. La implementación del SCADA fue demostrada en sistemas de llenado de botellas y gestión de almacenes, y tienen también plataformas de identificación como RFID y códigos de barras para el seguimiento y clasificación de artículos en almacenes. Las simulaciones con PLC-SCADA permiten ver sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (AS/RS).

La metodología que utilizaron se basa en el uso de PLC-SCADA, por el cual implementan un sistema con PLC y hacen uso de sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) para el control y monitorización de los procesos industriales. Además, estos implementan plataformas de identificación como RFID y códigos de barras para el seguimiento y clasificación de artículos en almacenes. Por último, realizaron simulaciones con PLC-SCADA para poder ver con más detalle sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (AS/RS).

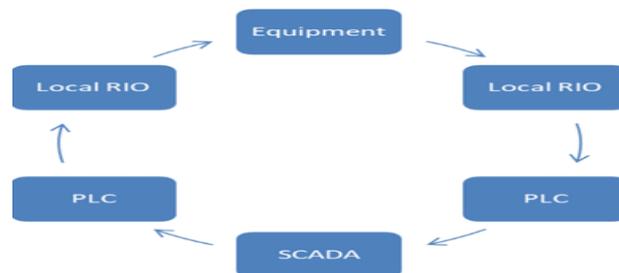
Según (Nadgauda & Muthukumaraswamy, 2019), se puede determinar el requisito de capacidad del sistema de automatización a partir de los procesos y equipos disponibles. La disponibilidad para cada uno de los procesos y equipos en la implementación de un sistema de automatización actúan directamente sobre la elección del componente adecuado. lo que permite seleccionar los componentes precisos. De tal manera armado con esta información, un propietario de la planta personalizará su propio sistema de automatización y trabajar directamente con un integrador de sistemas SCADA.

1.2. Desarrollo teórico y conceptual

1.2.1. Componentes de un sistema automatización industrial.

Figura 2

Esquema de automatización industrial



Nota: La siguiente imagen detalla el esquema básico de automatización industrial, tomado de (Dhabal et al., 2021).

1.2.1.1. Entradas o salidas Remotas.

El Remote I/O (Entrada/Salida Remota) es un componente crucial en los sistemas modernos de computación y automatización industrial. Esta tecnología facilita la comunicación de datos entre la unidad central de procesamiento (CPU) y los dispositivos remotos a través de una red extensa. Al cerrar la brecha entre las unidades de procesamiento de datos y los dispositivos periféricos, el Remote I/O mejora la flexibilidad y escalabilidad del sistema. Permite la colocación estratégica de dispositivos a distancias considerables del controlador, reduciendo significativamente la necesidad de cableado extenso y costoso. El Remote I/O permite la conectividad fluida de dispositivos como sensores, actuadores y otros dispositivos de campo a un sistema de control central o controlador lógico programable (PLC) a través de una red (Zhang et al., 2024).

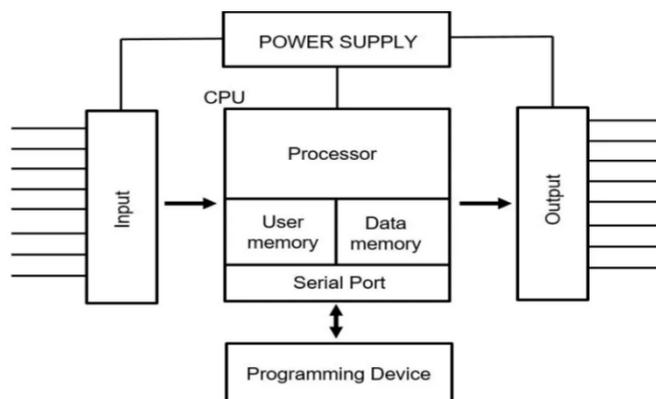
1.2.1.2. Controlador lógico programable (PLC).

Los controladores lógicos programables (PLC) son ordenadores industriales, con varias entradas y salidas, que se utilizan para controlar y supervisar equipos industriales basándose en una programación personalizada. Los autómatas programables tienen muchos tamaños y formas diferentes. Algunos son tan pequeños que caben en el bolsillo, mientras que otros son tan grandes que requieren sus propios bastidores de alta resistencia para montarlos. Algunos PLC son más modulares, con sólo E/S básicas (entradas y salidas), pero pueden personalizarse con planos posteriores adicionales y módulos funcionales (como E/S analógicas, módulos de comunicaciones o módulos de visualización) para adaptarse a distintos tipos de aplicaciones industriales.

En el contexto de una planta de tratamiento de agua, los PLC controlan varios sensores, como bombas, válvulas y actuadores, que son los principales factores impulsores del proceso. Están diseñados para ser robustos, fiables y capaces de operar en entornos industriales adversos. El desarrollo de los PLC se da inicio en la década de 1960, cuando fueron introducidos como un reemplazo para los sistemas de control por relés cableados, ofreciendo una mayor flexibilidad y facilidad de reprogramación (Leng & Hu, 2020).

Figura 3

Componentes de un PLC



Nota: La siguiente imagen detalla el esquema básico de un PLC, tomado de Shereya Sharma, 2024.

Descripción de componentes

- ***Procesador (CPU)***

El procesador es el cerebro del PLC, encargado de ejecutar el programa de control almacenado en su memoria. Procesa los datos de entrada, realiza cálculos y genera señales de salida basadas en la lógica definida en el programa. Por ejemplo, en un sistema de calefacción HVAC, la CPU considerará factores como la temperatura exterior, la temperatura de la habitación, el día del mes y el tiempo necesario para calentar la habitación antes de realizar la tarea (Leng & Hu, 2020).

- ***Memoria***

Los PLCs disponen de memoria para almacenar el programa de control, la configuración del sistema y los datos. Existen diferentes tipos de memoria, como la memoria de solo lectura (ROM) para almacenar el sistema operativo y el firmware, y la memoria de acceso aleatorio (RAM) para almacenar el programa de control y los datos temporales (Leng & Hu, 2020).

- ***Fuente de Alimentación***

La fuente de alimentación proporciona la energía eléctrica necesaria para el PLC y sus componentes. Convierte el voltaje de CA entrante a los niveles de voltaje de CC requeridos para el sistema (Leng & Hu, 2020).

- ***Interfaces de Comunicación***

Los PLCs a menudo tienen interfaces de comunicación para conectarse con otros dispositivos, como interfaces hombre-máquina (HMI), otros PLCs o módulos de E/S remotos. Estas interfaces pueden usar varios protocolos de comunicación, como Ethernet, Modbus o Profibus, para intercambiar datos e información de control (Dhabal et al., 2021).

- ***Dispositivo de Programación***

Un dispositivo de programación, como una computadora personal o un programador portátil dedicado, se utiliza para crear, modificar y solucionar problemas del programa

de control del PLC. El software de programación se emplea para desarrollar la lógica de control, que luego se descarga en la memoria del PLC (Dhabal et al., 2021).

1.2.1.3.Sistema SCADA

SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un sistema integral que combina componentes de software y hardware para monitorear y controlar procesos industriales. Estos sistemas son esenciales para la supervisión y control de procesos a gran escala, como la generación de energía, el tratamiento de agua y la manufactura (Leng & Hu, 2020).

- ***Componentes de un sistema SCADA***

En un sistema SCADA, los sensores y actuadores son componentes principales. Los sensores son dispositivos que obtienen información sobre el entorno físico del proceso en tiempo real, como los valores sísmicos, de temperatura, de nivel de líquidos y presión de aceite. Los actuadores son dispositivos capaces de ofrecer una respuesta a las señales de control remoto. Los sensores envían la información recogida al sistema SCADA para su visualización, mientras que los actuadores recibirán y cumplirán las órdenes generadas por el sistema SCADA para modificar el entorno del proceso. Los sistemas SCADA se dividen en subestaciones remotas y este tipo de sensores/actuadores son innumerables. Sin embargo, órdenes "convenientemente realizadas" por una persona y/por sus actuadores pueden provocar terribles situaciones como la explosión de un reactor, la inundación de un túnel subterráneo, la caída de un avión o la parada de varios trenes de metro de forma simultánea.

La Interfaz hombre-máquina (HMI), La HMI es una interfaz gráfica para que los operadores interactúen con los datos del SCADA. Al interactuar con el sistema SCADA se muestra datos en tiempo real, tendencias históricas y alarmas, de modo que las alarmas avisen a los operarios y así puedan supervisar el proceso industrial y tomar decisiones con conocimiento de causa. Las HMI pueden ser programas de software que se ejecutan en sistemas informáticos o dispositivos autónomos o incluso dispositivos móviles.

El sistema de gestión de alarmas y eventos es responsable de detectar y gestionar alarmas y eventos en el sistema SCADA. Monitorea los datos entrantes en busca de anomalías, genera alarmas cuando se cumplen condiciones predefinidas y registra eventos para un análisis y solución de problemas posteriores (Leng & Hu, 2020).

1.2.1.4.¿Cómo se integran los sistemas PLC y SCADA?

Aunque PLC y SCADA tendrán funciones distintas, estos trabajan juntos en sistemas modernos de automatización industrial. Cuando los PLC se casan con el corredor como SCADA son la fuente de datos y son en veces puntos de control, permitiendo una comunicación fluida e intercambios de datos entre estos dos componentes (Ajay et al., 2020).

1.2.2. Diseño de capacidad de sistema

El primer paso consiste en descomponer el sistema general en procesos más pequeños. A continuación, estos procesos se dividen en subprocesos y, posteriormente, en equipos individuales y sub-equipos. Este enfoque de descomposición permite una mejor comprensión y gestión de cada componente del sistema (Martirano & Mitolo, 2020).

1.2.2.1.Cálculo de entradas y Salidas

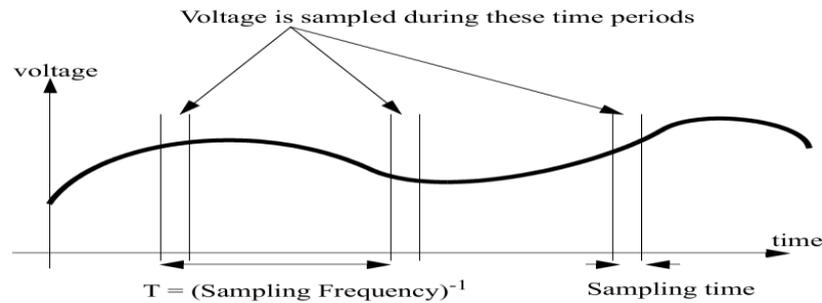
A la hora de determinar los parámetros de entrada y salida (I/O) en un sistema de automatización, todo comienza por desmenuzar el proceso completo en sus partes esenciales - Hay que desmontar pieza por pieza. Lo siguiente es distinguir claramente qué variables necesitamos vigilar (las entradas: temperatura, presión, nivel) de aquellas que debemos gobernar (las salidas: válvulas, motores, alarmas), asignando meticulosamente cada una a su correspondiente punto en el PLC. Aquí hay que ser previsor: no solo hay que verificar que tenemos suficientes canales disponibles, sino dejar siempre un colchón de al menos un 15-20% para futuras ampliaciones (Tun et al., 2021).

1.2.2.2.Parámetros de entrada y salida analógica

Para ingresar un voltaje analógico en un PLC o cualquier otro ordenador, el valor de voltaje continuo debe ser muestreado y luego convertido a un valor numérico mediante un convertidor A/D (analógico a digital). La **Figura 4** se muestra un voltaje continuo cambiando con el tiempo, con tres distintas muestras representadas en el gráfico descrito abajo. El proceso de muestreo de los datos por lo general no es instantáneo, por lo que cada muestra tiene un tiempo de inicio y un tiempo de finalización según lo parametrizado por el usuario. El tiempo requerido para adquirir la muestra se denomina tiempo de muestreo. El tiempo de muestreo suele ser mucho menor que el período de muestreo. La frecuencia de muestreo se especifica al comprar el hardware, pero para un PLC, una tasa de muestreo máxima podría ser de 20 Hz (Huang et al., 2019).

Figura 4

Muestreo de una tensión analógica



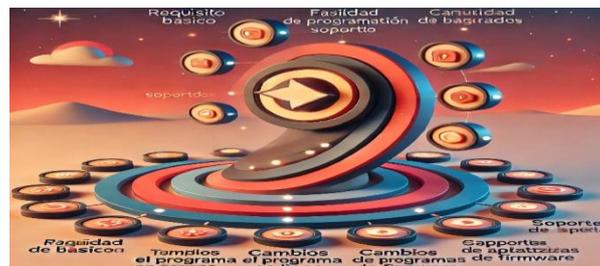
Nota: La siguiente imagen detalla el muestreo de una señal de tensión analógica. Tomada de (Phuyal et al., 2020).

1.2.2.3. Selección de PLC

Existen numerosos PLCs disponibles en el mercado, y lo interesante es que la mayoría de ellos pueden realizar la mayoría de las funciones comúnmente utilizadas en los sistemas de control. La selección básica dependerá de la capacidad de manejo de IO. Sin embargo, a medida que se añaden características adicionales según otros requisitos importantes, el PLC se vuelve más avanzado. La programación se facilita cuando el software admite nombres de parámetros IO basados en texto real. Las versiones más avanzadas permiten realizar cambios en línea, conexiones remotas, mantenimiento, capacidad de descarga, pantalla local, entre otras funcionalidades. Si se requieren aspectos de seguridad y protección más profundos, se necesitarán versiones aún más avanzadas. A medida que se agregan características, el precio también aumenta. Como se muestra en la figura

Figura 5

Características de un PLC



Nota: La siguiente imagen detalla la selección de PLC con diversas funciones avanzadas.

Tomado: Autoría

1.2.2.4. Cálculo de SCADA por etiquetas

La capacidad de un sistema SCADA se expresa en términos de etiquetas SCADA. Las etiquetas son diversas variables directamente vinculadas y utilizadas tanto en el PLC como en la interfaz gráfica del SCADA. Por ejemplo, consideremos el nivel de un tanque que es detectado por un módulo de entrada analógica (AI) y el sensor se utiliza para el control automático del bombeo. Estos datos se reciben en forma de voltaje o corriente y se convierten digitalmente en un rango de 0 a 10000, dependiendo del tipo de convertidor A/D (ADC) utilizado en el módulo AI. Esta variable se utiliza en el SCADA y, por lo tanto, constituye una etiqueta (Papic et al., 2017).

Además, necesitamos variables de escalado para los niveles bajo y alto, así como puntos de ajuste para alarmas de nivel bajo y alto, y puntos de ajuste para el encendido y apagado automático del bombeo. En promedio, se pueden requerir unas 15 variables para su uso en SCADA, lo que equivale a 15 etiquetas para el cálculo de etiquetas SCADA. De manera similar, dependiendo del uso de entradas digitales (DI), salidas digitales (DO), entradas analógicas (AI) y salidas analógicas (AO), se deben considerar el número de etiquetas necesarias (Papic et al., 2017).

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Contexto de la investigación

2.1.1. Localización del Lugar.

El proyecto "Diseño de un sistema SCADA en un PLC para la automatización del secado de cacao en la empresa Exphiorganic" se llevará a cabo en Mocache precisamente en Jauneche, una zona reconocida por su producción cacaotera. Exphiorganic se ha consolidado como un actor clave en el procesamiento y secado de Cacao por tal motivo se quiere automatizar la planta cacaotera

Las coordenadas de planta son -1.180786 en su latitud, -79.526822 en su altitud Ubicada en la provincia de los Rios- Ecuador Esta región, por su clima y suelo, es ideal para el cacao de calidad. La automatización del secado de cacao a través de un sistema SCADA incorporado en un PLC (Programmable Logic Controller) permitirá aumentar la eficiencia y precisión de este proceso crítico para la calidad del grano. Este sistema permitirá realizar un seguimiento en tiempo real a variables como la temperatura, la humedad, el flujo de aire, el tiempo de secado del programa, y estos son absolutamente imprescindibles para garantizar que el grano haya sufrido un secado homogéneo.

No solo la zona de estudio de la empresa donde se procesa no puede estar en un lugar más propicio para la producción de cacao, sino que, además, disfruta de un clima tropical con variaciones en la temperatura y humedad que afectan en directo al proceso de secado del cacao. El uso de este sistema SCADA nos permitirá regular el proceso y las condiciones de trabajo en este punto dinámicamente atendiendo a los cambios del clima, y garantizando que el producto final que se consiga cumplirá con los estándares de calidad que pide Exphiorganic para su comercialización.

Además, el proyecto incluye la mejora de la infraestructura energética de la planta, enfocándose en la optimización del uso de energía, la minimización de los tiempos de inactividad y la maximización de la eficiencia operativa. La implementación del sistema SCADA no solo proporcionará un control automatizado del secado, sino que también generará datos históricos y reportes que facilitarán una mejor toma de decisiones y una mayor trazabilidad del proceso

Figura 6

Lugar de estudio para implementación de proyecto



Nota. Esta gráfica representa ubicación del sector donde se prevé hacer el análisis de estudio.
Tomado de Google Earth

2.2. Diseño y alcance de la investigación

2.2.1. Tipo de Investigación.

2.2.1.1. Investigación experimental

En este apartado, el desarrollo se tiene el control directo de las variables críticas del proceso de secado del cacao y se manipulan para ver los efectos de estas modificaciones en la automatización. Pen el trabajo se tienen simulaciones para observar cómo afecta cambios en la configuración del sistema SCADA y el PLC a la eficiencia y calidad del secado las validaciones se prueban diferentes variables como la temperatura viscosidad y flujo de aire en el secado del cacao Esas condiciones se ajustan y modifican a través de simulaciones en un ambiente controlado y seguro para así contar con resultados que optimicen el diseño del sistema automatizado.

2.2.1.2. Investigación descriptiva

Durante el desarrollo del proyecto, se recopilan y analizan datos relacionados con el proceso de secado de cacao en la empresa Exphiorganic. Se parte de un análisis exhaustivo de los procesos actuales de secado para el diseño e implementación del sistema SCADA y del PLC, considerando parámetros como la duración del secado, la homogeneidad del producto y la

eficiencia del sistema. Cada aspecto del proceso se documenta con precisión, lo que permite generar un registro detallado del trabajo realizado y de los resultados obtenidos. Este enfoque descriptivo facilita la identificación de posibles áreas de mejora y proporciona una base sólida para optimizar el secado de cacao y desarrollar futuros proyectos de automatización en la industria

2.2.1.3. Investigación Bibliográfica

Antes de empezar con el proyecto es indispensable contar con una base teórica de calidad que pueda obtenerse por medio de un investigación bibliográfica La búsquedas se realizan en bases de datos acceder en dales y técnicas en busca de la información más actual y relevante sobre la automatización de los procesos en la industria pero con un enfoque en los sistemas SCADA PLCs y técnicas sobre el secado del cacao Esta revisión de literatura permitirá tener un panorama del desarrollo del área así como identificar las buenas prácticas y metodologías que ahora en el presente son eficientes para procedimiento similares Mas afea de esto nos permite detectar huecos en la información existente y representar nuevos aportes o caminos con el fin de mejorar el sistema de secado automatizado en Exphiorganic

2.3. Tipo y métodos de investigación

2.2.3.1 Método Cuantitativo.

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo que transforma números en decisiones. En el corazón de nuestra investigación sobre la automatización del secado de cacao, el sistema SCADA actuará como un observador infatigable, capturando cada fluctuación de temperatura, cada variación de humedad y cada minuto crítico del proceso. Pero estos no son simples datos: son la voz del proceso, que nos dirá exactamente cómo responde el cacao a las condiciones controladas por el PLC.

2.2.3.2 Método Cualitativo.

El método cualitativo se centra en la comprensión profunda de conceptos, ideas y experiencias, proporcionando una visión más interpretativa del problema de investigación. En el caso del proyecto de automatización del secado de cacao, este método se utilizaría para recopilar las percepciones y opiniones de expertos en procesos industriales y automatización, así como de 20 los operadores que participan en el proceso de secado. A través de entrevistas y análisis descriptivos, se podría obtener una comprensión más rica de las ventajas, desafíos y

expectativas relacionadas con la implementación del sistema SCADA en la planta de Exphiorganic. Este enfoque cualitativo complementaría los datos cuantitativos, proporcionando una visión más completa de las necesidades y mejoras en el proceso automatizado.

2.2.3.3 Método Comparativo

La técnica comparativa, definida como la comparación de circunstancias, procedimientos o diseños distintos con el propósito de identificar similitudes y contrastes es un componente esencial en diversos campos del saber. En el marco del proyecto, el enfoque comparativo se implementa para evaluar la eficacia de diversos algoritmos de control implementados en el PLC (controlador lógico programable), así como para realizar una comparación entre el proceso de secado automatizado y los métodos tradicionales. Esta comparación permitirá evaluar qué sistemas de control y automatización ofrecen el mejor rendimiento en términos de ahorro energético, calidad del cacao y tiempo de producción. Además, se propone la comparación de las instalaciones de Exphiorganic con otras plantas comparables que hayan instalado sistemas SCADA, con el fin de identificar las mejores prácticas y optimizar el proceso en función de las características individuales de la empresa.

2.4. Población y muestra

En el proyecto de diseño de un sistema SCADA en un PLC para la automatización del secado de cacao en la empresa Exphiorganic, la población de estudio incluye tanto los procesos de secado de cacao realizados en la planta de Exphiorganic como a los operadores y técnicos que trabajan en estos procesos.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.5.1. Herramientas de recopilación de datos

2.5.1.1. Visitas al sitio y observación directa

Para comprender las necesidades específicas del proceso de secado de cacao en Exphiorganic, la observación directa en la planta puede proporcionar información detallada sobre el sistema actual de secado, las condiciones ambientales y las áreas donde la automatización mediante un sistema SCADA en PLC puede ser más beneficiosa.

2.5.1.2. Entrevistas

Las entrevistas en profundidad con los operarios y técnicos de la planta proporcionarán información significativa sobre los problemas actuales del proceso de secado del cacao, las limitaciones de las técnicas manuales y los requisitos únicos para implantar un sistema automatizado de control y seguimiento.

2.5.2. Software de Simulación

2.5.2.1. TIA portal

Se utilizará TIA Portal para programar y simular el PLC que controlará el sistema SCADA. Este software permitirá modelar y ajustar las variables críticas como temperatura y flujo de aire en el proceso de secado, optimizando su eficiencia.

2.5.2.2. LOGO! Soft Comfort

Este software se utilizará para programar el PLC LOGO, en caso de que se utilice para funciones de automatización más simples dentro del proceso de secado, permitiendo un control eficiente y de bajo costo en tareas específicas del sistema.

2.5.3. Tratamiento de Datos

2.5.3.1. Recolección de Datos

Esta etapa involucra la recopilación de datos precisos provenientes de las visitas al sitio, entrevistas con el personal de la planta, y los resultados obtenidos de las simulaciones con TIA Portal, MATLAB y LOGO! Soft. Estos datos incluirán información sobre la temperatura, humedad y tiempo de secado del cacao

2.5.3.2. Organización de Datos

Los datos recogidos se organizarán de manera coherente, clasificándolos según las variables del proceso de secado como temperatura, humedad y flujo de aire. Esto facilitará el análisis posterior para optimizar el sistema de secado automatizado.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. Componentes hardware y software adecuados para la simulación de un sistema SCADA basado en un PLC S7-1200.

Para la calidad del producto final en la industria del cacao. El proceso de secado del cacao es fundamental. No puede faltar el proceso optimización, por tal motivo es realmente importante disponer de un sistema automatizado que sea capaz de supervisar factores importantes como la temperatura y la humedad. Un sistema SCADA que utilice un PLC Siemens S7-1200 representa la solución más adecuada para monitorear y regular de manera precisa el secado del cacao. Para tener una mejor comprensión de los elementos requeridos para este sistema de secado, lo desglosaremos en dos secciones: el hardware y el software.

3.1.1. *Hardware.*

Los controladores SIMATIC S7-1200 de Siemens son como los "multitools" de la automatización industrial: compactos, versátiles y listos para desafíos. Diseñados para aplicaciones de rendimiento medio, estos PLCs no solo destacan por su robustez son capaces de aguantar vibraciones, polvo y fluctuaciones típicas de entornos fabriles, sino también por su integración sencilla en sistemas existentes. Imagina conectar sensores de temperatura para el secado de cacao, válvulas neumáticas y hasta interfaces HMI... todo gestionado desde un mismo dispositivo de un tamaño muy pequeño. Los ataques que estamos discutiendo no son contra PROFINET en sí, pero es importante cubrirlo en este documento porque estamos usando PROFINET para conectar los PLC a nuestra red de pruebas.

Los ataques S7 que vamos a conocer utilizan el protocolo Transport Service Access Point (ISO-TSAP) de la Organización Internacional de Normalización, al igual que el software de ingeniería de Siemens. El software de ingeniería Simatic TIA y Step 7 se basan en el protocolo ISO-TSAP para la gestión. Este es el protocolo estándar para comunicarse y programar todos los controladores lógicos programables S7 fabricados por Siemens. Otros proveedores también utilizan el protocolo ISO-TSAP, pero nosotros solo cubrimos los productos Simatic. Los componentes internos de TSAP se basaron en RFC 793 y RFC 791 que componen TCP/IP. Esto nos permite registrar los paquetes que van y vienen de la ingeniería los operadores pueden supervisar el proceso en tiempo real, recibir alertas y tomar decisiones informadas rápidamente (SIEMENS, 2024).

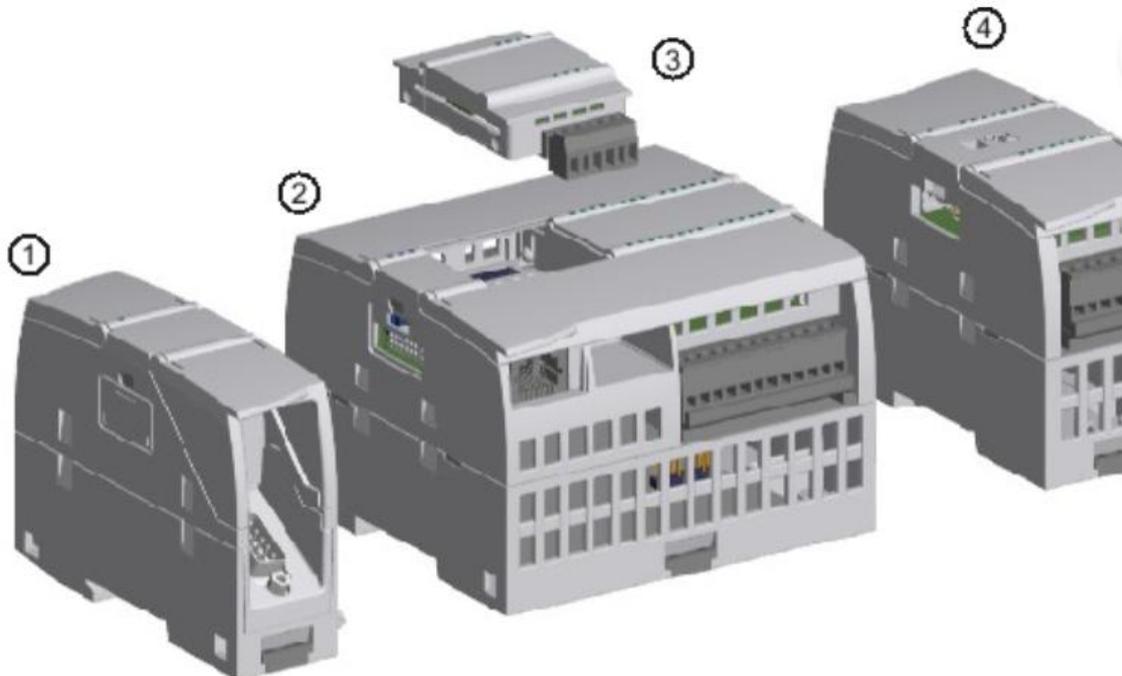
3.1.1.1. SIEMENS SIMATIC S7-1200.

- Capacidad de expansión de la CPU

La familia S7-1200 incluye una amplia gama de módulos y tarjetas como se muestra en la siguiente figura

Figura 7

Componentes expansivos del PLC S7-1200



Nota. En el siguiente grafico se representa los cuatro módulos principales expansivos para el modelo SIEMENS S7-1200. Tomado de Support Industry Siemens.

1. Módulo de comunicación (CM o procesador de comunicación (CP)
2. CPU
3. Tarjeta de señales (SB), tarjeta de comunicación (CB) o tarjeta de batería (BB)
4. Módulo de señalización (SM)

Tabla 1*Módulos de señales digitales y tarjetas de señales*

Tipo	Entradas	Salidas	Combinación de ambas
			2 x 24 VDC In/2 x 24 VDC Out
Digital SB	4 x 24 VDC In, 200 kHz 4 x 5 VDC In, 200 kHz	4 x 24 VDC Out, 200 kHz 4 x 5 VDC Out, 200 kHz	2 x 24 VDC In/2 x 24 VDC Out, 200 kHz 2 x 5 VDC In/2 x 5 VDC Out, 200 kHz
			8 x 24 VDC In/8 x 24 VDC Out
	8 x 24 VDC In	8 x 24 VDC Out 8 x Relay Out 8 x Relay Out	8 x 24 VDC In/8 x Relay Out
Digital SM			8 x 120/230 VAC In/8 x Relay Out
			16 x 24 VDC In/16 x 24 VDC Out
	16 x 24 VDC In	16 x 24 VDC Out 16 x Relay Out	16 x 24 VDC In/16 x Relay Out

AUTOR: OMAR PARRALES

FUENTE: Empresa Siemens.

Tabla 2*Módulos de señales análogas y tarjetas de señales*

Tipo	Entradas	Salidas	Combinación de ambas
Análoga SB	1 x 12 bit Analog In		
	1 x 16 bit RTD 1 x 16 bit Thermocouple 4 x Analog In	1 x Analog Out	
Análoga SM	4 x Analog In x 16 bit		
	8 x Analog In		
	Thermocouple: - 4 x 16 bit TC - 8 x 16 bit TC	2 x Analog Out 4 x Analog Out	
	RTD: - 4 x 16 bit RTD - 8 x 16 bit RTD		

AUTOR: OMAR PARRALES

FUENTE: Support Industry Siemens.

Tabla 3*Interfaces de comunicación*

Modulo	Tipo	Descripción
Módulo de comunicación (CM)	RS232	Full-dúplex
Módulo de comunicación (CM)	RS422/485	Full-dúplex (RS422) Half-dúplex (RS485)
Módulo de comunicación (CM)	PROFIBUS Master	DPV1
Módulo de comunicación (CM)	PROFIBUS Slave	DPV1
Módulo de comunicación (CM)	AS-i Master (CM 1243-2)	AS-Interface

Procesador de comunicación (CP)	de Conectividad de módem	GPRS
Tarjeta de comunicación (CB)	RS485	Half-dúplex
TeleService	TS Adapter IE Basic	Conexión a CPU
TeleService	TS Adapter GSM	GSM/GPRS
TeleService	TS Adapter Modem	Módem
TeleService	TS Adapter ISDN	ISDN
TeleService	TS Adapter RS232	RS232

AUTOR: OMAR PARRALES

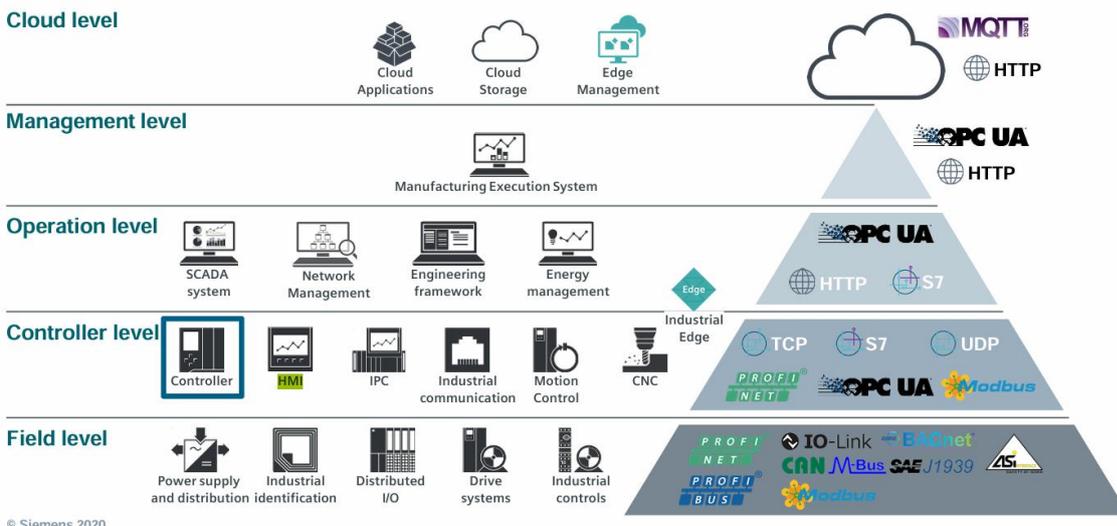
FUENTE: Empresa Siemens.

- Comunicación con interfaces

La interacción con interfaces HMI es un factor fundamental en la automatización industrial, ya que facilita la colaboración efectiva entre los operadores y los sistemas de control. En el ámbito del secado de cacao, una HMI adecuadamente diseñada permite el seguimiento y control exacto de las variables clave del proceso, como la temperatura y la humedad

Figura 8

Distintos niveles de comunicación con interfaces HMI



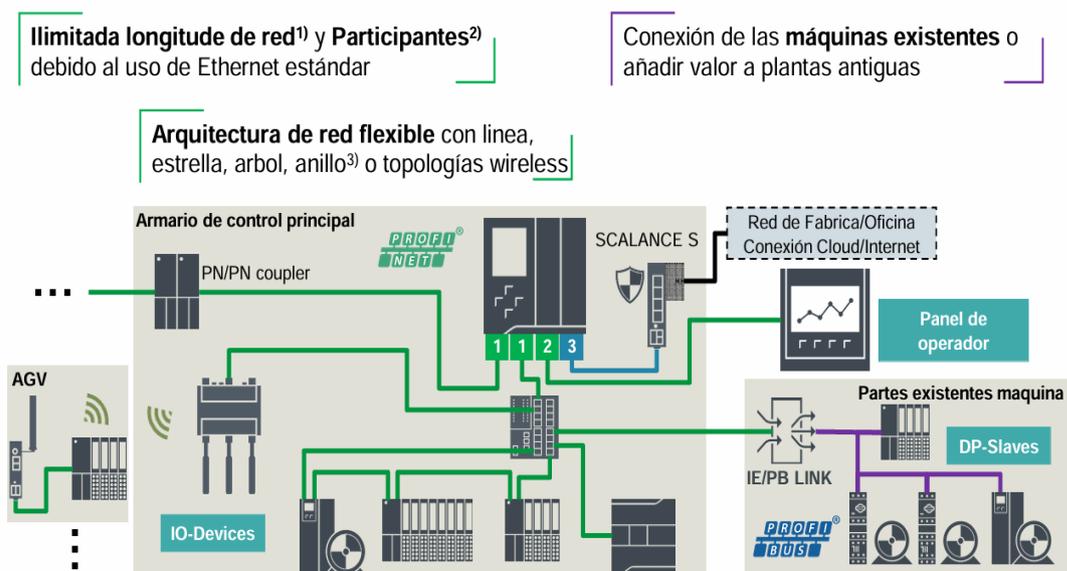
Nota. En el siguiente gráfico se representa los distintos niveles de interfaces HMI para el modelo SIEMENS S7-1200. Tomado de (José A. Moreno & Joaquin Sanz, 2000).

- Red de Comunicación PROFINET.

El PLC S7-1200 de Siemens se destaca por su flexibilidad y capacidad de integración con diversas tecnologías de comunicación industrial, como PROFINET. Esta red industrial de alta velocidad permite la interconexión de dispositivos de automatización, facilitando la transmisión de datos en tiempo real entre el PLC y otros elementos del sistema, como sensores, actuadores y dispositivos SCADA. La configuración adecuada de esta red es esencial para garantizar una comunicación eficiente y sin interrupciones, lo que se traduce en un mejor rendimiento del proceso de secado (José A. Moreno & Joaquin Sanz, 2000).

Figura 9

Red de comunicación PROFINET del PLC S7-1200



Nota. En el siguiente grafico se representa la configuración de red PROFINET HMI para el modelo SIEMENS S7-1200. Tomado de (José A. Moreno & Joaquin Sanz, 2000).

3.1.1.2. Sensores.

1. Sensores de Temperatura y Humedad

El secado del cacao es un juego de precisión: un exceso de 5°C o un 10% más de humedad pueden arruinar lotes enteros. Por eso en Ecuador —donde el clima varía bruscamente entre la costa y la sierra— los termistores digitales como los DS18B20 son populares. Su margen de error es tolerable ($\pm 0.5^\circ\text{C}$), y sobreviven a las lluvias tropicales mejor que los análogos.

Los higrómetros, en cambio, son más delicados. Los modelos capacitivos duran años en secaderos techados, pero en fincas abiertas de Manabí, el salitre del mar los corroe en meses. Allí, los técnicos recomiendan limpiezas semanales con alcohol isopropílico.

Cuando los sensores marcan valores críticos eje: >75% HR, las opciones son claras: aumentar el aire con ventiladores industriales si hay energía o recurrir a secadores solares de emergencia. La última cosecha demostró que esta combinación reduce el moho en un 35-40%, aunque algunos productores aún desconfían de la tecnología

2. Sensores de Flujo de Aire

En los secaderos de cacao, el aire no puede ser ni muy fuerte ni una brisa insignificante: debe moverse a 0.8-1.2 m/s para arrastrar la humedad sin dañar los granos. Los anemómetros de hélice como el Davis 6410 son los preferidos en la industria no solo miden la velocidad con un 3% de margen de error, sino que resisten el polvo de cascarilla que suele tupir los sensores láser.

Cuando el aire se estanca, el problema suele estar en los ductos. Ahí entran los sensores de presión diferencial (modelo SDP600): si la diferencia entre la entrada y salida supera los 50 Pa, el sistema SCADA activa una alerta naranja. 'A veces es solo un saco de cacao mal puesto obstruyendo la rejilla', comenta Raúl Méndez, ingeniero en una planta de Tabasco.

3.1.1.3. *Calentadores.*

En el secado del cacao, los calentadores son clave para equilibrar velocidad y calidad. Los calentadores eléctricos van a ser de gran importancia para el estudio del caso, de aquí se partirá para el correcto secado, ya que sin ellos, serán imposible llevar la automatización.

3.1.1.4. *Otros dispositivos de control.*

- **Válvulas de control:** Las válvulas en este proyecto de investigación serán las encargadas de regular el el flujo de aire o vapor en el sistema.
- **Compresores:** En cargado en el sistema de comprimir el aire y así mantener la presión y el flujo adecuados, asegurando una salida de aire uniforme.

3.1.2. *Software.*

3.1.2.1. *TIA Portal y el Control del Proceso de Secado de Cacao.*

El Totally Integrated Automation Portal es una plataforma principal para la programación de sistemas automatizados, el PLC S7-1200 de Siemens es un PLC que se adapta a las necesidades del TIA Portal, por otro lado, esta herramienta proporciona un entorno unificado donde se pueden diseñar, simular y gestionar todas las partes de un sistema de automatización, incluyendo la programación de controladores, la configuración de HMI

1. Creación de un Programa en Ladder Logic o SCL

a. Lenguaje de Programación

El TIA Portal soporta es uno de los softwares más versátiles en la industria, ya que este soporta varios lenguajes de programación, entre los cuales los más importantes son:

Ladder Logic (LD): Este es un lenguaje gráfico que representa el circuito de control como un diagrama de escalera. Como su nombre en inglés lo menciona. Es muy visual y básico para los que recién están empezando en el mundo de la programación en PLCs

Structured Control Language (SCL): Un lenguaje textual basado en Pascal, este lenguaje de aquí es más complejo, ya que se no es tan visual como el lenguaje anterior por otro lado este lenguaje permite un mayor control sobre la lógica del programa y es útil para operaciones que requieren cálculos o estructuras de datos más difíciles.

b. Control de Temperatura, Humedad y Flujo de Aire

Para controlar el proceso de secado de cacao, se debe desarrollar un programa que integre los sensores y

Definición de Variables:

- Primero se debe crear variables que almacenen los datos de los sensores de temperatura, humedad y flujo de aire, lo mismo se puede aplicar para los actuadores, ejemplo lógico de algoritmo
- “Temperatura_Sensor: Variable para almacenar la lectura del sensor de temperatura.

- Si el Sensor_Temperatura es menor que el Punto_de_ajuste, entonces Activar_Calentador.
- Si el Sensor_Temperatura es mayor que el Punto_de_ajuste, entonces Desactivar_Calentador.
- Si el Sensor_Humedad es mayor que el Umbral_Maximo, entonces Aumentar_Flujo_Aire”.

2. Lógica de Control:

Para la lógica de control, normalmente se debe conocer los sensores y actuadores de todo el sistema, también se recomienda leer la literatura de la programación a utilizar. A continuación, se presenta los tres controles comunes en base a la lógica de programación

- **Control de Temperatura:**
 - Leer la temperatura del sensor y compararla con un setpoint predefinido
 - Implementar condiciones lógicas: si la temperatura es inferior al setpoint, activar el calentador. Si la temperatura excede el setpoint, desactivar el calentador.
- **Control de Humedad:**
 - Leer el nivel de humedad y compararlo con un rango óptimo.
 - Si la humedad es demasiado alta, aumentar el flujo de aire mediante los ventiladores. Si la humedad es aceptable, mantener el flujo de aire constante.
- **Control de Flujo de Aire:**
 - Se consiste en ajusta la velocidad de los ventiladores

a. Simulación del Programa

Uso del Simulador de PLC

Se ha ejecutado el programa en el simulador de PLC del TIA Portal. Durante esta etapa:

- Se simularon las entradas de los sensores ajustando los valores de temperatura y humedad.

- Se identificaron y corrigieron errores en la lógica de control antes de la implementación real.

Visualización y Monitoreo

Durante la simulación, se utilizó una interfaz HMI virtual para monitorear datos en tiempo real:

- Se visualizaron lecturas de temperatura y humedad.
- Se ajustaron parámetros y se observó el comportamiento del sistema, permitiendo una optimización continua.

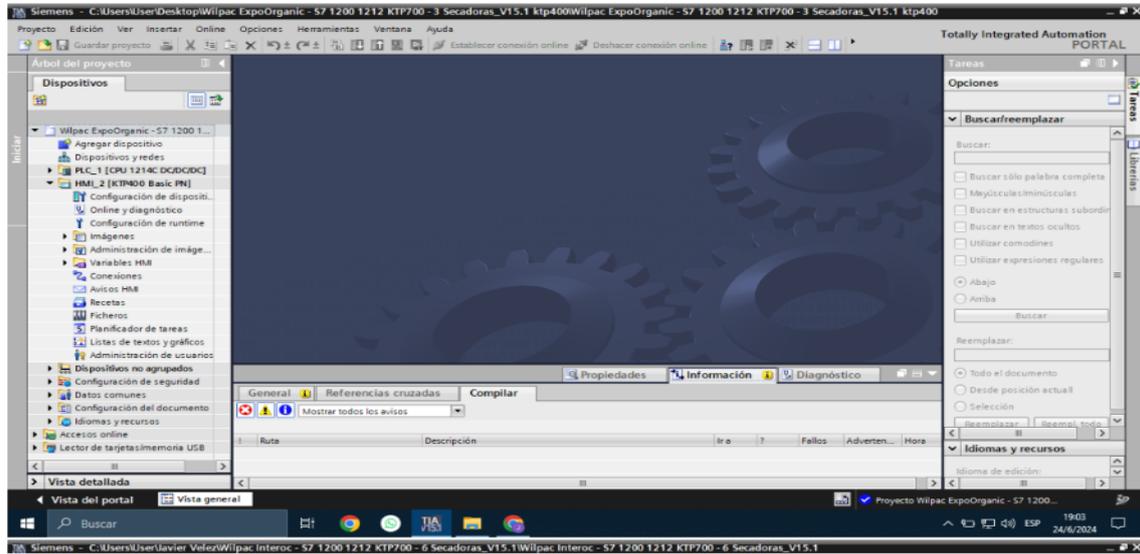
2. Configuración de la Comunicación entre el PLC y la HMI

La configuración de la comunicación entre el PLC y la HMI se dio en base al PLC S7-1200. La idea de esta integración es necesaria para el control automatizado eficiente que se va a llevar a cabo en la planta secadora. Para controlar los niveles de temperatura se tuvo que diseñar varias pantallas, de una vez se aprovechó para también tomar niveles de humedad, estas variables fueron el primer interés ya que sin estas no se podría hacer un análisis correcto

Posterior a todo esto se tuvo que incluir gráficos de tendencias en un intervalo de tiempo por ende así facilitar el análisis del comportamiento del sistema. En cuanto a los elementos de la interfaz, primero se implementaron indicadores visuales que muestran el estado de los actuadores, luego botones de control para iniciar o detener el secado, y para ajustar los setpoints de temperatura y humedad, ya que esto ofrece una mayor flexibilidad al operador. software de interfaz hombre-máquina (HMI) como se aprecia en la siguiente figura

Figura 10

Interfaz del programa TIA PORTAL.



Nota. La integración de este PLC no solo optimiza la operación de las secadoras, sino que también garantiza una supervisión continua y en tiempo real de variables como la temperatura y la humedad, lo que resulta fundamental para mantener la calidad del cacao. Además, el S7-1200 ofrece flexibilidad y escalabilidad, permitiendo futuras expansiones o ajustes en el sistema según las necesidades operativas.

Figura 11

Diseño de Interfaz en TIA PORTAL-Modo manual

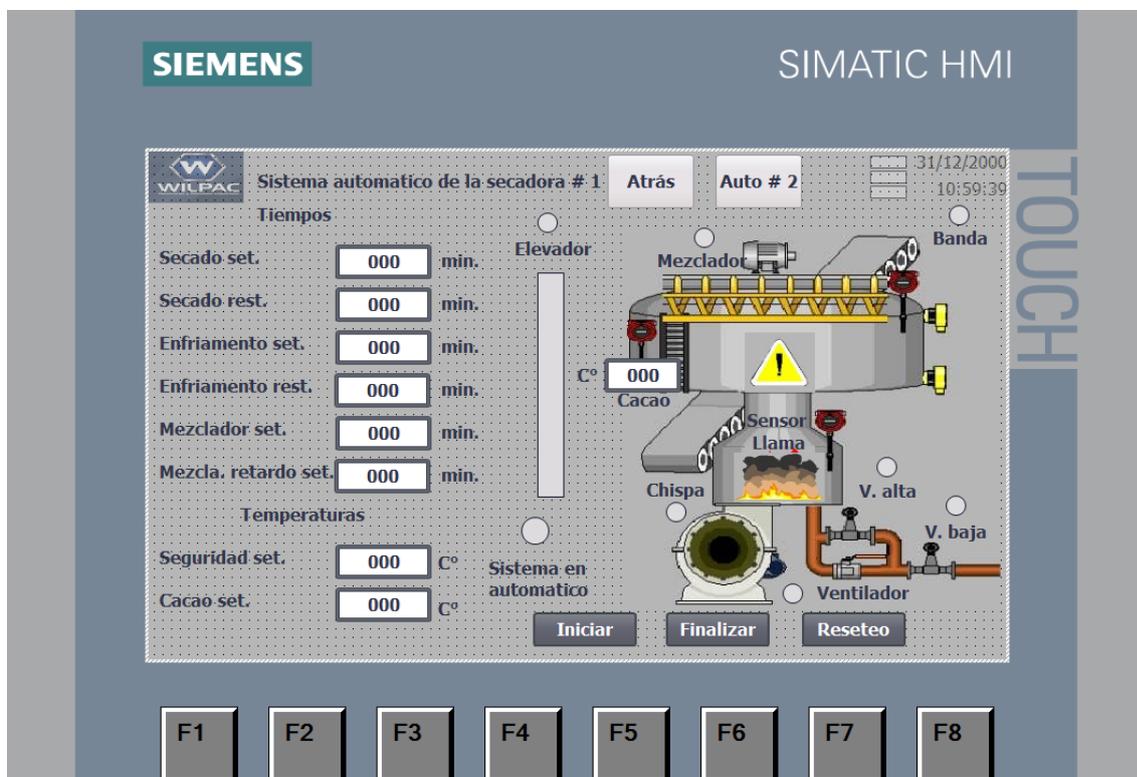


Nota. En el siguiente gráfico, se presenta una vista de la interfaz del HMI, que ha sido diseñada para ofrecer flexibilidad y control en la operación de las secadoras de cacao. La interfaz incluye dos modos de funcionamiento: modo automático y modo manual.

En este apartado se presentan diferentes funciones como lo son la parte manual y automático. El apartado manual permite controlar los actuadores por ejemplo: motores, válvulas, por otro lado la parte automática hace el sistema más autónomo, es decir temperaturas, tiempo de secado, enfriamiento, todo esto es sin la presencia de un operador, sin dejar a un lado el Reset el cual permite restablecer el sistema o ciertos parámetros a sus valores predeterminados en caso de errores; también se cuenta con un apartado de historial, que muestra los registros de fallas y eventos previos, útil para el diagnóstico; finalmente se ha incluido el apartado de configuración que se encarga de los demás puntos del sistema.

Figura 12

Diseño de Interfaz en TIA PORTAL-Modo automático

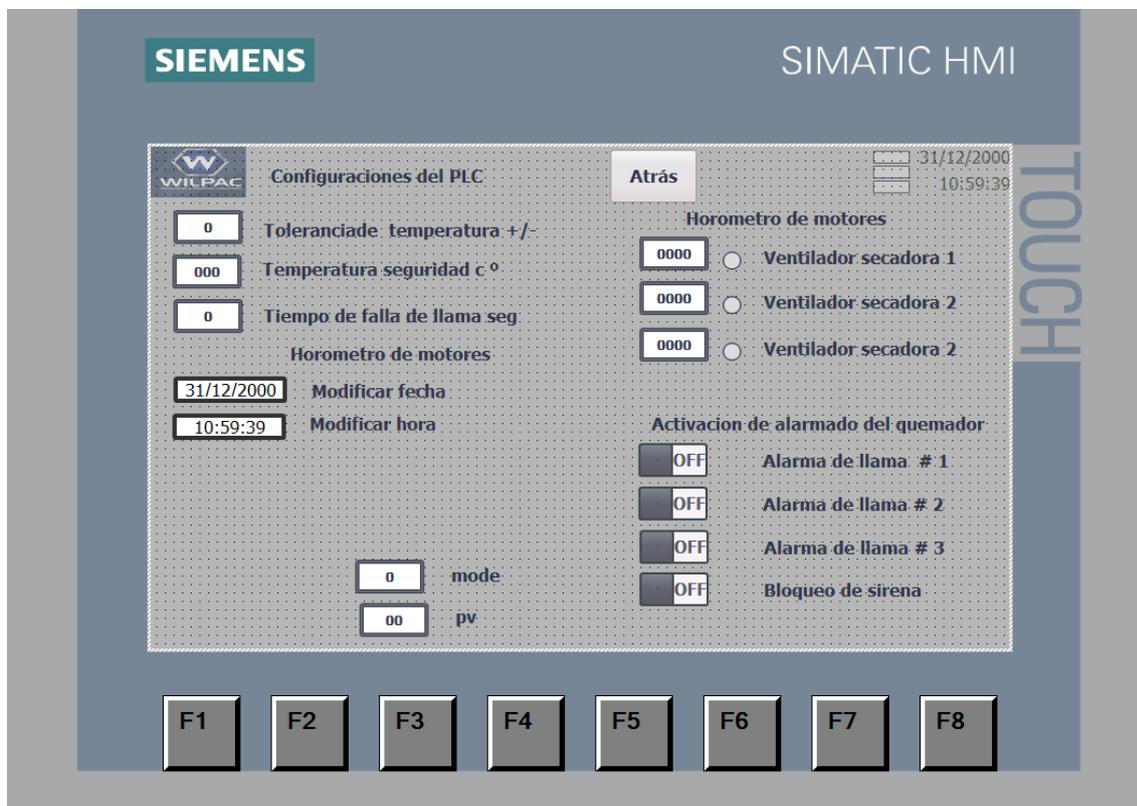


Nota. En el siguiente gráfico, se presenta en el modo automático, el sistema permite configurar tanto los tiempos de secado como la temperatura a la que se someterá el producto, adaptándose de manera precisa a los niveles de humedad deseados.

En esta interfaz HMI se visualizan y controlan diferentes variables del proceso de secado de cacao en tiempo real, ya que de esta forma se puede gestionar todo de manera más eficiente. Aquí se presenta un diseño el cual va a hacer el mismo para las otras tres secadoras que participan en el proceso. Se han separado tomado en cuenta variables que necesitan su control a través del tiempo, entre estas se tiene; el tiempo de secado y el tiempo restante el cual indica cuanta falta para que se apague la máquina, por otro lado estan los controles para el tiempo de enfriamiento, tanto el programado como el tiempo final. Todo esto debe estar monitoreado a través del HMI.

Figura 13

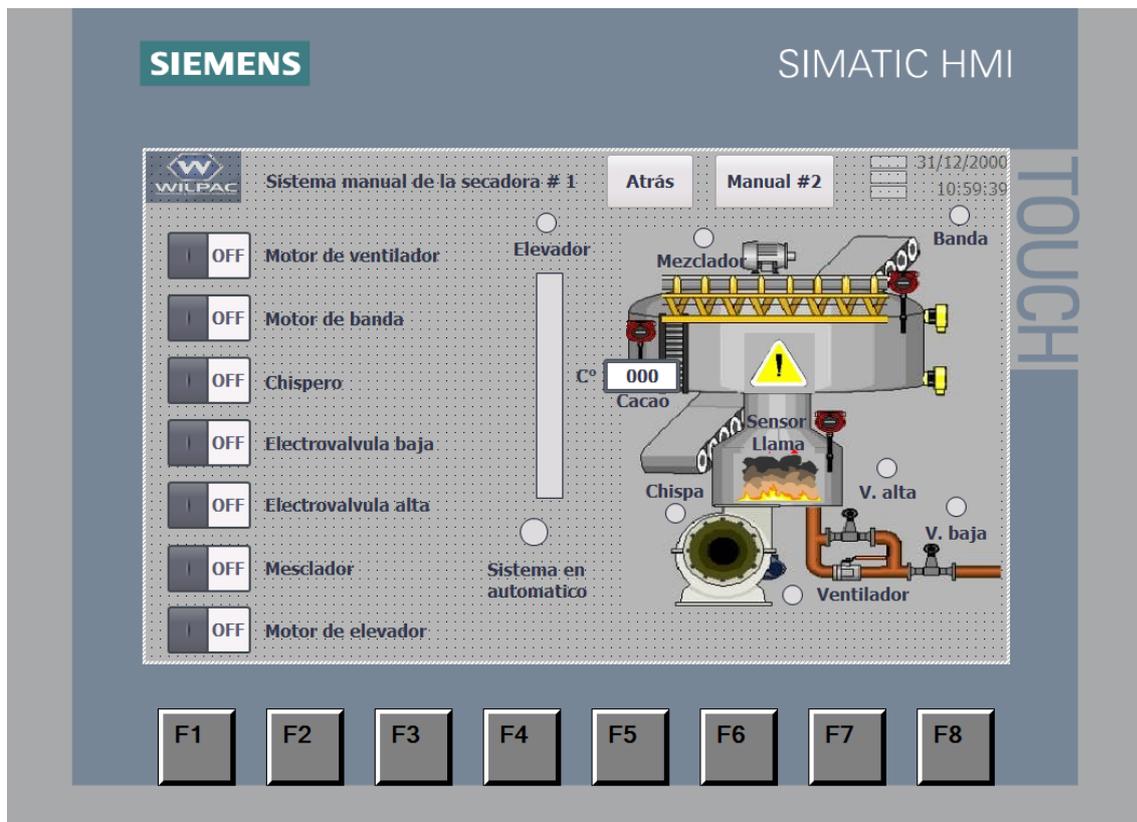
Diseño de Interfaz configuraciones del PLC



Esta segunda pantalla de la interfaz HMI se enfoca en las configuraciones del PLC y en el monitoreo de parámetros adicionales relacionados con la seguridad, el control de los ventiladores y las alarmas. En cuanto a las configuraciones del PLC, se encuentra la tolerancia de temperatura, que permite ajustar la diferencia máxima permitida entre la temperatura real y la deseada, asegurando que el sistema mantenga el proceso dentro de los márgenes de seguridad. También se define la temperatura de seguridad, que establece el límite máximo de temperatura para el proceso de secado, y si se supera este valor, el sistema puede activar alarmas o detener el proceso para evitar daños. Además, se puede configurar el tiempo de falla de llama, que indica el tiempo máximo que se puede perder la llama o la fuente de calor antes de que el sistema considere que ha ocurrido una falla y tome acciones correspondientes.

Figura 14

Control Manual en la interfaz



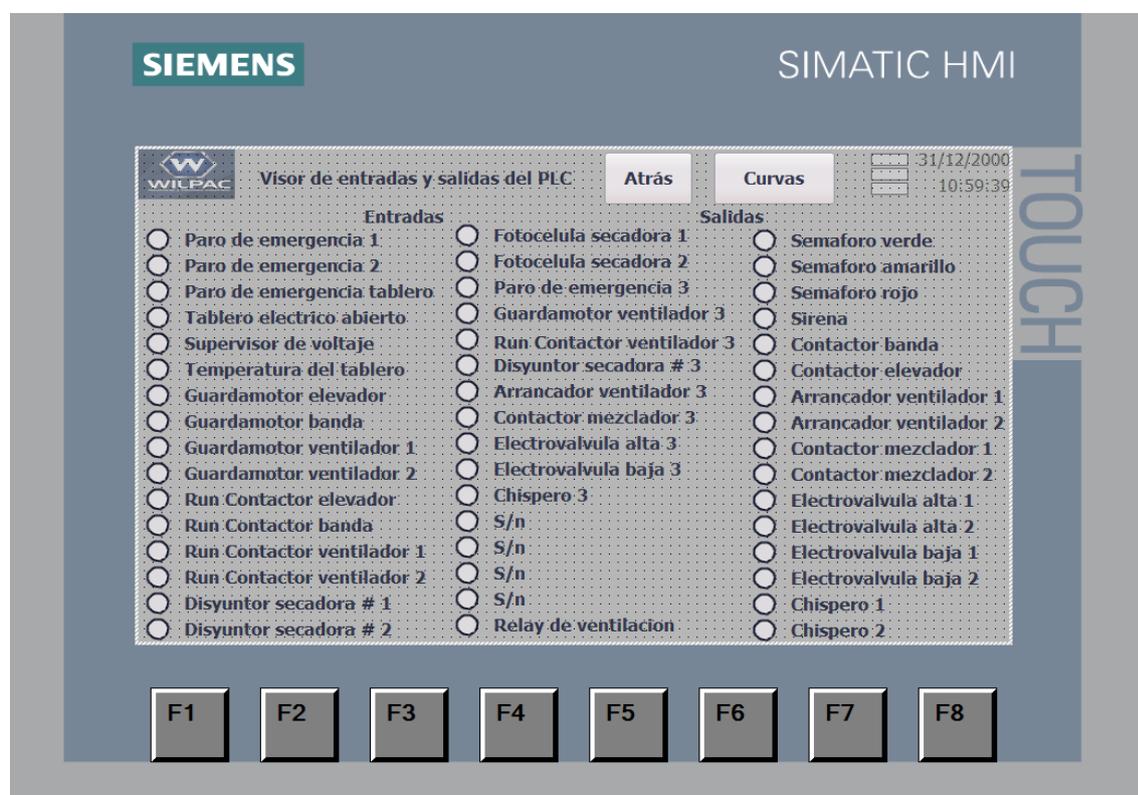
En esta pantalla, el operador puede controlar manualmente diversos componentes de la secadora mediante botones de encendido y apagado. Los controles incluyen el motor del

ventilador, que asegura el flujo de aire durante el secado, el motor de la banda transportadora para mover el cacao, y el chispero que mantiene la llama en el sistema de calefacción. También se pueden ajustar las electroválvulas que regulan el flujo de aire o calor, el mezclador que distribuye el cacao uniformemente y el motor del elevador que mueve el cacao a lo largo de la secadora.

Esta interfaz también tiene la capacidad de ofrecer indicadores visuales, lo cual es muy importante para el sistema que se va a llevar a cabo, por ejemplo si existe alguna anomalía este mismo lo comunicará a través de iconos de alta o baja, todo es muy visual incluso también se monitorea el flujo de aire y calor en el sistema. No importar el modo, si es manual o automático siempre dará estos indicadores

Figura 15

Entradas y salidas del interfaz

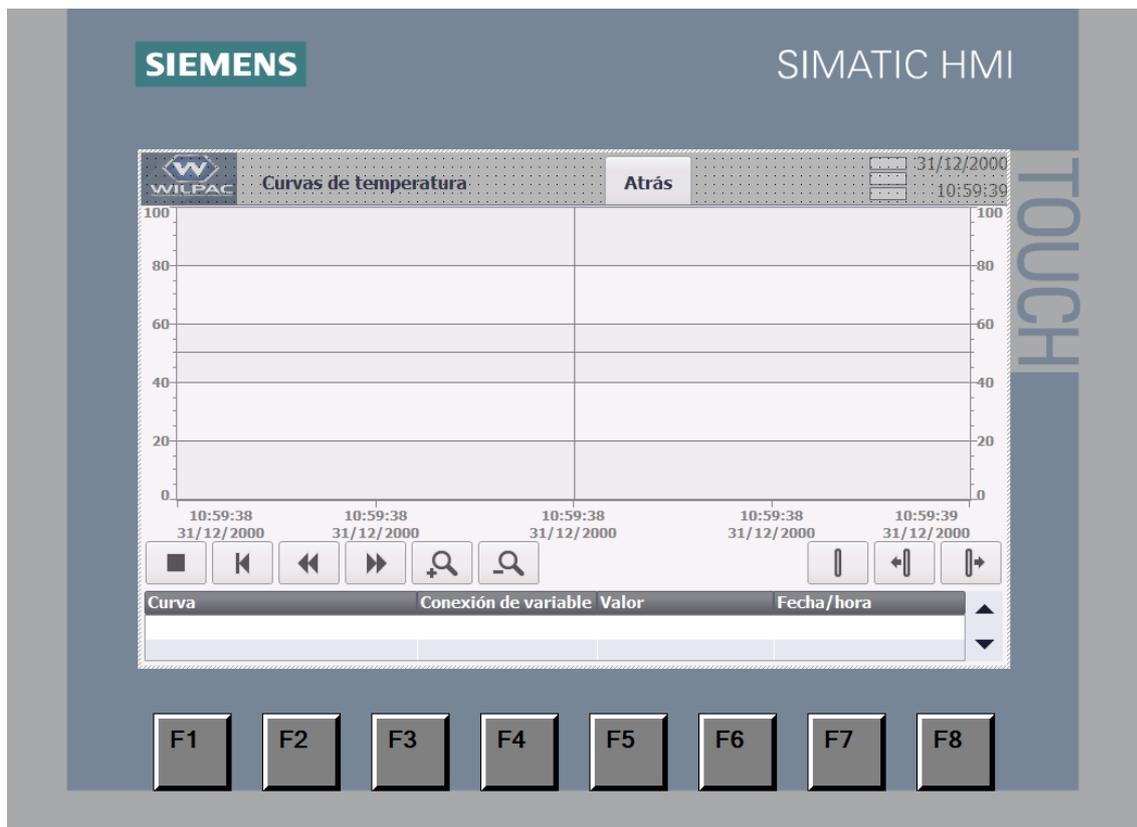


Esta pantalla HMI gestiona las entradas y salidas del PLC en tiempo real, asegurando el buen funcionamiento de los dispositivos y detectando posibles fallas. Las entradas incluyen señales

de sensores y dispositivos como los paros de emergencia, los indicadores de voltaje y temperatura del tablero, y los guardamotors para monitorear componentes como elevadores y ventiladores. También se controlan los contadores y fotocélulas que verifican el paso de materiales. Por otro lado, las salidas permiten controlar dispositivos como luces, contactores y válvulas, automatizando el proceso. Los semáforos indican el estado de las secadoras, mientras que los arrancadores gestionan motores y equipos clave. Además, los chisperos y electroválvulas controlan la seguridad y el flujo dentro del sistema.

Figura 16

Interfaz de curvas de temperatura

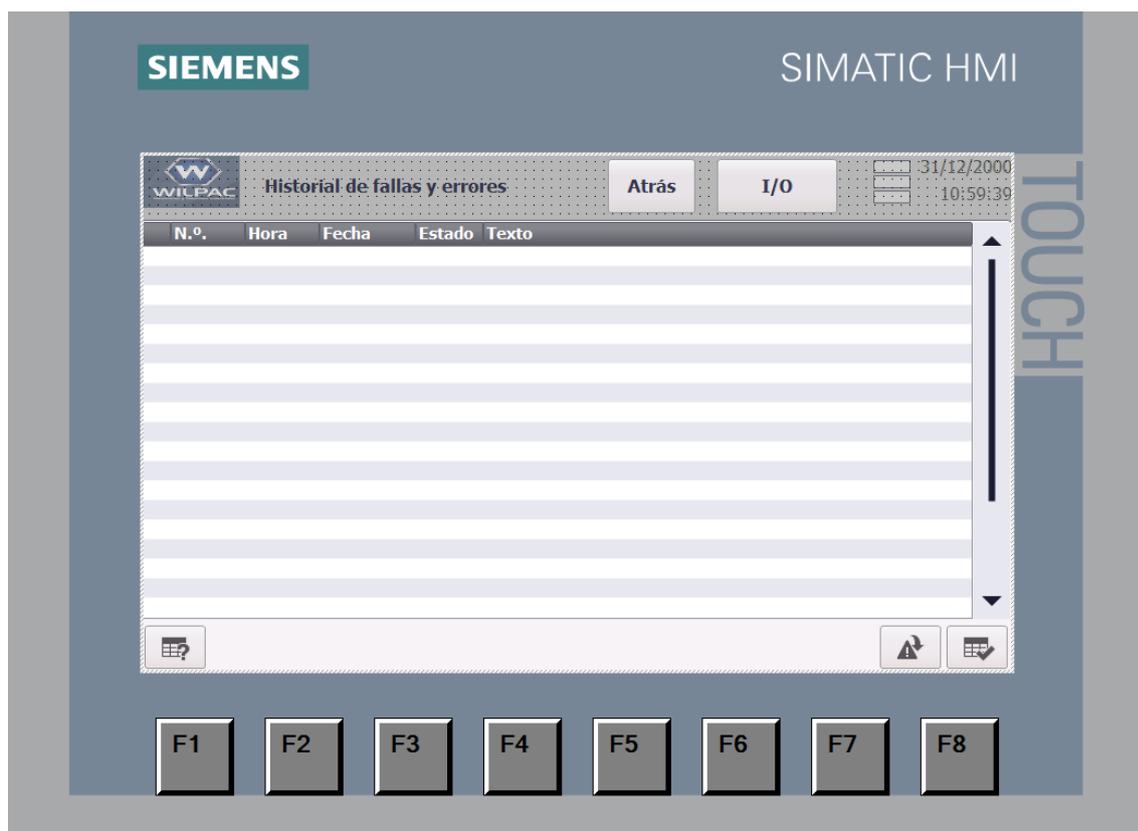


En esta pantalla de la interfaz HMI se visualizan y gestionan las curvas de temperatura del proceso de secado de cacao, lo que es fundamental para el monitoreo detallado de cómo varían las temperaturas durante todo el ciclo. Esta función permite a los operadores seguir de cerca el rendimiento del sistema en tiempo real. El vertical representa la temperatura, en grados Celsius, mostrando cómo fluctúan las temperaturas a lo largo del proceso de secado. Por otro

lado, el eje horizontal representa el tiempo, lo que permite observar cómo cambian las temperaturas durante el ciclo, ayudando a detectar cualquier anomalía, como aumentos o caídas inesperadas. En cuanto al control de visualización de datos, en la parte inferior de la pantalla se muestra una opción para seleccionar qué variable se está graficando, lo que permite al operador elegir la temperatura de diferentes partes del sistema, como la temperatura del cacao o la de seguridad. También, en esa misma sección, se visualizan los valores actuales de la variable seleccionada, proporcionando información precisa y actualizada sobre la temperatura registrada en ese momento.

Figura 17

Interfaz de fallas en el sistema



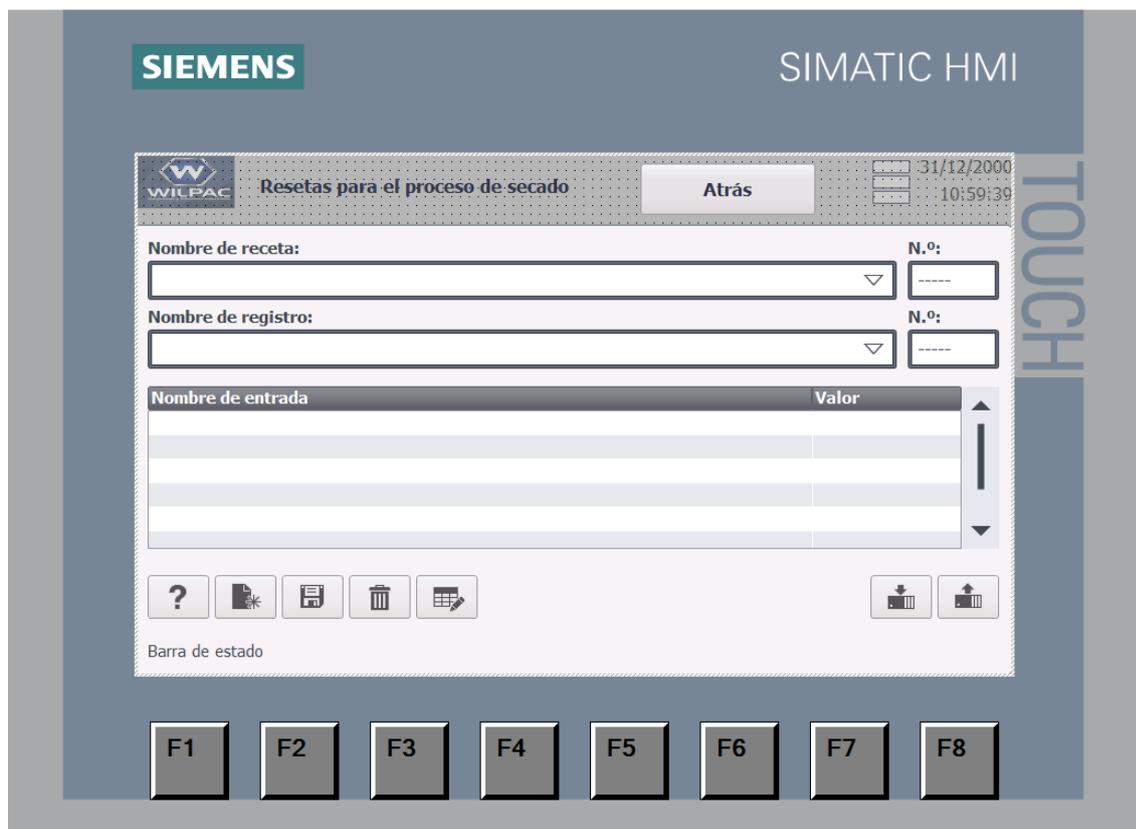
Esta pantalla HMI se enfoca en mostrar el historial de fallas y errores durante el proceso de secado del cacao. Su función principal es registrar, almacenar y permitir la visualización de eventos críticos relacionados con fallos en el sistema, lo que resulta esencial para el diagnóstico, mantenimiento y mejora del proceso.

3.2. Configurar la comunicación entre el software SCADA y el PLC S7-1200.

3.2.1. Configuración Inicial entre el SCADA

Figura 18

Configuración preliminar entre el PLC y SCADA

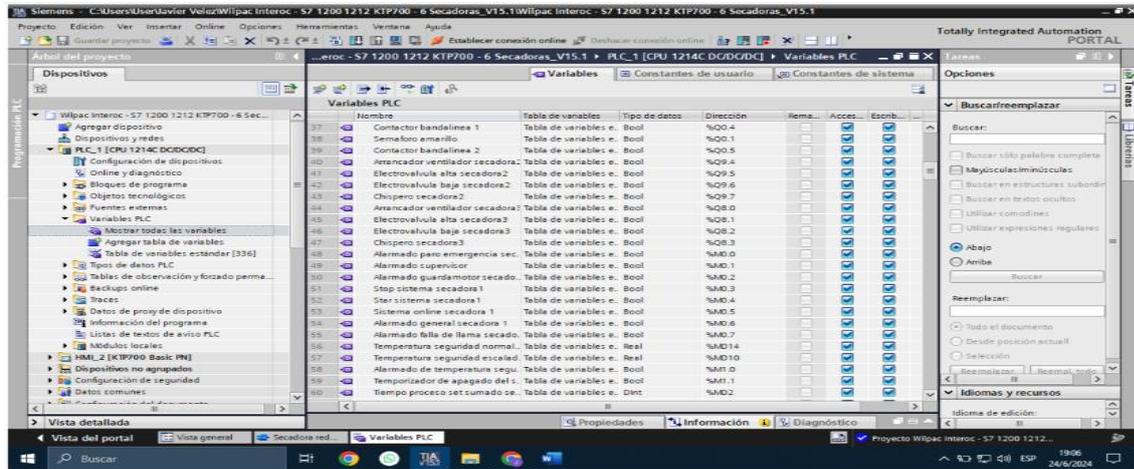


Nota. En el siguiente gráfico, se presenta la interfaz del TIA Portal, que es la plataforma utilizada para desarrollar y gestionar el proyecto de automatización de la secadora de cacao. En la pantalla, se pueden observar claramente los diferentes componentes que conforman el sistema, entre los cuales destacan el PLC S7-1200 y el HMI.

Aquí se puede observar los distintos ingresos para el sistema, ya sea el nombre del registro, o el número de entradas. El PLC S7-1200 funciona como el cerebro del sistema. Recibe datos y envía órdenes para manejar la secadora. En esta etapa, también se configura la comunicación entre el software SCADA y los dispositivos de control, algo fundamental para el intercambio de datos en tiempo real. Gracias a esta conexión, el HMI puede visualizar y supervisar parámetros operativos, como la temperatura y la humedad, lo que proporciona a los operadores una herramienta intuitiva para monitorear y gestionar el proceso de manera efectiva.

Figura 19

Entradas y salidas en el PLC

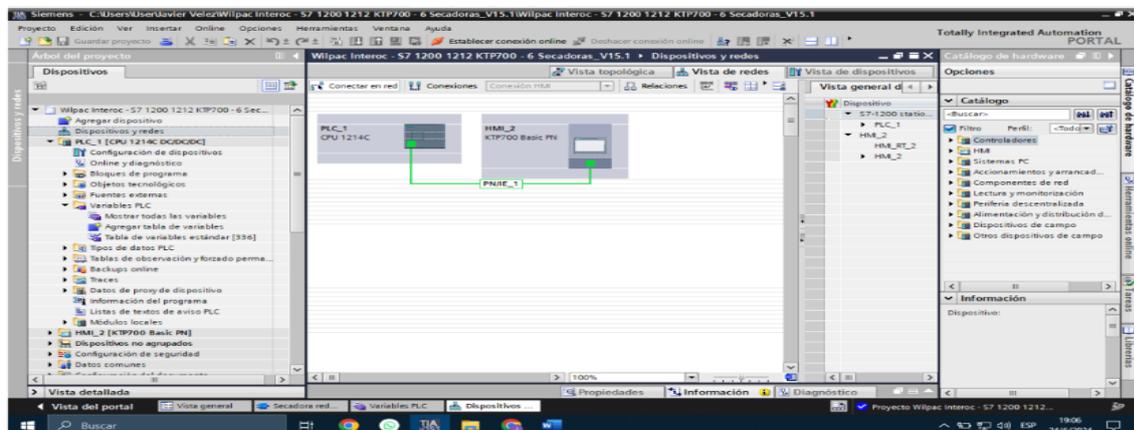


Nota. En el siguiente gráfico se presentan algunas de las variables configuradas en el PLC, que son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema. Entre ellas destacan la electroválvula 1 y 2, que controlan el flujo de aire en las secadoras, permitiendo una regulación precisa durante el proceso de secado.

La temperatura de seguridad sirve para proteger el equipo. Cuando sube demasiado activa alarmas o apaga todo automáticamente. Así evitamos daños en la máquina y en el cacao que se está secando. El tiempo de proceso y el temporizador de apagado son igual de importantes.

Figura 20

Comunicación de PLC con HMI

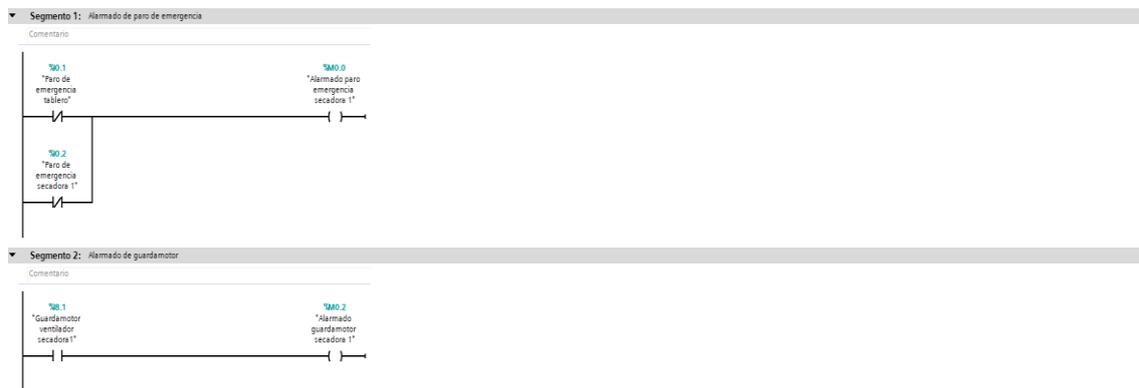


Nota. En el siguiente gráfico se analiza la vinculación del PLC con el HMI, un aspecto fundamental para la operación y supervisión del sistema automatizado. Para esta práctica, se ha utilizado un HMI SIEMENS KTP700.

3.2.2. Programación LADDER

Figura 21

Alarmas de paro de emergencia



I0.1 corresponde al botón de paro de emergencia de la Secadora 1, que detiene la secadora de inmediato en caso de activarse, evitando así accidentes o daños. M0.1 es un bit que se activa cuando el paro de emergencia es accionado, generando una alarma para notificar al operador sobre la detención. I0.2 es un sensor de guardamotor que protege el motor de la secadora, activándose si detecta sobrecarga o sobrecalentamiento. M0.2 es otro bit que se activa cuando el guardamotor detecta un problema, generando una alarma para alertar al operador sobre el fallo.

Figura 22

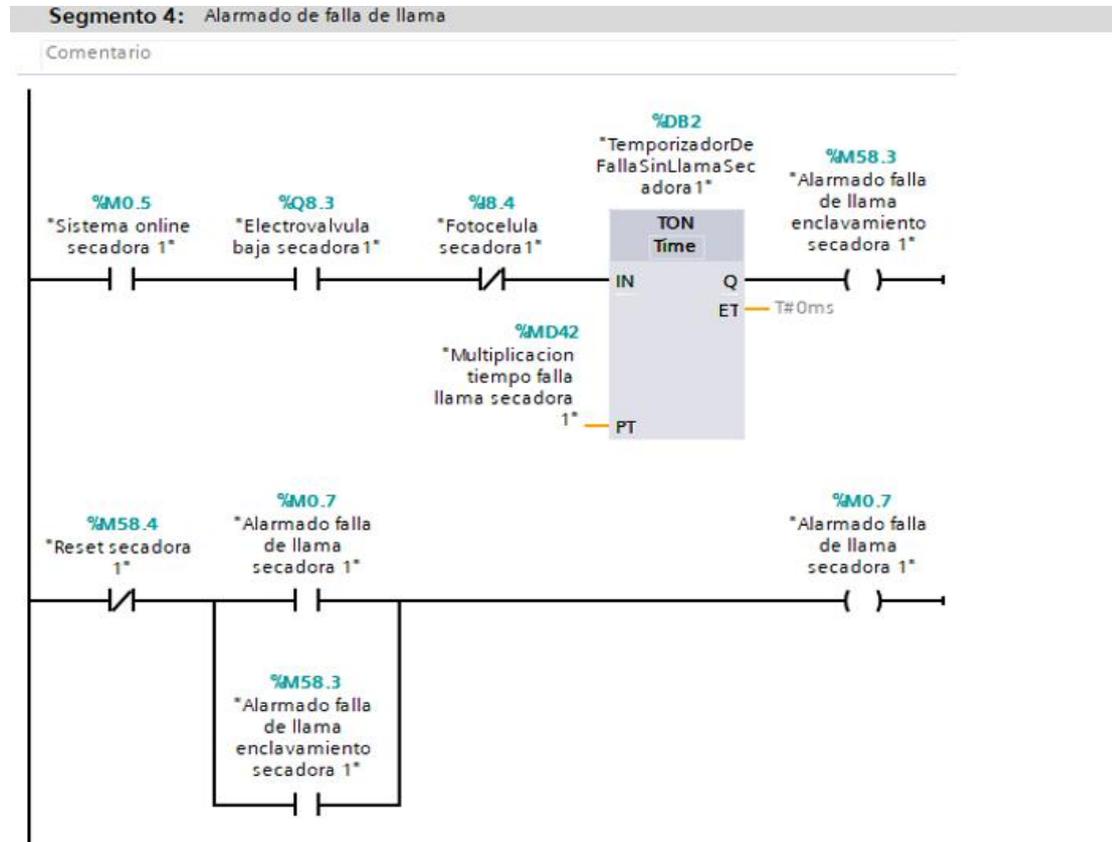
Alarma de disyuntor



I0.5 representa el estado del disyuntor de control de la Secadora 1, que protege los circuitos del sistema. Si el disyuntor se dispara debido a un cortocircuito o sobrecarga, se activa una alarma para notificar la falla. M0.6 es el bit que se activa cuando el disyuntor se dispara, generando una alarma para alertar al operador sobre la desconexión del disyuntor.

Figura 23

Alarma falla en la llama

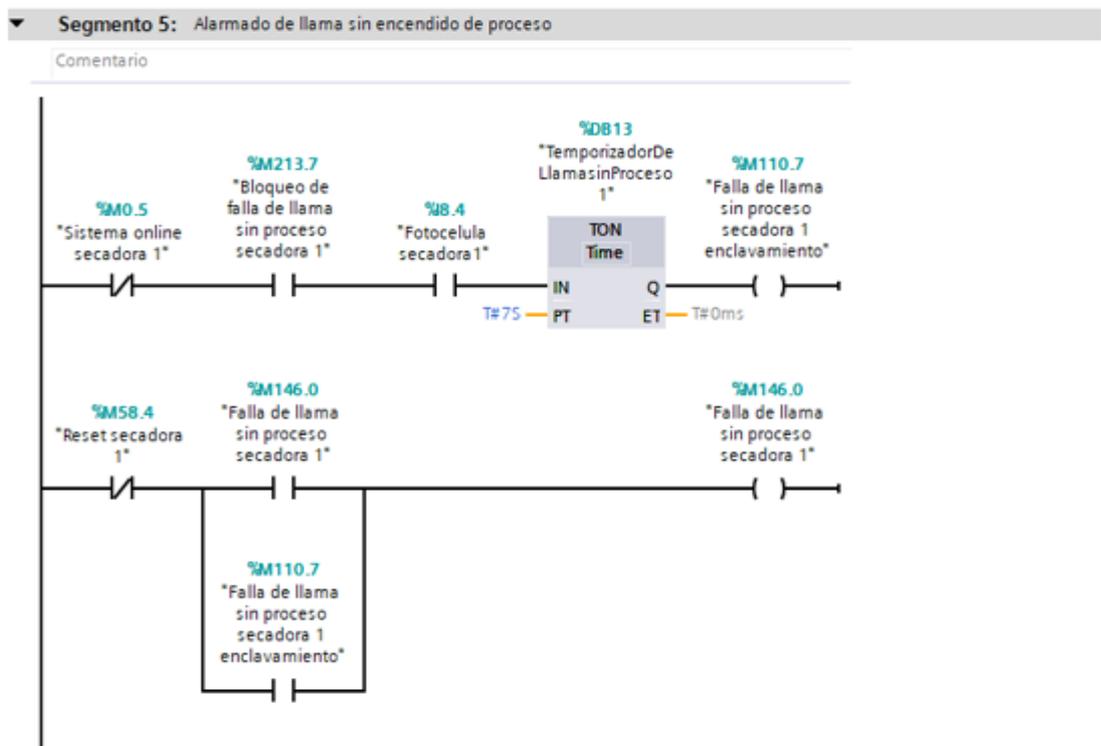


I0.5 indica la ausencia de llama en la Secadora 1. Si el sistema detecta que no hay llama en el proceso de calefacción, esta entrada se activa. El sensor I0.3 monitorea la presencia de llama y, si detecta que no hay llama, activa la señal correspondiente. M0.5 es el bit de memoria que activa una alarma cuando el sistema detecta la falla de la llama, indicando un problema en el sistema de calefacción que debe corregirse de inmediato.

Q0.3 maneja la válvula de gas. Cuando la llama se apaga esta salida se activa para intentar volver a encenderla. El temporizador TON lleva la cuenta del tiempo sin llama. Si pasa más tiempo del permitido salta la alarma M0.7. Esta alarma avisa cuando hay un problema serio con el sistema de calefacción que necesita atención inmediata.

Figura 24

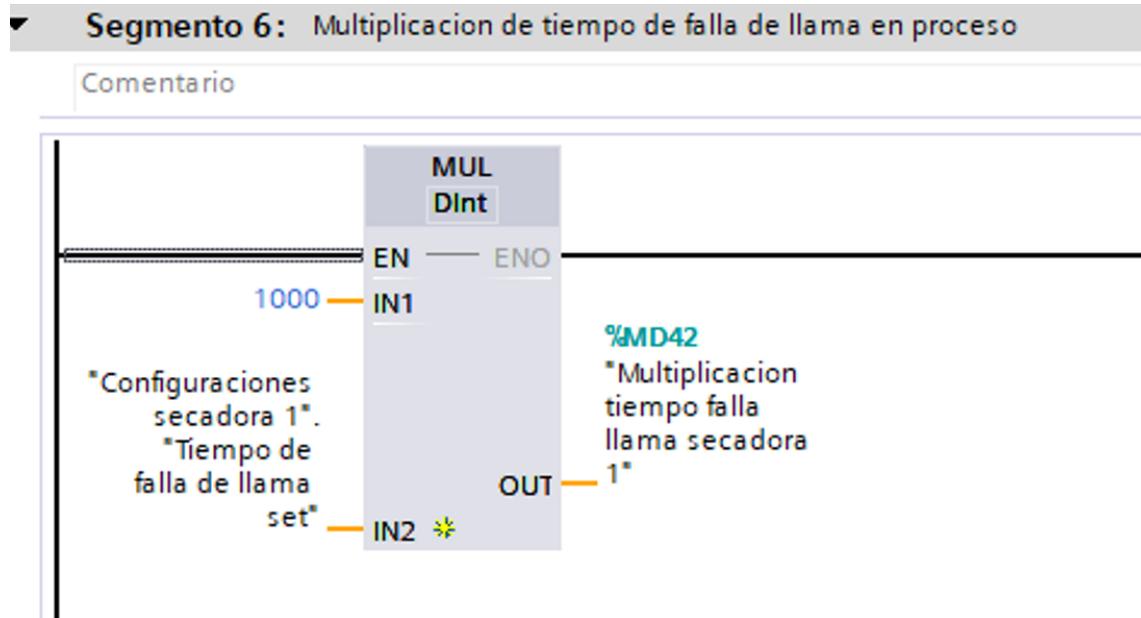
Alarma falla sin encendido de proceso



El bit %M0.5 indica que la secadora está en línea y funcionando correctamente, lo que confirma que el proceso de secado está en marcha. El bit %M213.7 actúa como bloqueo para prevenir alarmas de falta de llama si el proceso aún no ha comenzado, evitando alertas innecesarias durante la configuración o mantenimiento. El sensor %I8.4, una fotocélula, monitorea la presencia de cacao dentro de la secadora; si no detecta material, genera una señal para indicar su ausencia. El bit %M58.4 permite reiniciar la secadora, activándose cuando se requiere un restablecimiento, por ejemplo, después de una alarma de falla de llama. El bit %M146.0 indica la ausencia de llama en la secadora, activándose cuando el sistema detecta que no hay llama, lo que puede interrumpir el secado. El bit %M110.7 está relacionado con la falla de llama y el enclavamiento, deteniendo el proceso si no se detecta llama para evitar daños o un secado incorrecto. El temporizador %DB13 cuenta el tiempo sin llama y, si la llama no se enciende dentro del tiempo definido (7 segundos), activa las alarmas correspondientes. El tiempo transcurrido, mostrado por el temporizador, también contribuye a activar la alarma si supera el umbral configurado.

Figura 25

Multiplicación de tiempo de falla



El bloque MUL realiza una multiplicación entre dos valores de entrada, guardando el resultado en la salida. La primera entrada, IN1, tiene un valor fijo de 1000, que representa 1 segundo multiplicado por 1000, convirtiendo así el tiempo de falla de llama en milisegundos para una mayor precisión. La segunda entrada, IN2, proviene de la configuración del sistema y corresponde al tiempo de falla de llama preestablecido para la Secadora 1, que define cuánto tiempo puede pasar sin llama antes de generar una alarma. El resultado de esta multiplicación se almacena en la salida %MD42, que representa el tiempo total de inactividad de la secadora debido a la falta de llama, expresado en milisegundos.

Figura 26

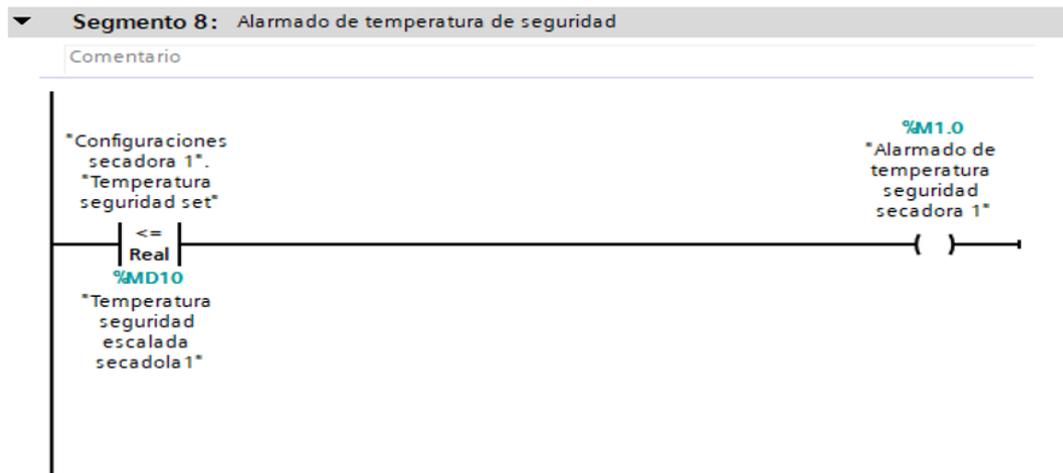
Normalizado de Termocupla



%IW14 es el valor de entrada de la termocupla de seguridad de la Secadora 1, que mide la temperatura actual del sistema de secado. Este valor se normaliza mediante el bloque Norm_X, que convierte el valor entero de la temperatura a un rango estándar entre 0.0 y 1.0. la normalización trabaja con 0 abajo y 10 arriba. Esos son los límites. El resultado lo tira a MD14, así podemos ver si la temperatura está bien o se pasa. Luego viene el Scale_X que : coge números del 0.0 al 1.0 y los convierte a grados de 0 a 100. Simple. Lo que entra es 0.0 mínimo y 1.0 máximo, lo que sale es la temperatura que entendemos todos. Al final todo termina en MD10. Si ese valor se dispara, se sabe que algo anda mal con el secado.

Figura 27

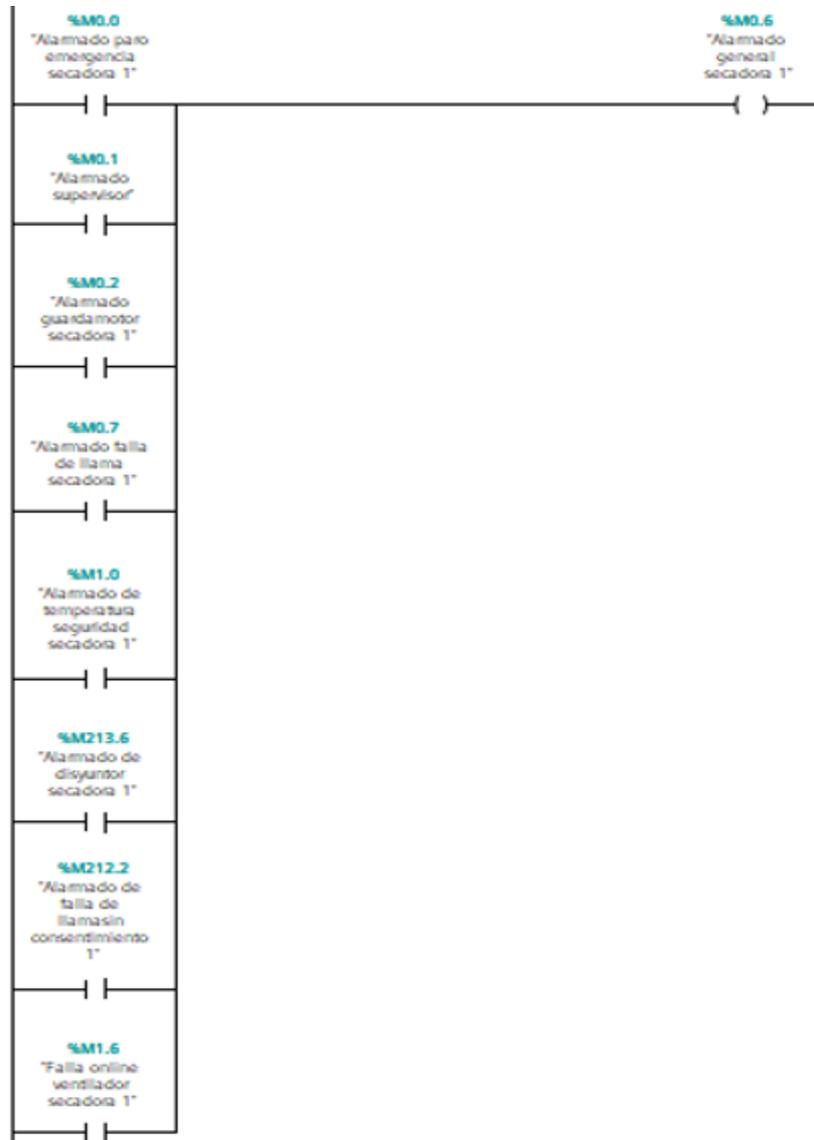
Alarma de temperatura de seguridad



MD10 guarda la temperatura escalada de la Secadora 1. Va de 0 a 100°C - este es el valor que realmente monitoreamos. Cuando se pasa del límite, M1.0 se prende. Es como una bandera roja que avisa: al usuario que existe una falla. El límite lo pone el usuario en "Configuraciones secadora 1. Temperatura seguridad set". Ahí defines hasta cuánto puede subir antes de que salten las alarmas. Es el tope de seguridad que nadie quiere que se pase.

Figura 28

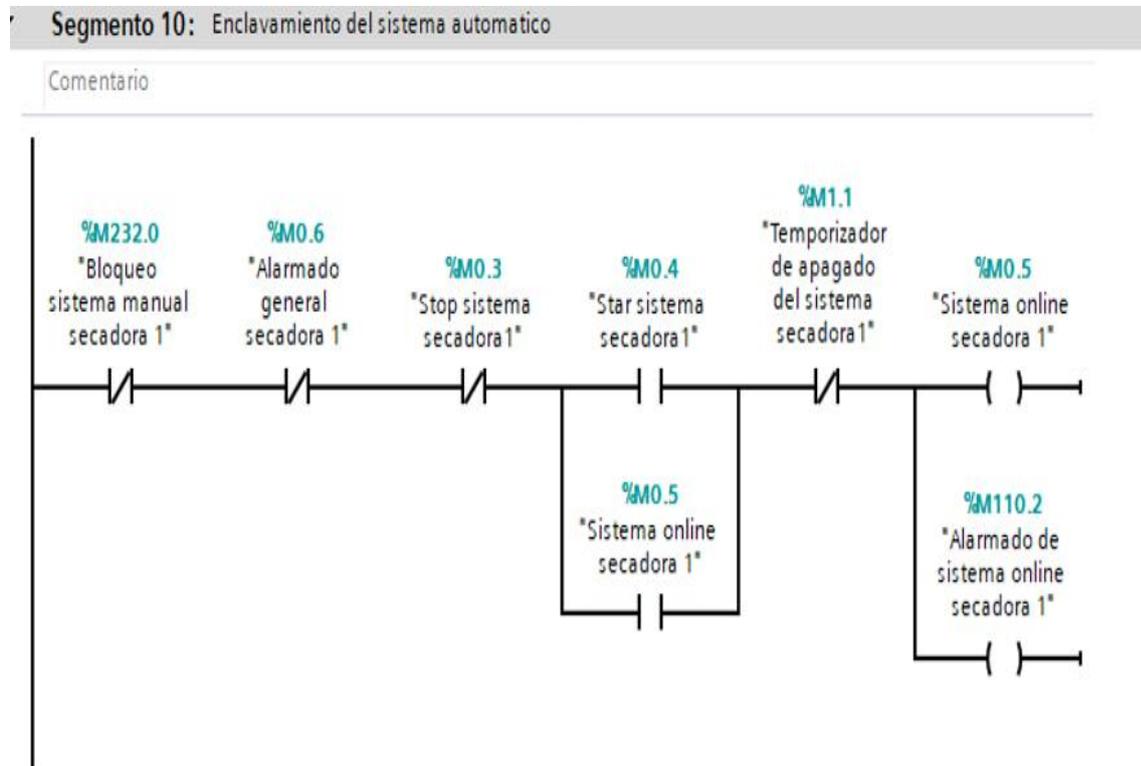
Sistema de alarmas generales



Este segmento del código ladder está diseñado para gestionar una alarma general que se activa cuando cualquiera de las alarmas específicas del sistema de la secadora se activa. De esta manera, centraliza las alarmas individuales y genera una alerta global para notificar al operador sobre cualquier problema crítico.

Figura 29

Enclavamiento del sistema automático

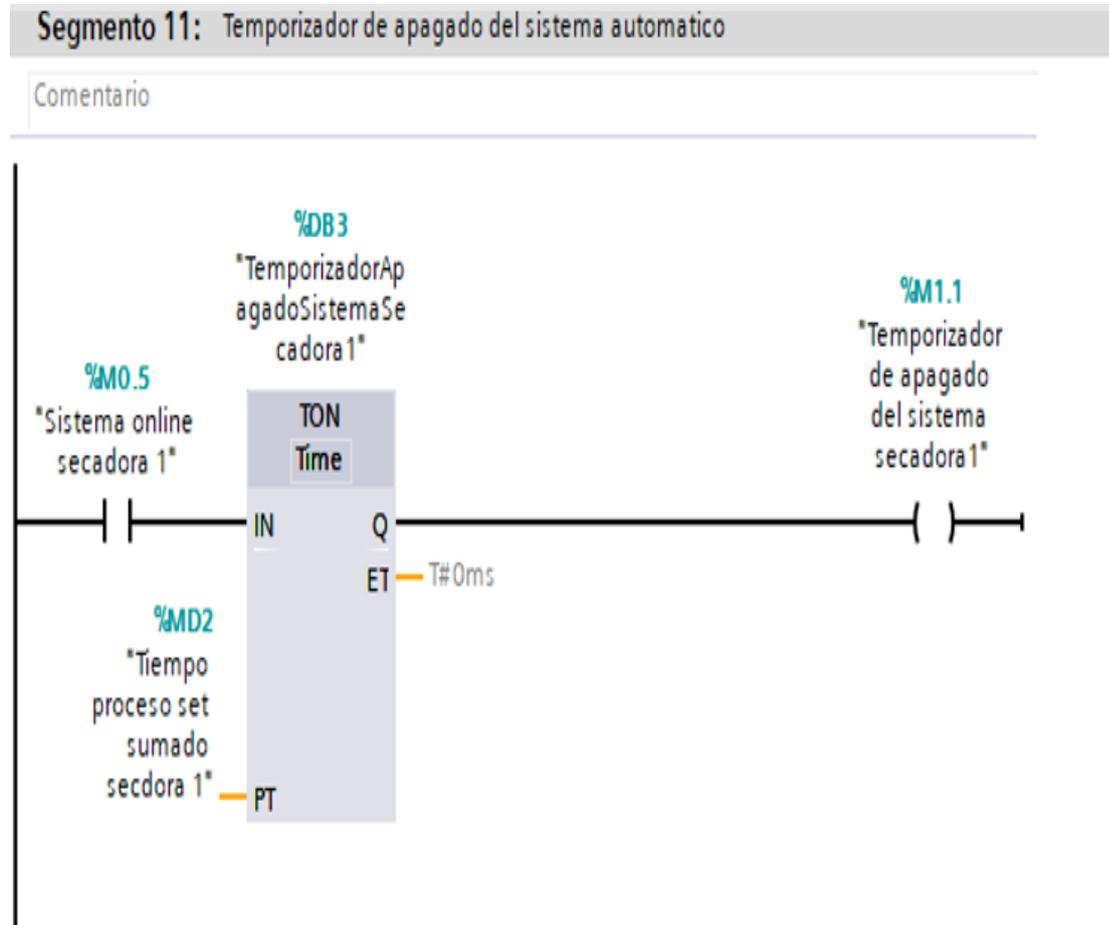


%M232.0 se activa cuando el sistema manual de la secadora está bloqueado, permitiendo que pase al modo automático y evitando cambios manuales mientras el proceso automático está en funcionamiento. Por otro lado, %M0.6 se activa cuando ocurre un fallo en el sistema, generando una alarma general que bloquea el proceso hasta que se solucione el problema. Además, %M0.3 indica que el sistema está en modo detención, lo que impide que la secadora inicie el proceso de secado.

El sistema trabaja con estas variables importantes. %M0.4 es la que da luz verde para arrancar el secado cuando todo está listo. %M1.1 lleva la cuenta del tiempo de funcionamiento y apaga todo cuando se cumple el tiempo programado. %M0.5 avisa si el sistema está conectado y listo para trabajar en automático. Pero ojo, que si algo falla entra en juego %M110.2 que activa las alarmas y corta el modo automático por seguridad. Así se evitan problemas mayores.

Figura 30

Apagado del sistema automático

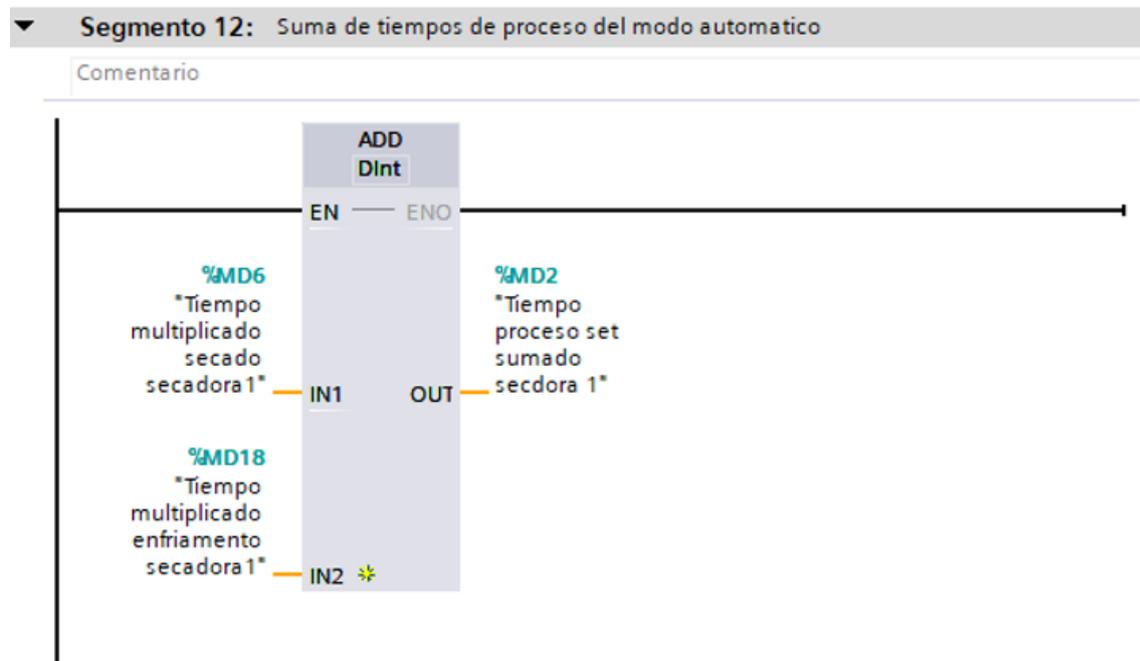


%M0.5 verifica si el sistema de la secadora está online y operativo. Si está activo, significa que el proceso de secado está en marcha. Esta condición es esencial para que el temporizador, %DB3, funcione correctamente. El temporizador se activa cuando %M0.5 está activo y cuenta el tiempo hasta que el sistema debe apagarse.

La entrada IN pone en marcha el temporizador. El tiempo programado viene de %MD2 - ese es el tiempo máximo que puede trabajar el sistema antes de apagarse solo. El temporizador va contando y cuando pasa el tiempo de %MD2 corta la corriente. Ahí entra %M1.1 que se activa para avisar que llegó la hora de apagar todo y terminar el secado. %MD2 guarda el tiempo total que debe funcionar la secadora. Es el tope que nadie debe pasar si quiere que el equipo se apague como debe ser.

Figura 31

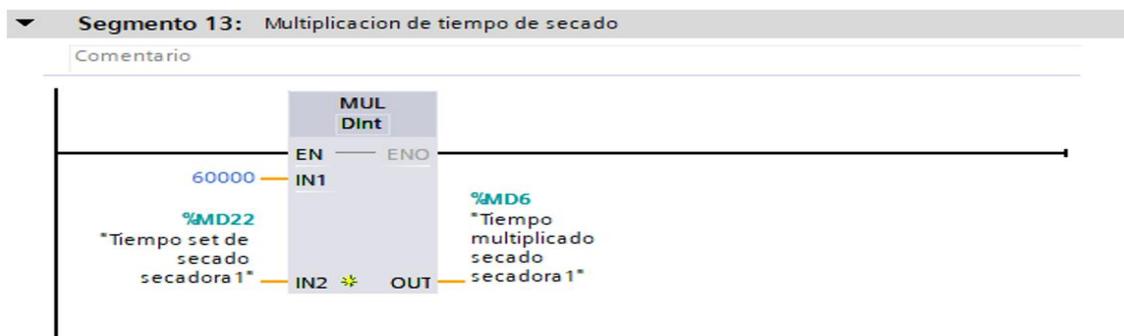
Suma de tiempos del tiempo automático



%MD6 es la entrada que representa el tiempo de secado de la secadora, ajustado a un formato adecuado, como milisegundos, y puede ser predefinido por el operador o ajustado según el proceso. %MD18 es la entrada que representa el tiempo de enfriamiento, también ajustado a la escala correcta. %MD2 es la salida que almacena el tiempo total del proceso, que es la suma de los tiempos de secado y enfriamiento. El bloque ADD realiza la suma de %MD6 (Tiempo secado) y %MD18 (Tiempo enfriamiento), y el resultado se guarda en %MD2, representando el tiempo total del ciclo de secado.

Figura 32

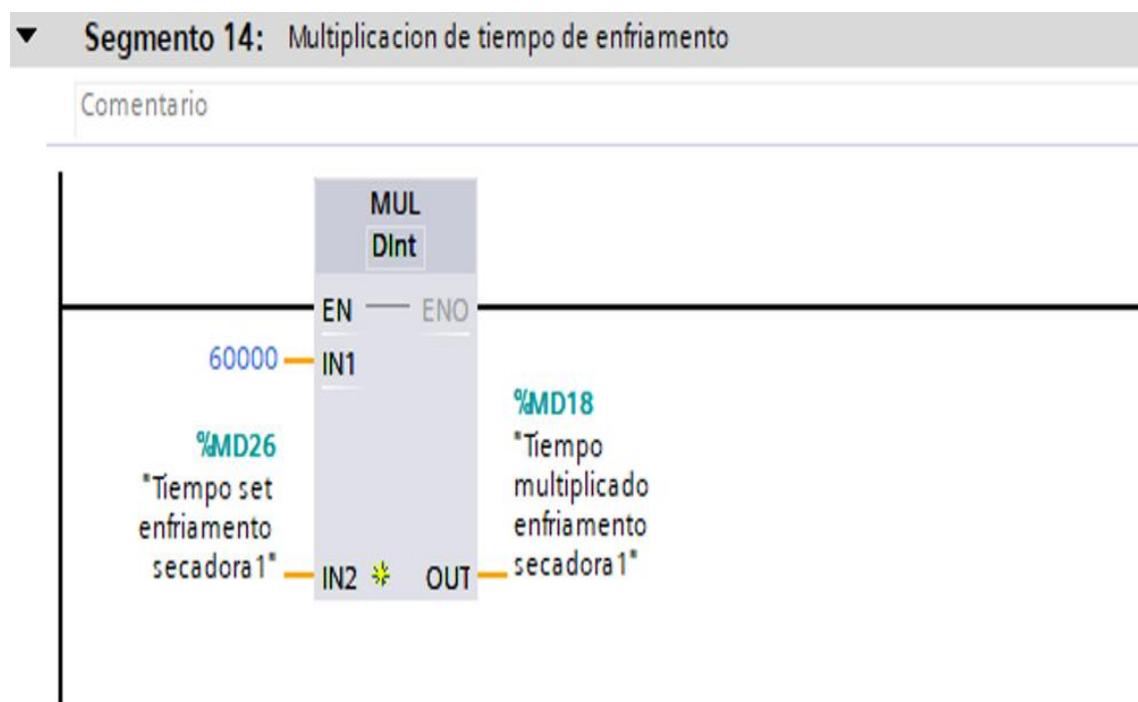
Multiplicación de tiempo de secado



%MD22 es la entrada que representa el tiempo de secado configurado para la secadora, establecido por el operador o el sistema. 60000 es un valor fijo que convierte el tiempo de secado (en minutos) a milisegundos para mayor precisión en los temporizadores. %MD6 almacena el tiempo total de secado convertido a milisegundos. El bloque MUL se encarga de hacer esta conversión tomando el tiempo original y multiplicándolo por 60000. Esta transformación permite un control más preciso de todo el proceso de secado.

Figura 33

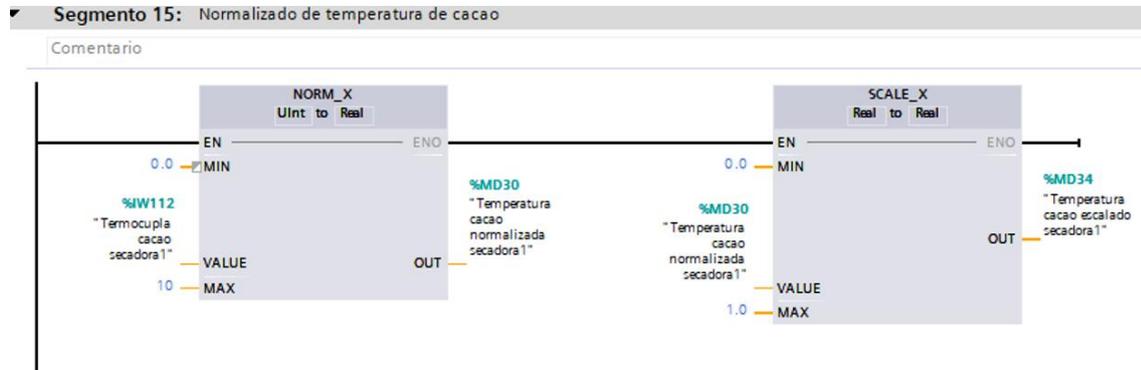
Multiplicación de tiempo de enfriado



%MD26 es la entrada que representa el tiempo de enfriamiento configurado para la secadora, expresado en minutos y ajustado según el proceso de secado. 60000 es un valor fijo que convierte los minutos de enfriamiento a milisegundos para mayor precisión en los temporizadores. %MD18 es la salida que almacena el tiempo total de enfriamiento en milisegundos, resultado de multiplicar el tiempo de enfriamiento por el factor 60000. El bloque MUL realiza esta operación de multiplicación, ajustando el tiempo a una unidad más precisa para el control del proceso de enfriamiento.

Figura 34

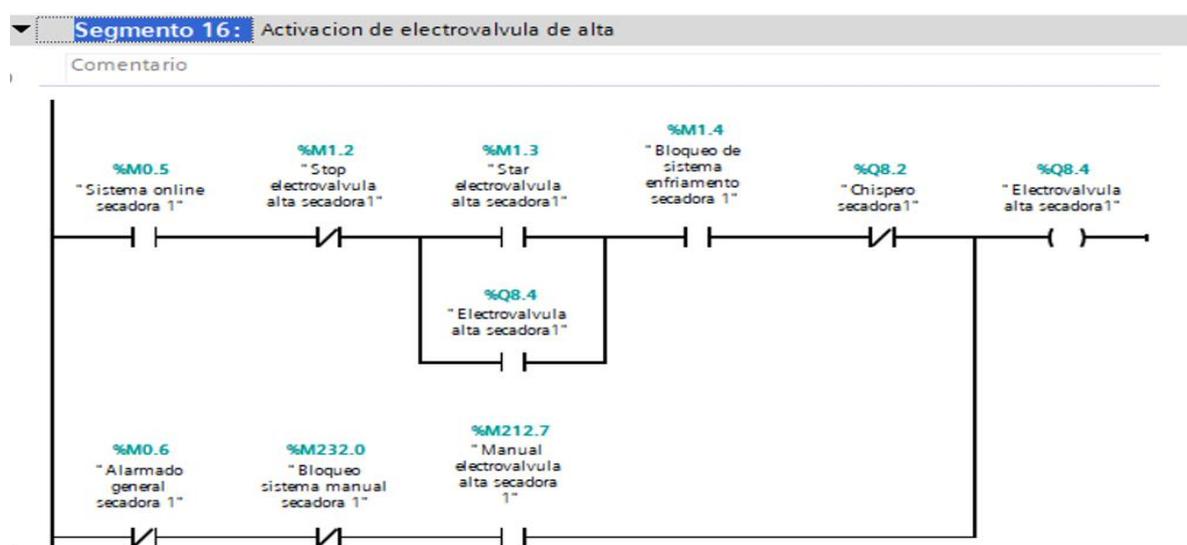
Normalizado de temperatura de Cacao



%IW112 es la entrada que proviene de la termocupla del cacao en la secadora, representando la temperatura medida del cacao. El bloque Norm_X convierte el valor entero de la termocupla a un valor real, dentro del rango de 0.0 a 1.0, con un mínimo de 0.0 y un máximo de 10.0, que es el rango de temperatura medido por la termocupla. %MD30 guarda la temperatura del cacao ya normalizada entre 0.0 y 1.0. Este valor sirve para controlar mejor el secado. Luego el bloque Scale_X toma ese número y lo convierte a la escala que necesitemos, por ejemplo de 0 a 100 grados.

Figura 35

Activación de electroválvula alta

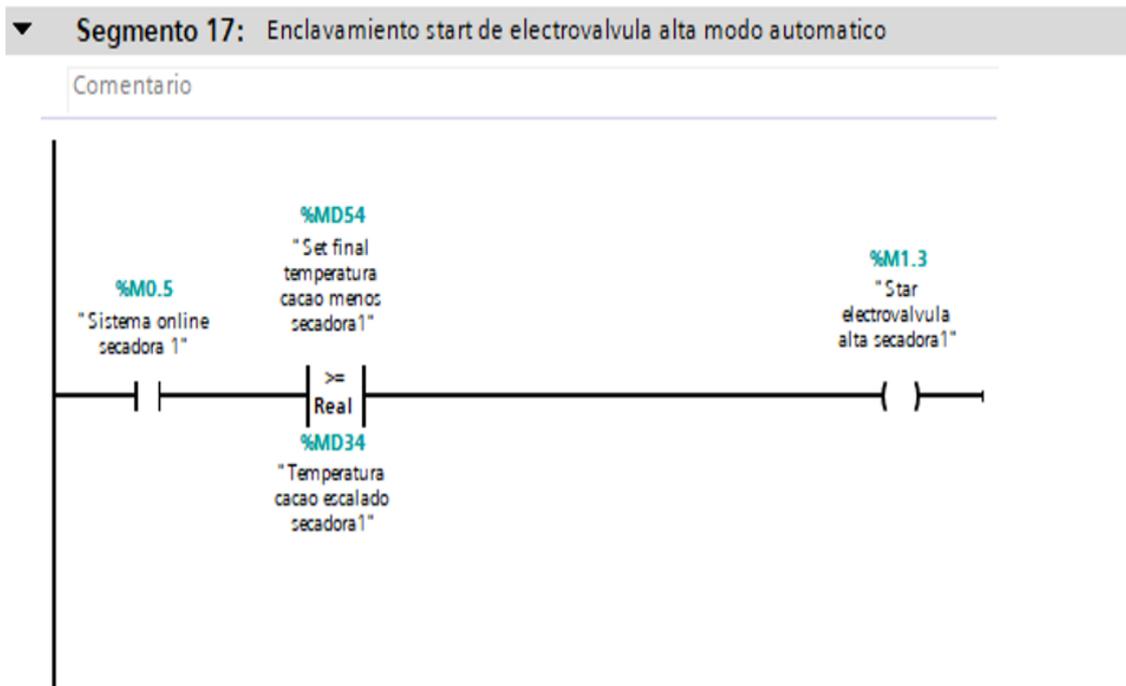


%M0.5 verifica si el sistema de la secadora está funcionando y operativo. %M0.6 indica si hay una alarma general activada en el sistema. %M1.2 activa el cierre de la electroválvula alta de

la secadora, mientras que %M1.3 controla su apertura. %M1.4 bloquea la operación de la electroválvula si el sistema de enfriamiento está activado, asegurando que no se realicen ajustes innecesarios. %Q8.4 es la salida que controla directamente la apertura o cierre de la electroválvula alta de la secadora. %Q8.2 está relacionado con el encendido del chispero, el cual activa el sistema de calefacción de la secadora. %M232.0 bloquea la intervención manual en el sistema, garantizando que solo se utilicen los controles automáticos. Finalmente, %M212.7 permite el control manual de la electroválvula alta, ofreciendo una opción de operación alternativa al sistema automático.

Figura 36

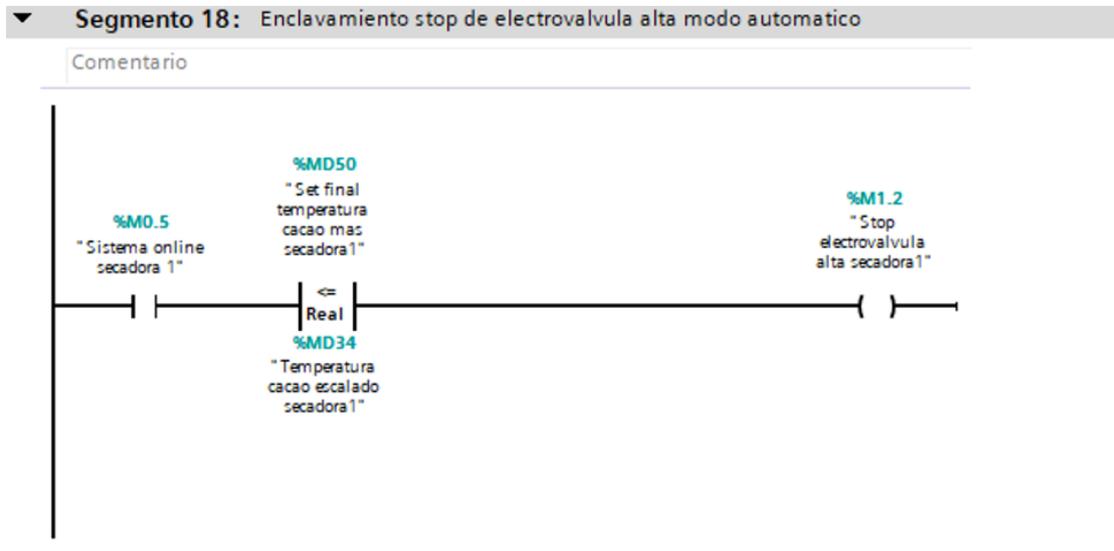
Enclavamiento de arranque electroválvula alta



%M0.5 verifica que el sistema de la secadora esté operativo. Además, %MD54 establece la temperatura mínima deseada para el cacao antes de comenzar el proceso de secado. Cuando la temperatura del cacao alcanza ese valor mínimo configurado, %MD34 refleja la temperatura actual del cacao, escalada para su uso en el control del proceso. Finalmente, %M1.3 es la salida que activa la electroválvula alta, permitiendo que el proceso de secado se inicie cuando se alcanza la temperatura mínima del cacao.

Figura 37

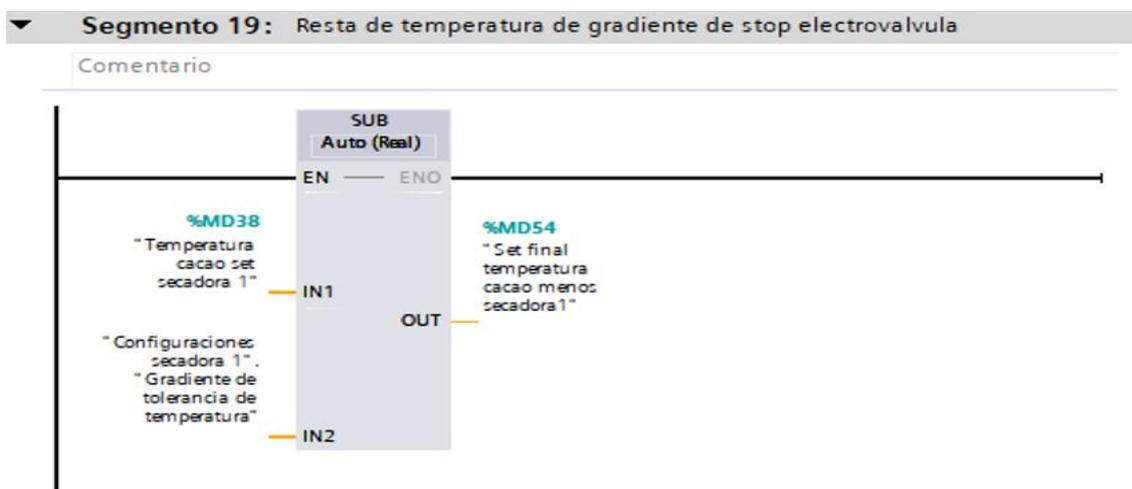
Enclavamiento de paro electroválvula alta



Este segmento asegura que la electroválvula de alta secadora se cierre cuando la temperatura del cacao alcance un valor máximo predefinido, deteniendo así el proceso de secado. %M0.5 verifica que el sistema de la secadora esté operativo. Además, %MD50 establece la temperatura máxima deseada para el cacao antes de detener el proceso de secado. %MD34 refleja la temperatura actual del cacao, escalada para su uso en el control del proceso. Finalmente, %M1.2 es la salida que detiene la electroválvula cuando la temperatura del cacao alcanza el valor máximo configurado.

Figura 38

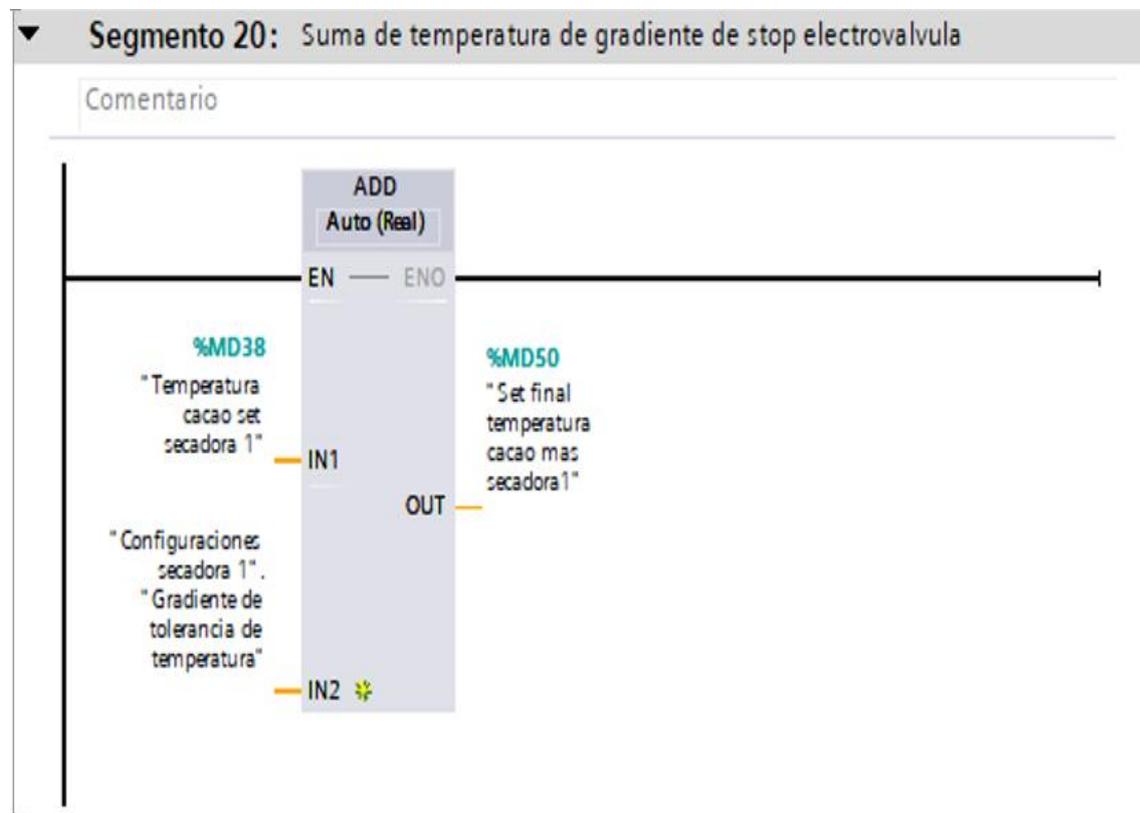
Resta de temperatura de gradiente



Este segmento calcula la diferencia entre la temperatura actual del cacao y la temperatura final deseada, con el propósito de determinar si el proceso de secado debe continuar o detenerse en función de la diferencia entre ambas temperaturas. La entrada %MD38 corresponde a la temperatura actual del cacao medida en la secadora, mientras que %MD54 establece la temperatura final deseada para el cacao durante el proceso de secado. El resultado de la resta entre ambas temperaturas se almacena en %MD40, que indica la diferencia de temperatura.

Figura 39

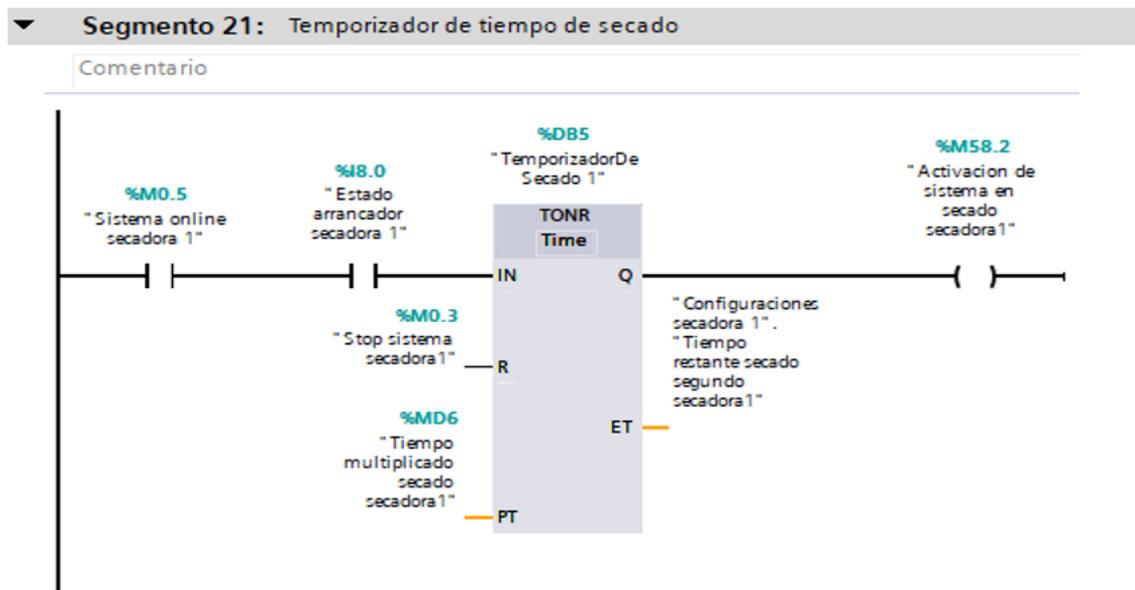
Suma de temperatura de gradiente



Se calcula la suma entre la temperatura actual del cacao y un valor configurado para el gradiente de tolerancia, con el fin de establecer el límite superior de temperatura para el proceso de secado. La entrada %MD38 corresponde a la temperatura actual del cacao medida en la secadora, y %MD50 establece el valor final de temperatura deseada, que es el límite máximo permitido para el cacao. El resultado de esta operación se almacena en %MD40, que representa el límite superior de la temperatura del cacao, sumando la temperatura actual con el gradiente de tolerancia.

Figura 40

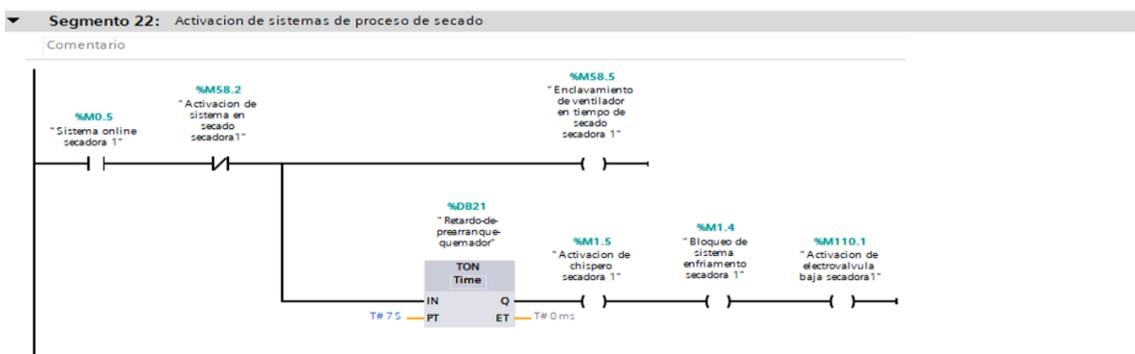
Temporizador de tiempo de secado



El segmento se enfoca en el control del temporizador de tiempo de secado, asegurando que el tiempo de secado se registre correctamente para que el sistema se detenga una vez se haya cumplido el tiempo establecido. La entrada %M0.5 verifica si el sistema de la secadora está en línea y operativo, mientras que %M0.3 indica si el sistema debe detenerse. %MD6 contiene el tiempo de secado total, calculado previamente en milisegundos. La salida %DB5 controla el temporizador de secado mediante el temporizador TON. Si el tiempo establecido en %MD6 se cumple, la salida %M58.2 se activa.

Figura 41

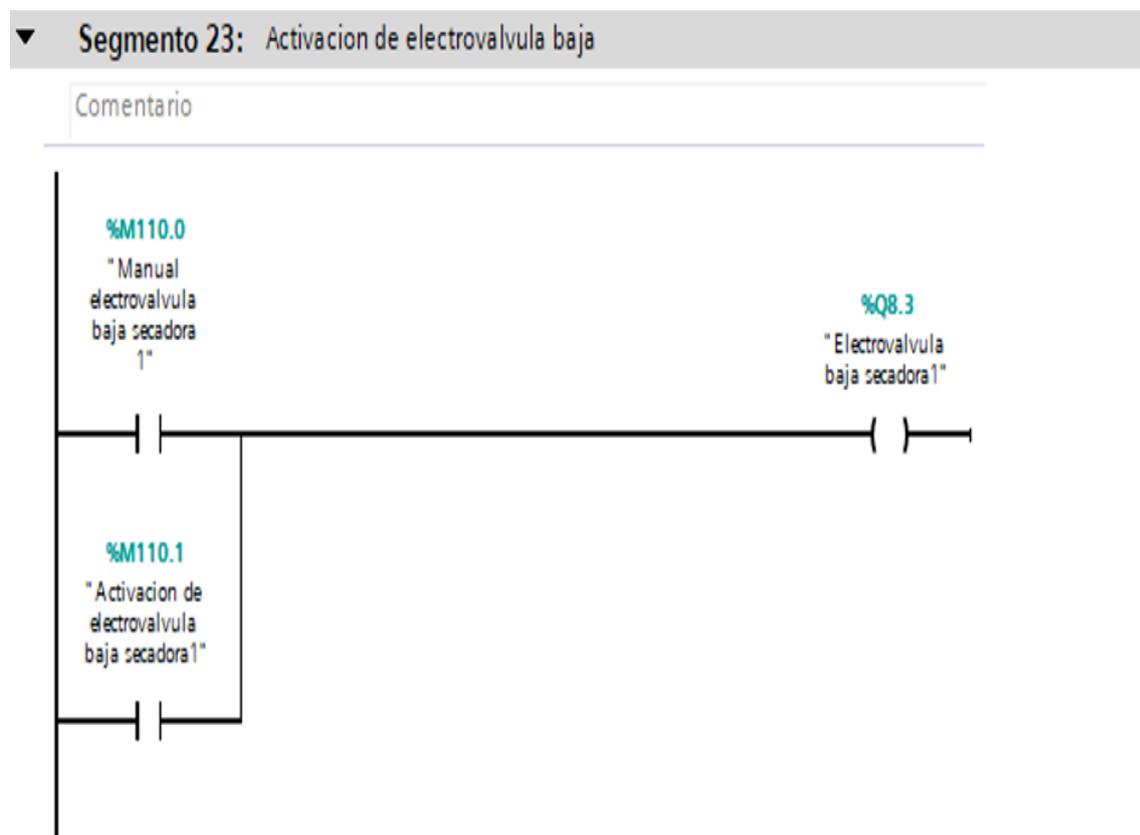
Activación de sistema de proceso



Este segmento gestiona la activación de los sistemas involucrados en el proceso de secado en la secadora, garantizando que componentes como el ventilador, el chispero y la electroválvula funcionen adecuadamente a lo largo del proceso. Su objetivo es asegurar que todos estos elementos trabajen de manera coordinada para mantener la eficiencia del proceso de secado. Las variables presentadas son parecidas a las a antes tratadas aguas arriba

Figura 42

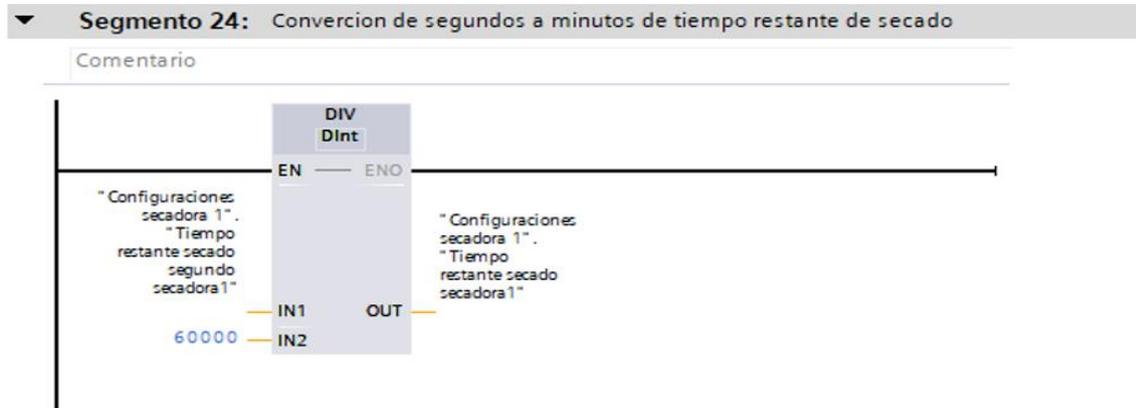
Activación de electroválvula baja



En este apartado se gestiona la activación de la electroválvula baja de la secadora, permitiendo el paso de gas o aire necesario para el proceso de secado. La operación de esta electroválvula es esencial para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema de secado. %M110.0 indica si la electroválvula baja está en modo manual, lo que permite al operador tomar el control directo de su activación. %M110.1 es la señal que activa la electroválvula baja para permitir el flujo de gas o aire en el sistema. Finalmente, %Q8.3 es la salida que controla la electroválvula baja, abriéndola o cerrándola según las condiciones establecidas durante el proceso de secado.

Figura 43

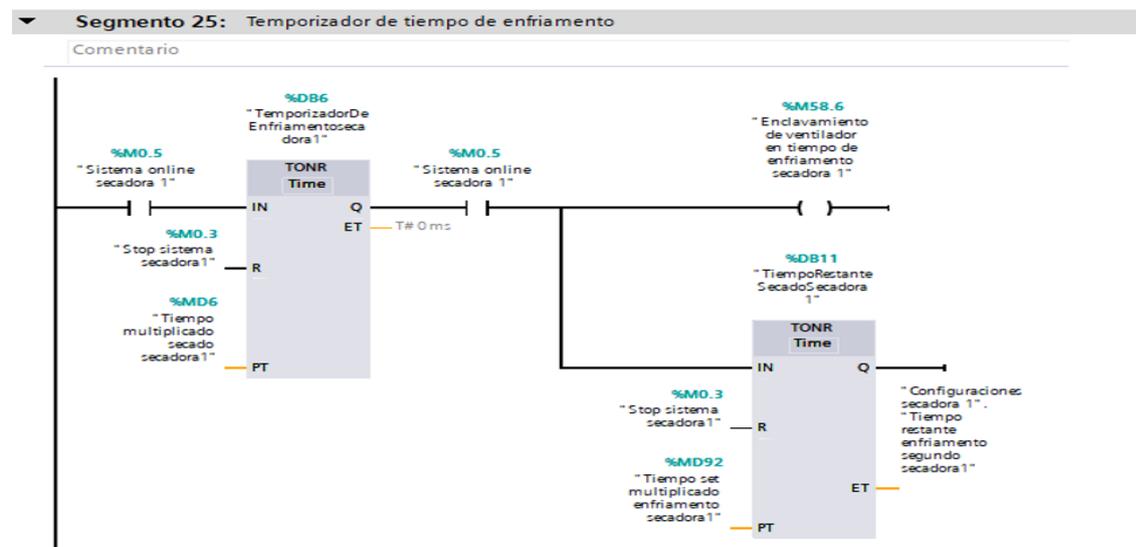
Conversión en tiempo de secado



Este segmento convierte el tiempo restante de secado de segundos a minutos, facilitando el uso de un formato más comprensible y adecuado para el control del proceso. %MD2 representa el tiempo restante de secado en segundos, mientras que el factor de conversión de 60000 convierte los segundos a minutos . El resultado de esta conversión se almacena en %MD3, que contiene el tiempo restante de secado en minutos, proporcionando un formato más útil para la operación y monitoreo del proceso.

Figura 44

Temporizador de tiempo de enfriamiento



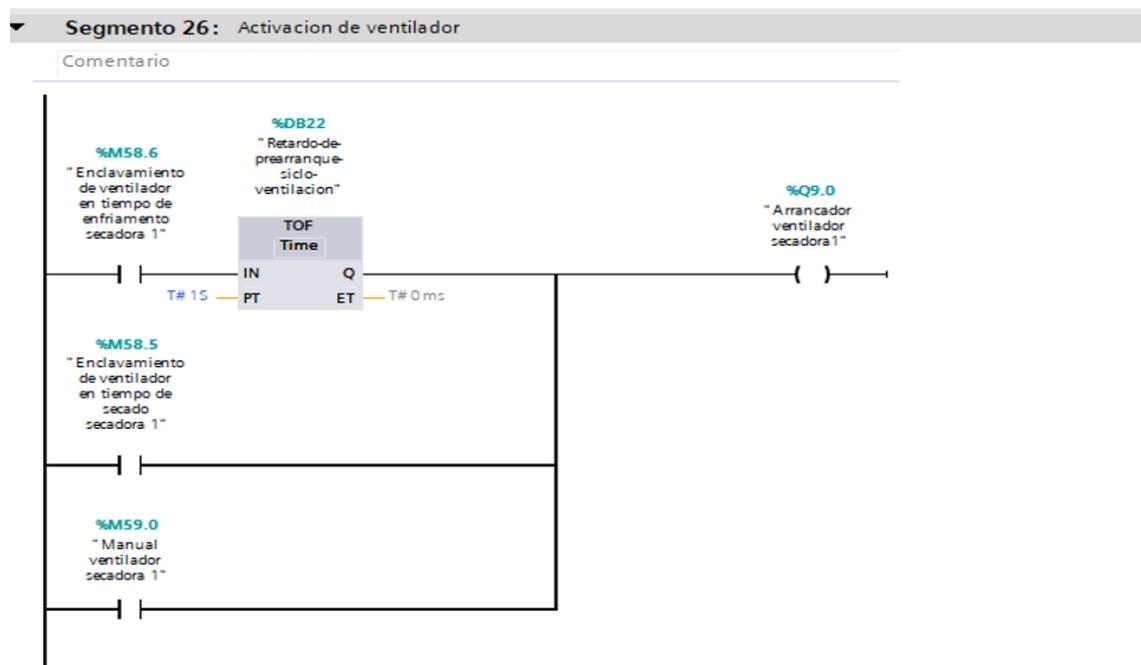
Este segmento gestiona el temporizador del tiempo de enfriamiento, controlando el proceso de activación del ventilador y determinando el tiempo restante de enfriamiento en la secadora. De

esta manera, asegura que el sistema se detenga o continúe según el tiempo predefinido. %M0.5 verifica si el sistema de secado está operativo y en línea, mientras que %M0.3 indica si el sistema debe detenerse, interrumpiendo el temporizador si está activo. %MD6 representa el tiempo total de secado, utilizado para calcular la duración de los ciclos de secado, y %MD92 establece el tiempo de enfriamiento en segundos, previamente ajustado. %DB11 indica el tiempo restante de secado, ajustado durante el proceso de enfriamiento.

Se tiene las salidas que controlan el tema del enfriamiento. %DB6 es el que maneja el tiempo de enfriamiento basándose en lo que duró el secado. Cuando todo termina, %M58.6 se activa y pone a trabajar el ventilador para bajar la temperatura. Sin olvidar que el %DB11 va temporizando cuánto falta para que acabe el proceso, por si hay que meterle mano antes de tiempo. Básicamente así se aseguran que el enfriamiento no quede a medias.

Figura 45

Activación de ventilador

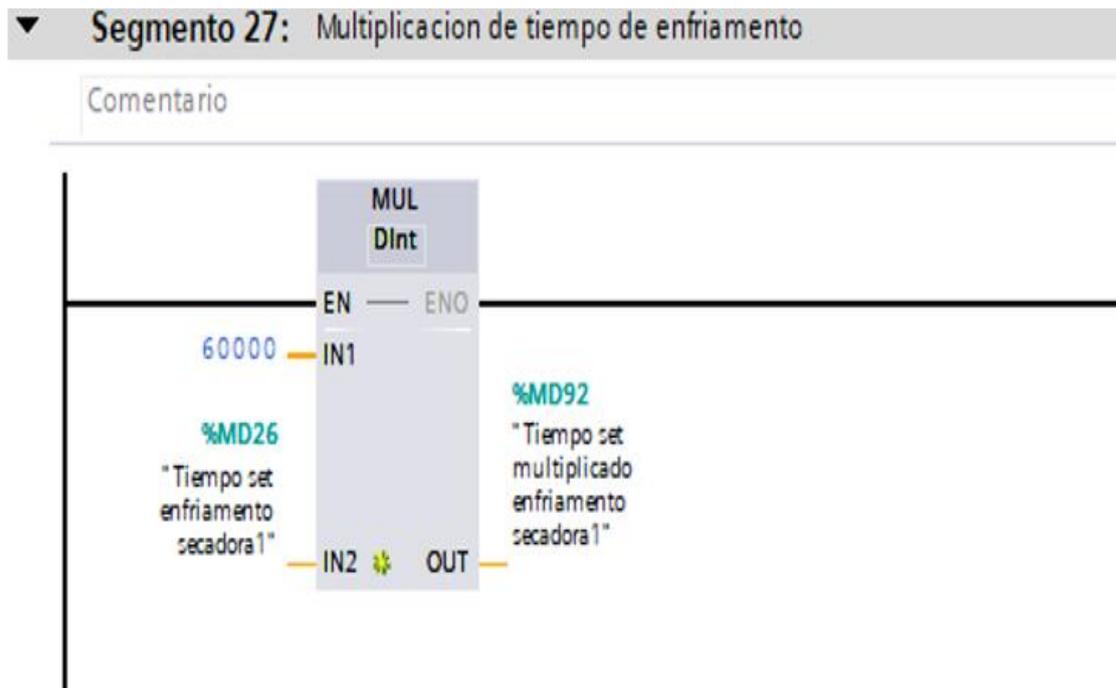


Este proceso gestiona la activación y el control del ventilador de la secadora durante el secado y enfriamiento, utilizando un temporizador de retardo de apagado (TOF) para asegurar que el ventilador se active en el momento adecuado. %M58.6 enciende el ventilador cuando se alcanza el tiempo de enfriamiento, mientras que %M58.5 lo activa durante el proceso de secado. %M59.0 permite la activación manual del ventilador si es necesario. La salida %DB22

gestiona el retraso de prearranque del ventilador, asegurando que se espere el tiempo necesario antes de su activación. %Q9.0 controla el arrancador del ventilador, permitiendo su funcionamiento durante el proceso de secado o enfriamiento.

Figura 46

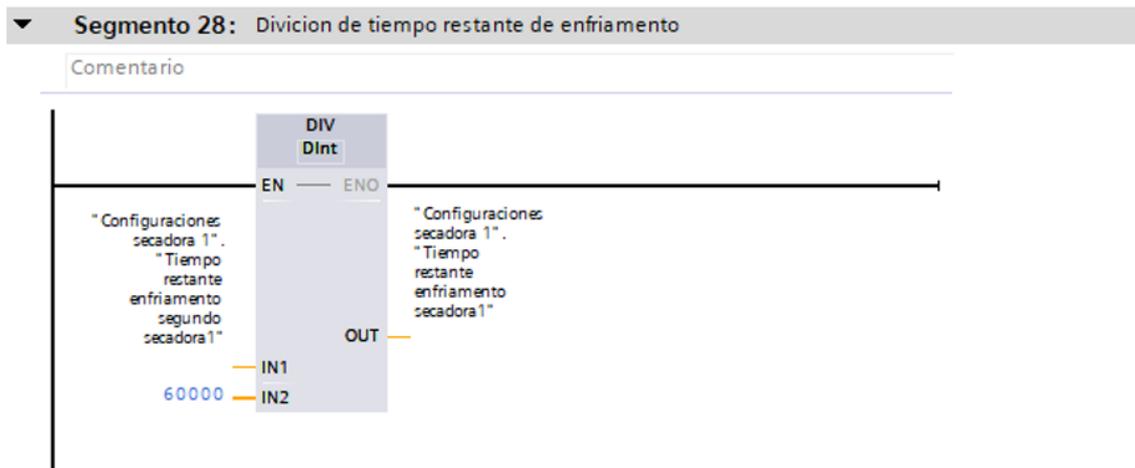
Multiplicación de tiempo de enfriamiento



Este proceso realiza la multiplicación del tiempo de enfriamiento para convertir los minutos a milisegundos, lo que permite que el sistema de control maneje el tiempo de manera más precisa durante el proceso de enfriamiento. %MD26 representa el tiempo de enfriamiento de la secadora, configurado en minutos, y el valor 60000 actúa como el factor de multiplicación para convertir los minutos a milisegundos. El resultado de esta operación se almacena en %MD92, que es el tiempo de enfriamiento en milisegundos, obtenido al multiplicar el tiempo configurado en %MD26 por 60000.

Figura 47

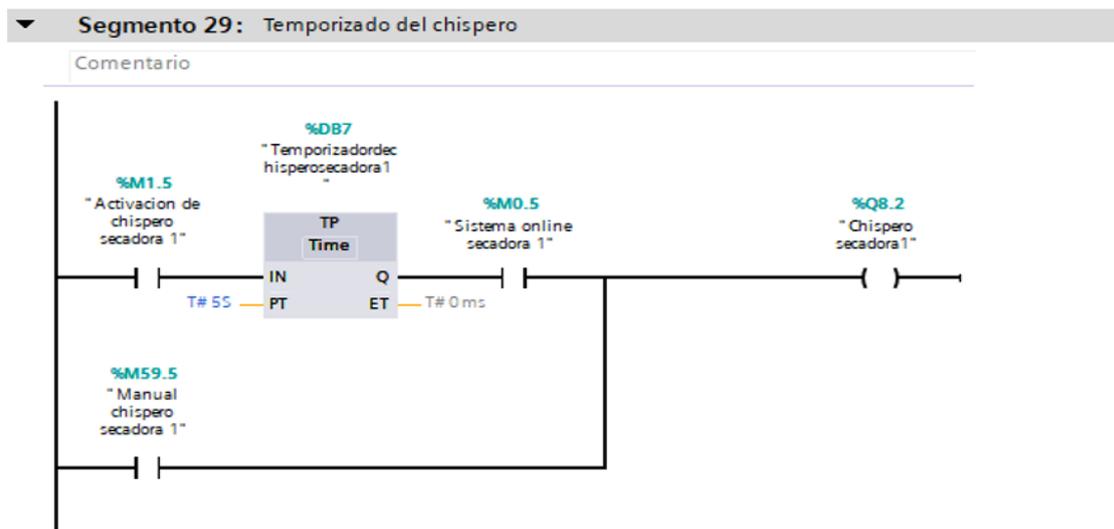
División de tiempo de enfriamiento



Este proceso realiza la división del tiempo restante de enfriamiento en segundos para convertirlo a minutos, lo que permite una gestión más eficiente del tiempo de enfriamiento durante el proceso de secado. %MD11 representa el tiempo restante de enfriamiento en segundos, y el valor 60000 actúa como el factor de conversión para transformar los segundos en minutos. El resultado de esta operación se almacena en %MD92, que es el tiempo restante de enfriamiento en minutos, facilitando un manejo más preciso del proceso de secado.

Figura 48

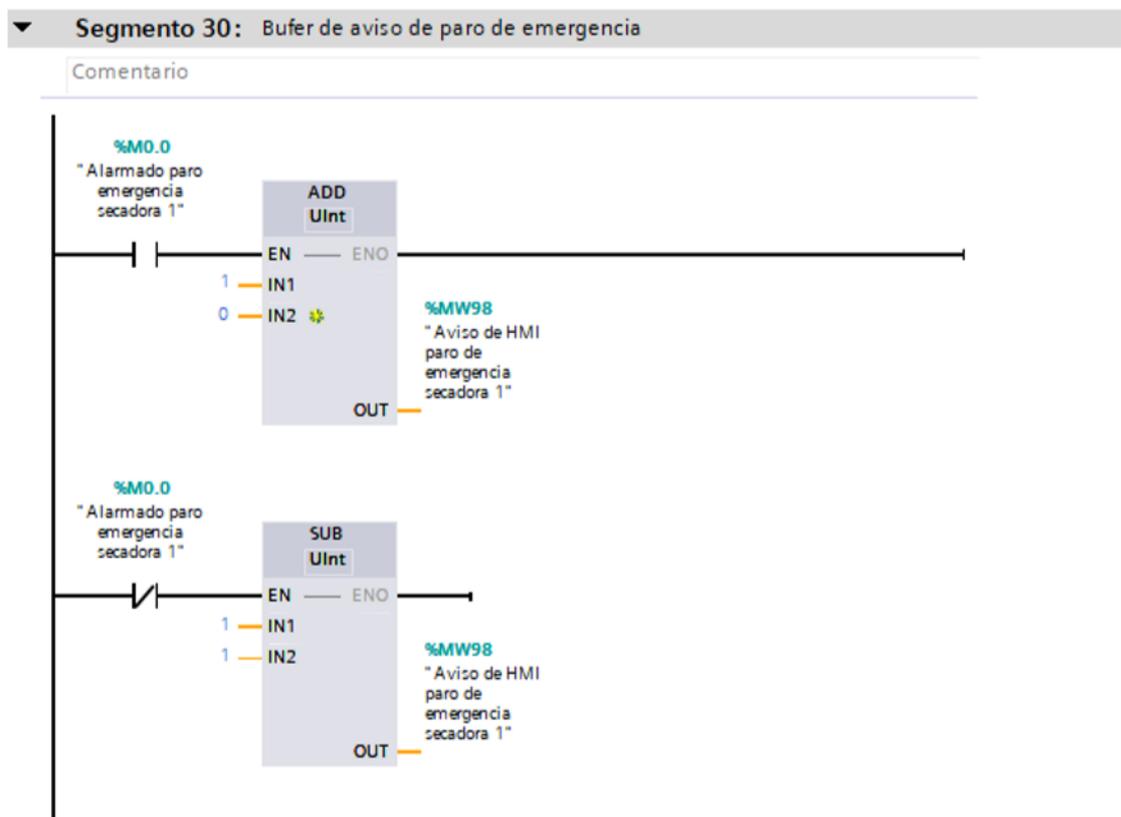
Temporizado de chispero



Este proceso gestiona la activación del chispero en la secadora, asegurando que se encienda en el momento adecuado durante el proceso de secado. %M1.5 activa el chispero, necesario para la combustión en el secado, mientras que %M0.5 verifica si el sistema está en línea y operativo antes de proceder. %M59.5 permite la activación manual del chispero si es necesario. La salida %Q8.2 controla la activación del chispero una vez que se cumple el tiempo de temporización, mientras que %DB7 es el temporizador que gestiona el tiempo de activación del chispero, configurado para durar 55 segundos Al completar este tiempo, se activa la salida %Q8.2.

Figura 49

Buffer de aviso paro de emergencia

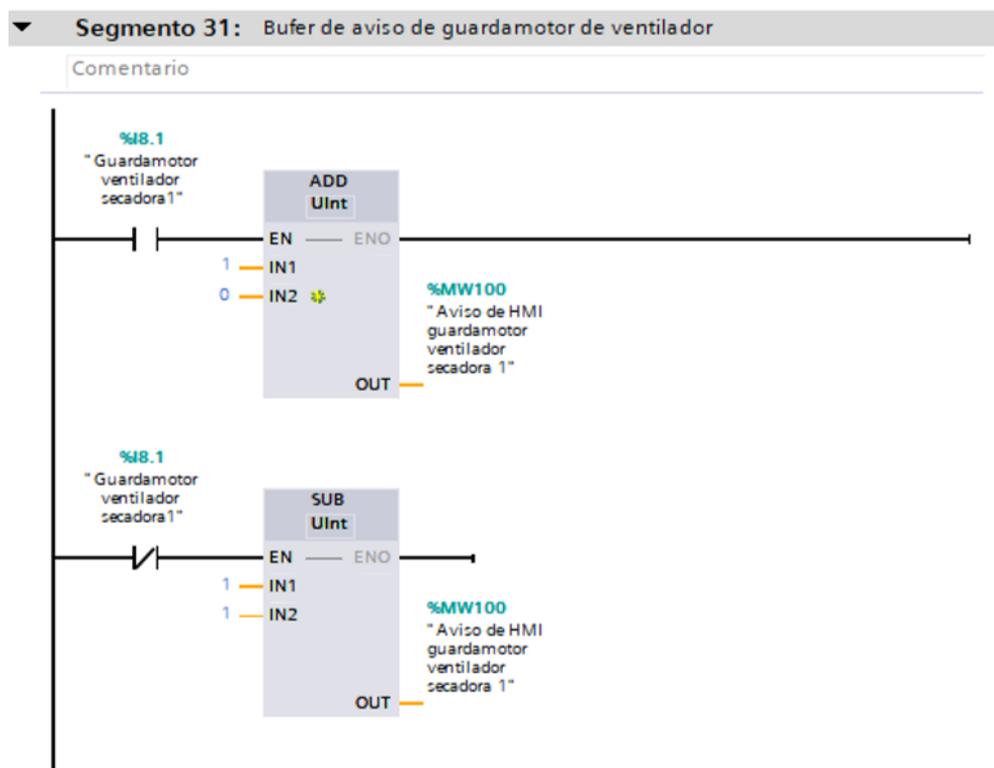


Este segmento gestiona un buffer de aviso de paro de emergencia, activándose cuando se detecta una emergencia en la secadora. Utiliza operaciones de suma y resta para mantener el estado de la alarma de emergencia y garantizar que la señal de alarma se active correctamente. %M0.0 es la señal que indica si ha ocurrido una emergencia en la secadora, activando así la alarma. Los valores fijos 1 y 0 se usan para realizar operaciones de suma y resta sobre el estado de la alarma. La salida %MW98 es la palabra de memoria que almacena el estado del aviso de paro de emergencia, la cual se muestra en la pantalla HMI. En la operación de suma (ADD), el

bloque suma un valor fijo de 1 con el valor actual de %M0.0, y el resultado se almacena en %MW98, activando el aviso de emergencia en la HMI. En la operación de resta (SUB), el bloque resta 1 al valor de %M0.0, y el resultado también se guarda en %MW98, asegurando que cuando se resuelva la emergencia, el aviso en la HMI se ajuste para reflejar que la alarma ya no está activa.

Figura 50

Buffer de aviso guarda motor

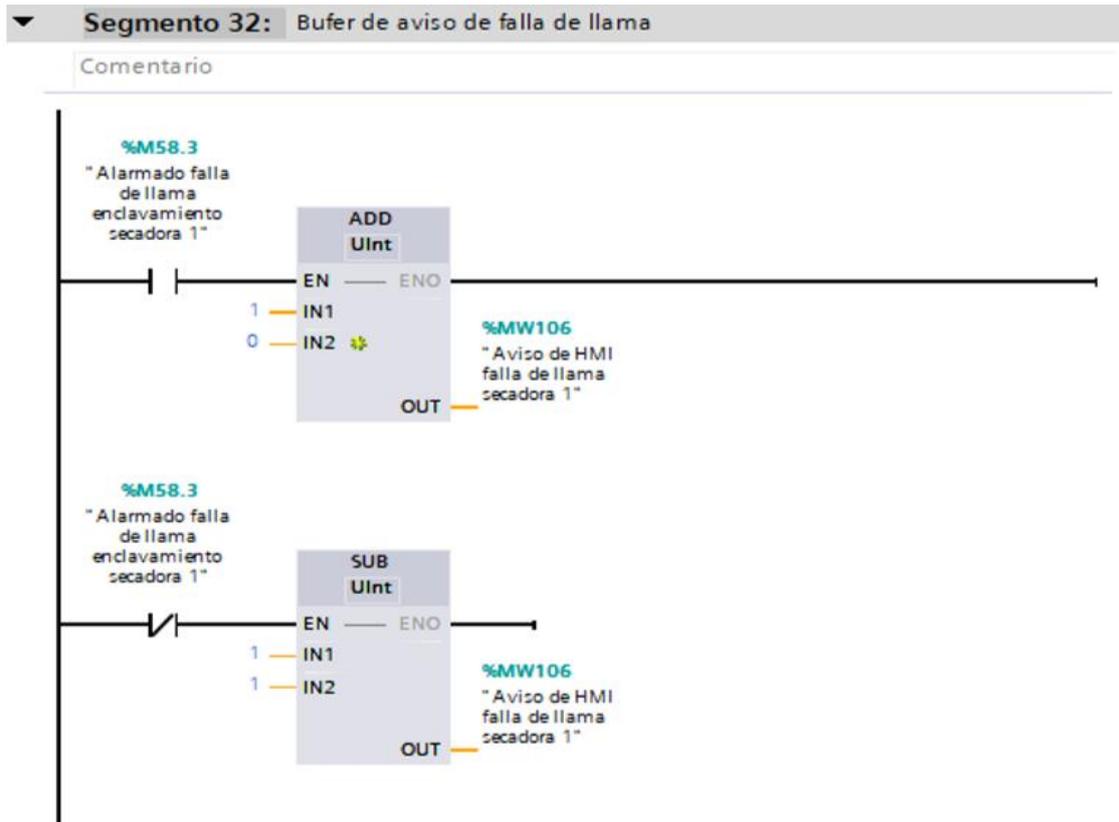


%I8.1 indica el estado del guardamotor del ventilador de la secadora. Si el guardamotor detecta una anomalía, la alarma se activa. Los valores fijos 1 y 0 se utilizan para realizar operaciones de suma y resta sobre el estado del guardamotor. La salida %MW100 es la palabra de memoria que almacena el estado de la alarma del guardamotor, la cual se muestra en la pantalla HMI. En la operación de suma (ADD), el bloque suma 1 al valor de %I8.1, y el resultado se almacena en %MW100, activando el aviso en la HMI. Esto indica que, cuando se detecta un problema en el guardamotor, el aviso en %MW100 se incrementa, alertando al operador. En la operación de resta (SUB), el bloque resta 1 al valor de %I8.1 y almacena el resultado en %MW100,

ajustando el aviso para reflejar que la alarma ya no está activa una vez que el problema con el guardamotor se haya resuelto.

Figura 51

Buffer de aviso de falla de llama

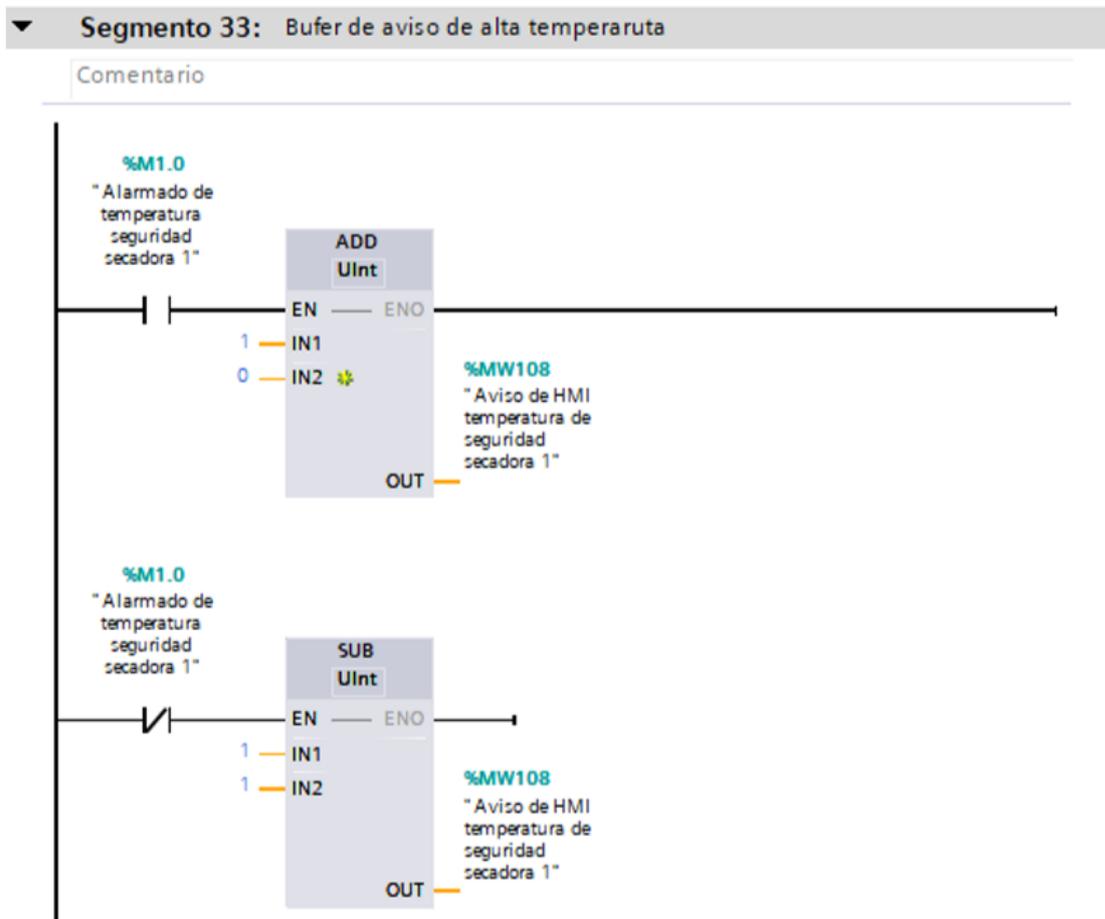


Al igual que en los casos previos, %M58.3 indica si ha ocurrido una falla de llama en el proceso de secado, y los valores constantes 1 y 0 se usan para realizar operaciones de suma y resta sobre el estado de la alarma.

Se tiene las salidas que controlan el tema del enfriamiento. %DB6 es el que maneja el tiempo de enfriamiento basándose en lo que duró el secado. Cuando todo termina, %M58.6 se activa y pone a trabajar el ventilador para bajar la temperatura. Por otro lado %DB11 que va diciendo cuánto falta para que acabe el proceso, por si hay que operarle antes de tiempo. Básicamente así se aseguran que el enfriamiento no quede a medias.

Figura 52

Buffer de aviso de alta temperatura

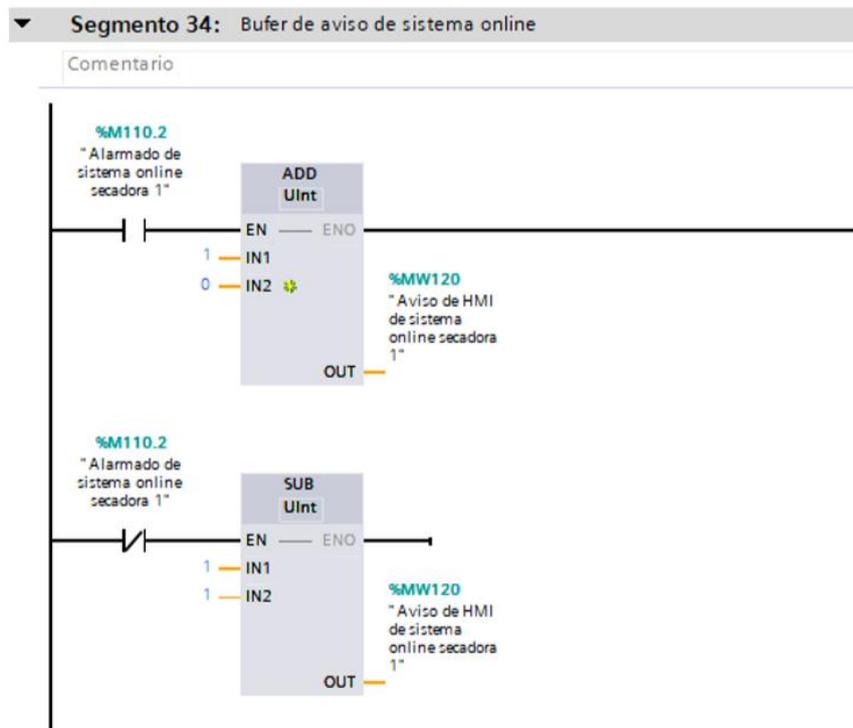


%M1.0 indica si se ha superado el umbral de temperatura de seguridad en la secadora, activando la alarma de alta temperatura. Los valores 1 y 0 se utilizan para realizar operaciones de suma y resta sobre el estado de la alarma.

%MW108 es quien maneja la alarma de temperatura alta y muestra el aviso en el HMI. Cuando la temperatura se eleva mucho, el bloque ADD suma 1 a %M1.0 y lo guarda en %MW108 así salta la alarma en pantalla para que el operador sepa que hay sobrecalentamiento. Y cuando la temperatura vuelve a lo normal, el bloque SUB le resta 1 a %M1.0 y actualiza %MW108. Esto quita el aviso del HMI porque el problema ya está controlado. La misma mecánica que usan las otras alarmas del sistema.

Figura 53

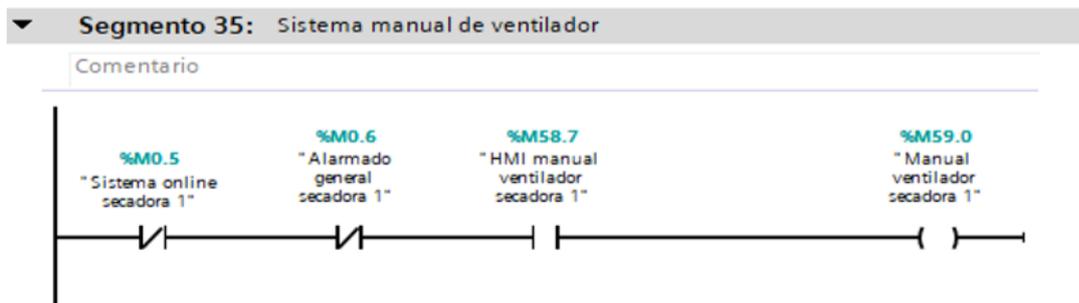
Buffer de aviso de sistema activo



Este segmento gestiona el aviso de operación del sistema online de la secadora, similar a otros procesos de alarma. %M110.2 indica si el sistema de la secadora está en línea y funcionando correctamente. Los valores 1 y 0 se utilizan para realizar operaciones de suma y resta sobre el estado de la alarma. %MW120 es la palabra de memoria que almacena el estado del aviso de operación online, y este estado se muestra en la pantalla HMI. Al igual que en los casos anteriores, el valor en %MW120 se ajusta según el estado del sistema.

Figura 54

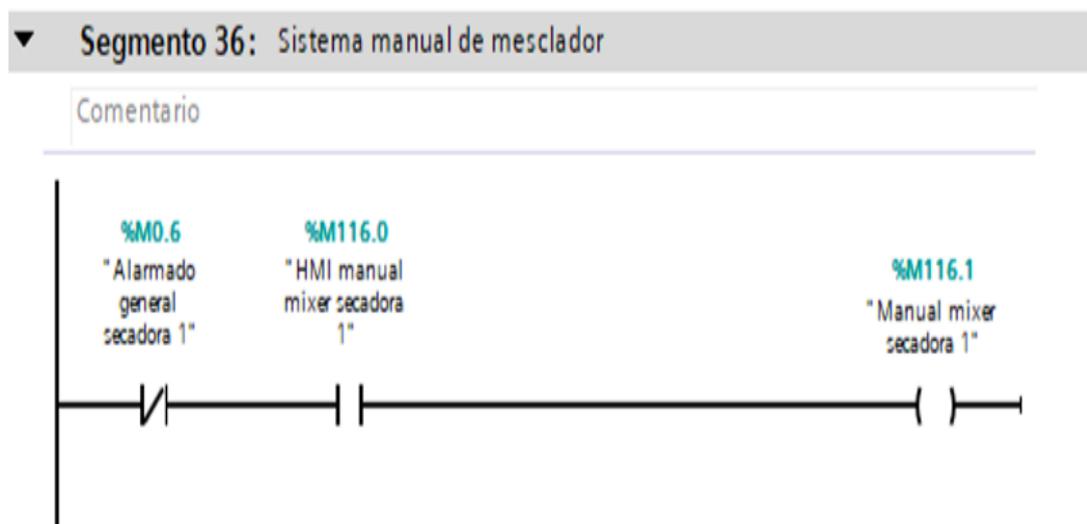
Sistema manual de ventilador



%M0.5 indica si el sistema está en línea y operativo, lo que garantiza que el ventilador solo se controle cuando el sistema esté funcionando. %M0.6 señala si hay una alarma general en el sistema, lo que podría afectar la operación del ventilador. %M58.7 controla la interfaz HMI para permitir la activación manual del ventilador, y %M59.0 da la señal para que el operador active manualmente el ventilador, incluso si el sistema está en modo automático. Este segmento no tiene una salida explícita, pero la lógica de activación del ventilador manual depende de las señales de entrada. El ventilador solo se activará manualmente si %M0.5 está activo, %M0.6 no está activo, y si se activa el control manual desde la HMI (%M58.7) o se utiliza la señal de control manual (%M59.0).

Figura 55

Sistema manual de mezclador



Este segmento gestiona el control manual del mezclador de la secadora. %M0.6 indica si hay una alarma general en el sistema, lo que podría afectar la operación del mezclador. El operador controla el mezclador manualmente desde la pantalla HMI usando %M116.0 para ajustar su funcionamiento y %M116.1 para encenderlo directamente cuando se necesita. Estas dos entradas son las que mandan en el modo manual - aunque no aparezca una salida específica en los planos, son las que permiten manejar el equipo a voluntad cuando el modo automático no es opción.

Figura 56

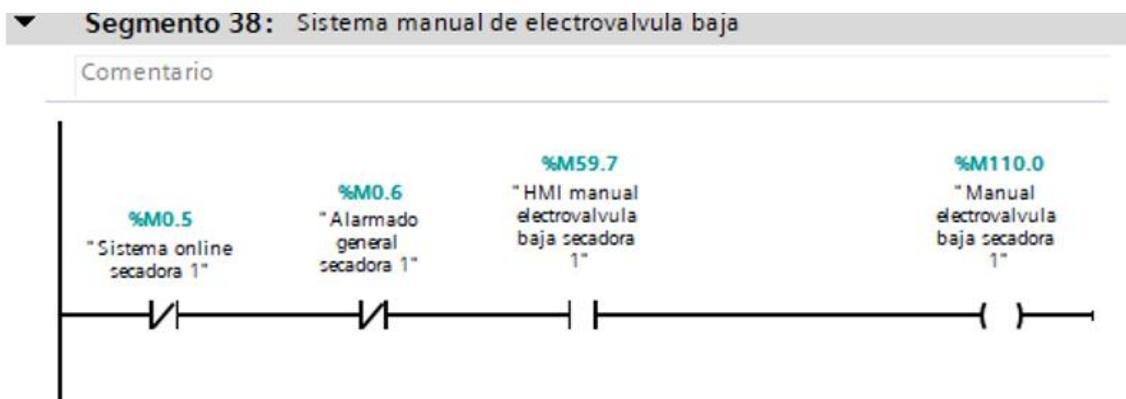
Sistema manual de chispero



El segmento gestiona la activación manual del chispero de la secadora, asegurando que solo se pueda activar bajo ciertas condiciones. La entrada %M0.5 verifica si el sistema de la secadora está operativo, lo que permite la activación del chispero solo si el sistema funciona correctamente.

Figura 57

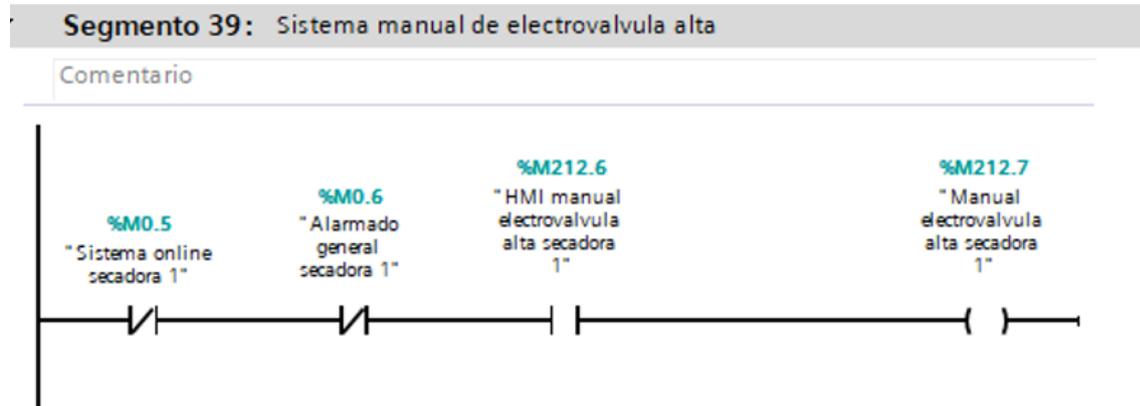
Sistema manual de Electroválvula baja



%M0.5 verifica que el sistema de la secadora esté en línea y operativo antes de permitir el control manual de la electroválvula baja. %M0.6 asegura que no haya una alarma general en el sistema, ya que si existe alguna alarma, no se permite activar la electroválvula baja. %M59.7 permite al operador activar manualmente la electroválvula baja a través de la pantalla HMI. Finalmente, %M110.0 controla la activación manual de la electroválvula baja, permitiendo su funcionamiento independientemente de la lógica automatizada, siempre que el sistema esté operativo y sin alarmas generales.

Figura 58

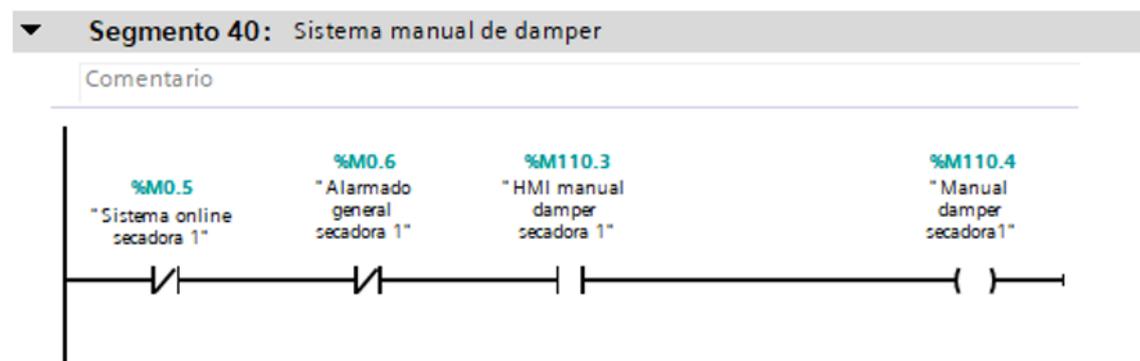
Sistema manual de Electroválvula alta



El sistema de control manual de la electroválvula alta solo se puede activar si %M0.5, que indica que el sistema está en línea, está activado y %M0.6, que indica que no hay alarmas generales, está desactivado. El operador puede activar manualmente la electroválvula alta de dos maneras: desde la HMI, si %M212.6 está activado, o mediante control manual directo, si %M212.7 está activado, lo que permite al operador accionar la electroválvula de forma independiente de la lógica automatizada del sistema.

Figura 59

Sistema manual damper



El control manual del damper solo será posible si %M0.5, que indica que el sistema está en línea, está activado y %M0.6, que indica que no hay alarmas generales, está desactivado. El operador puede activar manualmente el damper de dos maneras: mediante la pantalla HMI, si %M110.3 está activado, o mediante control manual directo, si %M110.4 está activado, lo que permite al operador controlar directamente el damper.

Figura 60

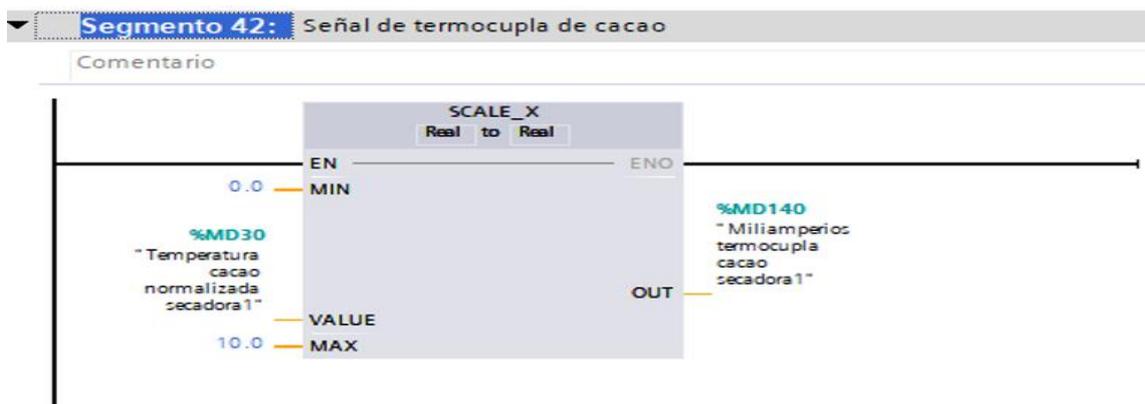
Señal de termocupla de seguridad



El bloque SCALE_X convierte la temperatura normalizada, que tiene un rango de 0 a 10, en un valor de voltaje proporcional. Los valores de entrada y salida se ajustan a los rangos de MIN (0.0) y MAX (10.0) para la temperatura, y el valor convertido se almacena en %MD136 como el voltaje de la termocupla. Este bloque asegura que, cuando la temperatura normalizada esté entre 0.0 y 10.0, se escale proporcionalmente a un voltaje dentro del rango de operación de la secadora.

Figura 61

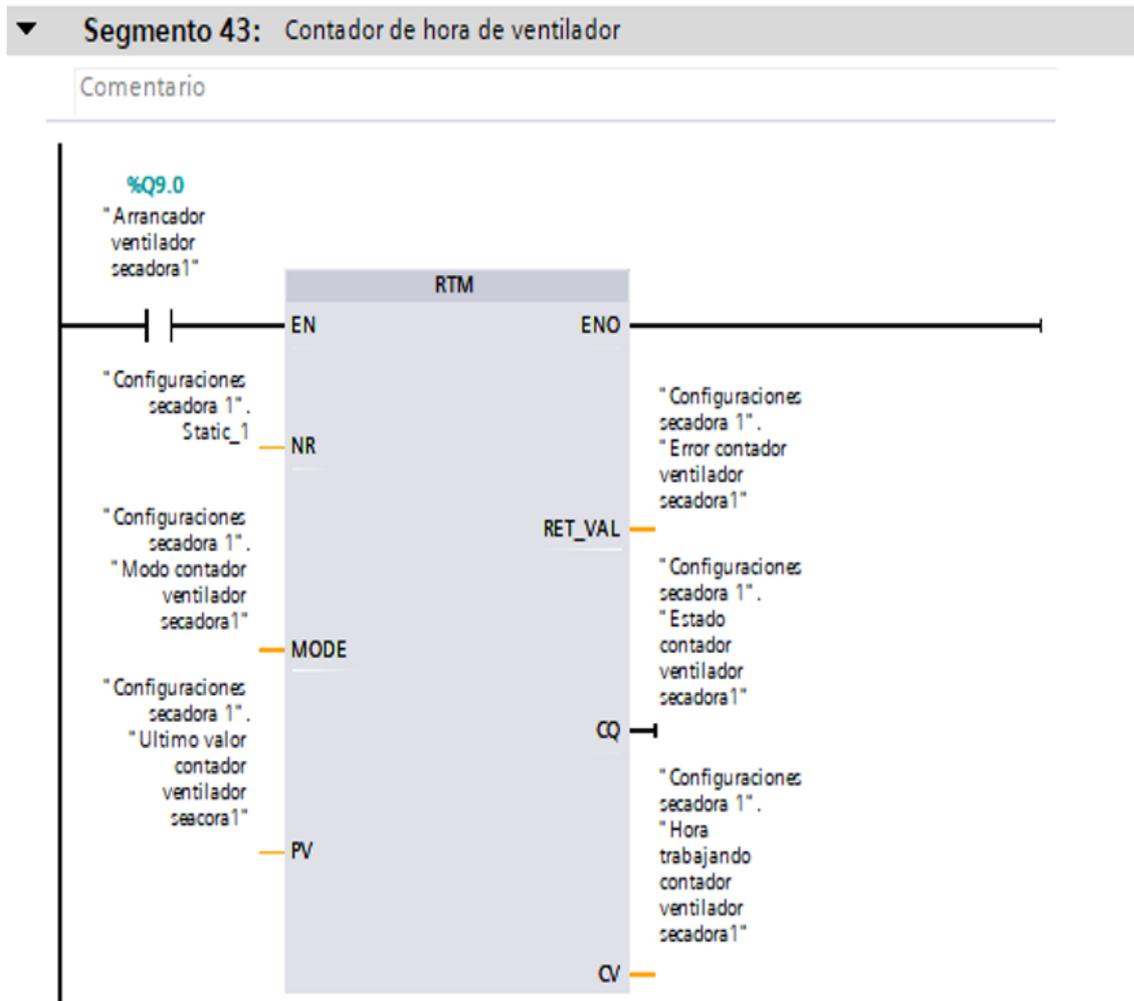
Señal de termocupla de cacao



El segmento convierte la temperatura normalizada del cacao en la secadora, medida en un rango de 0 a 10, a una señal de miliamperios. %MD30 representa la temperatura normalizada del cacao, y el valor resultante de la conversión se almacena en %MD140 como miliamperios de la termocupla del cacao. Este valor es esencial para la lectura y monitoreo preciso de la temperatura en el sistema de secado del cacao.

Figura 62

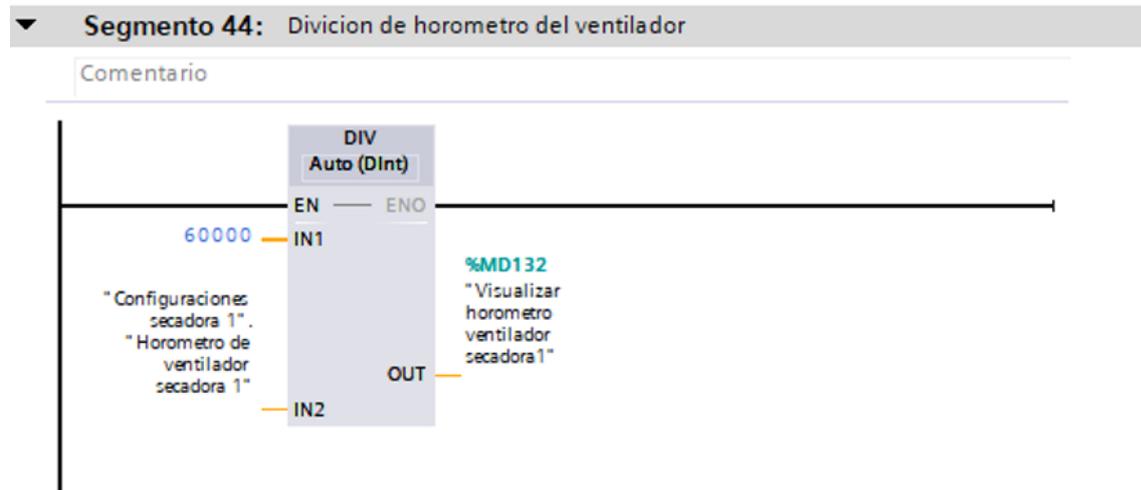
Controlador de ventilador



El contador de tiempo se activa solo cuando %Q9.0, que indica que el ventilador está encendido, está activo. El bloque RTM acumula el tiempo de operación del ventilador en el valor RET_VAL, que refleja el tiempo registrado mientras el ventilador está funcionando. Las entradas Static_1, Modo contador ventilador y Último valor configuran el comportamiento del contador, ajustando el valor inicial y el modo de operación. CQ muestra si el contador está activo o en espera según el estado del ventilador y las configuraciones. CV muestra el valor acumulado del tiempo de operación en horas.

Figura 63

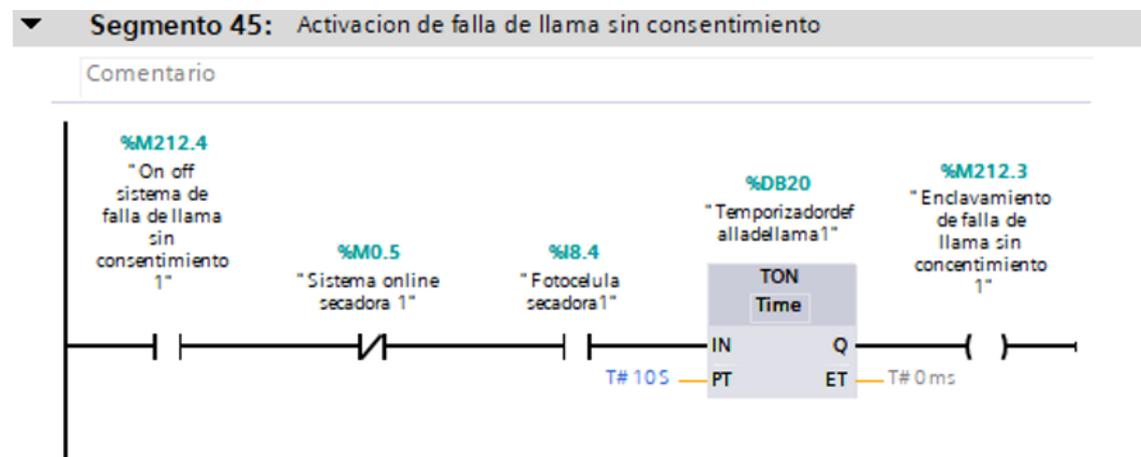
División de horómetro del ventilador



El bloque DIV divide el valor del horómetro del ventilador de la secadora entre 60000 para convertir el tiempo de funcionamiento a la unidad deseada, como horas o minutos. El ventilador manda su tiempo acumulado de trabajo por IN1. Para que tenga sentido ese número, lo dividimos entre 60000 y lo guardamos en %MD132. Así queda convertido a una unidad que podemos entender y mostrar en pantalla, para saber exactamente cuántas horas lleva funcionando el ventilador.

Figura 64

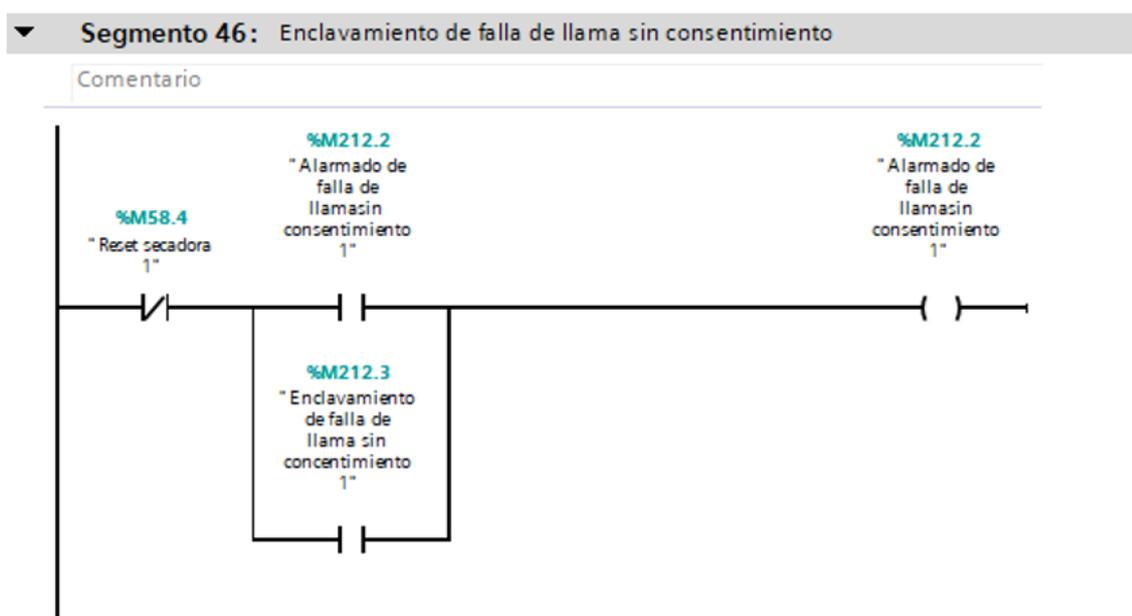
Activación de falla sin consentimiento



El segmento controla el monitoreo de la falla de llama sin consentimiento en el proceso de secado. %M212.4 indica si el sistema de falla de llama sin consentimiento está activado o desactivado. Si está activado, el sistema de monitoreo de falla de llama comienza a trabajar el contacto inicial verifica que el sistema de la secadora esté en línea y operativo, ya que la operación del monitoreo solo es válida si el sistema está funcionando. El temporizador del sistema gestiona la duración del evento de falla y controla la respuesta del sistema. %M212.3 indica si el sistema ha detectado una falla de llama sin consentimiento y si está respondiendo adecuadamente, activando la señal correspondiente para la falla de llama

Figura 65

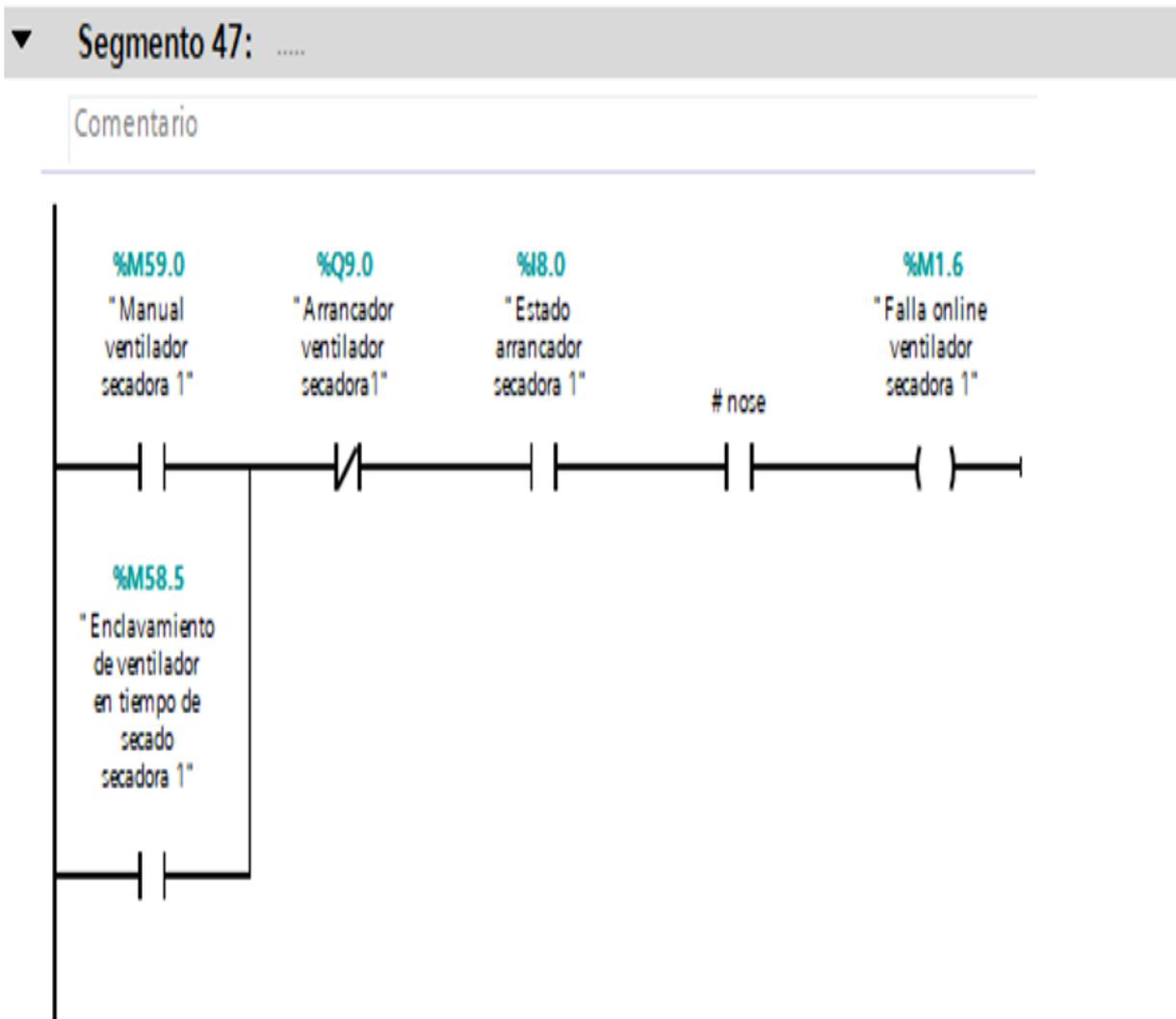
Enclavamiento de falla sin consentimiento



%M58.4 debe estar activo para liberar el enclavamiento de la falla de llama sin consentimiento. Esto funciona como una señal para restablecer el sistema, eliminando el enclavamiento y permitiendo que la secadora se reactive una vez que se active el reset. Cuando se detecta una falla de llama sin consentimiento (%M212.2), el enclavamiento (%M212.3) se activa, deteniendo el funcionamiento de la secadora como medida de seguridad. El bloque de enclavamiento garantiza que la secadora no funcione en condiciones peligrosas sin el consentimiento del sistema.

Figura 66

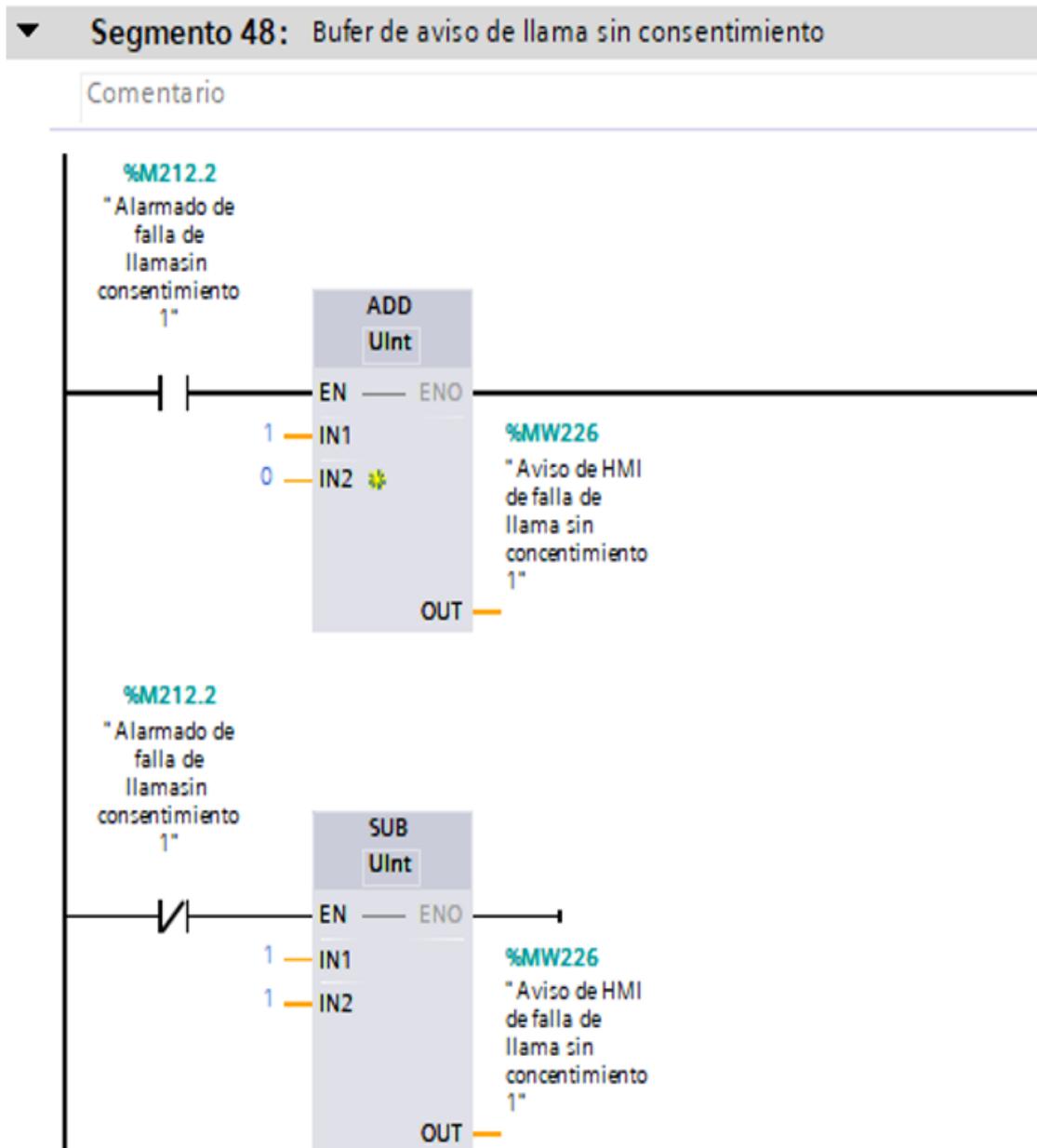
Enclavamiento de ventilador sin consentimiento



%M59.0 indica que el ventilador de la secadora está funcionando en modo manual, lo que permite al operador controlar el ventilador de manera directa si está activo. %Q9.0 es el arrancador del ventilador, y su activación permite que el ventilador comience a funcionar. %I8.0 dice si el arrancador del ventilador está encendido o apagado. Cuando hay algún problema, %M1.6 se activa y bloquea todo el sistema hasta que alguien lo revise. Para mayor seguridad, %M58.5 entra en acción durante el secado: si detecta alguna falla, traba el ventilador para que no pueda funcionar en malas condiciones. Así evitamos que se dañe cuando algo no anda bien..

Figura 67

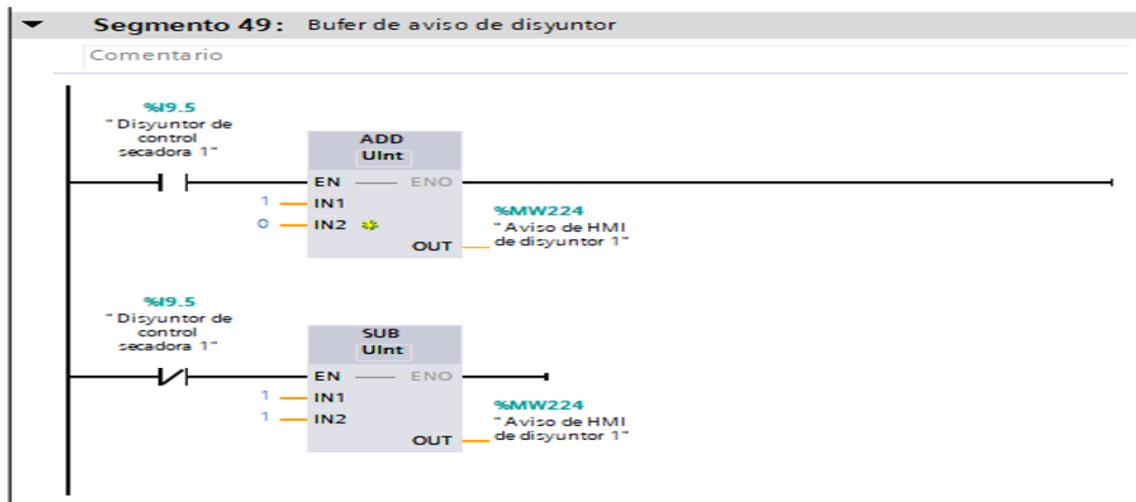
Buffer de aviso de llama sin consentimiento



%M212.2 activa la alarma cuando se detecta una falla de llama sin consentimiento en el sistema, lo que provoca que el contador se incremente y se active el aviso de falla. IN1 está relacionado con el estado de la falla de llama, donde 1 indica que la falla está activa y 0 significa que no hay falla. IN2 modifica la operación del contador o de la alarma, afectando la acumulación o resta según su valor. El , %MW226 es el encargado de dar aviso al HMI.

Figura 68

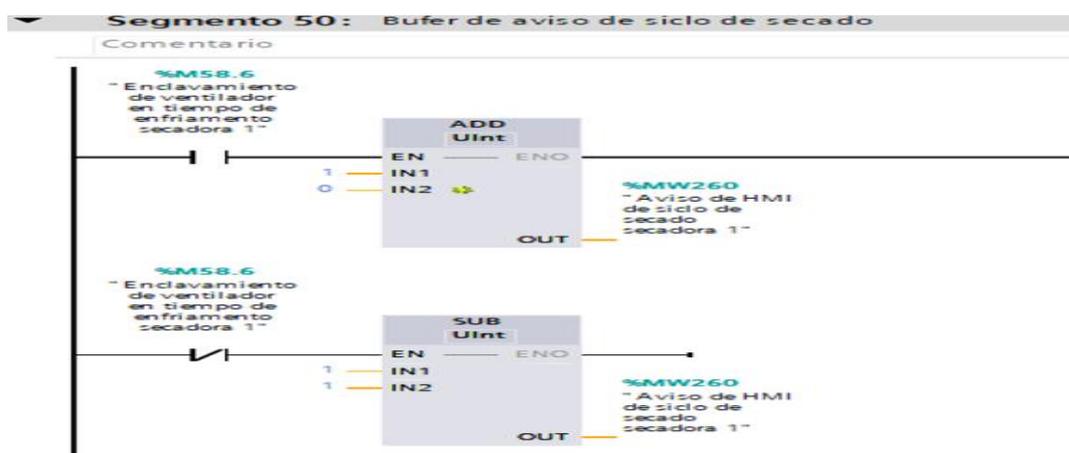
Buffer de aviso de disyuntor



Cuando %I9.5 y IN1 están activos, el bloque ADD acumula IN1 e IN2, y el resultado se almacena en %MW224, actualizando el aviso en el HMI para mostrar que el disyuntor está funcionando. Si IN2 cambia a 1, el bloque SUB realiza una sustracción entre IN1 e IN2, ajustando el valor en %MW224. El valor final de %MW224 se utiliza para visualizar el estado del disyuntor en el HMI, indicando si está activado correctamente o si ha ocurrido un problema.

Figura 69

Buffer de aviso de ciclo de secado

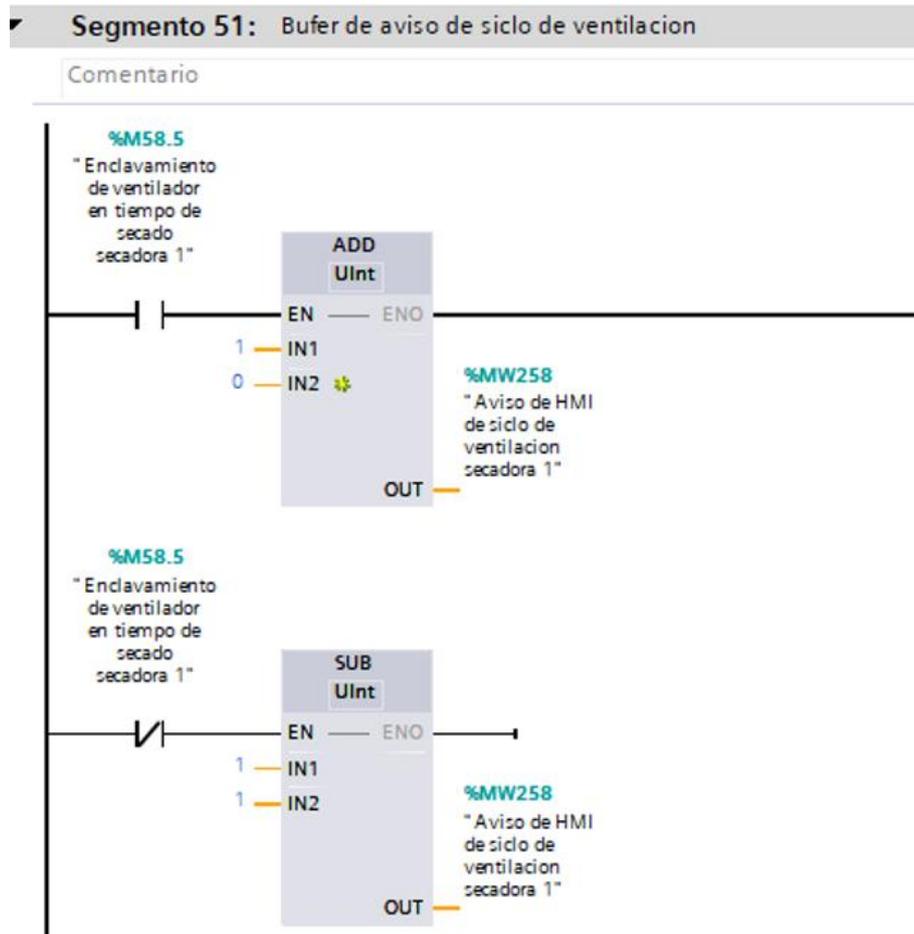


El bloque ADD se activa cuando %M58.6 está activo, indicando que el ventilador está encendido. En este caso, IN1 es 1 e IN2 es 0. La suma de IN1 e IN2 se acumula en %MW260, lo que genera un aviso en el HMI indicando que el ciclo de secado está en curso. En la segunda

parte, si %M58.6 sigue activo y ambos IN1 e IN2 son 1, el bloque SUB realiza una sustracción entre IN1 e IN2, actualizando %MW260 y ajustando el aviso visual en el HMI para indicar que el ventilador ha terminado su proceso o está en una fase diferente del ciclo de secado.

Figura 70

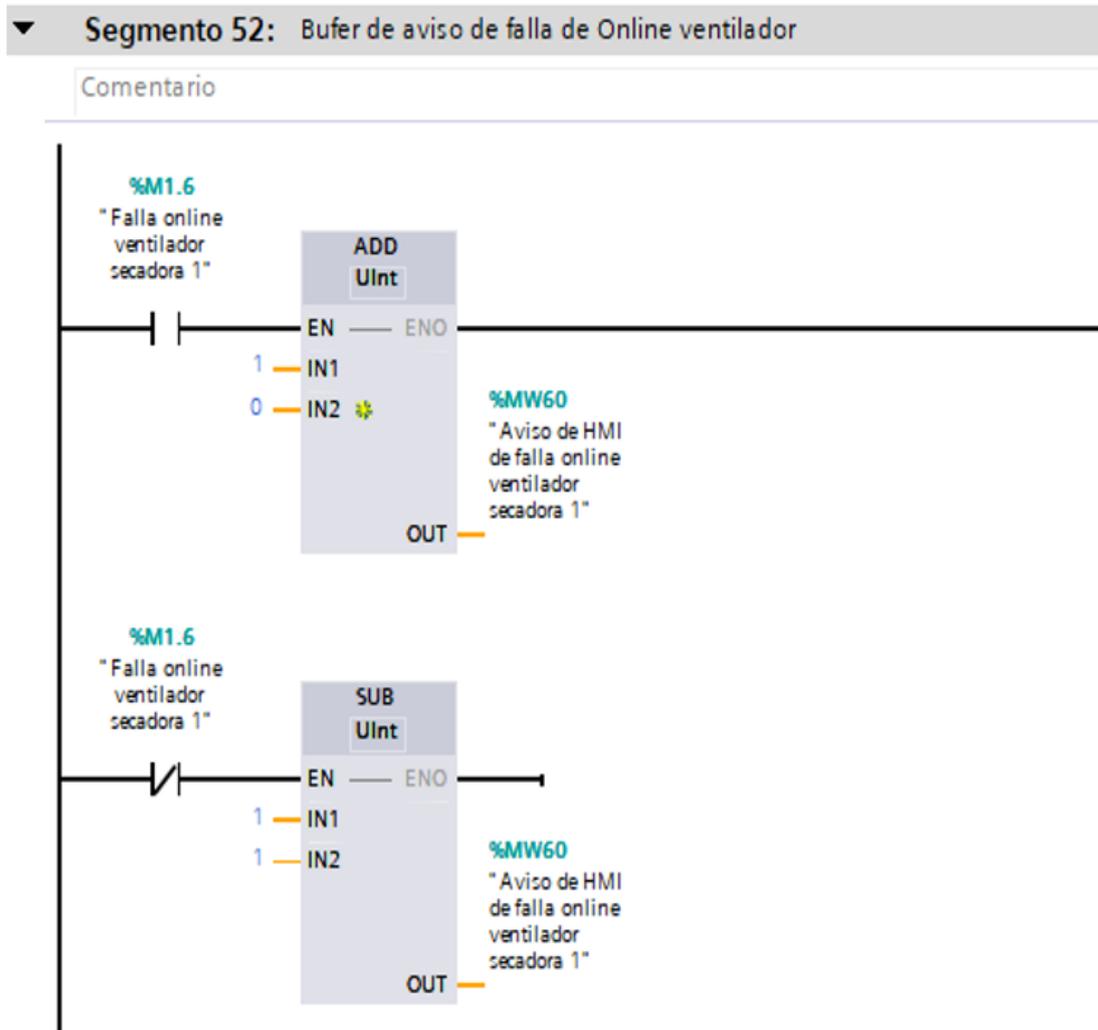
Buffer de aviso de ciclo de ventilación



Este segmento, al igual que el anterior, utiliza operaciones de acumulación y sustracción para controlar el aviso visual en el HMI sobre el estado del ciclo de ventilación. Los valores de IN1 e IN2 gestionan la activación y desactivación de la señal en el HMI a través de %MW258, mostrando el progreso del ventilador en el ciclo de secado.

Figura 71

Buffer de aviso de falla en línea de ventilador

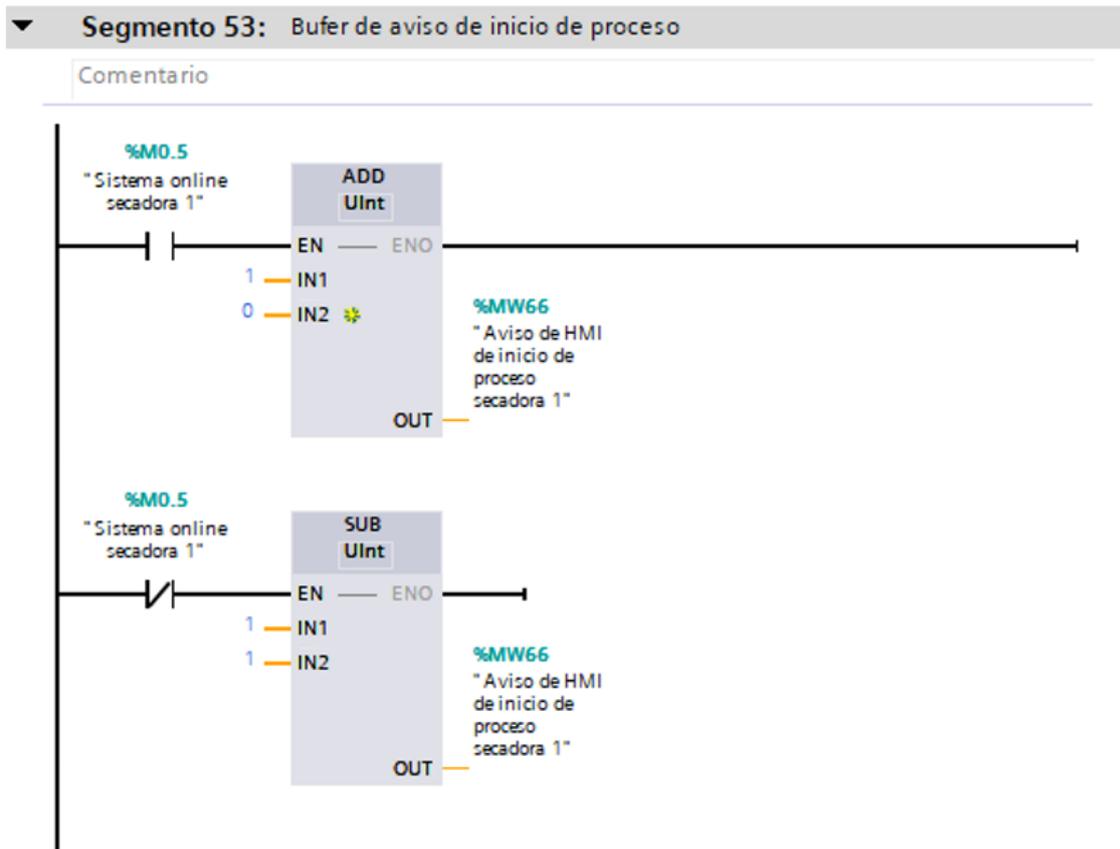


%M1.6 detecta si el ventilador online tiene una falla o está desconectado, indicando el estado de la falla del ventilador online. %MW60 se utiliza para mostrar un mensaje en el HMI que indica que el ventilador online está en falla.

Para registrar la falla del ventilador, IN1 se activa, el bloque ADD suma +1 a %MW60. Esto dispara un mensaje de alarma en el HMI que le avisa al operador del problema. Si tanto IN1 como IN2 están activos, el bloque SUB resta -1 a %MW60. Así se actualiza el estado en pantalla: si la alarma desaparece, el operador sabe que ya repararon el ventilador o lo desconectaron como debe ser.

Figura 72

Buffer de aviso de inicio de proceso



Este segmento maneja el aviso de inicio del proceso de la secadora. La activación de %M0.5 junto con IN1 asegura que el aviso de inicio se muestre en el HMI. Cuando el proceso se detiene o el sistema se apaga, IN2 elimina el aviso. Es un control básico de notificación que asegura que el operador esté informado del estado del proceso.

Figura 73

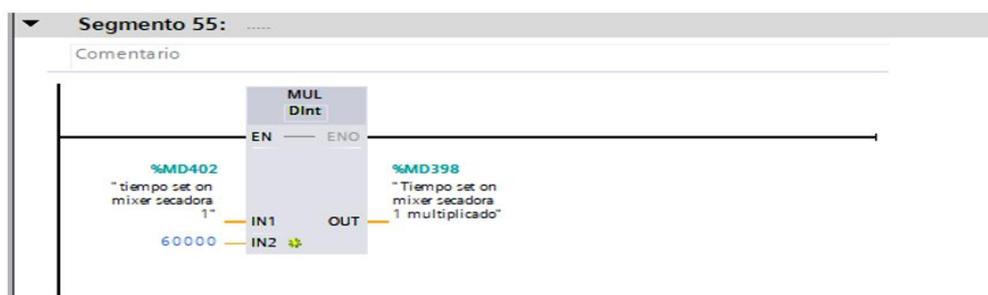
Multiplicador retardo mixer



El bloque MUL multiplica el valor %MD394 por 60000, convirtiendo el tiempo de minutos a milisegundos, que es más adecuado para trabajar con temporizadores en el PLC. IN1 representa el valor de tiempo de retraso, mientras que IN2 es el valor constante de 60000 para la conversión de minutos a milisegundos. El resultado de la multiplicación se almacena en %MD390 y se utiliza en la lógica del proceso para aplicar el retraso de manera precisa.

Figura 74

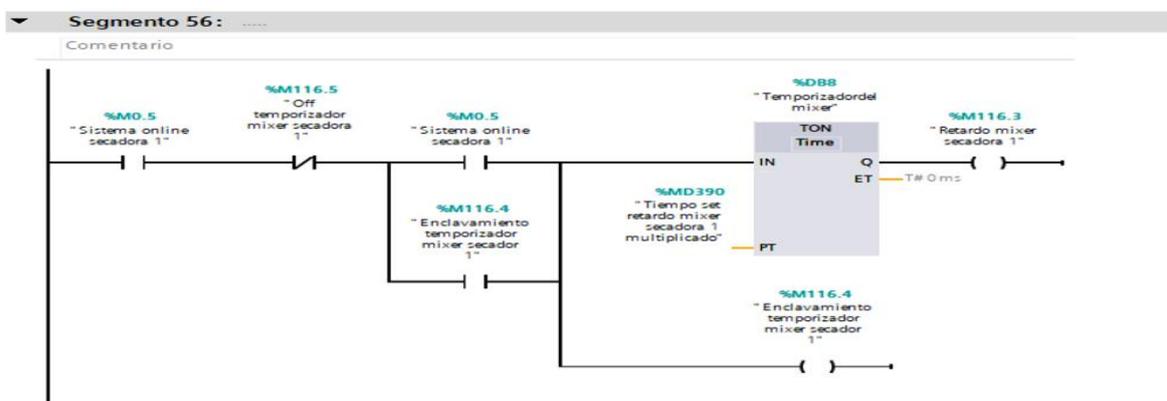
Multiplicador retardo mixer set on



El bloque MUL toma el valor de %MD402 (tiempo de encendido) y lo multiplica por 60000 para convertirlo de minutos a milisegundos. IN1 es el valor de tiempo de encendido del mezclador en minutos, y IN2 es el valor constante de 60000. El resultado de la multiplicación, que es el tiempo en milisegundos, se almacena en %MD398, permitiendo usar este valor convertido para controlar el tiempo del temporizador del mezclador en el PLC.

Figura 75

Enclavamiento mixer

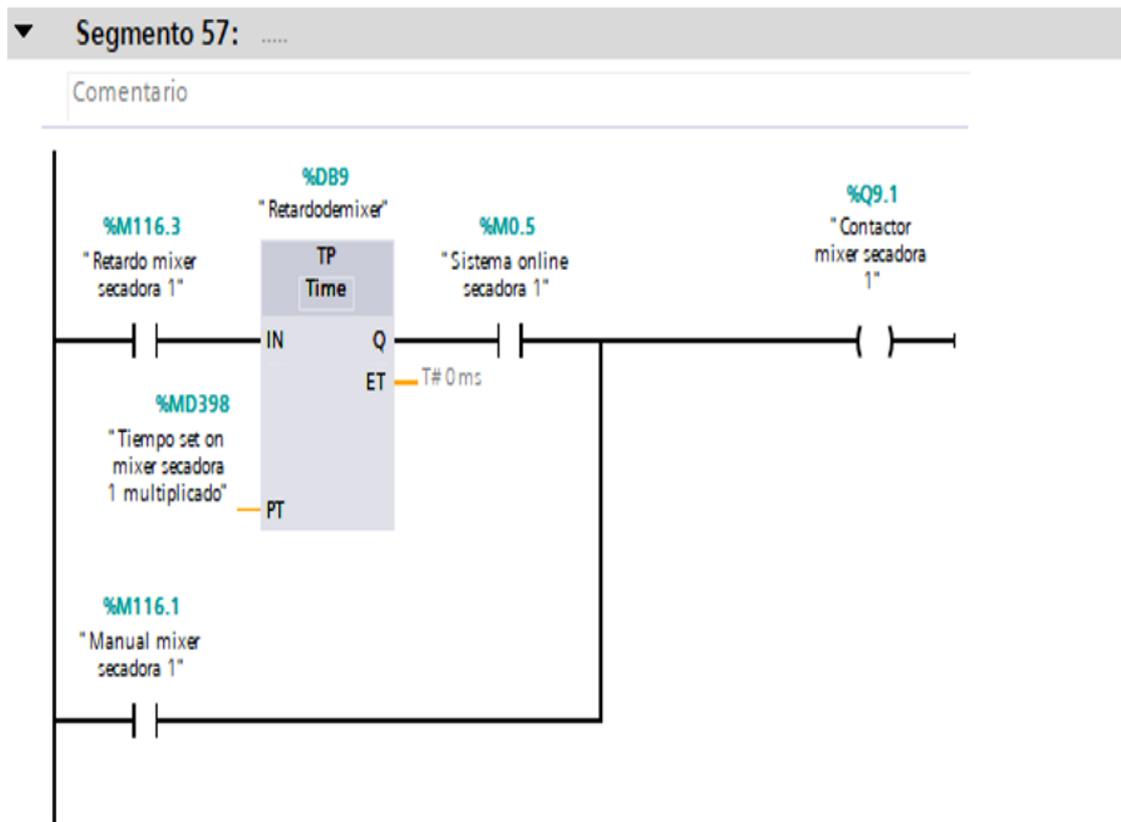


%M0.5 debe estar activo para que el proceso continúe, ya que asegura que el sistema esté funcionando. El bloque TON se activa cuando %M0.5 está activo, es decir, cuando el sistema

está en línea. Además, el temporizador está enclavado por %M116.4, lo que mantiene el proceso activo durante un retraso de tiempo preconfigurado. %DB8 se utiliza como temporizador, mientras que %MD390, que contiene el tiempo set de retraso del mezclador en milisegundos, define el tiempo del temporizador. La salida %M116.3 indica cuando el temporizador ha completado el ciclo de retardo, permitiendo que el proceso de mezclado del secador continúe.

Figura 76

Control de Temporizador y Activación del Mezclador de Secadora

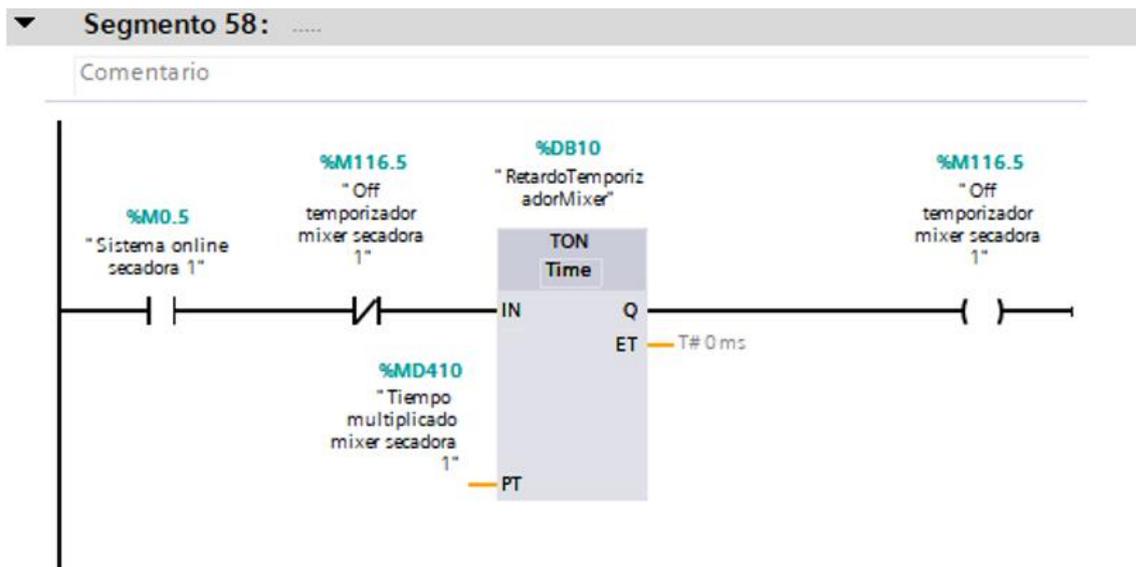


%M0.5 debe estar activo para que el sistema se considere en funcionamiento. %M116.1 permite el control manual del mezclador; si esta señal está activa, el mezclador se activa sin depender de otros factores. El bloque TP se activa cuando %M0.5 está activo, lo que indica que el sistema está funcionando. El temporizador se gestiona por %MD398, que contiene el tiempo configurado en milisegundos para el retardo del mezclador. %Q9.1 controla el

encendido del contactor del mezclador, permitiendo que el mezclador se encienda una vez que el temporizador haya completado su tiempo de retardo.

Figura 77

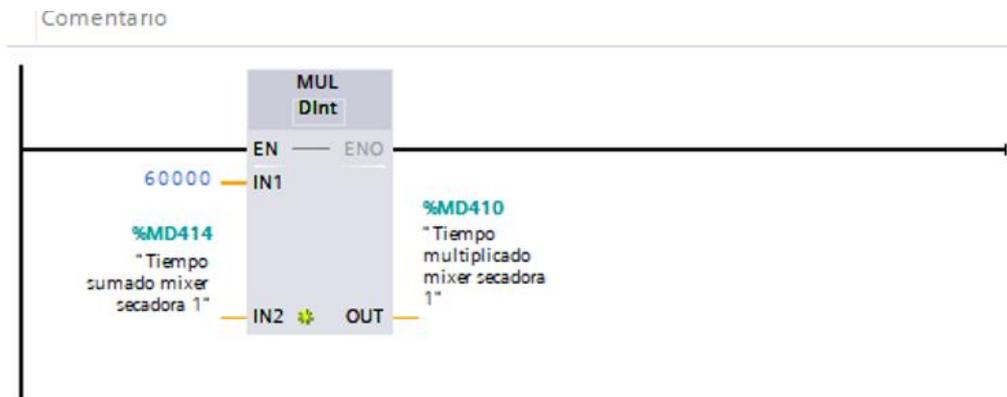
Sistema online de Control de Temporizador



%M0.5 activa el sistema de control de la secadora, asegurando que el sistema esté en funcionamiento. %M116.5 desactiva el temporizador del mezclador, funcionando como un comando de apagado para el temporizador. %MD410 proporciona el valor de tiempo El tiempo del proceso se pasa a milisegundos con la multiplicación por 60000 que ya conocemos. %DB10 es el que controla el retardo del mezclador , el que hace esperar un rato a la secadora antes de arrancar. Y cuando la máquina está parada, %M116.5 avisa que el temporizador está en modo off, porque no hay nada que temporizar si no está trabajando.

Figura 78

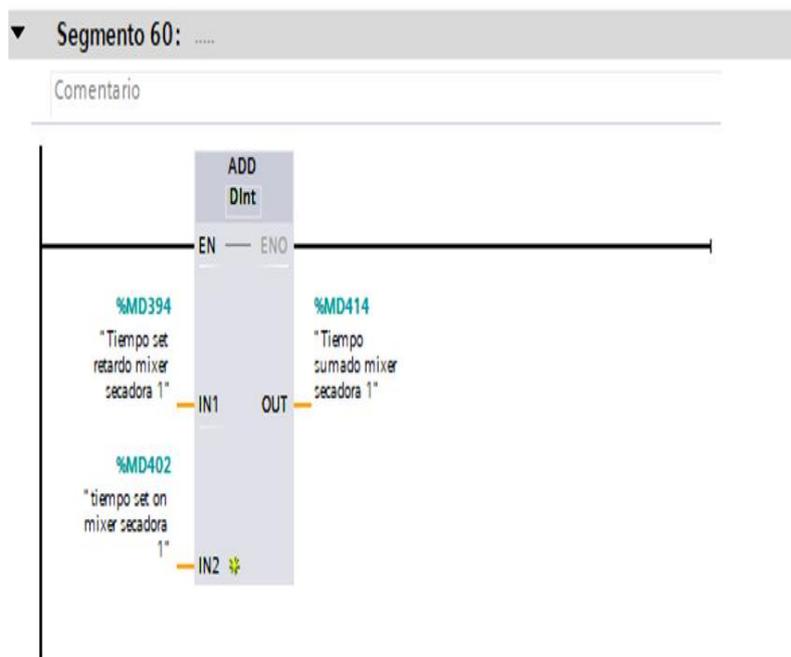
Multiplicador de tiempo secadora mixer



El propósito de este segmento es convertir el Tiempo sumado para el mezclador (%MD414) de unidades estándar a milisegundos para su uso adecuado en temporizadores o en el control de procesos. Al multiplicar el valor de tiempo acumulado por 60000, se obtiene el tiempo en milisegundos, almacenado en %MD410. Esta conversión es esencial para un control preciso de los tiempos en el proceso de secado del secador

Figura 79

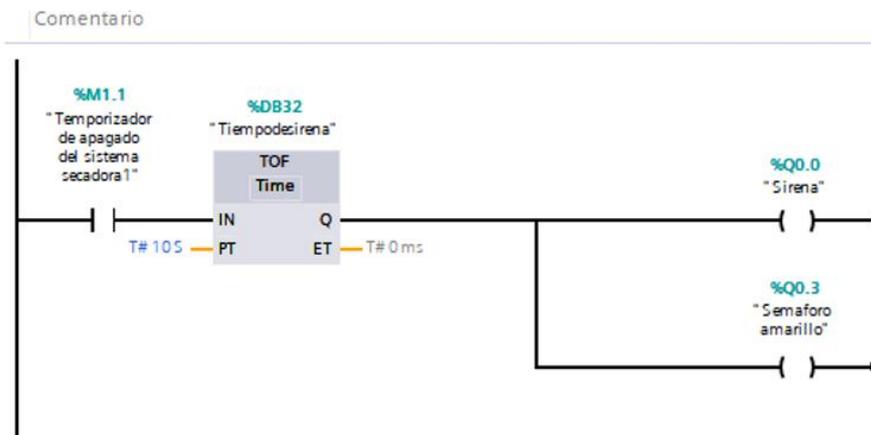
Sumador de tiempo secadora mixer



En este segmento, el bloque ADD se encarga de sumar el tiempo de retraso y el tiempo de inicio del mezclador de la secadora. El resultado de esta suma es almacenado en la variable %MD414, que contiene el tiempo total sumado. Este valor se utiliza posteriormente para calcular otros parámetros relacionados con el proceso o para alimentar un temporizador, como el tiempo de funcionamiento del mezclador. Es un paso importante para ajustar la operación del mezclador a las configuraciones preestablecidas y para asegurar que el proceso de secado o mezcla ocurra según el tiempo total calculado.

Figura 80

Apagado de sistema de secador

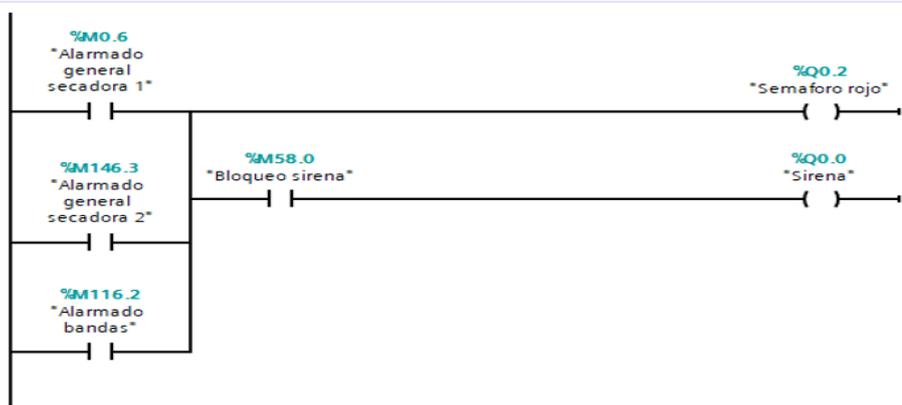


%M1.1 se activa cuando el temporizador del sistema de la secadora necesita controlar el apagado, indicando que la secadora ha completado su ciclo y debe proceder al apagado. %DB32 es el que maneja el tiempo que debe pitar la sirena después de apagar el sistema. Cuando salta la alarma, %Q0.0 se activa y hace sonar la sirena. Al mismo tiempo, %Q0.3 enciende la luz amarilla del semáforo para que haya señal visual de que algo pasa. Todo esto trabaja junto para así avisar que el sistema se apagó.

3.2.2.1. Sistema general de protección

Figura 81

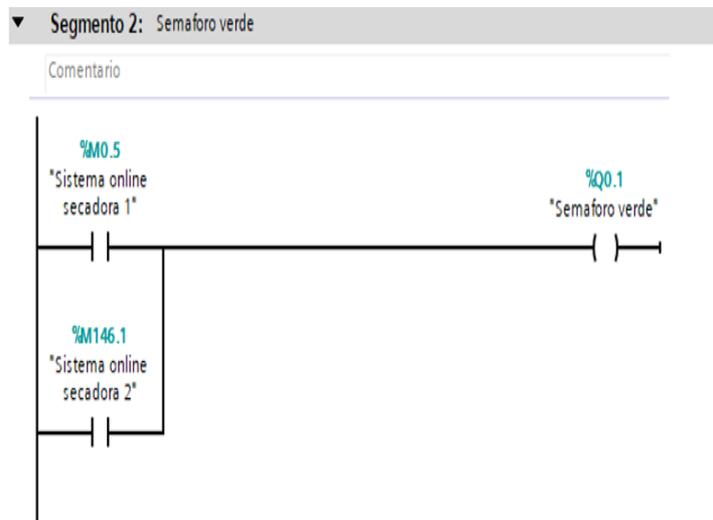
Semáforo Rojo de alarma



Este segmento está diseñado para activar tanto un semáforo rojo como una sirena si se detectan ciertas condiciones de alarma. Si la secadora 1 entra en alarma general (%M0.6), si la secadora 2 también entra en alarma (%M146.3) o si hay un problema con las bandas del sistema (%M116.2), el semáforo rojo (%Q0.2) se encenderá y la sirena (%Q0.0) sonará para alertar al operador de manera visual y acústica. Sin embargo, si el bloqueo de sirena (%M58.0) está activado, la sirena no se activará, aunque las otras alarmas puedan estar presentes.

Figura 82

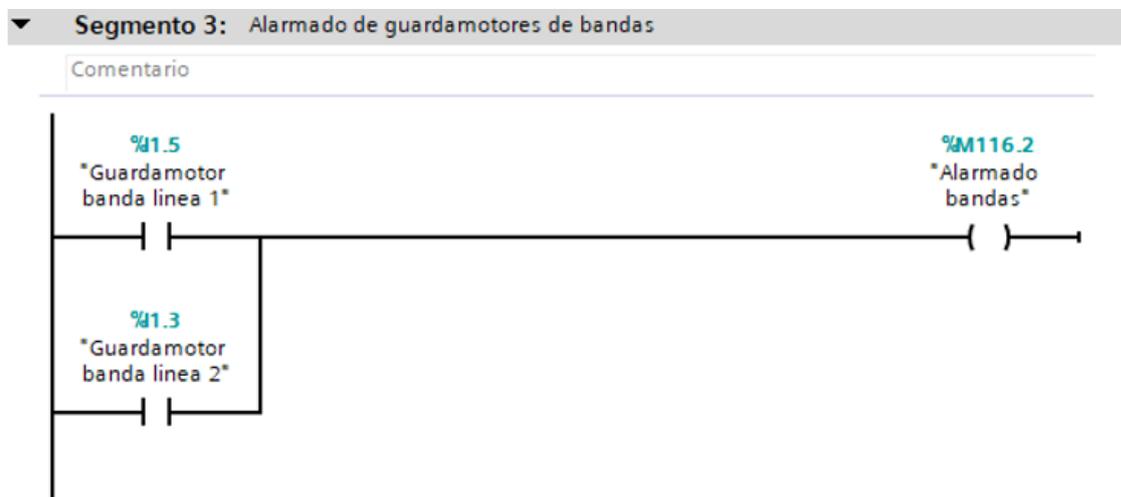
Semáforo verde de alarma



El sistema tiene dos entradas que indican si las secadoras están en línea y funcionando correctamente. La entrada M0.5 muestra si la secadora 1 está operativa, y si esta señal está activada, significa que la secadora 1 está funcionando normalmente. De manera similar, la entrada M146.1 indica si la secadora 2 está en línea y operativa. Si ambas entradas M0.5 y M146.1 están activadas, la salida Q0.1 se activa, lo que indica que el sistema está funcionando correctamente y en un estado operativo.

Figura 83

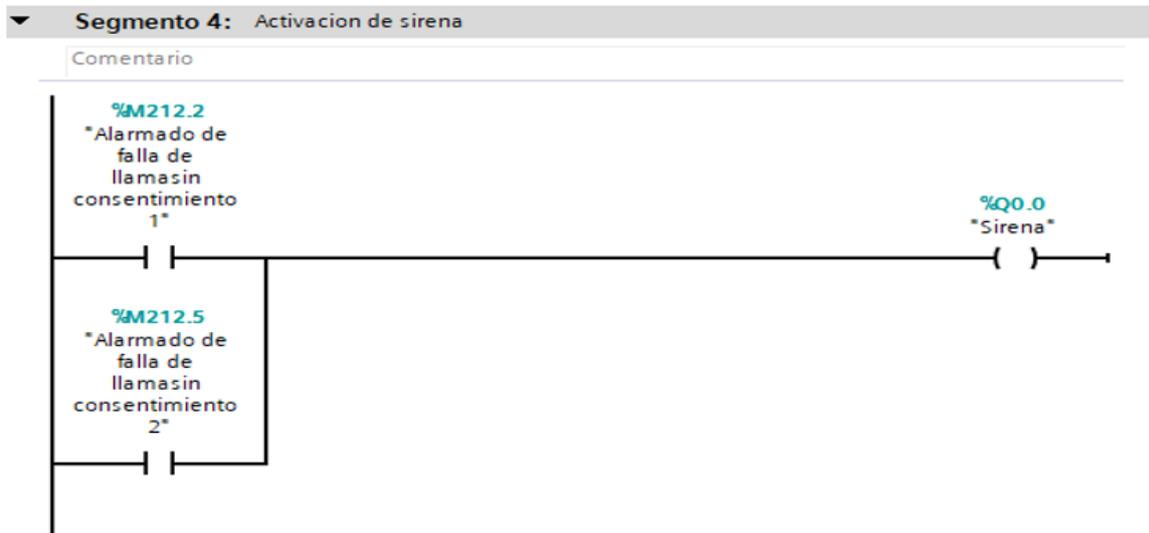
Alarma de guardamotores de bandas



El sistema tiene dos entradas que indican el estado de los guardamotores de las bandas. I1.5 nos dice cómo está el guardamotor de la banda 1 - si hay problema o se apaga, esta entrada se prende. Lo mismo con I1.3 que vigila la banda 2. Si cualquiera de las dos se activa, M116.2 también se prende para avisar que hay algún problema con alguno de los guardamotores, ya sea en la línea 1 o en la 2.

Figura 84

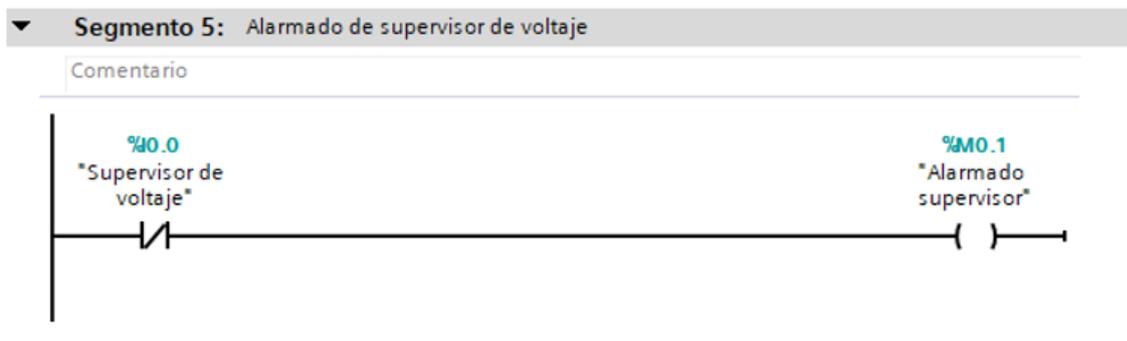
Activación de Sirena



El sistema tiene dos entradas que indican fallas en el control de llama sin consentimiento. Cuando hay algún problema en la primera unidad de llama, M212.2 se prende. Lo mismo pasa con M212.5 si la falla es en la segunda unidad. En cualquiera de los dos casos, Q0.0 activa la sirena para que todos sepan que algo anda mal con los controles de llama. Así el personal de mantenimiento puede checar qué falló y arreglarlo.

Figura 85

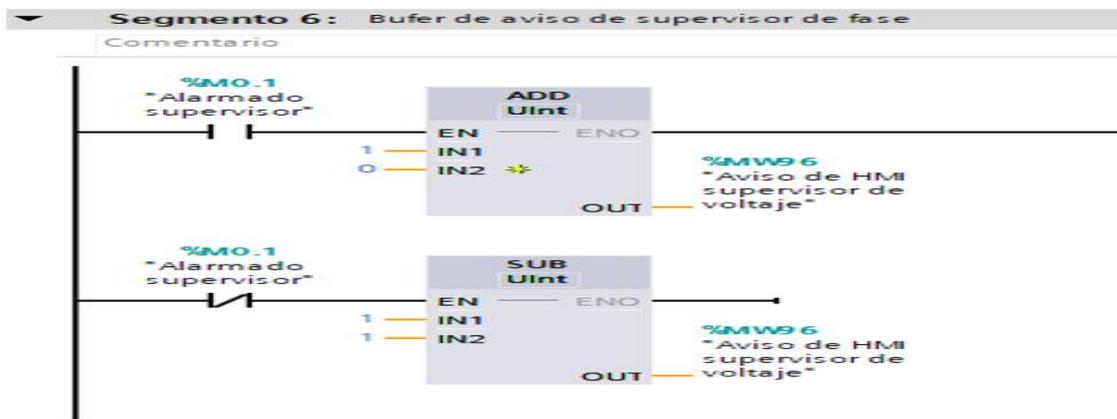
Alarma supervisor de voltaje



El sistema tiene una entrada que monitorea el nivel de voltaje del proceso. La entrada 0.0 se activa si el voltaje se encuentra fuera de los parámetros normales. Cuando esta entrada se activa, se genera una señal de alarma en la salida M0.1, lo que indica que hay una falla o un valor fuera de rango en el voltaje supervisado.

Figura 86

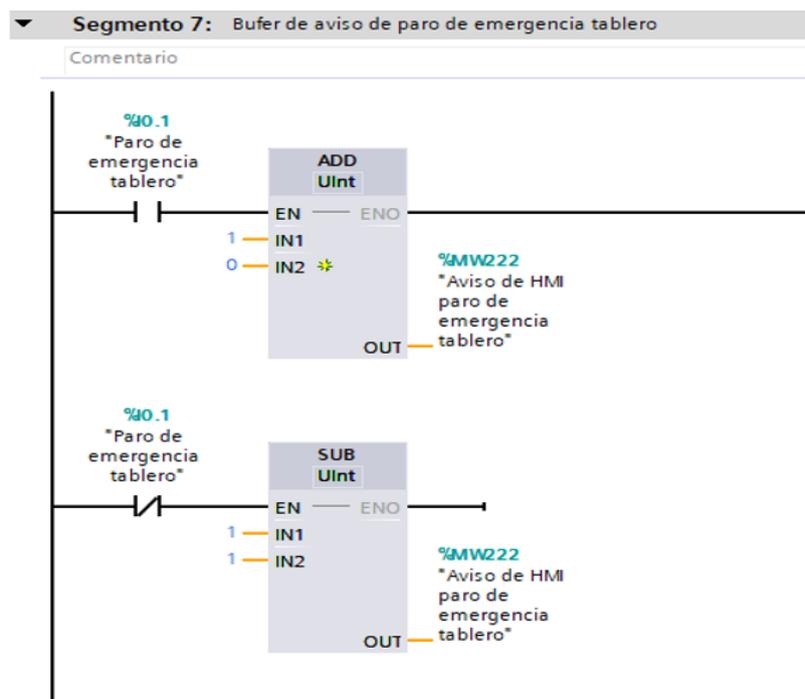
Buffer de supervisor de fase



Este segmento realiza un conteo que se activa cuando la alarma supervisor (%M0.1) está activada. Usando las operaciones ADD y SUB, se suman y restan los valores de las entradas IN1 e IN2, lo que da como resultado el valor de salida %MW9.6. Este valor se muestra luego en el HMI, permitiendo que los operadores sean alertados sobre cualquier problema con el supervisor de voltaje.

Figura 87

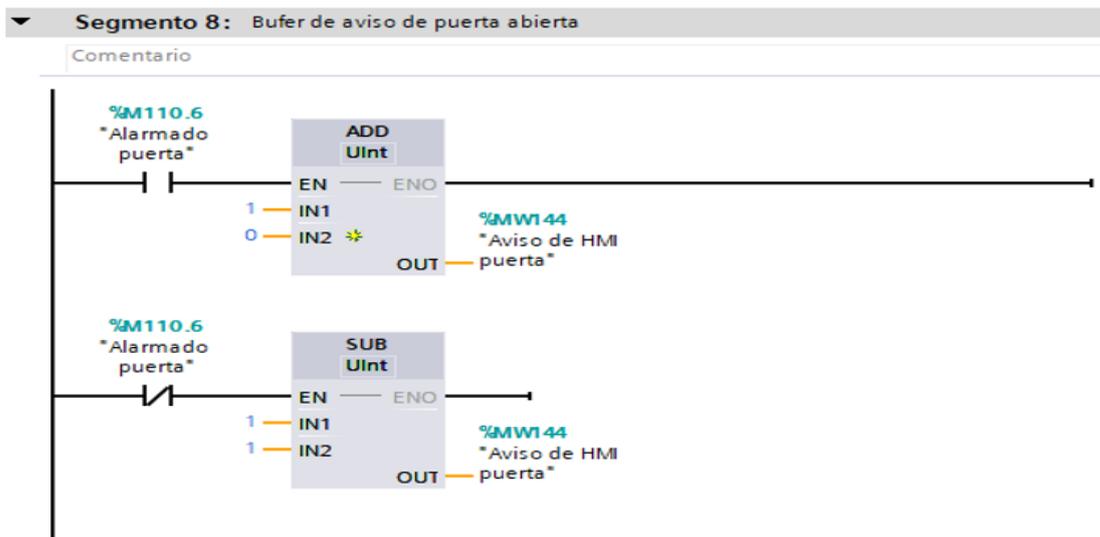
Buffer de paro de emergencia



Este segmento funciona de manera similar al análisis previo del buffer de avisos, pero está destinado a manejar un parámetro de paro de emergencia del tablero. Cuando se activa el paro de emergencia (%M0.1), el sistema genera un aviso en el HMI mediante las instrucciones ADD y SUB, que realizan la suma y resta de las entradas. El aviso generado es %MW222, el cual se muestra en la interfaz de usuario para que los operadores estén informados sobre una posible emergencia en el sistema.

Figura 88

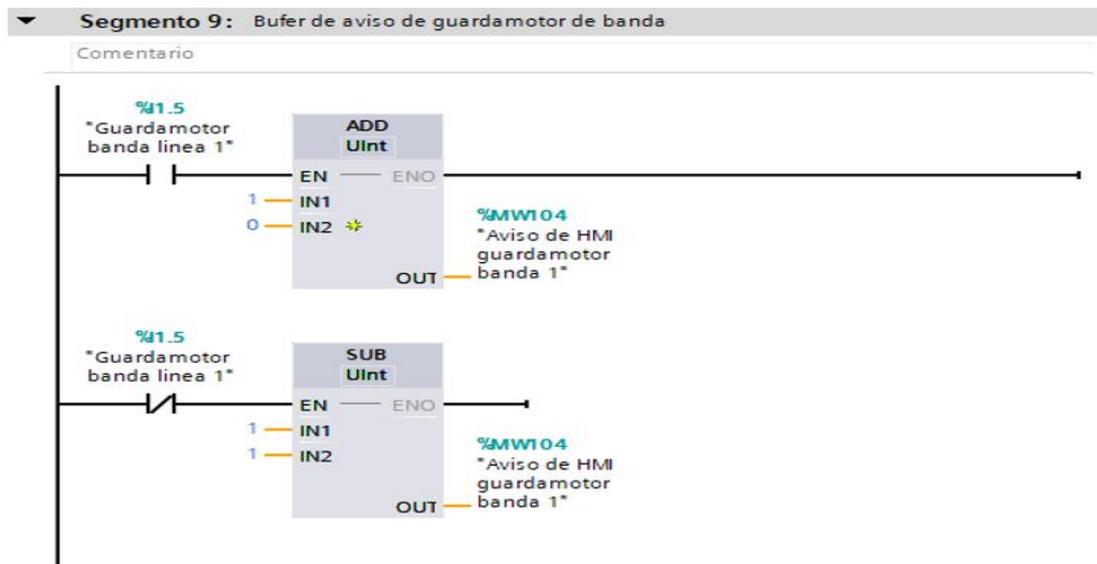
Buffer de paro de emergencia



El sistema tiene una entrada que indica el estado de la puerta. La entrada %M110.6 se activa cuando la puerta está abierta, generando una alarma. Las entradas IN1 e IN2 permiten realizar operaciones de suma y resta en el búfer de aviso de puerta abierta. La salida %MW144 muestra el aviso de la puerta abierta en el HMI, alertando a los operadores sobre la situación.

Figura 89

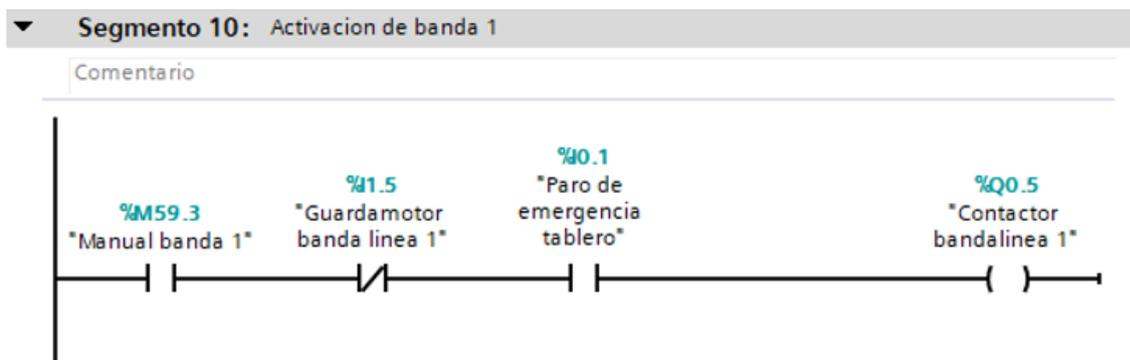
Buffer de aviso de guardamotor de banda



El sistema tiene una entrada que indica el estado del guardamotor de la banda 1. La entrada %I1.5 se activa cuando el guardamotor está activo (estado 1), lo que genera una alarma. Las entradas IN1 e IN2 alimentan las operaciones de suma y resta en las instrucciones ADD y SUB, respectivamente. La salida %MW104 se utiliza para mostrar el estado del guardamotor en

Figura 90

Activación de banda 1

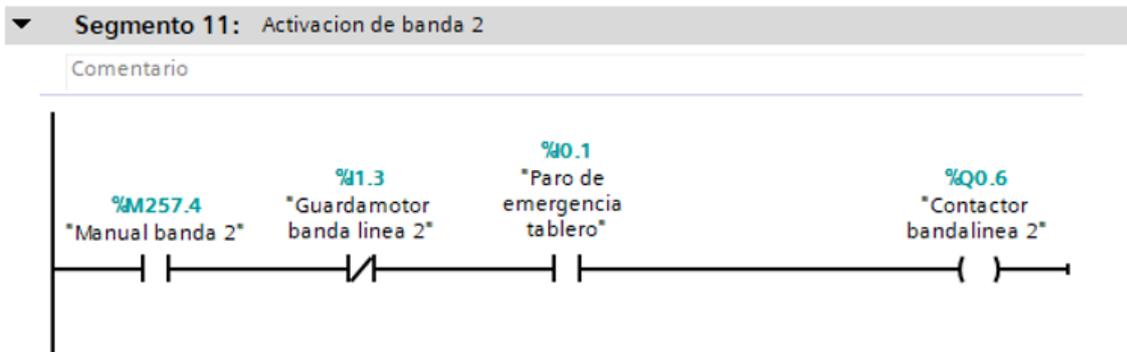


El sistema tiene varias entradas que controlan el funcionamiento de la banda 1. La entrada %M59.3 controla si la banda 1 está en modo manual, y si está activa (1), permite que la banda se active manualmente. La entrada %I1.5 monitorea el estado del guardamotor de la banda 1; si está activo (1), significa que el guardamotor está operativo y la banda puede activarse. La

entrada %I0.1 es una señal de paro de emergencia, y si se activa (1), detiene el sistema de la banda por razones de seguridad. La salida %Q0.5 controla el contactor que activa la banda 1, y se activa si todas las condiciones anteriores son correctas.

Figura 91

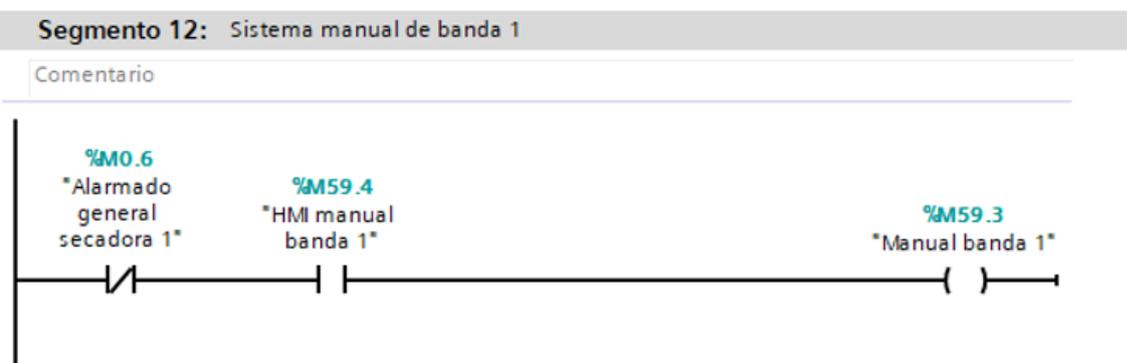
Activación de banda 2



Este segmento controla la activación de la banda 2 de manera similar a la banda 1, con la misma lógica de seguridad y control. La salida %Q0.6 (Contactor banda línea 2) se activa cuando se cumplen ciertas condiciones de operación, como el modo manual, el estado del guardamotor y el paro de emergencia del sistema.

Figura 92

Sistema manual de banda 1

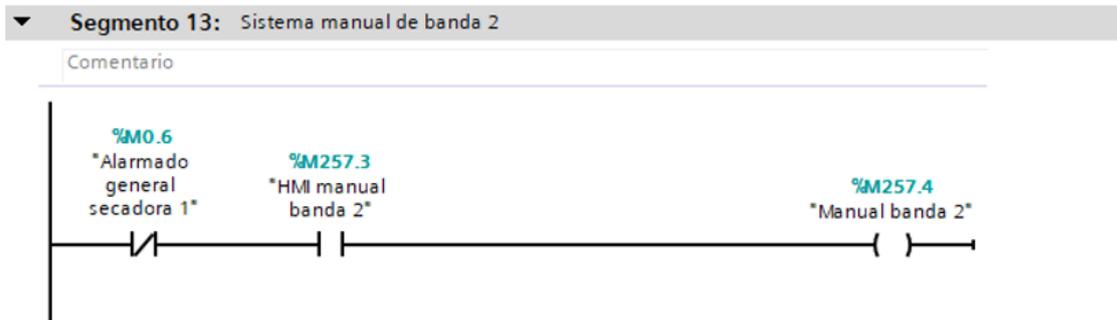


El sistema tiene varias entradas que controlan el funcionamiento manual de la banda 1. %M0.6 es el que avisa cuando la secadora 1 está en alarma si se prende, no hay que controlar manualmente la banda 1. Pero si el operador quiere tomar el mando, %M59.4 es la señal del HMI que autoriza el control manual de la banda 1. Cuando todo está en orden, %M59.3 es el

que finalmente activa el modo manual de la banda 1, pero solo si se cumplen todos los requisitos de seguridad primero.

Figura 93

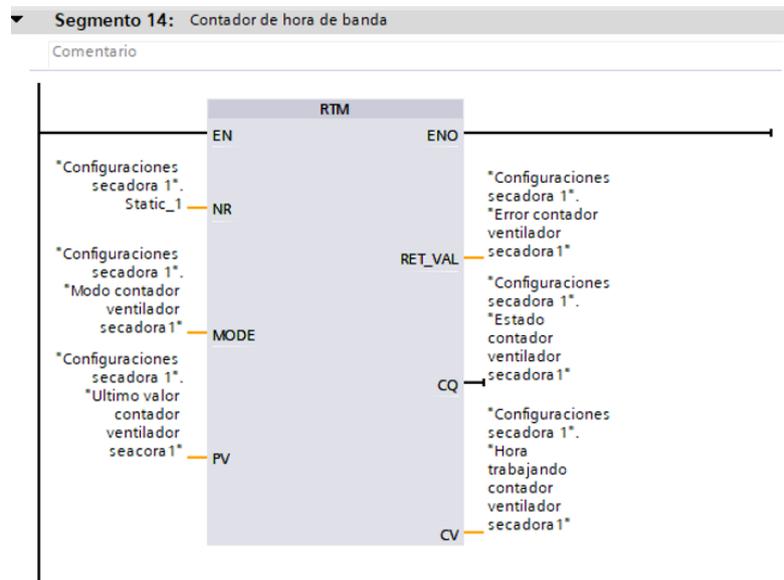
Sistema manual de banda



El sistema tiene varias entradas que controlan el funcionamiento manual de la banda 2. %M0.6 es el que bloquea la banda 2 cuando la secadora 1 está en alarma - si está activo, no hay oportunidad de control manual. Pero si el operador decide intervenir, %M257.3 (que viene del HMI) autoriza el modo manual para la banda 2. Cuando todo cuadra, %M257.4 se prende y libera el control manual de la banda 2, dejando que el personal la maneje como necesite, fuera del automático.

Figura 94

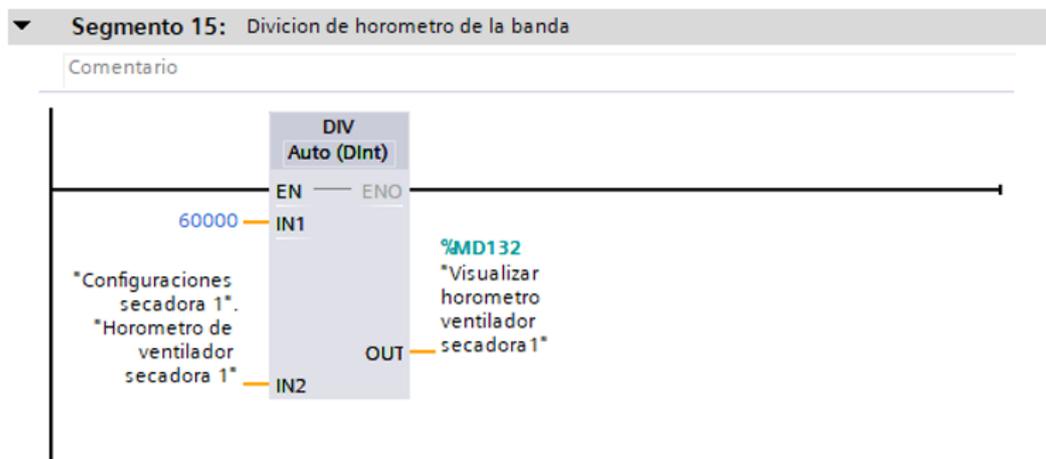
Contador de hora banda



Este segmento gestiona el contador de horas de funcionamiento del ventilador de la secadora 1. Utiliza el bloque RTM lo que significa que el valor del contador se retiene incluso si hay una interrupción o un apagón, asegurando que las horas de operación del ventilador no se pierdan.

Figura 95

División de horómetro de banda



Este segmento está diseñado para realizar la conversión de tiempo del horómetro del ventilador de la secadora 1, dividiendo el valor acumulado por un factor de 60000 para visualizar la cantidad de horas de operación de la secadora, en minutos. Utiliza el bloque DIV para llevar a cabo la operación de división, con el resultado guardado en el registro %MD132.

3.3. Realizar pruebas de las simulaciones del sistema SCADA en el PLC S7-1200

Cuando las pruebas en el S7-1200 se ejecutaron bien, se prosiguió con todo el proceso. Primero se visualizó que el TIA Portal estuviera instalado bien configurado. Luego Alojamos el cable Ethernet para que el PLC funcionará en la red sin inconvenientes.

En el TIA Portal le metimos un proyecto nuevo, agregamos el PLC, el HMI y todo lo demás. Le programamos la lógica al PLC y pusimos las variables que el SCADA tendría que estar checando - las entradas, salidas, todo el rollo.

Ya cuando todo estuvo listo, le dimos al botón de simulación. Ahí vimos que el HMI mostraba instantemente los datos de la temperatura y humedad del cacao, que es lo más importante para que no se pierda el producto final.

Se realizaron pruebas de comunicación entre el SCADA y el PLC para asegurarse de que las variables se actualizarán correctamente en el HMI. Durante estas pruebas, se simularon condiciones extremas, como temperaturas y humedades fuera de rango, para evaluar cómo respondía el sistema y cómo se activaban las alarmas configuradas. Después de analizar los resultados, se revisaron los datos obtenidos para comprobar que todos los parámetros operativos funcionaran como se esperaba. Cualquier problema o comportamiento inesperado fue documentado y se hicieron los ajustes necesarios en la programación. Para mejorar aún más el rendimiento del sistema, se realizó una optimización de la lógica de control y de la configuración del SCADA. Se volvieron a realizar las pruebas para confirmar que las modificaciones tenían el efecto deseado. Al final del proceso, se armó un reporte completo con todo lo que encontramos. Metimos ahí los resultados de todas las pruebas, las observaciones que hicimos, los problemas que salieron y cómo los resolvimos. Este reporte se lo presentamos al equipo entero para que todos estuvieran al tanto y pudiéramos planear juntos la siguiente etapa del proyecto.

La interfaz del HMI cumplió un papel clave en todo esto. Nos dejaba ver los datos en tiempo real con gráficas que se actualizaban solas y números claros. Esto hacía mucho más fácil monitorear el proceso paso a paso. Como todo estaba bien conectado -el PLC con el HMI la información pasaba sin problemas de un lado a otro. Así los operadores siempre tenían los datos limpios para tomar decisiones rápidas cuando la situación lo solicitaba

Figura 96

Prueba de Interfaz

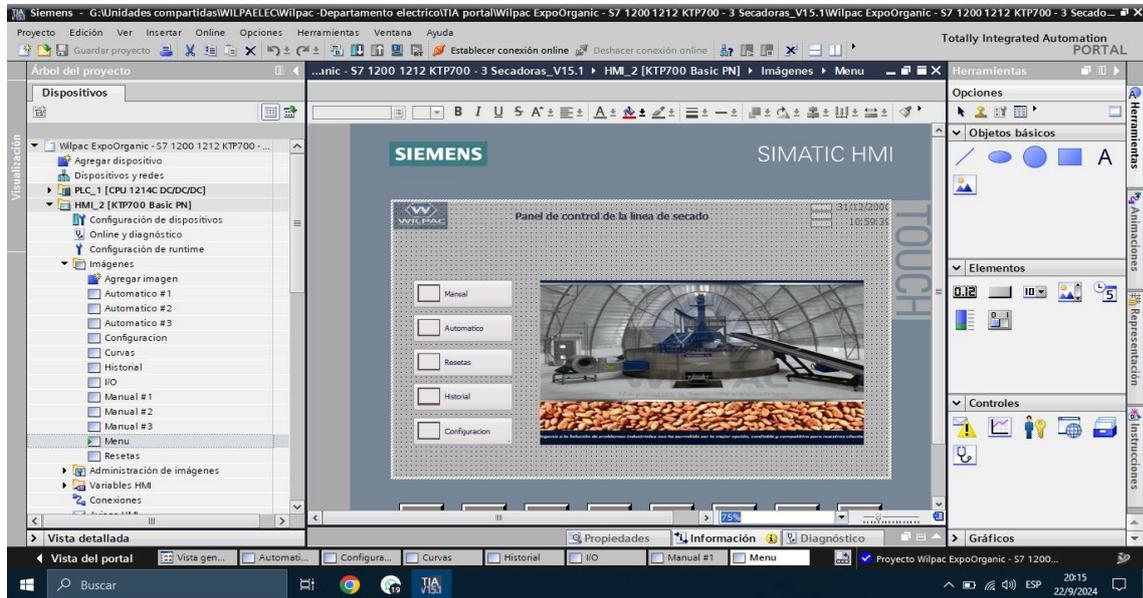
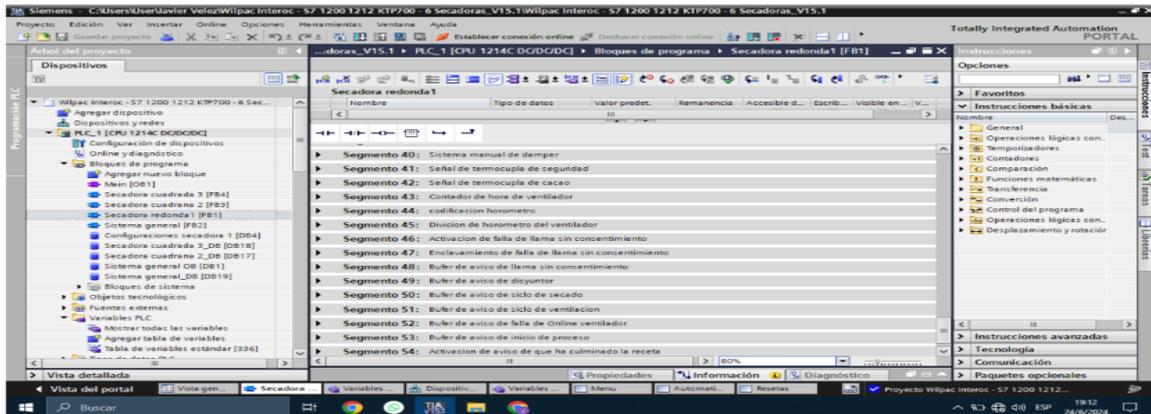


Figura 97

Prueba de Interfaz II



CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

Este enfoque del trabajo investigativo es similar al del estudio en el artículo Control automatizado del proceso post-cosecha y de transformación del cacao para obtener granos de alta calidad (de Jesús Umbarila et al., 2020), que también busca optimizar los procesos post-cosecha del cacao, especialmente la fermentación y el secado, mediante la automatización de variables clave como temperatura, humedad y tiempo. Ambos trabajos comparten el objetivo de mejorar la calidad del cacao a través de un control automatizado, logrando un control preciso del secado mediante un sistema SCADA.

Este artículo y nuestro estudio se evalúa lo mismos puntos clave, el cual es que al automatizar el secado ayuda a manejar la relevancia de la humedad y temperatura, lo que mejora la calidad del grano. Eso es justo lo que se busca y se procura mejorar en esta investigación. En los dos temas se le da la igual importancia al HMI, debido a que este deja visualizar y mover los parámetros en tiempo real. Así controlas mejor el proceso y tomas decisiones rápido cuando se necesita.

El en el segundo trabajo de investigación a discutir (Flores et al., n.d) el autor presenta un enfoque realmente similar a al trabajo de investigación expuesto de mi autoría diseño de un sistema automatizado para el secado de cacao, En dicho trabajo, se busca mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del cacao en una planta industrial tal como es en el caso presentes. Se comparten muchas similitudes al emplear un sistema SCADA junto con un PLC de la marca Siemens para controlar variables de tiempo como lo son: la temperatura y la humedad durante el secado. En este trabajo de investigación (Flores et al., n.d) se tiene resultados muy satisfactorios por el uso de un control remoto a través de un sistema SCADA en ambos casos facilita el monitoreo y ajuste en tiempo real, asegurando que el proceso se mantenga dentro de los parámetros ideales para obtener un producto de calidad.

CONCLUSIONES

- Los dispositivos utilizados El PLC S7-1200, junto con el TIA Portal y la interfaz HMI compactaron de una forma precisa en sus variables de interés, ya sea la temperatura, humedad, por otro lado los actuadores llegando a manejar en su aspecto automático en rangos óptimos. Al final de simulación la planta cacaotera se convirtió en un centro de operación flexible, eliminando todo problema de tipo de comunicación que normalmente resulta al integrar un HMI. Al final, esta solución tecnológica cumple con todo lo necesario para industrializar el proceso sin sacrificar la calidad del producto.
- Desde la misma pantalla pueden hacer ajustes al vuelo, lo que hace todo el proceso más eficiente y con menos margen para errores. El HMI ha sido la pieza clave para la visualización de la automatización el secado de cacao. Asu vez contando con una interfaz fácil de entender, los operadores de planta pueden ver al instante cómo va dándose proceso como lo es la temperatura exacta, cuánto falta para terminar el secado y si todo el equipo está funcionando bien. Al tener esta información clara y a la mano, se puede reaccionar rápido si algo se sale de los normal y mantener un suministro constante en la calidad del cacao.
- El software SCADA y el PLC S7-1200 han sido el alma mater para ejecutar con rangos de excelencia en el monitoreo efectivo del proceso de secado de cacao. Esta interconexión no solo facilita la supervisión de las condiciones del proceso, sino que también permite la implementación de medidas automáticas de control que responden a condiciones cambiantes, como ajustes en la temperatura o la humedad, realmente importante para mantener la calidad del cacao y optimizar el uso de energía.
- Las condiciones normales, hasta fallas forzadas dieron alto relieve de confianza par así determinar y corregir varios detalles en la configuración antes de poner en marcha en proceso automatizado en tiempo autónomo real, todo eso se realizó con el sistema SCADA y el PLC S7-1200 los cuales dejaron observar y ver cómo se comportaría el sistema en la práctica. Estas pruebas nos sirvieron para afinar el proceso de secado.

RECOMENDACIONES

- Hay que capacitar a los operadores para que le pierdan el miedo al HMI y al PLC S7-1200. La idea es organizar talleres prácticos cada cierto tiempo donde puedan ellos puedan interactuar con el sistema en vivo - que vean cómo reacciona cuando cambian parámetros o cuando se disparan las alarmas. Para que así aprendan a leer bien los datos en pantalla, entender qué significa cada alarma y saber hacer ajustes básicos sin malograr los dispositivos.
- Se debe cronogramar mantenimientos fijos, es decir revisar los equipos cada cierto tiempo, limpiar lo que lo necesite, cambiar piezas antes de que fallen y actualizar el software cuando salgan nuevas versiones. Así evitamos paradas de golpe que atrasan la producción y pueda generar disturbios en la empresa. El apartado del software es realmente importante. Cada actualización trae mejoras de seguridad y funciones nuevas que hacen que todo funcione más a los requerido por el operador.
- Para que el sistema funcione siempre al máximo, hay que revisar con frecuencia la configuración y los protocolos de comunicación. Estas revisiones, que haremos cada tres meses, sirven para comprobar que todo esté sincronizado correctamente, buscando problemas como retrasos mayores a 50 milisegundos o datos que lleguen incompletos.
- Hacer pruebas simulando diferentes fallas: por ejemplo que se desconecte un sensor de humedad, que falle la comunicación con el PLC, o que haya cortes de energía inesperado todas estas pruebas ya nos han ayudado a descubrir cosas importantes, como que el sistema puede seguir trabajando de forma local cuando pierde conexión con el SCADA, más que todo revisar como se encuentra la resiliencia del sistema ante estos tipos fallas.

REFERENCIAS

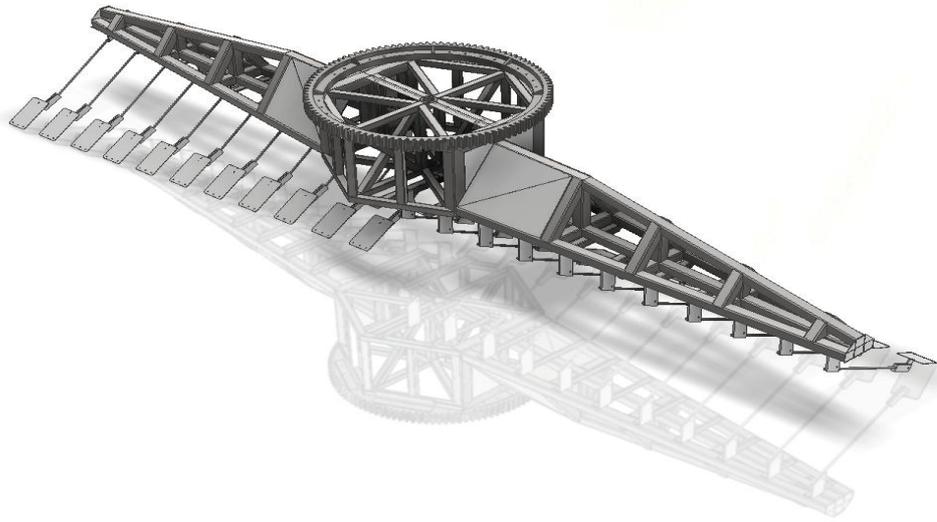
- Ajay, M., Rakesh, M., Roshan, M. H., & Revathy, G. (2020). PLC Based Smart Farming System with Scada. *2020 IEEE International Conference on Advances and Developments in Electrical and Electronics Engineering (ICADEE)*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/ICADEE51157.2020.9368954>
- de Jesús Umbarila, J., Rivera, D. A., Lourido, W. N., & Martínez, J. E. (2020). Automated control of Cocoa post-harvest and transformation process to obtain high-quality beans. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.544>
- Dhabal, M., Lingampalle, D., & Ullas, O. P. (2021). *A Guide to Design a PLC and SCADA based Industrial Automation System*.
- Flores, P., Patricio, J., Barahona, S., & Steven, K. (n.d.). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL*.
- Huang, Z., Fang, Z., Lam, C.-S., Mak, P.-I., & Martins, R. P. (2019). Efficiency Optimization of Series/Series-Parallel IPT System with Load-Independent Output Voltage and Zero Input Phase Angle. *2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 3358–3362. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2019.8912765>
- José A. Moreno, & Joaquin Sanz. (2000, June 22). *Comunicación con Controladores SIMATIC*.
- Leng, B., & Hu, W. (2020). Design and implementation of sawdust dust removal system based on PLC control. *2020 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)*, 879–882. <https://doi.org/10.1109/ICMCCE51767.2020.00193>
- MARCOS DANIEL TOROCHE NOVILLO, & FRANCISCO XAVIER VILLA PULLA. (2021). “DISEÑO DE UN EQUIPO AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE SECADO DE CACAO.” Univesidad de Cuenca.
- Martirano, L., & Mitolo, M. (2020). Building Automation and Control Systems (BACS): a Review. *2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering*

- and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (IEEEIC / I&CPS Europe), 1–8. <https://doi.org/10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160662>
- Nadgauda, N., & Muthukumaraswamy, S. A. (2019, April 1). Design and development of industrial automated system using PLC-SCADA. *2019 IEEE 10th GCC Conference and Exhibition, GCC 2019*. <https://doi.org/10.1109/GCC45510.2019.1570521239>
- Papic, M., Bundalo, Z., Bundalo, D., Stojanovic, R., KovaCevic, Z., Pasalic, D., & Cvijic, B. (2017). Microcomputer based embedded SCADA and RFID systems implemented on LINUX platform. *2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/MECO.2017.7977171>
- Phuyal, S., Bista, D., Izykowski, J., & Bista, R. (2020). Design and Implementation of Cost Efficient SCADA System for Industrial Automation. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 10(2), 15–28. <https://doi.org/10.5815/ijem.2020.02.02>
- SIEMENS. (2024, April 15). *SIEMENS SIMATIC S7-1200* .
- Tun, N. L., Gavrilov, A., Tun, N. M., Trieu, D. M., & Aung, H. (2021). Remote Sensing Data Classification Using A Hybrid Pre-Trained VGG16 CNN- SVM Classifier. *2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus)*, 2171–2175. <https://doi.org/10.1109/ElConRus51938.2021.9396706>
- Zhang, H., Xi, Q., Xie, J., Zhang, X., Chen, L., Lian, Y., Cao, H., Liu, Y., Cui, L., & Dong, Y. (2024). Directional Applicability Analysis of Albedo Retrieval Using Prior BRDF Knowledge. *Remote Sensing*, 16(15), 2744. <https://doi.org/10.3390/rs16152744>

ANEXOS

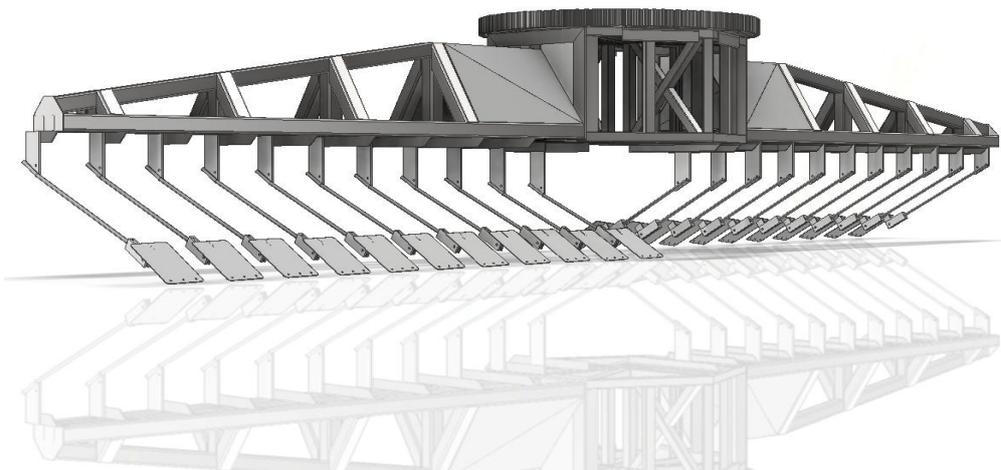
Anexo 1

Vista superior derecha del brazo de la secadora de Cacao



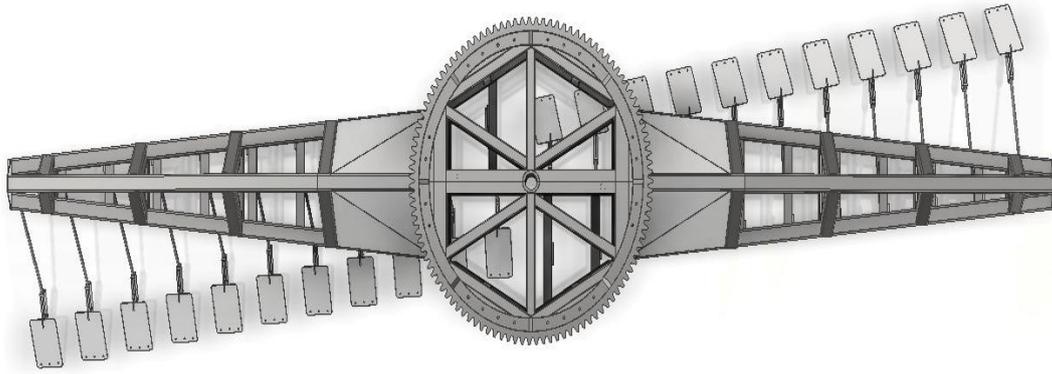
Anexo 2

Vista frontal de brazo de secadora de Cacao



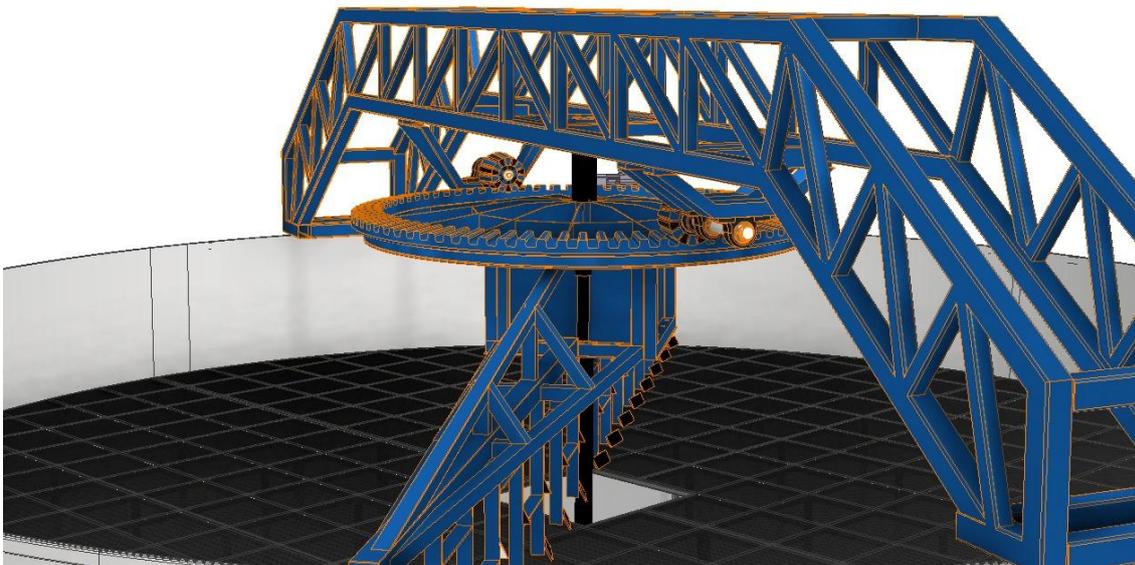
Anexo 3

Vista superior frontal de brazo secadora de Cacao



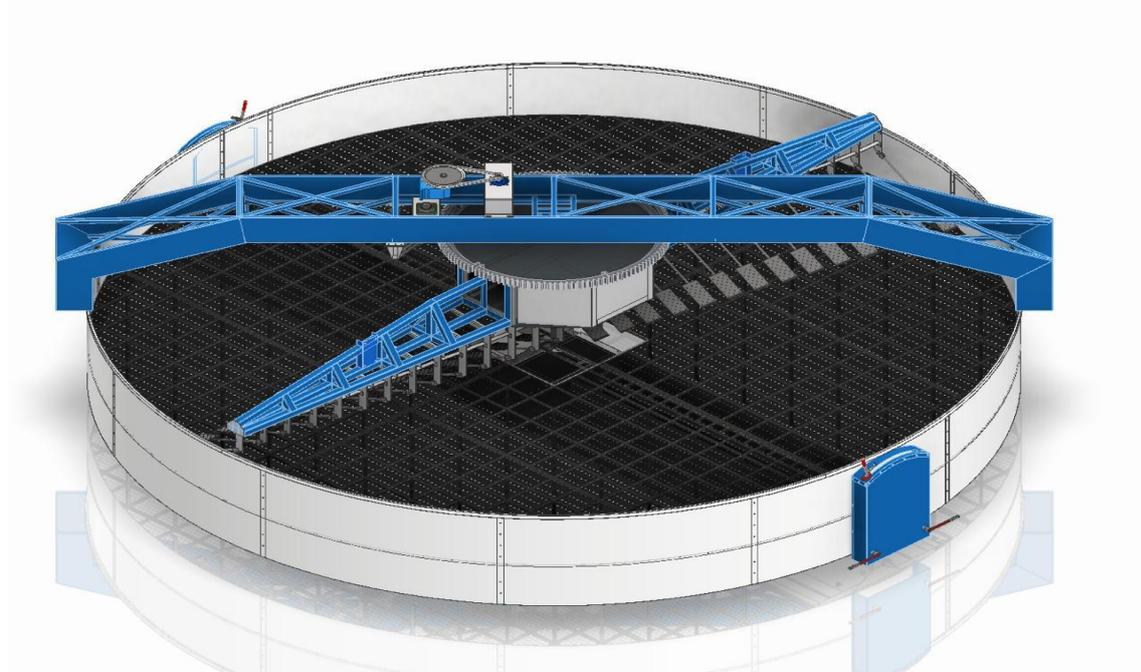
Anexo 4

Estructura base de la *secadora de Cacao*



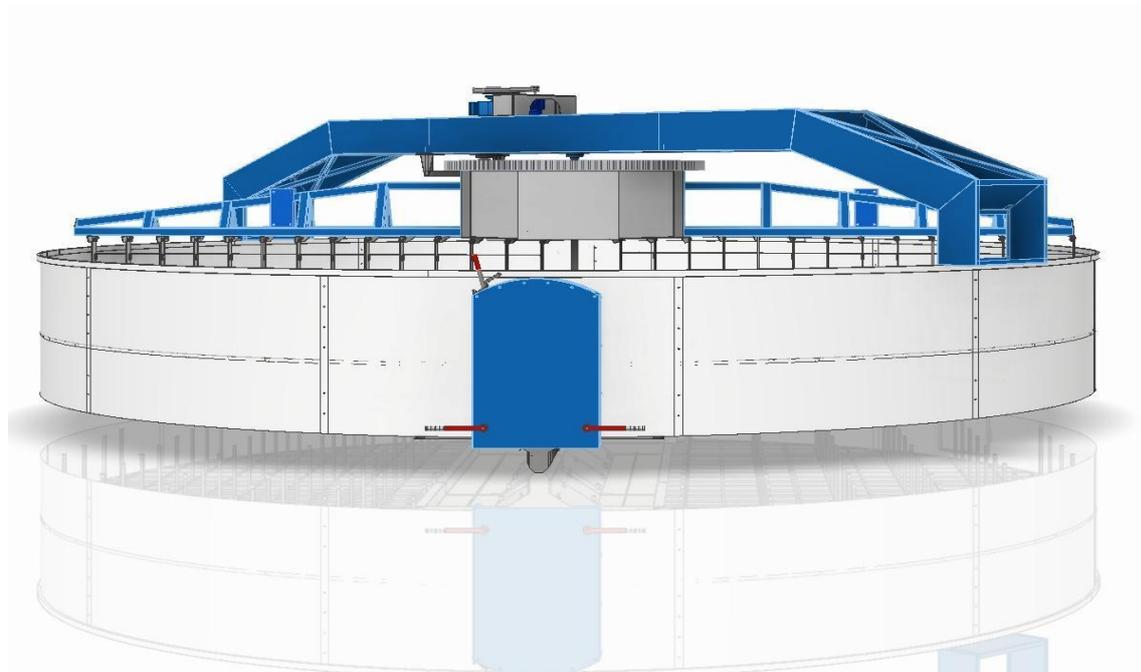
Anexo 5

Vista frontal de secadora de Cacao



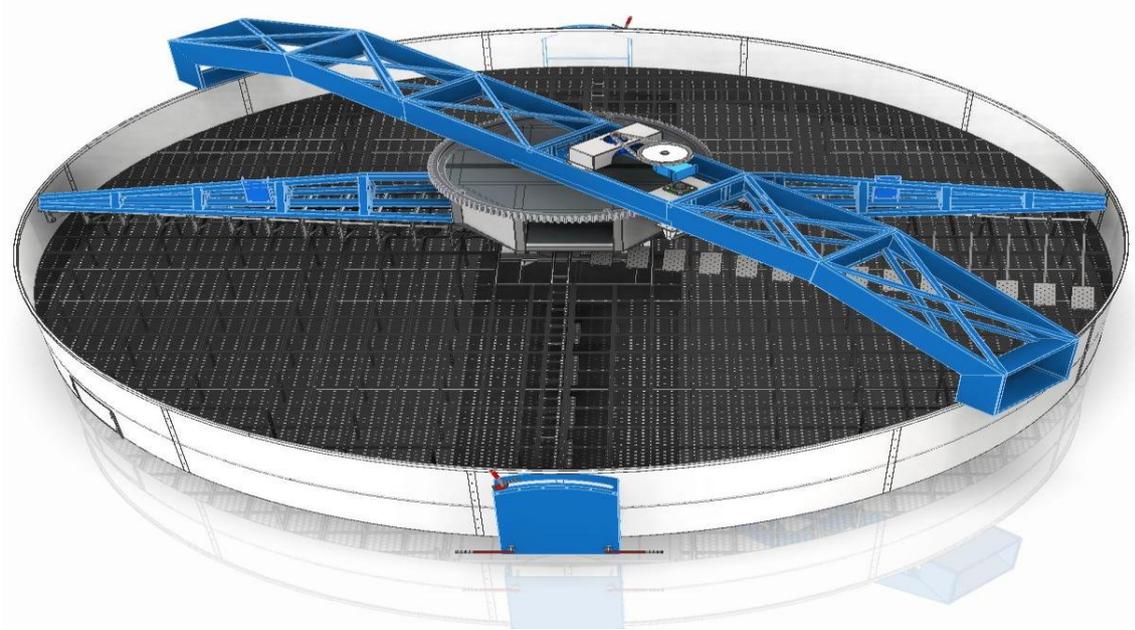
Anexo 6

Vista superior lateral de secadora de Cacao



Anexo 7

Vista frontal de secadora de Cacao 2



Anexo 8

Vista superior frontal de secadora de Cacao 2

