



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO

*DISEÑO DE UN SIMULADOR DE SISTEMA SCADA DEL PROCESO DE
CONSERVACIÓN DE GRANOS DE MAÍZ EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO
USANDO PLC, HMI Y WONDERWARE INTOUCH.*

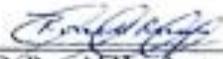
Robert Moisés Santos Florencia

Dirigido por:

Ing. Óscar Wladimir Gómez Morales, M.Sc.

LA LIBERTAD – 2024

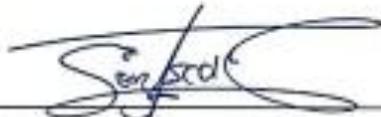
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



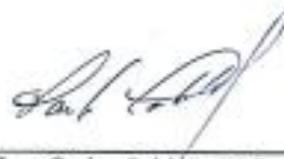
Ph.D. Ronald Humberto Rovira Jurado,
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.



Ing. Luis Enrique Chuquimarca
Jiménez, M.Sc.
DOCENTE GUÍA UIC II.



Ing. Óscar Gómez Morales, M.Sc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Carlos Saldaña M.Sc.
DOCENTE ESPECIALISTA.



Ing. Corina Gonzabay, M.Sc.
SECRETARIA DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Componente Práctico del Examen Complexivo con título: **“SIMULACIÓN DE UN SISTEMA SCADA DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE GRANOS DE MAÍZ EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO USANDO PLC, HMI y WONDERWARE INTOUCH”**, elaborado por el estudiante Santos Florencia Robert Moisés, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 18 de junio del 2024.

**OSCAR
WLADIMIR
GOMEZ
MORALES**

Firmado digitalmente por OSCAR
WLADIMIR GOMEZ MORALES
DN: cn=OSCAR WLADIMIR GOMEZ
MORALES gn=OSCAR WLADIMIR
c=EC l=TAMBILLO ou=Certificado
Persona Natural EC (FIRMA)
e=oscargomezmi@yahoo.com
Motivo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2024-06-21 08:38-05:00

Ing. Óscar Wladimir Gómez Morales, M.Sc.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, con todo mi amor y gratitud, les dedico este trabajo de titulación. Ustedes han sido el pilar más importante en mi vida. Gracias por su amor sin límites, su apoyo inquebrantable y por confiar en mí siempre. Sin su orientación y sacrificio, nada de esto se habría hecho realidad. Este logro es tanto mío como de ustedes, pues han sido mi mayor inspiración y motivación para culminar esta etapa. Les estaré eternamente agradecido por todo lo que han hecho por mí.

Robert Moisés Santos Florencia

AGRADECIMIENTO

Estoy profundamente agradecido por el apoyo incondicional que he recibido durante este proyecto académico. En primer lugar, doy gracias a Dios y a mis amados padres, cuyo cariño y respaldo han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante.

Agradezco también a la Señora Rosa González y al Licenciado Freddy Prías, quienes de diversas formas me han brindado su ayuda desde el inicio de este recorrido. A mis queridos amigos y colegas Ingenieros Saul Yagual y Adrián Muñoz, les estoy inmensamente agradecido por su constante aliento, por las palabras de ánimo que me motivaron a continuar, a mis amigas Evelyn R. Suárez y Thaily Muñoz por su invaluable compañía a lo largo de este trayecto. Su confianza en mí ha sido un impulso vital que ha mantenido mi determinación y compromiso en la elaboración de este proyecto.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a los Ingenieros Óscar Gómez Morales y Carlos Saldaña Enderica, quienes me han dedicado su tiempo, me han asesorado y me han orientado técnicamente para desarrollar este trabajo académico en el área de Electrónica y Automatización Industrial.

Robert Moisés Santos Florencia

RESUMEN:

La simulación de un sistema SCADA ofrece una alternativa avanzada para monitorear los métodos de preservación de granos de maíz durante el almacenamiento. El resguardo y conservación de los granos requiere la atención constante de un operador, a fin de evitar mermas. El control del proceso debe mantener la estabilidad en cada etapa industrial. La duración del almacenamiento puede variar, siendo necesario regular el ingreso continuo de producto. El proceso comienza con la llegada de los camiones a la planta, seguido de un análisis de calidad del grano. Si es aprobado, el grano pasa por un sistema de transporte y mecanismos controlados por un PLC (Controlador Lógico Programable) para asegurar la correcta conservación. Antes del almacenamiento en grandes silos, el grano fresco pasa por una cámara de secado y un dispositivo de eliminación de residuos. En los silos, sensores y actuadores controlan el nivel y la temperatura para mantener un ambiente óptimo. Si el grano no se utiliza pronto, se implementa un bucle de conservación que lo mueve de vuelta a la cámara de secado para evitar la pérdida del producto almacenado.

Se implementa un sistema simulado de monitoreo y control SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) utilizando el software Intouch de Wonderware, el cual se enlaza con un autómatas programable (PLC) Siemens S7-1200. Este sistema permite monitorear y controlar de manera integral el ambiente donde se almacena el grano de maíz, teniendo en cuenta múltiples parámetros y variables clave.

Palabras claves: Silo, conservación, SCADA, sensores, actuadores.

ABSTRACT:

The simulation of a SCADA system for the preservation of corn grains during storage allows for advanced supervision. The process begins with grain arrival, a quality analysis, and transportation of the approved grain through a PLC-controlled system. Before storage in silos, the grain passes through a dryer and a waste removal device. In the silos, sensors and actuators control the level and temperature to maintain an optimal environment. If the grain is not used for a long time, a preservation loop is implemented that moves it back to the dryer. The SCADA monitoring and control system, using Wonderware Intouch software and a Siemens S7-1200 PLC, allows comprehensive control of the storage environment.

Keywords: Silo, conservation, SCADA, sensors, actuators.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	16
1.1 ANTECEDENTES	16
1.2 MARCO CONCEPTUAL	17
1.2.1 Sistemas automáticos industriales.....	17
1.2.2 Controladores lógicos programables (PLC).....	17
1.2.3 Sistema HMI	18
1.2.4 Monitoreo SCADA	18
1.2.5 Normas ISA 101	18
1.2.6 Comunicación industrial PROFINET	19
1.3 ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE MAÍZ.....	19
1.3.1 Extracción de muestras de maíz.....	20
1.3.2. Proceso descarga de granos	20
1.3.3 Transporte por cangilones.....	20
1.3.4 Transporte helicoidal	21
1.3.5 Limpieza de granos	22
1.3.6 Secado	22
1.3.7 Control en silos	23
1.3.8 Climatización de silos	26
1.3.9 Despacho por barredora	26
1.4 INSTRUMENTOS PARA LA COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	27
1.4.1 Topología en estrella.....	27
1.4.2 PLC S7-1200 - CPU 1212C AC/DC/RLY.....	28
1.4.3 HMI Siemens TP700 Comfort.....	29
1.4.4 Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) V16	29
1.4.5 Lenguaje SCL	29
1.4.6 Lenguaje KOP.....	29

1.4.7 InTouch.....	30
1.4.8 KEPServerEX	30
1.4.9 Normas ISA-S5.1-84(R-1992) – Diagrama de Tuberías y de Instrumentación.....	31
1.5 IMPORTANCIA Y BENEFICIOS	32
CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL	33
2.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	33
2.2 Metodología del proyecto.....	35
2.3 Componentes de la propuesta.....	36
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	37
2.2.1 Factores intervinientes en la conservación de granos y semillas.....	38
2.3 ESQUEMA GENERAL PARA EL SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE GRANOS DE MAÍZ EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO.....	41
2.4 PROGRAMACIÓN DESARROLLADA PARA EL CONTROLADOR PLC S7 1200 1212C AC/DC/RLY EN TIA PORTAL.....	42
2.4.1 Bloque Main del programa	42
2.4.2 Bloque de función para control automático.....	45
2.4.3 Bloque de función para control manual.....	54
2.4.4 Bloque de función para mantenimiento	55
2.5 CONFIGURACIÓN PARA EL DISEÑO DEL INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA	56
2.6 CONFIGURACIÓN PARA EL DISEÑO DEL SCADA.....	60
2.6 PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA DE LA SIMULACIÓN.....	65
2.6.1. Configuración LOCAL/MANUAL	65
2.6.2. Configuración REMOTO/MANUAL.....	68
2.6.3. Control automático	69
2.7 ESQUEMA ELÉCTRICO PARA LAS INSTALACIONES DE LOS SILOS	74
2.8 DIAGRAMA P&ID DE LOS SILOS PARA ALMACENAMIENTO.....	77
2.9 RESULTADOS	77
2.10 CONCLUSIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE GRANOS DE MAÍZ.	84
ANEXO 2. DIAGRAMA P&ID DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE MAÍZ EN SILOS.....	86

ANEXO 3. DIMENSIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SILO PARA 2500 TONELADAS DE GRANOS DE MAÍZ.....	86
ANEXO 4. DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE MAÍZ EN SILOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Extracción de muestras.	20
Figura 2: Vaciado de producto al granel.	20
Figura 3: Elevador de cangilones.	21
Figura 4: Transportadora helicoidal.	21
Figura 5: Separador por aire en circulación.....	22
Figura 6: Secado de grano por gravedad.	23
Figura 7: Compuerta guillotina.....	24
Figura 8: Sensor de nivel en silo.	24
Figura 9: Sensores de temperatura y humedad.	25
Figura 10. Climatización de silos.	26
Figura 11: Barredora de silo.	27
Figura 12: Red tipo estrella.	28
Figura 13: PLC S7-1200.....	28
Figura 14: HM1 SIEMENS TP700.	29
Figura 15: Ejemplo de programación KOP.	30
Figura 16: OPC KEPServerEX.....	31
Figura 17: Factores intervinientes en la conservación de granos.	39
Figura 18: Isoterma de humedad en especies de granos.....	40
Figura 19. Diagrama topológico del sistema.....	41
Figura 20: Segmento 1 del bloque Main	42
Figura 21: Complementos del segmento 1 del bloque Main.....	43
Figura 22: Segmento 2 del bloque Main	44
Figura 23: Segmento 3 del bloque Main	44
Figura 24: Segmento 1 del control automático.....	45
Figura 25: Segmento 2 del control automático.....	46
Figura 26: Segmento 3 del control automático.....	46
Figura 27: Segmento 4 del control automático.....	47
Figura 28: Segmento 5 del control automático.....	48
Figura 29: Segmento 6 del control automático.....	49
Figura 30: Segmento 7 del control automático.....	49
Figura 31: Segmento 8 del control automático.....	50
Figura 32: Segmento 9 del control automático.....	51
Figura 33: Segmento 10 del control automático.....	52
Figura 34: Segmento 11 del control automático.....	53
Figura 35: Segmento 12 del control automático.....	54
Figura 36: Segmento 1 del control manual.....	54
Figura 37: Segmento 1 del bloque de función mantenimiento.....	55
Figura 38: Imagen de inicio de HMI.	56
Figura 39: Ventana con el menú del HMI.	56

Figura 40: Ventana de procesamiento.	57
Figura 41: Ventana de control manual.	57
Figura 42: Ventana históricos.	58
Figura 43: Ventana para setear valores operativos.	58
Figura 44: Ventana de mantenimiento.	59
Figura 45: Ventana de parámetros de operación.	59
Figura 46. Ventana de iniciar sesión en el SCADA.	60
Figura 47. Ventana para monitoreo de elevador de cangilones.	61
Figura 48. Ventana para monitoreo de la secadora de granos.	62
Figura 49. Ventana para monitoreo de parámetros y estado de silo.	62
Figura 50. Monitoreo de alarmas y rango operativos.	63
Figura 51. Ventana para el cambio de valores en modo remoto.	64
Figura 52. Ventana de control manual/remoto del SCADA.	64
Figura 53. Ventana históricos del SCADA	65
Figura 54. SCADA en modo LOCAL/MANUAL.	66
Figura 55. Interacción con la ventana de mantenimiento del HMI.	66
Figura 56. Interacción con la ventana de controles manuales del HMI.	67
Figura 57. SCADA monitoreando y confirmando la activación manal.	67
Figura 58. Monitor del silo 1 con equipos activados.	68
Figura 59. SCADA en configuración REMOTO/MANUAL.	68
Figura 60. Controles Manuales del SCADA en operación.	69
Figura 61. Encendido de equipo por método remoto.	69
Figura 62. HMI con valores establecidos.	70
Figura 63. Valores establecidos en la ventana de ajustes del SCADA.	70
Figura 64. Inicio de llenado del silo 1 monitoreado por el SCADA.	71
Figura 65. Inicio de llenado de silo 2 monitoreado por SCADA.	71
Figura 66. Enfriamiento del silo monitoreado por SCADA.	72
Figura 67. Calefacción del silo monitoreado por SCADA.	72
Figura 68. Monitoreo de la descarga del silo 1.	73
Figura 69: Diseño eléctrico de las entradas del PLC.	74
Figura 70: Conexiones de la salida del PLC.	75
Figura 71: Diseño eléctrico de las maquinarias empleadas en la planta.	76
Figura 72: Diseño eléctrico para las compuertas de los silos.	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de motor para transportadora helicoidal.	22
Tabla 2: Detalles de compuerta guillotina MOIN.	24
Tabla 3: Detalles del señor ultrasónico para medición de nivel.	25
Tabla 4: Características del sensor temperatura y humedad.....	25
Tabla 5. Características de motor de sistema de refrigeración.	26
Tabla 6: Características del motor para barredora de silo.	27
Tabla 7: Entradas del sistema al PLC. [Fuente:.....	74
Tabla 8: Salidas del PLC relacionas con el sistema.	75

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es uno de los más importantes a nivel regional, el grano es actualmente utilizado por muchas empresas que se dedican a la preparación de diferentes productos para el consumo humano, en cualquier lugar de distribución de víveres se encuentra algún elemento a la venta que tenga como parte de sus ingredientes el maíz, desde hace algún tiempo, el maíz ha estado presente en el campo al ser un producto que se puede cultivar y obtener ganancias dependiendo de cuantos quintales se cosecha.

Existen empresas que para elaborar productos a base de maíz no se encargan del cultivo de este, así mismo algunos comerciantes consiguen el grano en lugares donde se realiza la conservación adecuada del grano.

Antes de realizar un almacenamiento masivo de un producto orgánico, en este caso el grano de maíz se procede a realizar las instalaciones necesarias anteriores y posteriores al almacenamiento. Etapas como la recolección, la distribución, el limpiado de impurezas, el secado; son necesarias y deben estar programadas para tener un buen desempeño en el proceso. Una vez llenado el silo donde se almacena el grano se debe asegurar de mantener un ambiente correcto controlando la humedad para no dañar el grano, caso contrario sería una pérdida irrecuperable.

En el momento de tratar cantidades grandes de este grano se necesita controlar cada máquina que ayuda a llevar el grano desde su recolección a su almacenamiento. Tener un control adecuado de estas máquinas requiere de un estudio de planta para que las operaciones estén siempre disponibles y programadas para ejecutarse en su tiempo necesario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Simular un sistema de SCADA para la conservación de granos maíz controlando su proceso de almacenamiento utilizando softwares de programación y redes industriales que permitan el monitoreo y control de cada etapa para obtener un producto de calidad en cualquier tiempo que se requiera su comercialización.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Estudiar las premisas para garantizar la preservación de la calidad y la seguridad de los granos durante el almacenamiento.
- Seleccionar y controlar los equipos que se requieran en la conservación de granos de maíz analizando los parámetros técnicos correspondientes y rangos de operación.
- Desarrollar la programación en Ladder para el control de las medidas de conservación en el software TIA Portal.
- Desarrollar un interfaz humano – máquina para monitorear las diferentes operaciones del proceso de almacenamiento en la herramienta de TIA Portal.
- Desarrollar una interfaz SCADA para el seguimiento de los procesos correspondientes en la conservación del maíz almacenado en el software INTOUCH.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 ANTECEDENTES

Simular sistemas SCADA es una práctica indispensable que brinda seguridad, eficiencia y sostenibilidad a las operaciones industriales y de infraestructura clave. Estas simulaciones no solo ayudan a evitar problemas y reducir gastos, sino que también mejoran la capacitación del personal y promueven la innovación y el avance tecnológico. Diego Martin Prada efectuó una investigación con el objetivo de realizar un sistema SCADA para optimizar el proceso de producción de la semilla de arroz. La investigación permite mejorar el procesamiento de la semilla de arroz mediante la implementación de un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA). El proceso de producción de la semilla de arroz consta de 6 etapas: recepción de la materia prima, pre - limpiado, secado, selección por peso, mezclado con químicos y almacenamiento. En los resultados de su patente, el sistema SCADA permitirá automatizar el proceso, reducir los tiempos muertos en cada etapa y mejorar la eficiencia del procesamiento. Además, desarrolló un sistema de monitoreo y supervisión centrado en un PLC para facilitar el control de calidad del producto final. La implementación del sistema SCADA en la planta VISTA FLORIDA permite procesar aproximadamente 170 sacos de semillas diarios con una pérdida de solo 5 sacos de materia inerte. Además, se estima una reducción en los costos operativos y de mantenimiento gracias a la restructuración de los puestos de trabajo y al mejor control de los equipos de la planta [1].

En la Universidad Politécnica Salesiana De Guayaquil, Betancur Safla realizó una tesis con el objetivo de implementar un sistema SCADA utilizando el software InTouch y una red Ethernet para supervisar y controlar las variables en el proceso de liofilizado de café. Los PLC instalados usan el protocolo Ethernet para comunicarse con el servidor donde se encuentra el software InTouch, permitiendo el monitoreo y registro histórico de las variables del proceso, lo cual se puede exportar a archivos de Excel para facilitar su uso por parte de los operadores. Gracias a los paquetes de supervisión industrial en la actualidad todo proceso industrial puede ser monitoreado en tiempo real a través de la pantalla de un servidor y a una cierta distancia sin la necesidad de estar presente en el lugar mismo. Uno de los paquetes informáticos que brinda esta gran ayuda es el InTouch de Wonderware. [2]

En el 2017 profesores y alumnos de la Universidad de los Llanos presentaron un sistema automatizado para el almacenamiento y secado del grano de maíz, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC). Este sistema busca mejorar la calidad del grano, evitando el rápido crecimiento del mildiu y la pudrición de las semillas húmedas, así como la proliferación de insectos de almacenamiento como los gorgojos, que se multiplican más rápidamente en granos calientes y húmedos, favoreciendo el desarrollo de hongos. El proyecto se dividió en tres etapas: primero se establecieron las características del sistema, luego se diseñó el controlador y finalmente se validaron los resultados mediante pruebas simuladas. El sistema automatizado que se propone logra reducir de manera significativa el tiempo necesario para el proceso de secado, pasando de días a horas. Además, se obtendrá una notable disminución en la aparición de hongos. La integración de un sistema de visualización a través de una interfaz hombre-máquina (HMI) le permite al usuario del sistema acceder en tiempo real a la información sobre el rendimiento del sistema, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y dinero. [3]

1.2 MARCO CONCEPTUAL

1.2.1 Sistemas automáticos industriales

Son aquellos diseñados para operar, controlar y supervisar procesos industriales de manera automatizada, con el objetivo de aumentar la eficiencia, la productividad y la seguridad en las operaciones industriales. Estos sistemas pueden involucrar una variedad de tecnologías como la informática, la robótica la mecánica [4].

1.2.2 Controladores lógicos programables (PLC)

Dispositivos electrónicos programables utilizados para controlar máquinas y procesos industriales. Los PLC pueden ser programados para realizar una variedad de funciones, como el control de temperatura, el control de dispositivos de accionamiento mecánico o neumático, el monitoreo de sensores, entre otros [5].

1.2.3 Sistema HMI

Los sistemas HMI (Human-Machine Interface, Interfaz Hombre-Maquina) son interfaces que permiten facilitar la supervisión, el control y la operación de equipos y procesos industriales de manera intuitiva y eficiente [6].

1.2.4 Monitoreo SCADA

El sistema SCADA brinda la capacidad de monitorear, controlar y recopilar información en tiempo real sobre los procesos industriales. Es ampliamente utilizado en diversas industrias para optimizar y gestionar eficazmente sus operaciones. [7].

1.2.5 Normas ISA 101

La norma ISA 101, también conocida como ANSI/ISA-101, es una norma establecida por la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) que se enfoca en el diseño y la implementación de interfaces de operador para sistemas de automatización industrial.

Tiene como objetivo mejorar la efectividad del diseño de las interfaces HMI en sistemas de control y automatización industrial, proporcionando directrices claras y prácticas para los diseñadores y usuarios. Se aplica a una amplia gama de sistemas de control y automatización, incluyendo SCADA (Supervisor Control and Data Acquisito), sistemas DCS (Distributed Control Systems) y otros sistemas de control.

Principios de diseño:

- La norma establece una serie de principios de diseño que incluyen la creación de interfaces intuitivas, la presentación clara de la información, el uso adecuado de colores y gráficos, y la consideración de las necesidades y capacidades del operador.
- Proporciona pautas sobre cómo organizar y presentar la información en la interfaz HMI lo que incluye aspectos como la navegación fácil, la consistencia en el diseño y la minimización de la carga cognitiva para facilitar la comprensión y la toma de decisiones por parte del operador
- Ofrece directrices para el diseño de sistemas de alarmas efectivos, incluyendo la priorización de alarmas, la presentación clara de información de alarma y la gestión adecuada de las alarmas para evitar la fatiga del operador.

El diseño de una interfaz usando estándar ISA 101, agiliza el monitoreo de alarmas puesto que el fondo y los elementos forman un bajo contraste, las únicas animaciones que se admiten son para representar escenarios anormales, las cuales deben ser cómodamente identificables [8].

1.2.6 Comunicación industrial PROFINET

PROFINET es un estándar de comunicación industrial utilizado en la automatización y el control de procesos. Es una tecnología de red basada en Ethernet que se emplea principalmente en entornos de fabricación, automatización y control de maquinaria. Permite la comunicación en tiempo real entre diferentes dispositivos industriales, como sensores, actuadores, controladores programables (Pocas), sistemas de visión, etc. Esto facilita la integración de todos los componentes de un sistema de automatización en una red común, lo que mejora la eficiencia, la flexibilidad y la interoperabilidad de los sistemas de control [9].

1.3 ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE MAÍZ

Los granos de maíz se deben conservar en un lugar seco, fresco y ventilado. Es importante mantener los granos alejados de la luz solar directa. Es crucial garantizar que los granos se encuentren totalmente secos antes de proceder con su almacenamiento. Los granos húmedos pueden desarrollar hongos y moho, que pueden afectar la calidad y la cantidad de los granos. Se recomienda almacenar los granos de maíz en contenedores herméticos para ayudar a prevenir la pérdida de peso y el desarrollo de bacterias.

Los silos son depósitos para almacenar granos, harina, semillas, frijoles, arroz, maíz y otros productos agrícolas a granel. Estos depósitos se construyen con materiales resistentes a la corrosión y a los cambios de temperatura. Estos materiales pueden ser: acero galvanizado, acero inoxidable, aluminio, plástico, fibra de vidrio o concreto. Estos silos pueden ser horizontales, verticales o de cono y se utilizan para almacenar los alimentos y evitar la pérdida de estos. Los silos se pueden instalar dentro o fuera de edificios, lo que depende de la cantidad de producto a almacenar. Estos contenedores también cuentan con equipos para controlar los niveles de los productos dentro del silo, así como sistemas de seguridad para evitar fugas o escapes [10].

1.3.1 Extracción de muestras de maíz

Normalmente un silo para el almacenamiento de granos de maíz está hecho para recibir al menos 2400 toneladas de producto al día, el cargamento llega en camiones de personal que ha realizado la cosecha en el campo, se utiliza un muestreador o bayoneta, esta se clava para extraer una porción del maíz que será llevada al laboratorio donde se obtendrá el porcentaje de humedad [11].



Figura 1: Extracción de muestras. [12]

1.3.2. Proceso descarga de granos

Dependiendo de la estructura de la empresa, la entrada del grano se realiza en un área de descarga, el camión vacía el producto en una fosa, Esta tendrá en la entrada una zaranda para realizar la primera limpia donde se eliminarán algunos restos de cosecha como palos hojas y ramas [13].



Figura 2: Vaciado de producto al granel. [14]

1.3.3 Transporte por cangilones

En la parte superior de la fosa en donde se descarga el grano se encuentra un sistema de transporte de producto vertical llamado cangilones. Los elevadores de cangilones son un tipo de ascensor de carga que se utiliza para transportar productos a granel por medio de un sistema mecánico. Estos elevadores consisten en una serie de cangilones, que son unos recipientes cilíndricos conectados entre sí por cadenas o correas. El funcionamiento de los

elevadores de cangilones se basa en la acción de un motor eléctrico, que mueve las cadenas o correas con los cangilones conectados entre sí. Estos cangilones se mueven de forma continua y sin interrupción desde la parte inferior del sistema hasta la parte superior, transportando el material a granel desde un punto a otro. La capacidad para una industria promedio es de 120 toneladas por hora [15].

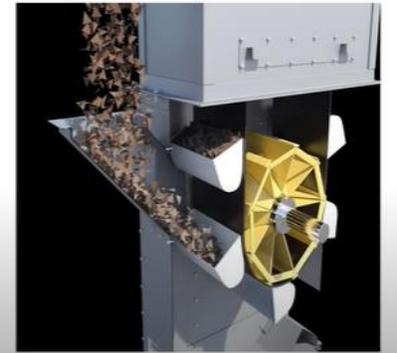


Figura 3: Elevador de cangilones. [16]

1.3.4 Transporte helicoidal

Las transportadoras helicoidales, también conocidas como transportadores de tornillo sinfín o simplemente tornillos sinfín, son dispositivos utilizados para transportar materiales a granel de forma continua dentro de un sistema de manejo de materiales. Estos transportadores son muy comunes en diversas industrias debido a su eficiencia y versatilidad en el movimiento de materiales sólidos, granulares o en polvo [17].



Figura 4: Transportadora helicoidal. [18]

El motor de las transportadoras helicoidal debe tener características a prueba de explosión y ser proyectado especialmente para operar en ambientes con presencia de atmosfera explosivas. La máquina SD002183CQA es un Motor trifásico 2 hp 1800rpm Web carcasa hierro presenta las siguientes características.

MARCA	WEG	REFERENCIA	SD002183CQA - 15331311
POTENCIA	15HP	VELOCIDAD	1800 RPM
VOLTAJE	220/440 VOLTIOS	CORRIENTE NOMINAL	38.6 – 19.3 AMPERIOS
CARCASA	HIERRO – 90L		

Tabla 1: Características de motor para transportadora helicoidal. [18]

1.3.5 Limpieza de granos

El maíz se somete a tamizado o cribado para eliminar impurezas más pequeñas, como polvo, arena, granos rotos u otros materiales más finos o es enviado a una cámara sopladora para eliminar restos pequeños, granos muy livianos o cualquier otro material que no sea parte del producto procesado que podrían afectar la calidad del producto final [19].



Figura 5: Separador por aire en circulación. [20]

1.3.6 Secado

El secado de granos de maíz es un proceso crucial en la cadena de producción agrícola, especialmente en regiones donde las condiciones climáticas no permiten que el maíz se seque naturalmente en el campo. El objetivo del secado es reducir el contenido de humedad de los granos a un nivel seguro que evite la proliferación de mohos y hongos durante el almacenamiento. Uno de los métodos más comunes y eficientes para secar granos de maíz es

el secado con aire caliente utilizando secadoras de grano por gravedad que emplean corrientes de aire caliente para evaporar la humedad de los granos. Los granos se colocan en una cámara donde se dirige el aire caliente a través de ellos, extrayendo la humedad y evaporándola al exterior. Este proceso puede controlarse cuidadosamente para garantizar que los granos se sequen hasta el nivel de humedad deseado. [21]



Figura 6: Secado de grano por gravedad. [22]

1.3.7 Control en silos

Una vez realizado todo el proceso anterior, el siguiente paso es solo la ubicación del grano en el lugar correspondiente abriendo compuertas neumáticas desde una interfaz, el instrumento mayormente utilizado en la descarga de productos al granel es la compuerta tipo guillotina.

Las compuertas de guillotina funcionan como dispositivos que pueden abrirse y cerrarse para controlar el flujo de materiales sólidos, como gránulos, polvos o productos a granel. Al abrir la compuerta, se permite que los materiales fluyan hacia abajo por gravedad o mediante un transportador. Al cerrarla, se detiene el flujo, lo que es útil para regular el llenado de contenedores, evitar derrames o interrumpir el flujo durante operaciones de mantenimiento. [23]

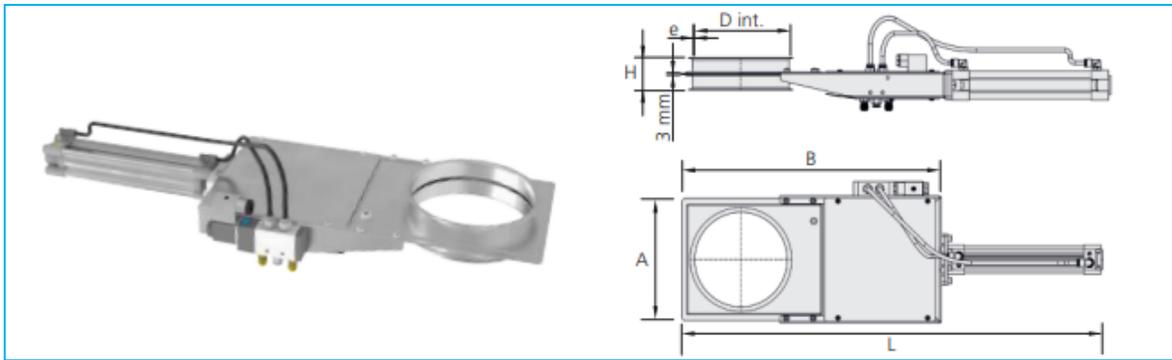


Figura 7: Compuerta guillotina. [24]

Las compuertas neumáticas MOIN se usan para controlar el flujo de materiales que se desplazan por gravedad. Estas válvulas se instalan en la salida de silos, cintas transportadoras y en la entrada de sistemas de descarga.

D INT.	400 mm	CILINDROS	1
MODELO	ISO 32	FUERZA TOTAL	965 N
GALVANIZADO REF.	40110567	VOLTAJE	24 VDC

Tabla 2: Detalles de compuerta guillotina MOIN. [24]

Los silos son construidos a base de la cantidad de material que puede almacenar la planta, las medidas de las estructuras que guardan el grano de maíz dependen de las toneladas que reciben. Por lo que si se requiere controlar el nivel de estos deposito indispensablemente se debe contar con un sensor de nivel tipo ultrasónico. [25]



Figura 8: Sensor de nivel en silo. [26]

El sensor ultrasónico de 20 metros de distancia con un pequeño espacio de instalación presenta las siguientes características.

TIPO	IMPERMEABLE SENSOR ULTRASÓNICO	RANGO DE NIVEL	5M 10M 15M...70M SENSOR ULTRASÓNICO
TIPO DE SALIDA DE SEÑAL	TIPO ANALÓGICO	CERTIFICACION	CE
PRECISION	0,25%-0,5% F.S.	ÁREA CIEGA	0,2-0,6M (SEGÚN DIFERENTES RANGOS Y SENSORES
MODELO	UE3001	ALIMENTACIÓN	120 VAC

Tabla 3: Detalles del sensor ultrasónico para medición de nivel. [26]

Uno de los retos más importantes en el almacenamiento es obtener las medidas de temperatura y humedad. Actualmente se han fabricado diversos sensores para obtener un valor promedio de estos parámetros. Los más conocidos son de tipo sonda, cabe recalcar que se trata de un producto solido donde hay que obtener medidas en diferentes lugares de la estructura de almacenamiento. [27]

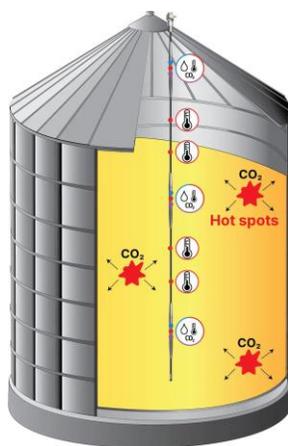


Figura 9: Sensores de temperatura y humedad. [28]

El cable de sensor de temperatura y humedad. Presenta las siguientes características:

Aplicaciones	Para silos de granos	Longitud del cable	30 m
Rango de temperatura	-20 a 70 de C	Alimentación	120 VAC

Tabla 4: Características del sensor temperatura y humedad. [28]

1.3.8 Climatización de silos

El sistema de aireación de los silos es fundamental para la conservación de granos almacenados. Permite controlar la temperatura y humedad dentro de los silos, manteniendo un entorno óptimo y evitando la proliferación de plagas y microorganismos.

Por otro lado, el sistema de refrigeración móvil es una tecnología avanzada que preserva la calidad y frescura de los granos durante su almacenamiento y transporte. Este sistema toma el aire exterior y lo convierte en aire frío con condiciones controladas de temperatura y humedad, que se inyecta en el silo a través de los conductos de ventilación. [29]

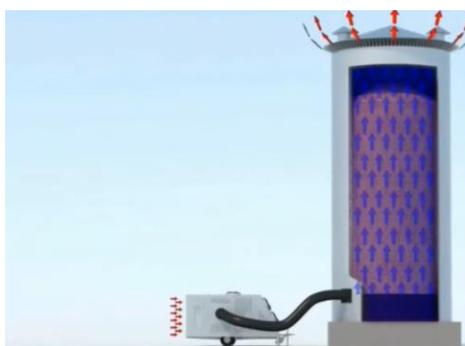


Figura 10. Climatización de silos. [30]

Las características del sistema de refrigeración se presentan en la siguiente tabla.

MARCA	CEREALTEC	POTENCIA DE MOTOR	15 HP
TENCIÓN	440	CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN	6,75kw a 77kw
RPM	1735	REFRIGERANTE	R22

Tabla 5. Características de motor de sistema de refrigeración. [30]

1.3.9 Despacho por barredora

El dispositivo limpiador de silos es una herramienta esencial para los silos de gran diámetro y base plana, ya que permite retirar con eficacia los restos de material después de la descarga natural. Al girar 360° dentro del silo, este dispositivo barre los materiales restantes hasta el punto central de vaciado. Las barredoras de silos están disponibles en tamaños modulares y

capacidades variables, son utilizados para productos de fácil fluidez como: maíz, frijol, soya, trigo, cebada, etc. [31]



Figura 11: Barredora de silo. [32]

Las características del motor de la barredora de silo se presentan en la siguiente tabla.

MARCA	WEG	POTENCIA	10 HP
TENCIÓN	440	TIPO DE CARCASA	100L
RPM	1800	POLOS	4

Tabla 6: Características del motor para barredora de silo. [32]

1.4 INSTRUMENTOS PARA LA COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

La comunicación industrial por redes es un aspecto fundamental en la automatización y el control de procesos en entornos industriales. Este tipo de comunicación permite la interconexión de diversos dispositivos, sistemas y equipos presentes en las instalaciones industriales, facilitando así el intercambio de datos y la coordinación de operaciones en tiempo real.

1.4.1 Topología en estrella

La topología en estrella es un diseño comúnmente utilizado en redes de comunicación, tanto en entornos industriales como en redes de computadoras convencionales. En este tipo de estructura de red, cada dispositivo se conecta a un punto central, llamado concentrador o

conmutador, de manera que todos los elementos de la red se interconectan a través de dicho nodo central. [33]

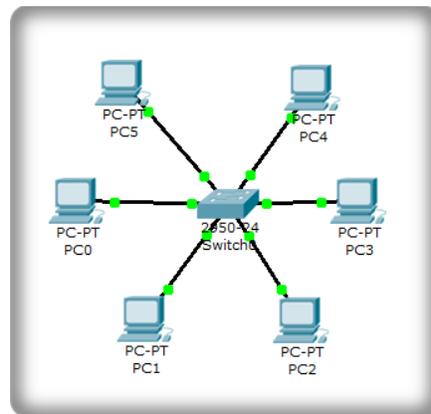


Figura 12: Red tipo estrella. [34]

1.4.2 PLC S7-1200 - CPU 1212C AC/DC/RLY

El controlador Siemens S7-1200 es un PLC (controlador lógico programable) diseñado específicamente para aplicaciones de automatización industrial de pequeña a mediana escala. Forma parte de la línea SIMATIC S7, ampliamente utilizada en diversos sectores industriales a nivel mundial, ofreciendo un rendimiento sólido en un formato compacto. Está concebido para adaptarse a una amplia gama de necesidades, desde aplicaciones sencillas hasta más complejas, lo que lo convierte en una solución escalable. Está construido de manera robusta para resistir las condiciones adversas típicas de los entornos industriales, garantizando un funcionamiento fiable y sin problemas incluso en los entornos más exigentes. [35]



Figura 13: PLC S7-1200. [36]

1.4.3 HMI Siemens TP700 Comfort

El panel táctil Siemens TP700 Comfort forma parte de la serie SIMATIC HMI, diseñados específicamente para la supervisión y control de procesos industriales. Con su pantalla de 7 pulgadas, este dispositivo brinda una visualización detallada de datos y gráficos, pero además se adapta a espacios de montaje reducidos. Además, ofrece diversas opciones de conectividad, como puertos Ethernet y USB integrados, permitiendo así la comunicación con otros equipos, sistemas SCADA, redes industriales y soluciones informáticas. [37]



Figura 14: HMI SIEMENS TP700. [38]

1.4.4 Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) V16

La versión 16 del software de ingeniería TIA Portal, creada por Siemens, facilita la configuración, programación y diagnóstico de sistemas de automatización industrial. Esta herramienta integral es ampliamente adoptada en la industria, ya que permite a los ingenieros desarrollar soluciones de automatización y control de manera eficiente, abarcando todo el ciclo del proyecto. [39]

1.4.5 Lenguaje SCL

El lenguaje SCL (Structured Control Language) en el TIA Portal es un lenguaje de programación estructurado utilizado para la programación de controladores SIMATIC de Siemens. SCL es similar a los lenguajes de programación de alto nivel como C o Pascal, y se utiliza para implementar algoritmos complejos y funciones personalizadas en proyectos de automatización industrial. [40]

1.4.6 Lenguaje KOP

El lenguaje KOP (Control en Contactos) en el TIA Portal es un tipo de lenguaje de programación gráfica utilizado para programar controladores SIMATIC de Siemens. KOP se

basa en la notación de diagrama de contactos y se utiliza comúnmente en la programación de PLCs en entornos industriales [40].

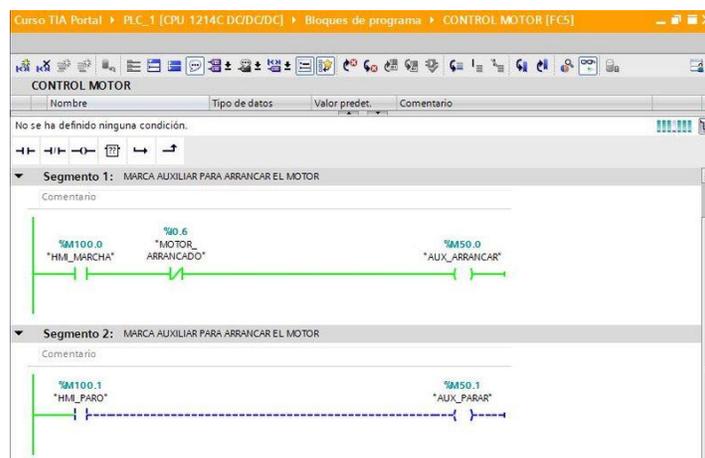


Figura 15: Ejemplo de programación KOP. [41]

1.4.7 InTouch

Es un software de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) desarrollado por Wonderware, una subsidiaria de AVEVA. Este software proporciona capacidades avanzadas de supervisión, control y adquisición de datos para una amplia gama de aplicaciones industriales. Su interfaz gráfica intuitiva, conectividad de dispositivos, comunicación en tiempo real y funciones de seguridad hacen de InTouch una opción popular entre los profesionales de la automatización y el control industrial. [42]

1.4.8 KEPServerEX

Es una plataforma de servidor de conectividad industrial poderosa y versátil que facilita la integración de datos de dispositivos industriales en sistemas de software de nivel superior. Su amplio soporte de dispositivos y protocolos, su interfaz de configuración intuitiva, su flexibilidad y escalabilidad, y sus características de seguridad hacen de KEPServerEX una opción popular entre los profesionales de la automatización y la integración de sistemas industriales. [43]

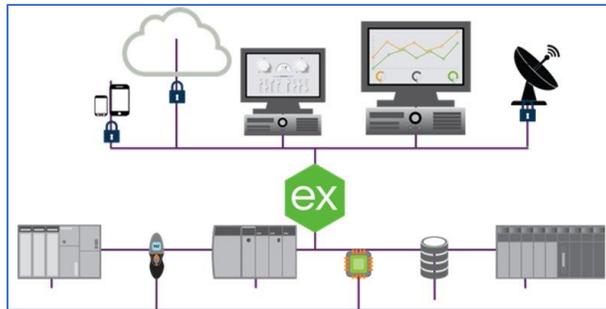


Figura 16: OPC KEPServerEX. [44]

1.4.9 Normas ISA-S5.1-84(R-1992) – Diagrama de Tuberías y de Instrumentación

Es una norma publicada por la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) que establece las convenciones y prácticas recomendadas para el diseño de diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID). Esta norma proporciona directrices estandarizadas para la representación gráfica de equipos, instrumentación, tuberías y otros elementos en los P&ID, lo que facilita la interpretación y comprensión de estos diagramas por parte de los profesionales de la ingeniería y la industria. [45]

Un diagrama de tuberías y de instrumentación (P&ID, por sus siglas en inglés) es un tipo de esquema utilizado en ingeniería para mostrar los detalles de un sistema de tuberías y los dispositivos de control relacionados. Este diagrama es fundamental en la industria de procesos, donde se emplea para planificar, diseñar, construir y mantener instalaciones industriales, como plantas químicas, refinerías y plantas de tratamiento de agua, entre otras.

Los elementos clave de un P&ID incluyen:

- Las tuberías, que representan las líneas físicas que transportan fluidos (líquidos, gases, vapores, etc.) a través del sistema. Las líneas en el diagrama indican la dirección del flujo, el diámetro de la tubería, el tipo de material y cualquier otra información relevante sobre las características de la línea.
- Los equipos y maquinaria, como bombas, tanques, intercambiadores de calor, calderas y válvulas, que se representan mediante símbolos gráficos estandarizados. Cada símbolo representa un tipo específico de equipo y puede incluir información sobre su capacidad, función y especificaciones técnicas.

- Los instrumentos de control, como sensores de temperatura, medidores de presión, caudalímetros, controladores de nivel y válvulas de control, que también se representan mediante símbolos gráficos en el P&ID.
- Los diversos tipos de válvulas, como las de globo, compuerta, bola y mariposa, se representan mediante iconos en el diagrama P&ID. Estas válvulas se instalan en las tuberías para regular el flujo de los fluidos, de acuerdo con su función y posición en el proceso. Además, el diagrama P&ID incluye etiquetas y anotaciones que proporcionan información adicional sobre los componentes, como el nombre del equipo, la identificación de la línea, las condiciones de diseño, los materiales de construcción y otras especificaciones técnicas relevantes. Asimismo, el diagrama cuenta con una leyenda que explica los símbolos y códigos utilizados, facilitando su interpretación por parte de ingenieros, operadores y personal de mantenimiento.

1.5 IMPORTANCIA Y BENEFICIOS

Las simulaciones SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) de procesos industriales brindan beneficios cruciales para mejorar la eficiencia, seguridad y rendimiento de las operaciones industriales. Estas simulaciones permiten a los ingenieros probar y optimizar la planta antes de realizar cualquier cambio en la estructura de la planta, lo que ayuda a identificar y corregir problemas, reduciendo costos y tiempo. Las simulaciones proporcionan una plataforma segura para evaluar el rendimiento del sistema en diversas condiciones, realizar análisis de seguridad y ofrecer capacitación práctica al personal. Además, permiten evaluar y verificar el impacto de modificaciones y mejoras en el sistema, minimizando riesgos. En resumen, las simulaciones SCADA son una herramienta valiosa para optimizar el diseño, evaluar el rendimiento, analizar la seguridad, capacitar al personal y validar cambios, mejorando la eficiencia, seguridad y confiabilidad de las operaciones industriales.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Esta propuesta se centra en el desarrollo de un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) simulado en el software InTouch para monitorear el proceso de conservación de los granos de maíz almacenados en los silos. El primer paso es analizar las diferentes etapas por las que pasa la materia prima antes de ser almacenada. La cosecha del maíz se realiza en el momento óptimo de maduración para asegurar la máxima calidad del grano, siendo crucial evitar daños mecánicos durante este proceso. Luego, se procede a secar el maíz hasta alcanzar un contenido de humedad adecuado, generalmente entre 13-15%, para prevenir el crecimiento de moho y la actividad de insectos, utilizando secadores mecánicos si fuera necesario. Posteriormente, se limpian los granos de maíz para eliminar impurezas como polvo, tierra, residuos vegetales y granos dañados, mediante máquinas de limpieza específicas. Finalmente, en la preparación del silo, se limpia el interior para eliminar residuos de almacenamientos anteriores y prevenir contaminaciones, e inspeccionar y reparar cualquier daño estructural o fuga. Monitorear constantemente los niveles de humedad del grano almacenado es crucial. Utilizar sistemas de ventilación y secado ayuda a mantener la humedad en rangos seguros. Además, supervisar la temperatura dentro del silo es clave para evitar el sobrecalentamiento, lo cual podría propiciar el desarrollo de microorganismos y plagas. Por último, al momento de extraer el grano, emplear equipos de extracción apropiados es fundamental para preservar la integridad del producto.

Una vez que se han analizado las etapas postcosecha, se procede a estudiar las maquinarias que se implementarán en una planta de conservación de maíz. Este estudio incluye la identificación de los elementos actuadores y de monitoreo necesarios para el correcto funcionamiento de la planta. El objetivo es determinar qué valores o parámetros se obtendrán a partir de los sensores instalados, y qué señales se deberán enviar para controlar los diferentes componentes de la maquinaria. De esta manera, se podrá representar el proceso completo en un diagrama P&ID (Piping and Instrumentation Diagram), que es una herramienta fundamental en el diseño y documentación de plantas industriales.

Cuando se obtenga una idea general del proceso de conservación de granos de maíz y los instrumentos que se utilizan, es indispensable recrear un diagrama de flujo en la etapa de almacenamiento tomando en cuenta los factores importantes para una correcta conservación. Este diagrama de flujo debe incluir todos los pasos clave, desde la limpieza y selección de los granos hasta las técnicas de almacenamiento y monitoreo. El diagrama de flujo también debe considerar las condiciones ambientales del lugar de almacenamiento, como la temperatura, humedad relativa y ventilación. Estos factores tienen un impacto directo en la conservación de los granos a largo plazo.

En una planta industrial, se utiliza un Controlador Lógico Programable (PLC) para manejar cada instrumento y sistema de la instalación. En la etapa de almacenamiento y control de conservación, se manipulan diversos elementos clave para asegurar el correcto funcionamiento y la eficiencia del proceso. Por ejemplo, controlar las compuertas que regulan el flujo de los materiales a través de la planta. Las bandas helicoidales se encargan de transportar y mover los productos a lo largo de las diferentes áreas de almacenamiento. Las barredoras de silo se utilizan para mantener limpios y despejados los silos de almacenamiento, evitando la acumulación de residuos. Además, el sistema de ventilación cumple un papel fundamental, manteniendo las condiciones ambientales adecuadas para preservar la integridad y calidad de los productos almacenados. Todos estos sistemas están integrados y coordinados a través del PLC programado, el cual monitorea constantemente las variables clave del proceso y ajusta los parámetros de funcionamiento según sea necesario. De esta manera, se garantiza un control preciso y una gestión eficiente de todo el proceso de almacenamiento y conservación en la planta industrial.

Para un mejor monitoreo y control de los procesos en la etapa de almacenamiento, se implementa un sistema de interfaz hombre-máquina (HMI) que permite supervisar en tiempo real los diferentes componentes y variables del sistema. Este HMI se integra con un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) que recopila y procesa los datos generados, permitiendo tanto un control local como remoto de las operaciones.

2.2 Metodología del proyecto

Para el desarrollo del sistema automatizado se decidió emplear una metodología evolutiva. Esta estrategia se divide en tres etapas clave: análisis, diseño y pruebas. Al utilizar este enfoque, se busca crear un sistema que pueda adaptarse y evolucionar a medida que surgen nuevas necesidades o requisitos. Esta metodología permite una mayor flexibilidad y adaptación a los cambios que puedan surgir a lo largo del proyecto, ya que brinda la posibilidad de regresar a una fase anterior si se detecta alguna inconsistencia o error, o si se desea mejorar algún aspecto del sistema. De esta manera, se puede garantizar que el resultado final cumpla con los requisitos de manera eficiente.

El método inductivo es una estrategia de enseñanza y aprendizaje que permite a los estudiantes relacionar diversos conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica. En el caso del desarrollo de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), este enfoque resulta de gran utilidad, ya que permite integrar los conceptos y habilidades aprendidos en asignaturas como Automatización, Teoría de Control, Electrónica Industrial e Instrumentación.

Por otra parte, se emplea el uso de la Investigación Diagnóstica como una herramienta fundamental en el proceso de validación y comprobación de los sistemas de automatización. Esta técnica permite realizar una evaluación secuencial y exhaustiva de cada una de las operaciones programadas, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento antes de su implementación en el sistema real. Para ello, se utiliza el simulador de procesos que ofrece el componente lógico de desarrollo de funciones e instrucciones del software de automatización TIA Portal. Este entorno de simulación permite recrear virtualmente el comportamiento del sistema, emulando todas las variables y señales involucradas, sin necesidad de intervenir directamente sobre los equipos físicos.

Se llevará a cabo una extensa investigación bibliográfica para consolidar los conceptos, principios y fundamentos relacionados con los dispositivos y equipos que se utilizarán en el diseño y simulación del sistema automatizado para la conservación de granos de maíz. Esta investigación incluirá consultas exhaustivas en secciones de libros físicos, así como en publicaciones digitales de revistas científicas y tesis de repositorios institucionales.

2.3 Componentes de la propuesta

En la interfaz SCADA se toma en cuenta un silo de tipo base plana para almacenar 2500 toneladas de granos de maíz, estos silos son amplios normalmente de unos 15 metros de diámetro y 20 metros de altura. Normalmente en cada planta se recomienda tener al menos 2 silos. Un ejemplo de plano para la construcción de estos silos se encuentra en el anexo 3.

El sistema de conservación de granos de maíz almacenado en silos consta de varias etapas cuidadosamente diseñadas para mantener la calidad y la integridad del producto. Cuando el elevador de cangilones comienza a funcionar, eleva el maíz a una altura establecida, y luego las cintas transportadoras helicoidales lo conducen hasta las compuertas tipo guillotina. Allí, el maíz cae por gravedad, llenando los silos. Un sensor ultrasónico monitorea constantemente el nivel de llenado de cada silo, de manera que cuando uno se llena, la compuerta correspondiente se cierra automáticamente y se abre la del siguiente silo, continuando así el proceso de llenado.

Una vez que el maíz se encuentra almacenado en los silos, un sofisticado sistema de control de temperatura y humedad se encarga de mantener las condiciones climáticas óptimas para su conservación. Sensores estratégicamente ubicados monitorean estos parámetros y activan de forma automática el sistema de ventilación cuando es necesario, garantizando así que el producto permanezca en excelente estado durante el almacenamiento.

Cuando llega el momento de la descarga, las compuertas inferiores de los silos se abren, permitiendo que el maíz caiga por gravedad. Adicionalmente, se cuentan con barredoras de silo que ayudan a extraer la mayor cantidad posible de granos, asegurando un vaciado eficiente.

En caso de que el maíz requiera ser sometido de nuevo al proceso de secado, el sistema cuenta con un sistema de conserva que permite repetir el proceso de postcosecha, manteniendo la calidad y evitando pérdidas.

Todas estas etapas del proceso de almacenamiento y conservación de granos de maíz se encuentran integradas y controladas por un sistema automatizado compuesto por un PLC (Controlador Lógico Programable), un HMI (Interfaz Hombre-Máquina) y un SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), asegurando así la eficiencia, la seguridad y la trazabilidad del sistema.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

El objetivo de la presente propuesta es diseñar y simular un sistema de conservación de granos de maíz almacenados en silos. Para ello, se emplearán software que permitan programar instrucciones y funciones que se implementarán sobre los componentes físicos del sistema. Además, se aplicará una red industrial que posibilitará el control y monitoreo de las variables operativas en un subproceso, con la finalidad de mantener la calidad del producto.

El insumo principal, es decir, los granos de maíz, es el resultado de varias etapas previas, las cuales requieren de un análisis técnico exhaustivo para lograr una operación automatizada de los procesos de la planta. Del mismo modo, se contempla el diseño de una interfaz entre el operador y el sistema automatizado, que forma parte integral de la planta industrial.

El desarrollo de este diseño implica un estudio operativo detallado del funcionamiento de los equipos que integran la etapa de almacenamiento. Específicamente, se considerarán las características físicas del insumo, como su temperatura y humedad, las cuales serán representadas mediante la variación de señales analógicas de entrada. Asimismo, la simulación de señales discretas provenientes de sensores digitales permitirá la activación y operación de los equipos eléctricos, a través de la programación de funciones en el controlador lógico robusto.

Es importante destacar que el diseño y simulación del sistema de conservación de granos de maíz almacenados en silo es un proceso integral que involucra el análisis de los diferentes componentes y subprocesos, con el objetivo de optimizar la eficiencia, la calidad del producto y la seguridad operativa de la planta industrial.

El sistema automatizado será monitoreado a través de una interfaz hombre-máquina (HMI) y un sistema de control y adquisición de datos (SCADA). La HMI permitirá a los operadores interactuar con el sistema de manera intuitiva y visual, permitiéndoles controlar y monitorear los diferentes procesos en tiempo real. Por otro lado, el sistema SCADA recopilará y analizará los datos generados por el sistema automatizado, proporcionando información valiosa sobre el rendimiento, la eficiencia y cualquier anomalía que pueda surgir. Esto

permitirá a los responsables tomar decisiones informadas y realizar ajustes en el sistema para optimizar su funcionamiento.

2.2.1 Factores intervinientes en la conservación de granos y semillas

Analizar los factores que intervienen en la conservación de los granos es fundamental para mantener su calidad y evitar pérdidas. Algunos de estos factores se pueden controlar, mientras que otros no son modificables. Por un lado, se tiene cierta capacidad de intervenir y modificar algunos elementos clave como controlar la carga microbiana mediante técnicas de limpieza y desinfección adecuadas. También se necesita limitar la presencia de insectos a través de un manejo integrado de plagas, que incluye la implementación de barreras físicas, el uso de trampas y la aplicación de tratamientos de fumigación cuando sea necesario. Asimismo, regular la humedad del entorno de almacenamiento, ajustando la ventilación y la climatización. Del mismo modo, se puede modificar la atmósfera de conservación, ya sea a través de la inyección de gases inertes o la reducción del oxígeno, lo cual ralentiza los procesos de deterioro. Además, de poder minimizar la presencia de impurezas y reducir el daño mecánico durante las diferentes etapas de manipulación de los granos.

Por otro lado, hay factores que escapan a nuestro control directo, como la historia previa de los granos y su composición genética. Estos aspectos ya han sido determinados antes de que los granos lleguen a la etapa de almacenamiento, y no se pueden intervenir sobre ellos. En cuanto a la temperatura y el tiempo de conservación, si bien se tiene cierta capacidad de regulación, esta es limitada. Factores como la eficiencia de los sistemas de refrigeración o el control del tiempo de almacenamiento pueden influir en la preservación de la calidad de los granos, pero existen límites en cuanto a la magnitud de los cambios que se puedan lograr.



Figura 17: Factores intervinientes en la conservación de granos. [1]

El contenido de humedad en las semillas es fundamental para mantenerlas en buen estado. Un mayor contenido de humedad aumenta la actividad fisiológica de la semilla, lo que acelera su envejecimiento y el consumo de sus reservas nutricionales. Sin embargo, un exceso de humedad también incrementa la actividad microbiana, lo que puede llevar al deterioro de la semilla. Por lo tanto, es necesario mantener un equilibrio en el contenido de humedad para preservar la calidad de las semillas

La temperatura es un factor clave para la conservación de semillas. A mayor temperatura, se acelera la respiración y el consumo de reservas de las semillas. Temperaturas muy altas, de 40-45°C, pueden dañar gravemente la viabilidad y vigor de las semillas. Además, las altas temperaturas afectan el desarrollo de microorganismos e insectos, especialmente cuando se combinan con alta humedad.

Para entender que humedad es segura o insegura para almacenamiento se presenta una isoterma donde se toma en cuenta la humedad del grano en función de la humedad relativa del ambiente, se considera que la humedad llega a un punto de equilibrio considerando los factores ambientales y como muestra la figura 18, la humedad de almacenaje seguro para

granos de maíz esta entre el 14% y 15% de humedad, en esos parámetros la humedad del ambiente del silo llega a un punto de 67% de humedad relativa.

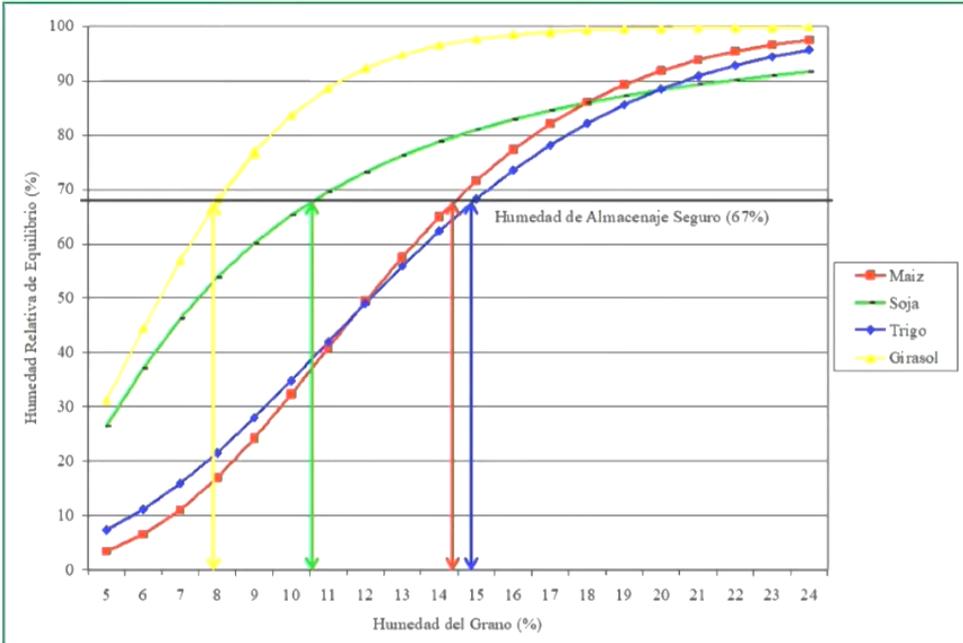


Figura 18: Isoterma de humedad en especies de granos. [1]

2.3 ESQUEMA GENERAL PARA EL SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE GRANOS DE MAÍZ EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO

Para implementar eficazmente un sistema de conservación de granos de maíz almacenados en silos, se deben considerar varios aspectos de comunicación industrial. La red PROFINET facilita la comunicación entre el PLC Siemens, el HMI y la computadora donde se programa el SCADA. Dado que InTouch es un programa diferente a los instrumentos de Siemens, se requiere un enlace mediante un programa OPC compatible, como KEPServerEX.

Además, los instrumentos de medición en los silos se encuentran a una distancia considerable del panel de control, por lo que se utiliza una red de comunicación industrial MODBUS que integra diversos sensores para la transmisión de datos. Por ejemplo, el sensor ultrasónico FST700-CS02 ofrece comunicación RS485/R232 y puede medir niveles de hasta 50 metros. Asimismo, la sonda sensor AIO puede emplearse como solución de supervisión en un silo, monitoreando la temperatura y humedad, y tiene la ventaja de incluir comunicación MODBUS.

Finalmente, la conexión de todo este sistema se muestra en la figura 19, formando una red con topología de estrella.

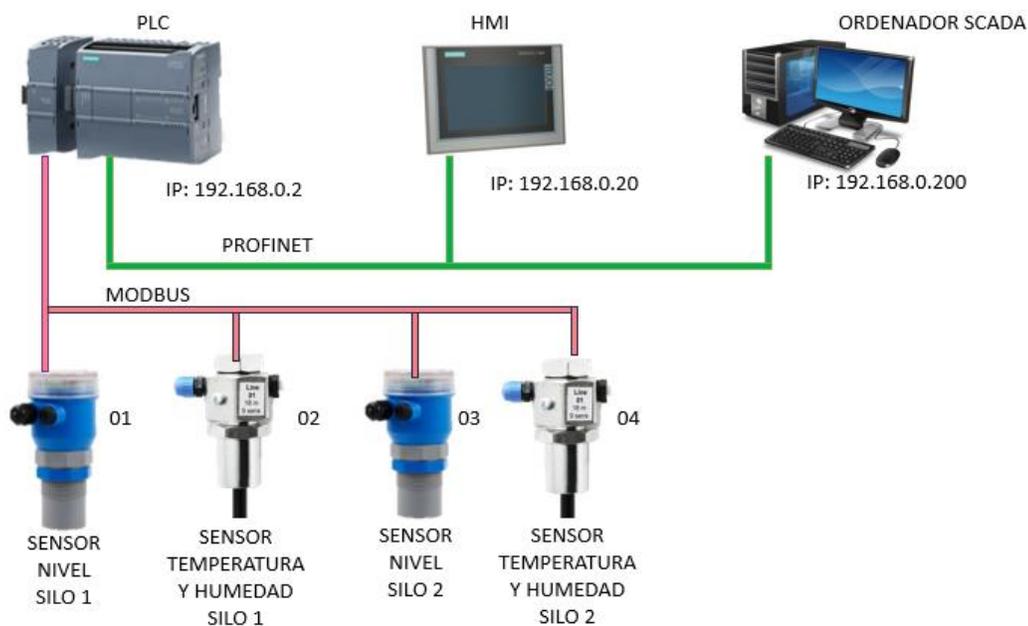


Figura 19. Diagrama topológico del sistema. [Fuente: Autor]

2.4 PROGRAMACIÓN DESARROLLADA PARA EL CONTROLADOR PLC S7 1200 1212C AC/DC/RLY EN TIA PORTAL

Para el desarrollo del programa en TIA PORTAL, se crean cuidadosamente las variables necesarias para cada uno de los segmentos operables. Estas variables permiten controlar y monitorizar las diferentes funcionalidades del sistema.

2.4.1 Bloque Main del programa

Este presenta varios segmentos que cumplen con funciones específicas:

En el segmento 1 se encuentran las variables fundamentales para determinar el modo de operación del sistema, es decir, si se encuentra en modo remoto o local. Estas variables permiten al usuario o al sistema de control tomar decisiones en función del modo de trabajo seleccionado. Además, como se muestra en la figura 20, en este segmento se definen las variables de marcha y paro, las cuales controlan el arranque y la detención de todo el programa.

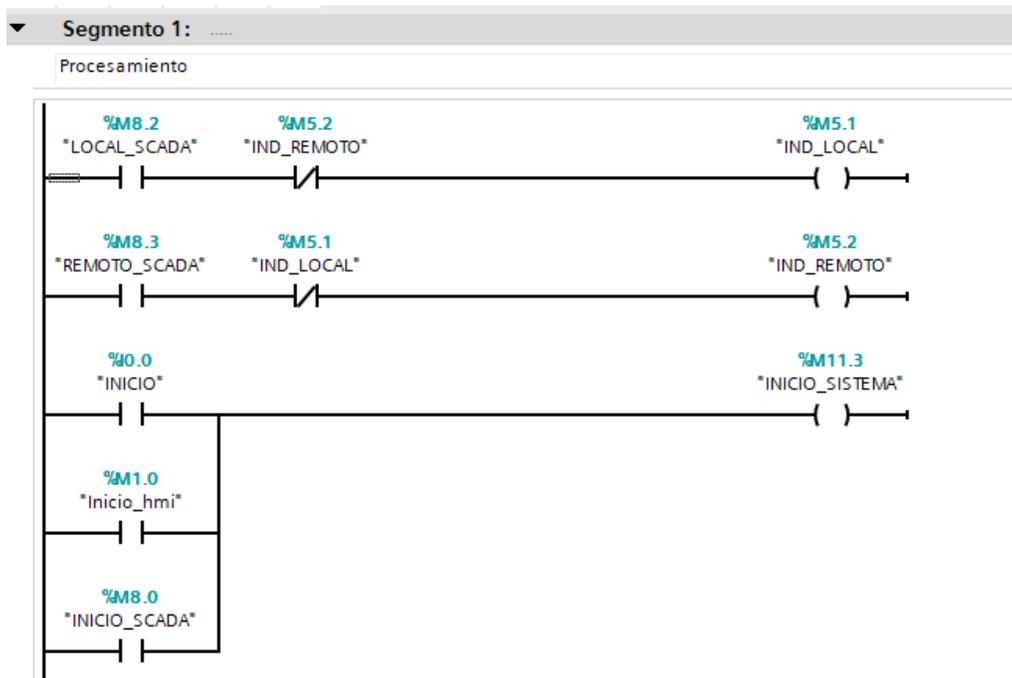


Figura 20: Segmento 1 del bloque Main [Fuente: Autor]

En la misma área se encuentran los bloques de control manual y automático, los cuales se ponen en marcha dependiendo de los cambios en la variable M5.0, que se acciona desde el

HMI o el SCADA, como se muestra en la figura 21. Además, para el control manual desde las instalaciones, se debe usar el modo LOCAL, el cual se establece desde el SCADA.

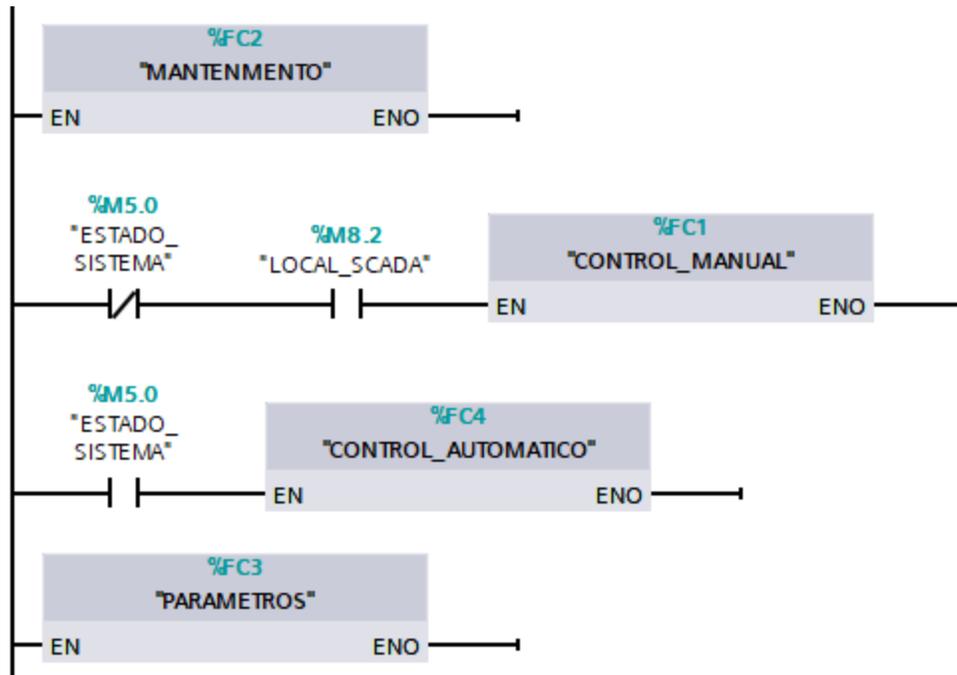


Figura 21: Complementos del segmento 1 del bloque Main [Fuente: Autor]

En el segmento 2 del bloque Main, se definen las variables de salida del sistema. Estas salidas digitales se encargan de activar o desactivar los equipos utilizados en los silos. Por ejemplo, en la figura 22 se muestran las condiciones para activar la salida Q0.0, que corresponde a la primera transportadora. Esta maquinaria puede ser activada por una orden del control manual, el control automático o del SCADA siempre que el proceso esté configurado en modo remoto. De manera similar, la salida Q0.1, que pertenece a la segunda transportadora, y los equipos asociados a los silos, como compuertas de entrada y salida, ventiladores de aireación y barredoras, se activan de la misma forma.

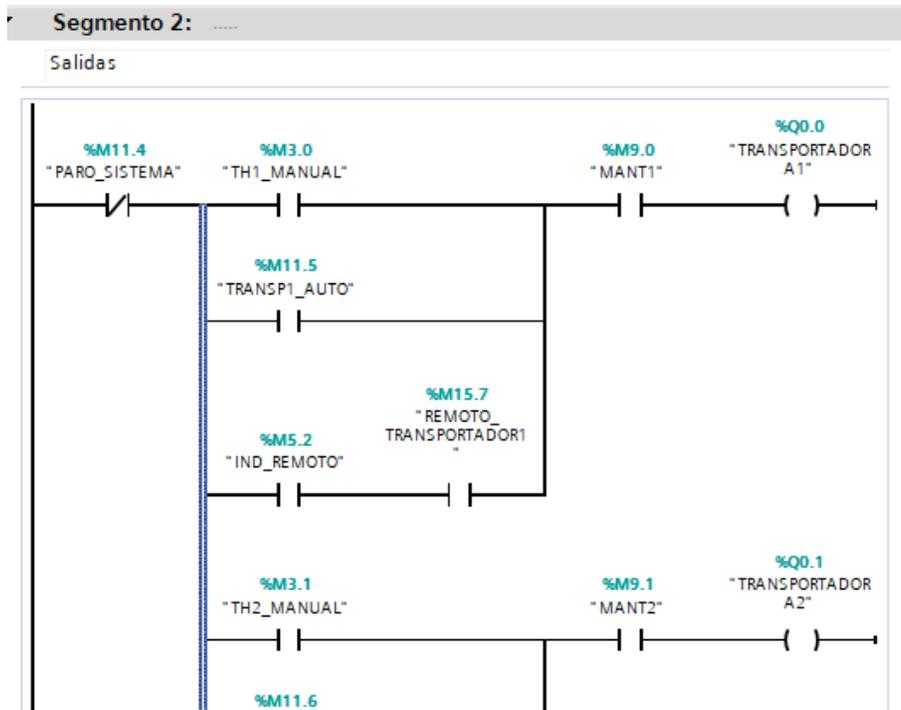


Figura 22: Segmento 2 del bloque Main [Fuente: Autor]

En el segmento 3 del bloque Main, se configuran las conexiones de las señales de alarma de la interfaz hombre-máquina (HMI). Por ejemplo, en la figura 23 se muestra que cuando la variable de salida Q0.0, asociada a la transportadora 1, se activa, envía una señal que enciende el bit 0 en el bloque de alarmas, lo cual desencadena una notificación programada en la HMI.



Figura 23: Segmento 3 del bloque Main [Fuente: Autor]

2.4.2 Bloque de función para control automático

El software incluye un bloque de función que automatiza el control del sistema. Este bloque gestiona diversas operaciones, como regular el llenado y la ventilación de los silos, así como iniciar el vaciado de un silo cuando se requiere el despacho o activar un ciclo de conservación del producto almacenado.

En la primera sección del bloque de función, se establecen las variables que determinan si se procede al despacho de los silos o se activa el modo de conservación. Por ejemplo, la Figura 24 muestra las condiciones necesarias para activar la variable M5.3, que indica la conservación del Silo 1. Para esta operación, se requiere la activación de la entrada I0.4 desde el panel de control, siempre y cuando el programa esté en modo LOCAL. También es posible activar esta orden desde el SCADA cuando el programa se encuentra en modo REMOTO.

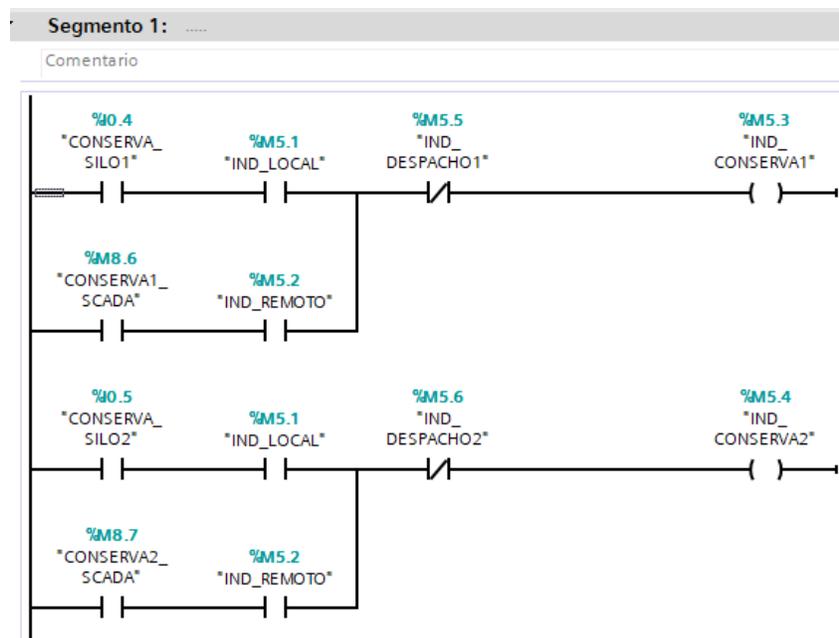


Figura 24: Segmento 1 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 2 del bloque de función para el control automático se configura el ventilador del silo. El sistema de ventilación se activa desde el inicio del proceso, pero las órdenes de enfriar o calentar el silo dependerán de las condiciones de temperatura y humedad detectadas por los sensores.

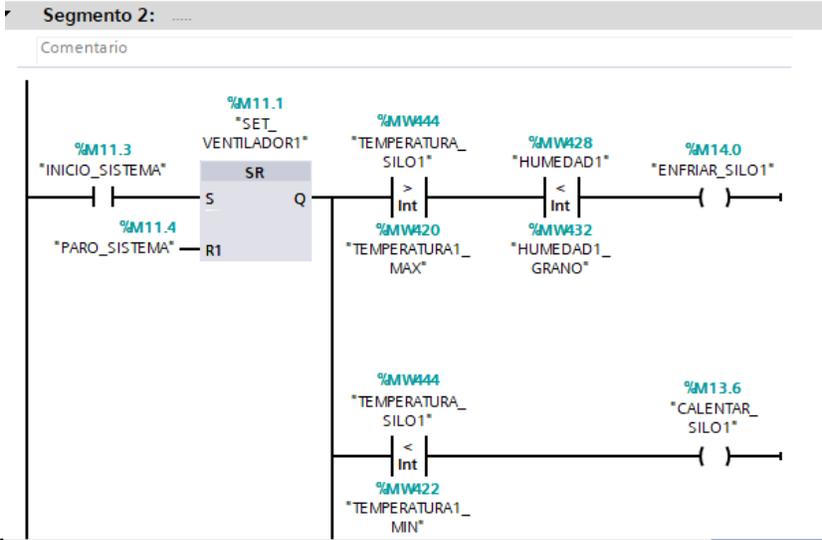


Figura 25: Segmento 2 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 3 del bloque de función para el control automático se configura el ventilador del silo 2. El sistema de ventilación es semejante al sistema del silo 1, se activa desde el inicio del proceso, pero las órdenes de enfriar o calentar el silo dependerán de las condiciones de temperatura y humedad detectadas por los sensores establecidos en el silo 2.

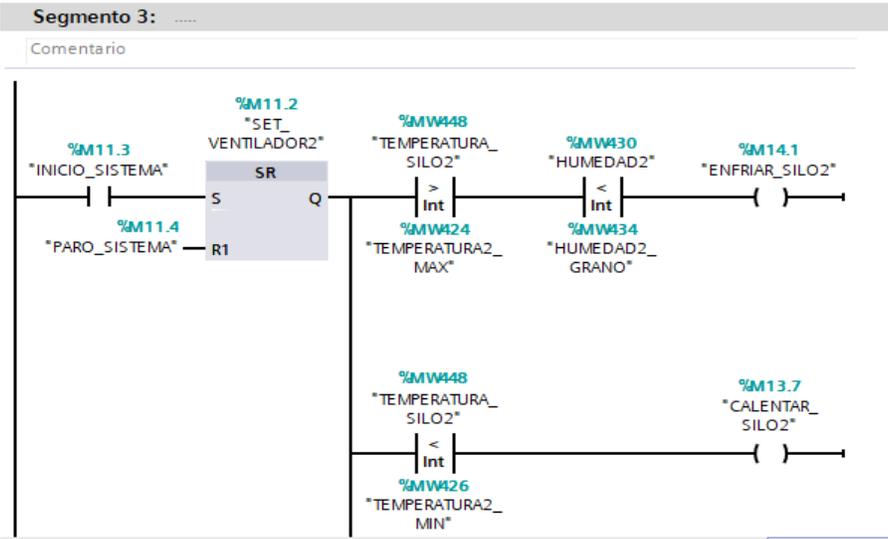


Figura 26: Segmento 3 del control automático. [Fuente Autor]

En el segmento 4 del bloque de control automático, se usan componentes de comparación para verificar si un silo está lleno o vacío. Como se muestra en la Figura 27, la variable M13.2, que indica que el Silo 1 está lleno, se activa cuando el nivel escalado del sensor de nivel supera el valor máximo del silo configurado en HMI. Se agrega una variable de M9.5 para establecer el silo siempre lleno y no darle uso mientras se realice un mantenimiento.



Figura 27: Segmento 4 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 5 del bloque de control automático se establecen los parámetros para activar o detener la banda transportadora helicoidal situada en la parte superior de la planta, con el fin de enviar el grano a los silos. La figura 28 muestra que la transportadora 1 se mantiene apagada si el sistema se detiene o si las compuertas de entrada a los silos están cerradas. Por otro lado, para poner en marcha la transportadora, se requiere iniciar el sistema y que dichas compuertas estén abiertas.

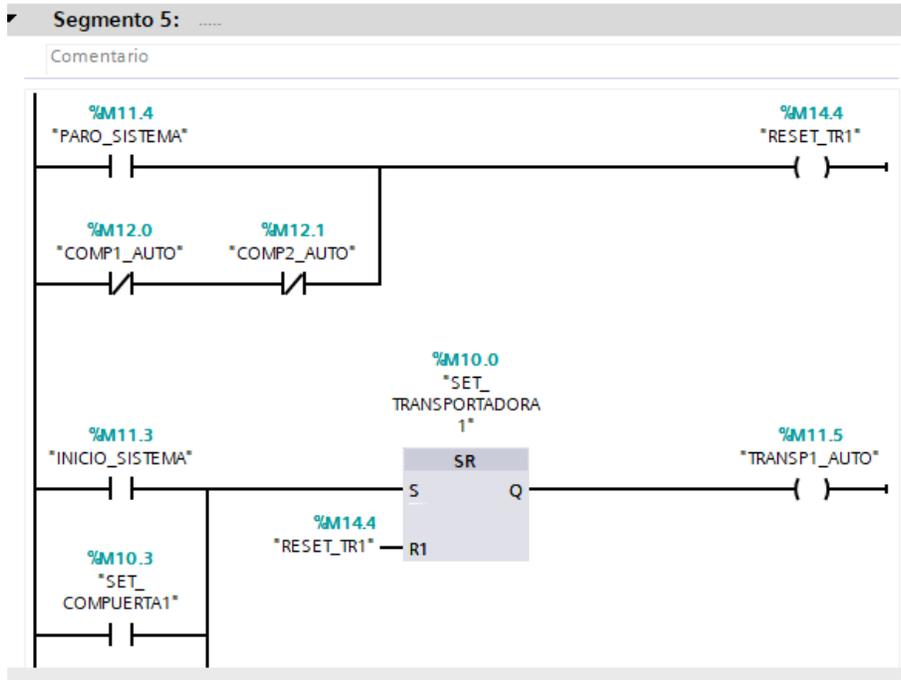


Figura 28: Segmento 5 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 6 del bloque de control automático se especifican los requisitos para abrir la compuerta del silo 1. La Figura 29 indica que, para activar esta compuerta, se necesita que el programa esté en marcha y que la transportadora 1 esté funcionando, o bien que haya una solicitud de activación del bucle de conserva y que la transportadora de conserva esté encendida. Para cerrar esta compuerta, se utiliza la parada del sistema o cuando el silo esté lleno.

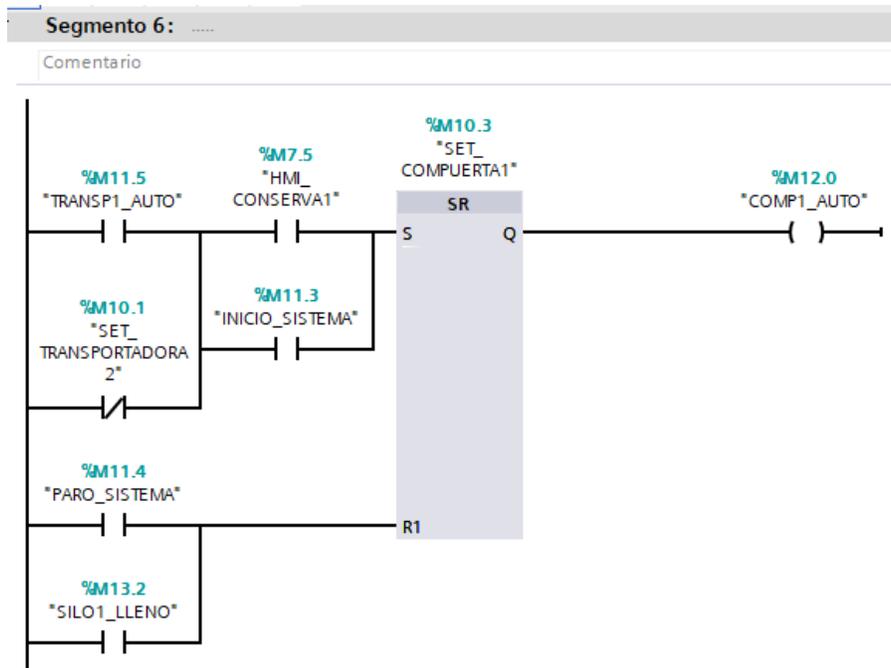


Figura 29: Segmento 6 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 7 del bloque de control automático, se detallan las condiciones para abrir la puerta del silo 2. Tal como se muestra en la Figura 30, es necesario que la compuerta del silo 1 esté cerrada, que el programa esté en ejecución y que la transportadora 1 esté funcionando, o bien que haya una solicitud de activación del bucle de conserva y que la transportadora de conserva esté encendida. Por otro lado, la puerta del silo 2 se cierra cuando se detiene el sistema o cuando el silo 2 está lleno.

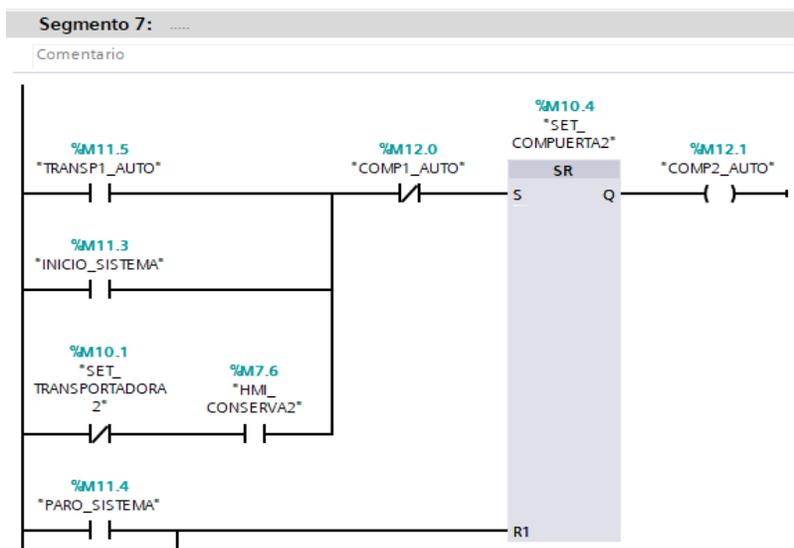


Figura 30: Segmento 7 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 8 del bloque de control automático, se programa la apertura y cierre de la compuerta para vaciar el silo 1, así como el encendido de la barredora del silo. La figura 31 indica que para vaciar el silo 1, este debe estar lleno y debe haber una orden de despacho o de conservación del producto. Para activar la barredora del silo, la compuerta de vaciado debe estar abierta y el silo debe estar en un nivel bajo. Para apagar ambos equipos, se debe utilizar el paro del sistema o esperar a que el silo esté completamente vacío.

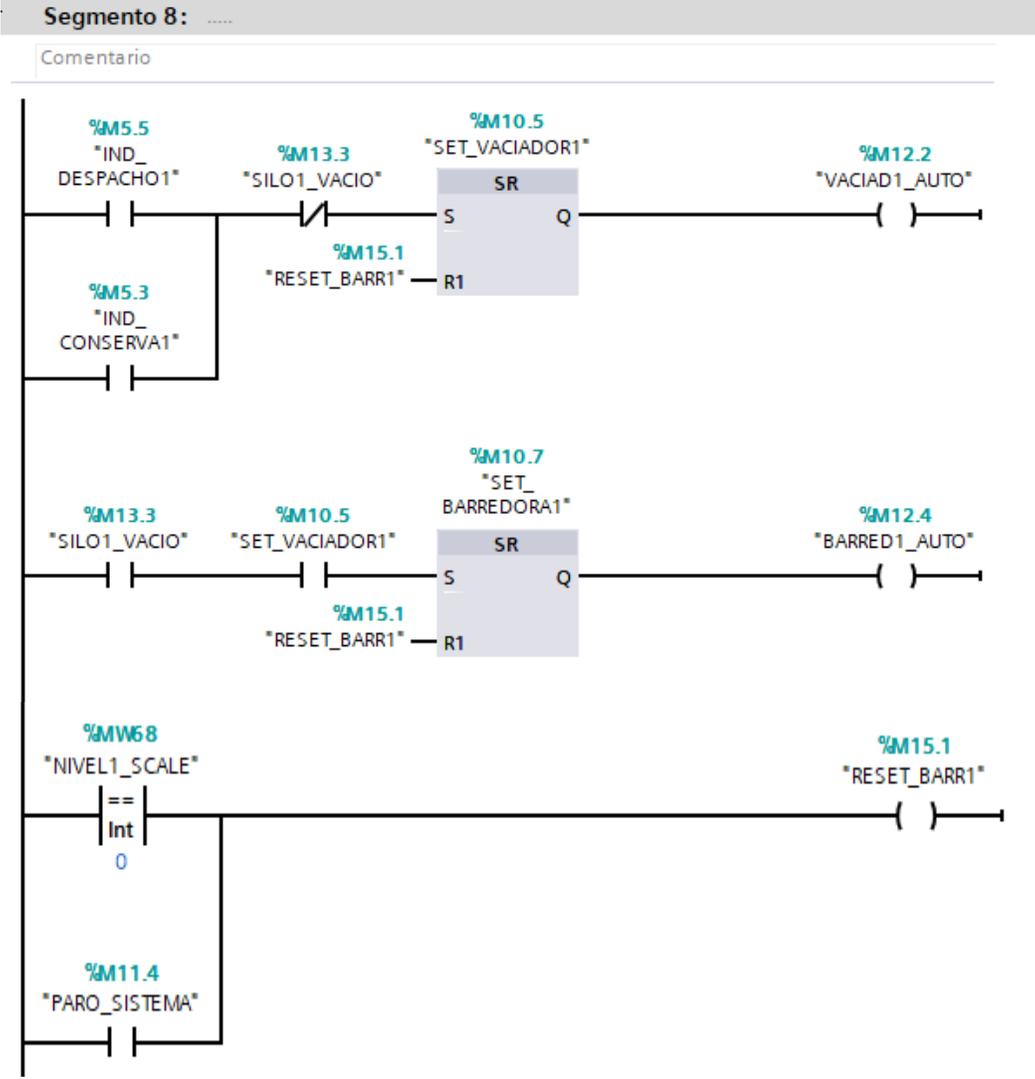


Figura 31: Segmento 8 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 9 del sistema de control automático, se establecen los parámetros para abrir y cerrar la compuerta del silo 2, así como para encender la barredora correspondiente. Según la figura 32, el silo 2 debe estar lleno y haber una orden de despacho o almacenamiento del producto para poder vaciarlo. Para activar la barredora, la compuerta de vaciado debe estar abierta y el nivel del silo debe ser bajo. Para detener ambos equipos, se puede utilizar la función de paro del sistema o esperar a que el silo se vacíe por completo.

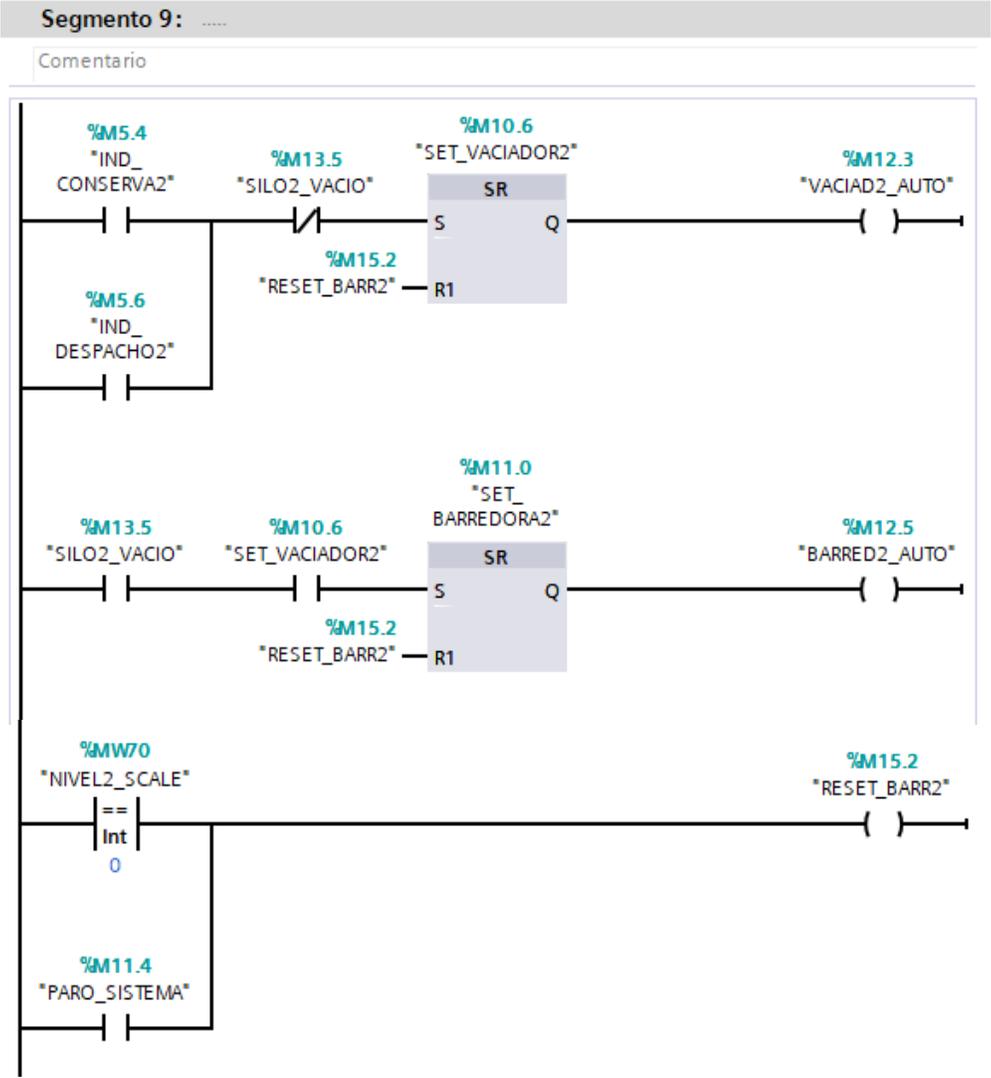


Figura 32: Segmento 9 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 10 del control automático, se establecen los parámetros que activan la transportadora 2 o la transportadora del bucle de conserva. Como se indica en la figura 33, esta transportadora se pone en funcionamiento cuando se detecta la necesidad de mandar el contenido de los silos 1 o 2 a la secadora industrial. Para detener esta maquinaria, se requiere que se detenga todo el sistema o que los silos estén vacíos y las compuertas de salida apagadas.

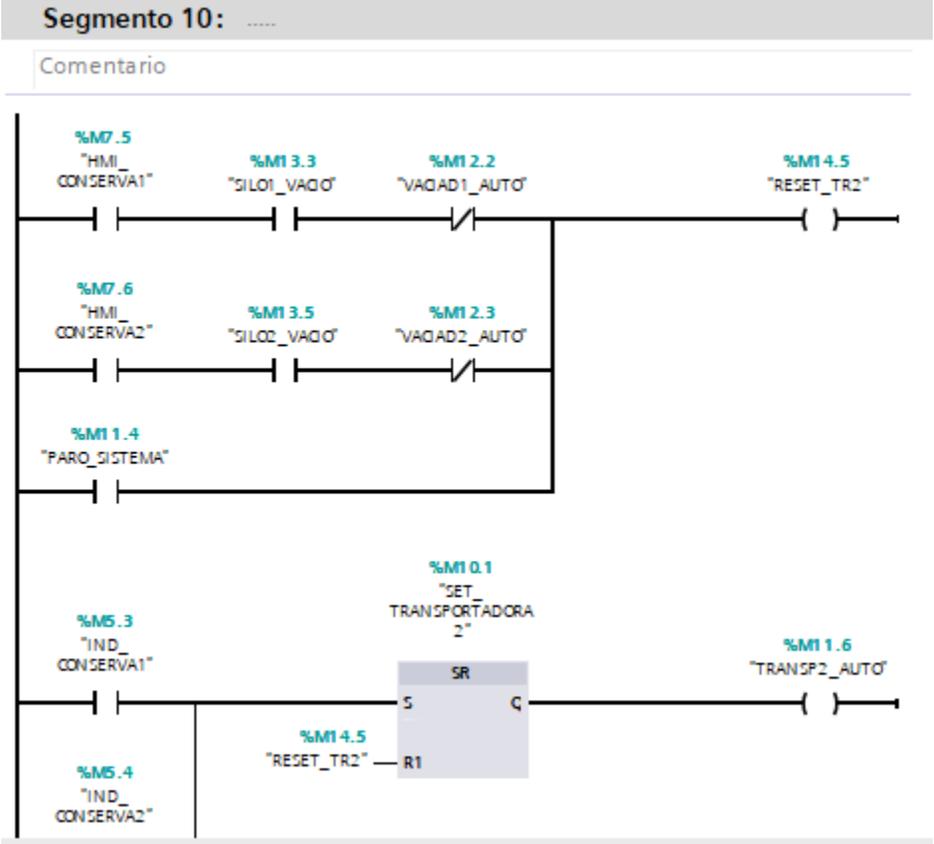


Figura 33: Segmento 10 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 11 del control automático, se definen los ajustes que ponen en marcha la transportadora 3 o transportadora para despachar los silos. Tal como se muestra en la figura 34, esta maquinaria se activa cuando se detecta que es necesario vaciar el contenido de los silos 1 o 2. Para detenerla se necesita usar el paro del sistema o que los silos estén vacíos y las compuertas de salida apagadas.

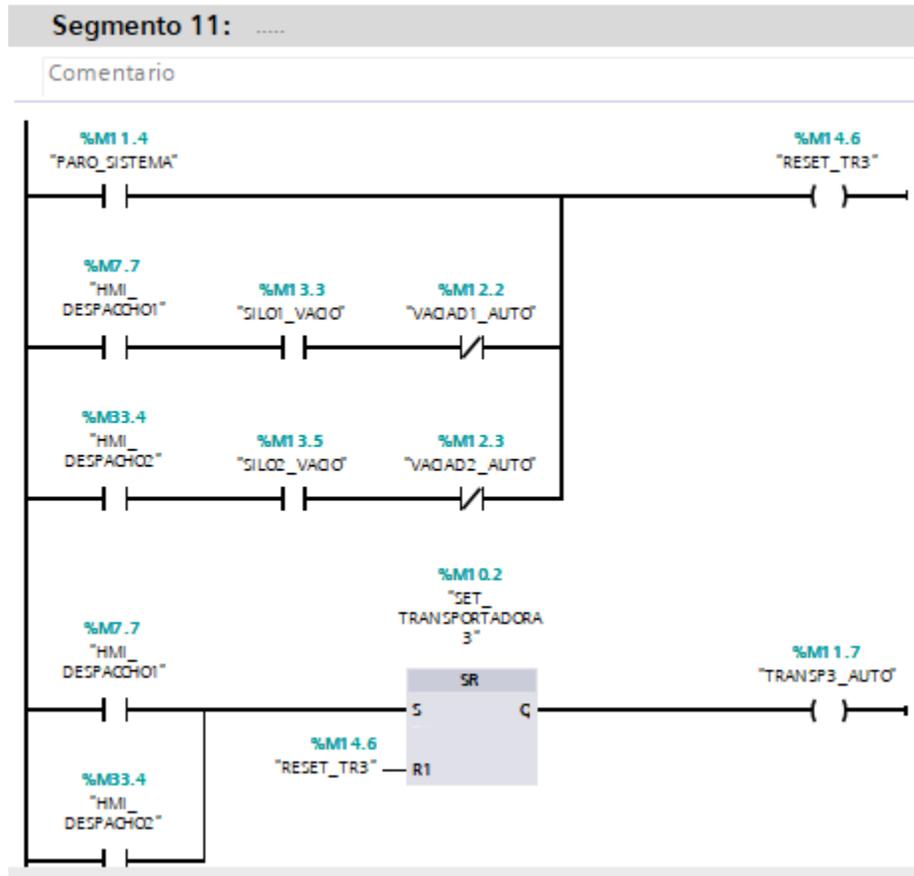


Figura 34: Segmento 11 del control automático. [Fuente: Autor]

En el segmento 12 del control automático, se emplean módulos de comparación para verificar si la humedad del grano es elevada o reducida. La figura 35 indica que, para activar la variable M15.3 que señala una humedad alta, el valor proporcionado por el sensor debe ser superior al valor definido en los parámetros del HMI. Por el contrario, para activar la variable M15.4 que indica una humedad baja, el valor registrado por el sensor debe ser inferior al parámetro establecido en el HMI.

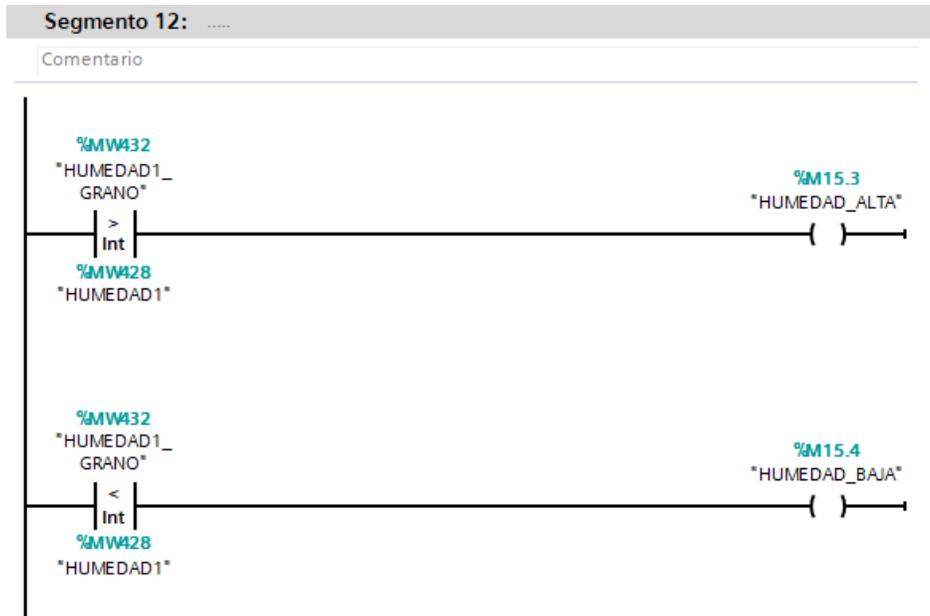


Figura 35: Segmento 12 del control automático. [Fuente: Autor]

2.4.3 Bloque de función para control manual

Cuando el sistema se encuentre en configuración manual, un bloque funcional contendrá las variables requeridas para activar y desactivar los equipos de forma manual. Por ejemplo, en la Figura 36 se detalla que para enviar la orden de activación manual utilizando la variable M3.0 de la transportadora 1 al bloque Main, se necesita activar la variable M1.2, la cual proviene de los controles manuales del HMI.

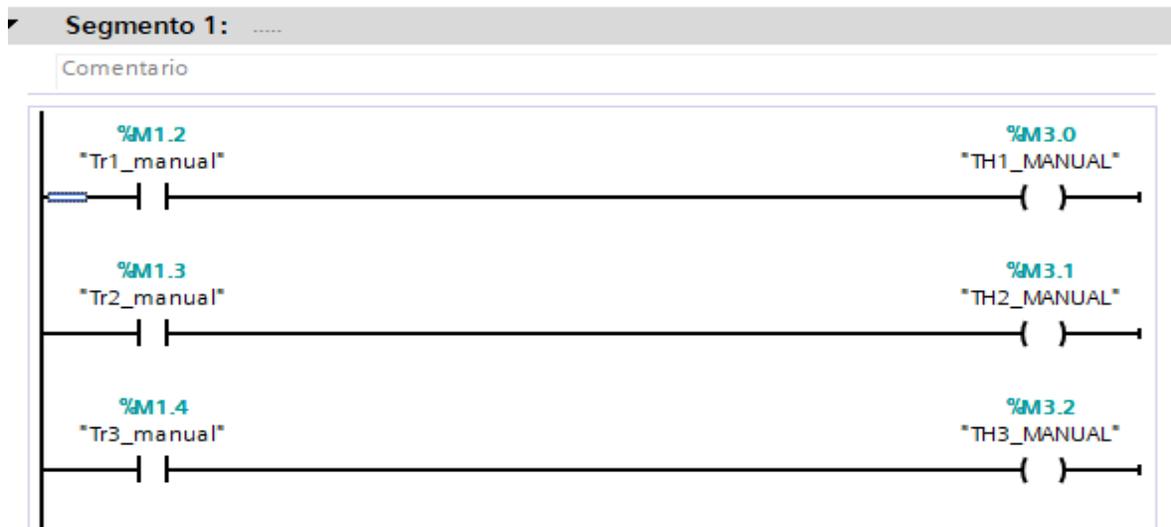


Figura 36: Segmento 1 del control manual. [Fuente: Autor]

2.4.4 Bloque de función para mantenimiento

En todo sistema es necesario implementar una función que habilita la posibilidad de realizar mantenimiento a los equipos, en a figura 37 se muestra un ejemplo del sistema de mantenimiento para los equipos, empezando por la transportadora 1. La variable M9.0 se activa cuando alguna de las dos maquinarias con las que cuenta la planta entre en modo de mantenimiento y dará un aviso que se observará en el HMI.

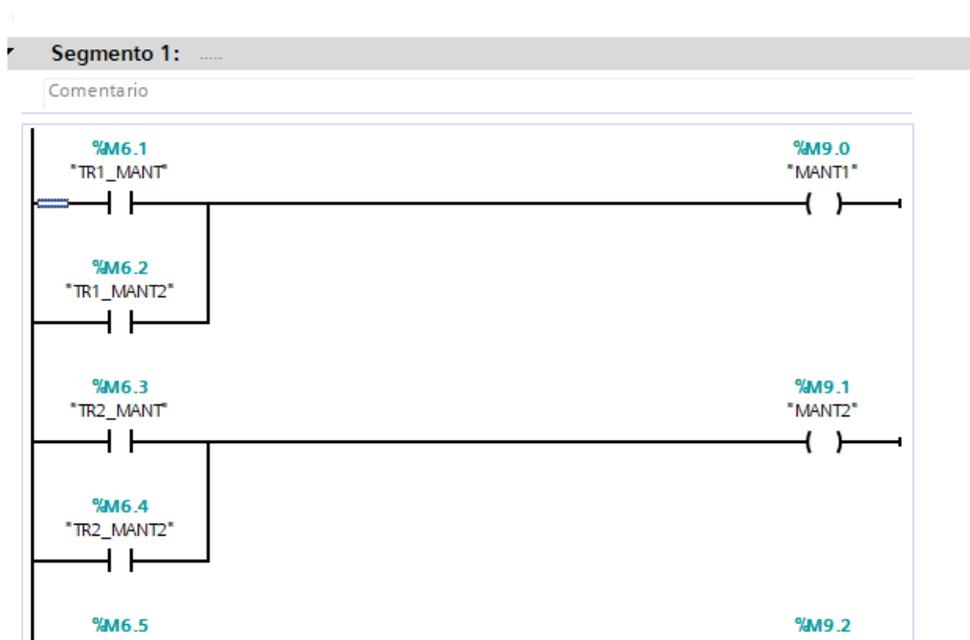


Figura 37: Segmento 1 del bloque de función mantenimiento. [Fuente: Autor]

2.5 CONFIGURACIÓN PARA EL DISEÑO DEL INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA

En la interfaz humano-máquina, se diseñan gestos y símbolos para que los usuarios entiendan cómo funciona el proceso y puedan acceder fácilmente a los controles relevantes. Al examinar la Figura 38, se observa que es la ventana de inicio de sesión para usuarios administradores y operadores, donde pueden iniciar o cerrar sesión y entrar al menú principal.

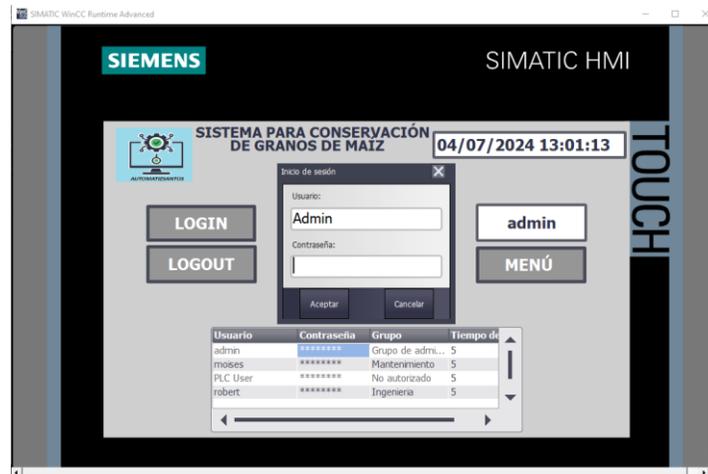


Figura 38: Imagen de inicio de HMI. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

La pantalla del sistema de control muestra una variedad de opciones en la figura 39. Aquí, se pueden encontrar botones que permiten acceder a los controles manuales, al procesamiento general, a los registros históricos de las variables, a la modificación de valores, al mantenimiento de los equipos y a los parámetros de operación de la maquinaria. Además, se visualiza constantemente un panel de alarmas.



Figura 39: Ventana con el menú del HMI. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Al momento de utilizar los controles manuales, la interfaz humano-máquina (HMI) presenta una ventana como la que se muestra en la figura 40, la cual permite activar o desactivar los equipos con los que los silos se conectan.

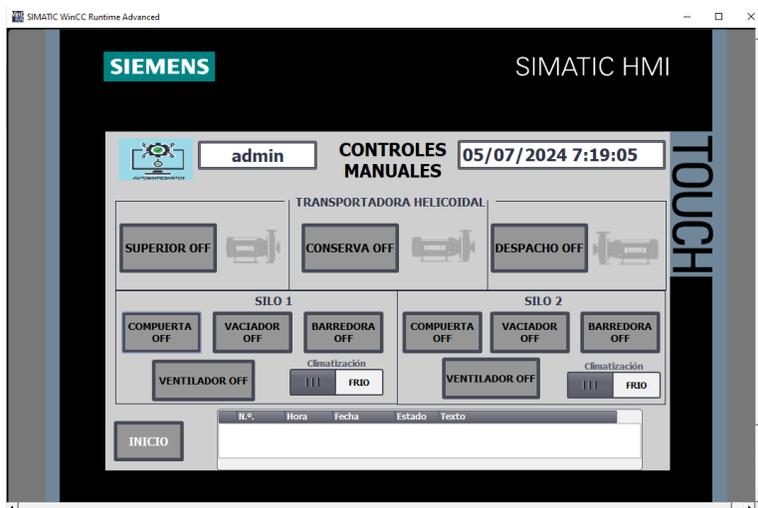


Figura 40: Ventana de procesamiento. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Accediendo a la ventana de procesamiento mostrada en la figura 41, se puede visualizar los silos y sus equipos correspondientes. Además, se muestran los valores de nivel, temperatura y humedad, tanto del silo como del grano almacenado. Una pequeña interfaz permite configurar el sistema en modo manual o automático, con la opción de contar con un indicador local o remoto (señal proveniente del SCADA).

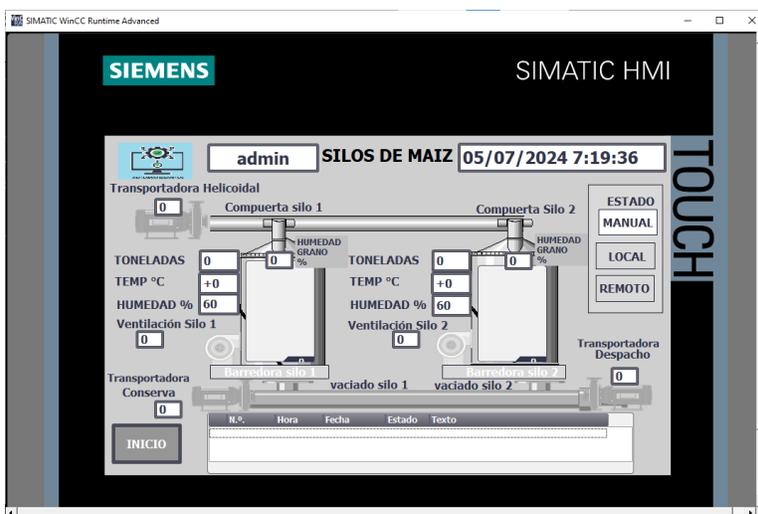


Figura 41: Ventana de control manual. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Si accede a la ventana de registros históricos, el HMI mostrará una ventana similar a la figura 42, donde podrá observar los cambios en tiempo real de los valores de temperatura y humedad de los silos.

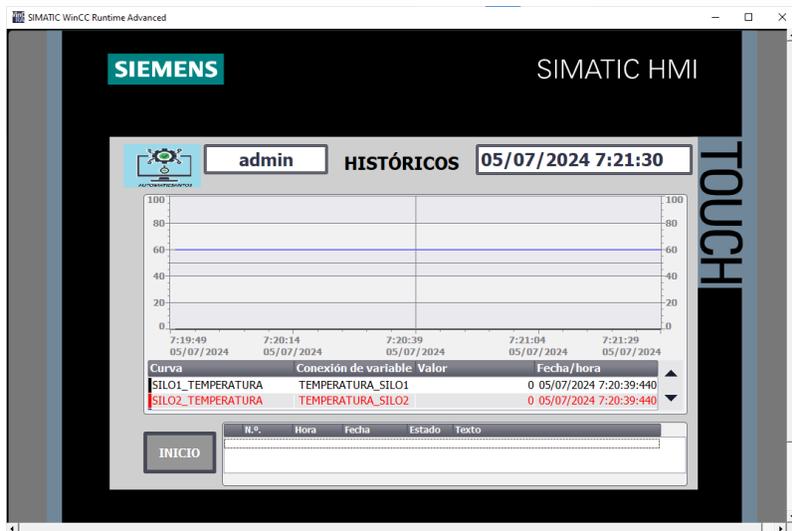


Figura 42: Ventana históricos. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Cuando se accede a setear valores operativos, aparece una ventana como la de la figura 43, donde se pueden establecer o modificar los valores operativos de los silos. Estos incluyen el nivel máximo, el rango de nivel, el rango de temperatura y la humedad del grano a la que deben mantenerse. Asimismo, se puede ajustar la velocidad de las bandas transportadoras en funcionamiento.

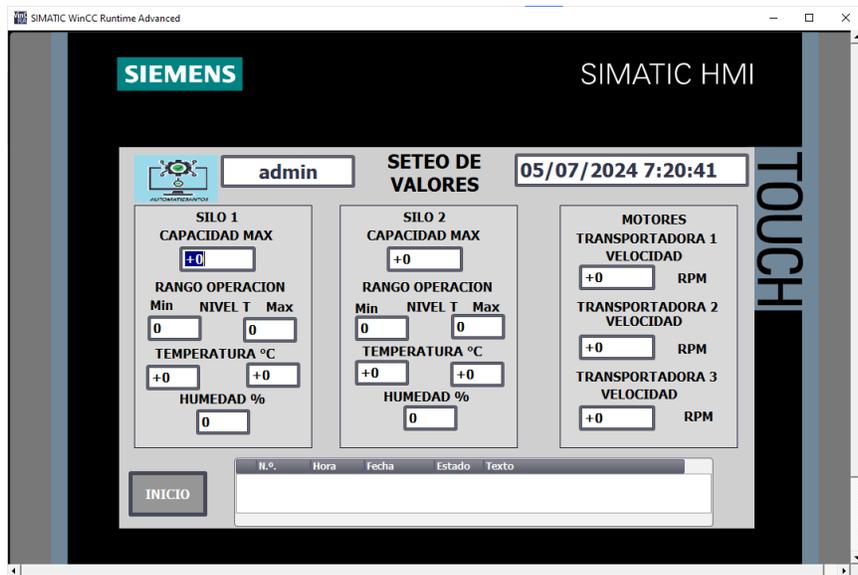


Figura 43: Ventana para setear valores operativos. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

En la ventana de mantenimiento ilustrada en la figura 44 se deben poner en activación los equipos que se utilizarán en la planta, los que permanezcan apagados se le puede realizar mantenimiento. Como se ha programado un sistema para controlar dos silos también se los pueden mandar a mantenimiento.

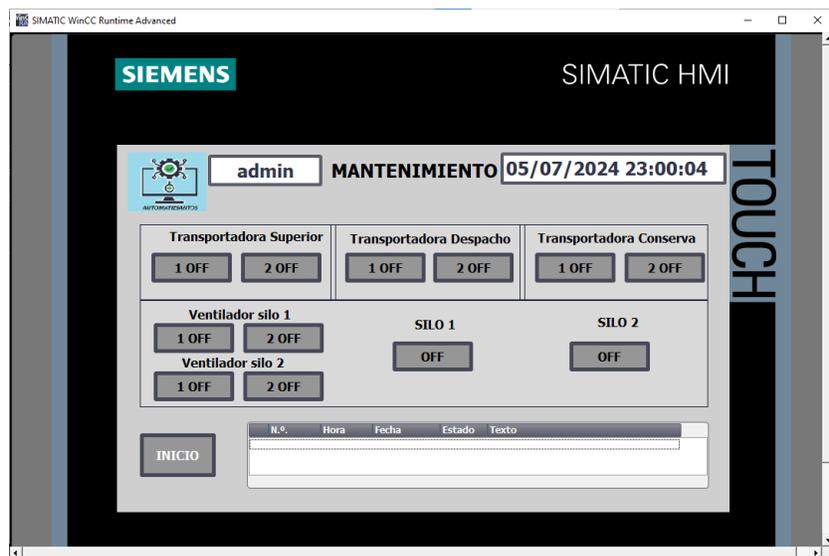


Figura 44: Ventana de mantenimiento. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Uno de los paneles con mayor relevancia es aquel que se exhibe en la figura 45, donde se pueden apreciar los datos operativos. Estos parámetros deben estar reflejar datos cuando la maquinaria esté en funcionamiento.

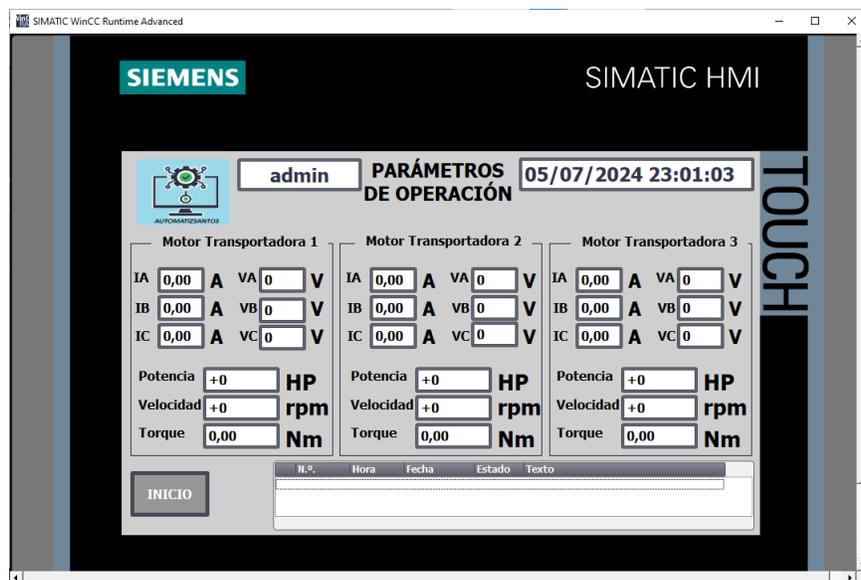


Figura 45: Ventana de parámetros de operación. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

2.6 CONFIGURACIÓN PARA EL DISEÑO DEL SCADA

Desarrollar un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) conlleva seguir varias normas y estándares con el fin de crear una interfaz de usuario eficiente y amigable, donde los operadores puedan interactuar de manera intuitiva y efectiva con el sistema.

El proceso comienza con el diseño de la interfaz de usuario. Esta interfaz debe permitir que un usuario pueda iniciar sesión de manera sencilla y segura. Durante esta etapa de diseño, se definen los campos que el usuario debe completar, como el nombre de usuario y la contraseña. En la figura 46 se muestra la interfaz inicial, en el momento de acceder por el botón LOGIN se desplegará una ventana para escribir el usuario y la contraseña.

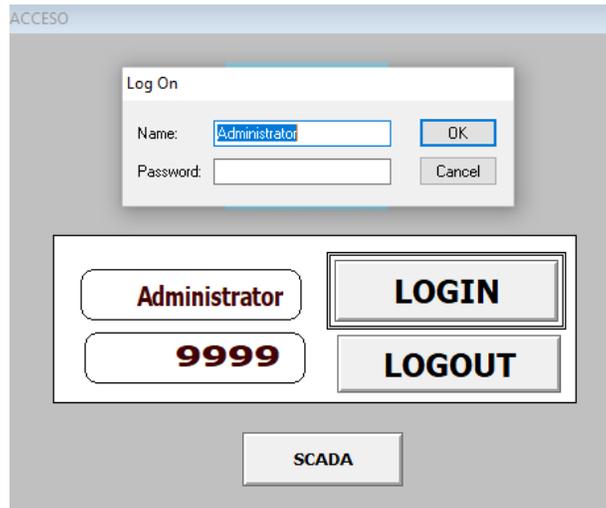


Figura 46. Ventana de iniciar sesión en el SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Cuando se accede al sistema SCADA, se toman en cuenta diversos controles necesarios para la operación eficiente de la planta. Se programa un panel de control con botones que permiten iniciar y detener el funcionamiento de la planta, así como establecer diferentes modos de operación.

Estos modos incluyen el estado remoto, donde el control se realiza desde una ubicación distante; el estado local, donde el control se efectúa de manera presencial en la planta; el estado manual, en el que el operador interviene directamente en los procesos; y el estado

automático, en el que la maquinaria funciona de forma autónoma según los parámetros establecidos. Además, en caso de que sea necesario realizar procesos específicos en la planta, como enviar órdenes de conserva o despacho, el sistema SCADA permite al operador ejecutar estas tareas de manera segura y controlada, monitoreando en todo momento el estado de la producción.

La planta de conservación de granos de maíz es un sistema complejo que consta de varias etapas fundamentales para mantener la calidad y la integridad de los granos. Es crucial tener una referencia clara del comportamiento de cada una de estas etapas en la interfaz de monitoreo, ya que esto permite detectar y corregir posibles problemas de manera oportuna.

Un componente clave dentro de este proceso de conservación son los elevadores de cangilones, que se encargan de transportar y elevar los granos de maíz a través de las diferentes fases de procesamiento. Debido a su importancia, la figura 47 muestra el diseño realizado para la ventana de monitoreo del estado y los parámetros de funcionamiento de un elevador.

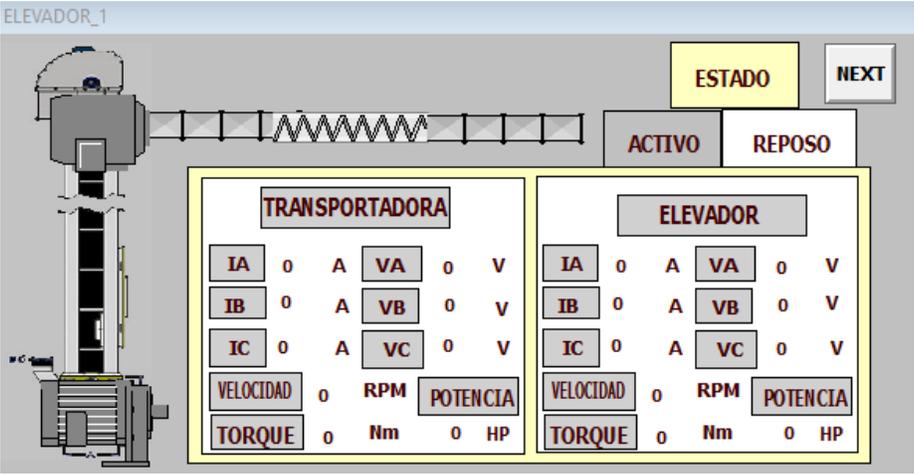


Figura 47. Ventana para monitoreo de elevador de cangilones. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Otra de las etapas donde es importante realizar un monitoreo es la secadora de granos, principalmente porque es utilizada para disminuir la humedad presentada en los granos recién cosechados o si se requiere realizar un bucle de conserva llevando el producto almacenado

de los silos a la secadora nuevamente. La figura 47 muestra la ventana realizada para el monitoreo del estado y los parámetros de la secadora de granos.

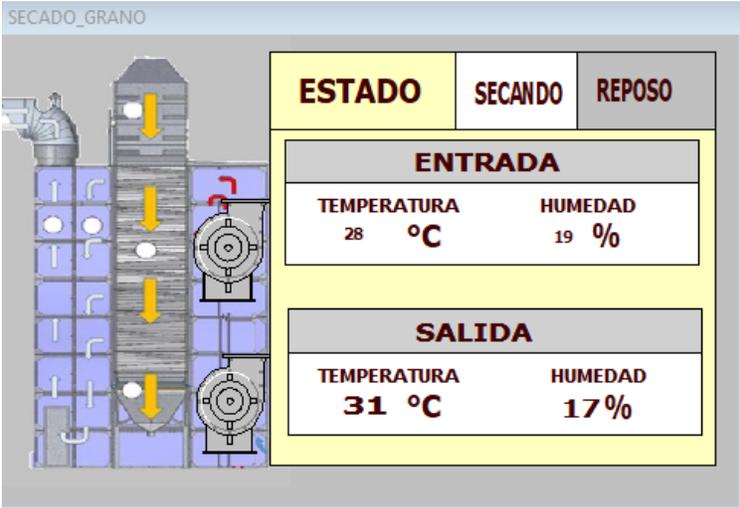


Figura 48. Ventana para monitoreo de la secadora de granos. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

El monitoreo y control de los silos es la parte más importante en una planta de conservación de granos de maíz. Por ello, se ha desarrollado una interfaz como se muestra en figura 49 que permita observar y gestionar los principales parámetros y puntos de operación del sistema de almacenamiento. Esta interfaz integra el control de los diferentes instrumentos y maquinarias acoplados a los silos, lo que facilita el seguimiento y la toma de decisiones durante todo el proceso de conservación.

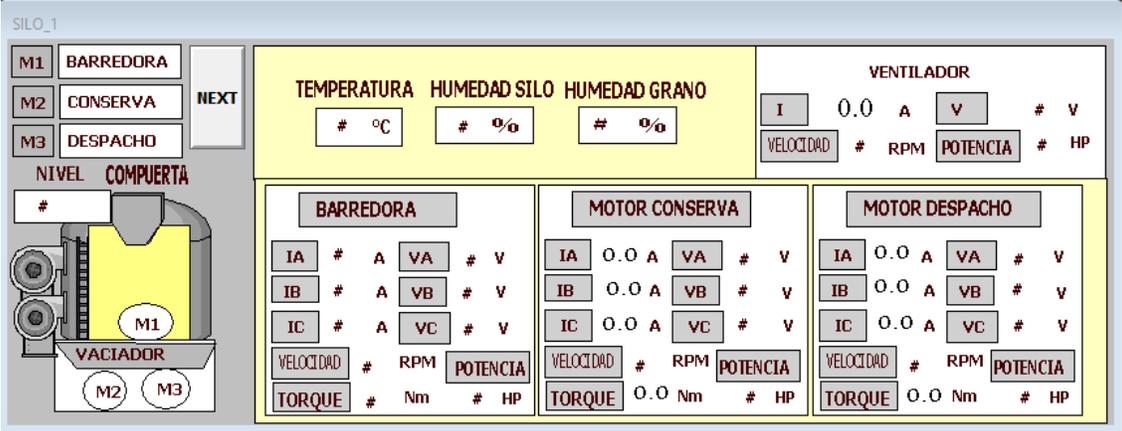


Figura 49. Ventana para monitoreo de parámetros y estado de silo. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

La interfaz de monitoreo en el SCADA brinda información en tiempo real sobre variables críticas como la temperatura, humedad y niveles de llenado de los silos. Esto permite al

personal técnico y de operaciones detectar cualquier desviación o anomalía de manera oportuna y tomar las acciones correctivas necesarias para mantener las condiciones óptimas de almacenamiento. La figura 50 muestra parte de la interfaz de monitoreo, aquí se toma en observación las variables relacionadas con la conservación del producto teniendo en cuenta las respectivas alarmas.

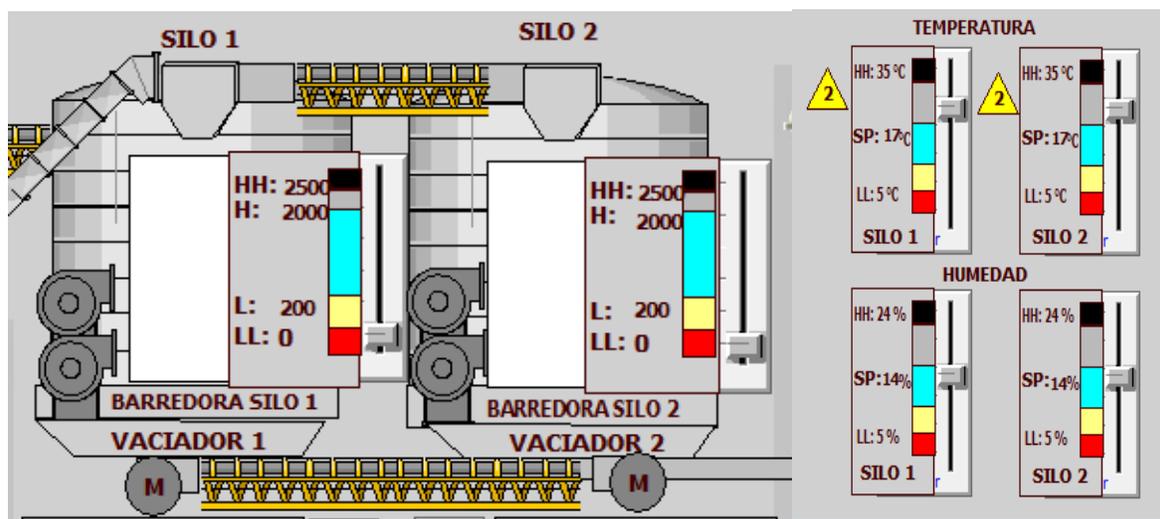


Figura 50. Monitoreo de alarmas y rango operativos. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

La configuración remota de un sistema SCADA permite a los operadores y personal técnico realizar diversas operaciones de la planta desde una ubicación alejada de la instalación física. La capacidad de monitorear y controlar el proceso productivo a distancia mejora la eficiencia y la respuesta ante cualquier eventualidad.

En caso de realizar cambios en los valores operativos del sistema SCADA, la configuración remota de dicho sistema cuenta con una interfaz dedicada para realizar estos ajustes de manera eficiente y segura. Esta interfaz mostrada en la figura 51 permite al operador o personal autorizado modificar parámetros clave como puntos de consigna, rangos de funcionamiento, entre otros, sin necesidad de acudir físicamente al lugar donde se encuentra instalado el sistema.



Figura 51. Ventana para el cambio de valores en modo remoto. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Cuando se necesite activar o desactivar de forma remota alguna maquinaria acoplada a los silos, por ejemplo, para iniciar o detener el accionamiento de compuertas o motores, el sistema SCADA cuenta con una interfaz de controles manuales mostrada en la figura 52 que permite al operador realizar estas acciones a distancia. Esta funcionalidad es de gran utilidad en situaciones donde el acceso físico a los equipos resulta complicado o peligroso, permitiendo así mantener un control efectivo y en tiempo real sobre los procesos industriales.



Figura 52. Ventana de control manual/remoto del SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Para complementar el diseño del sistema SCADA, se desarrolla una ventana específica para la visualización de los datos históricos. Esta ventana mostrada en la figura 53 permite tener una referencia en tiempo real de los niveles, temperatura y humedad de los silos, lo cual es fundamental para el monitoreo y control eficiente de las operaciones.

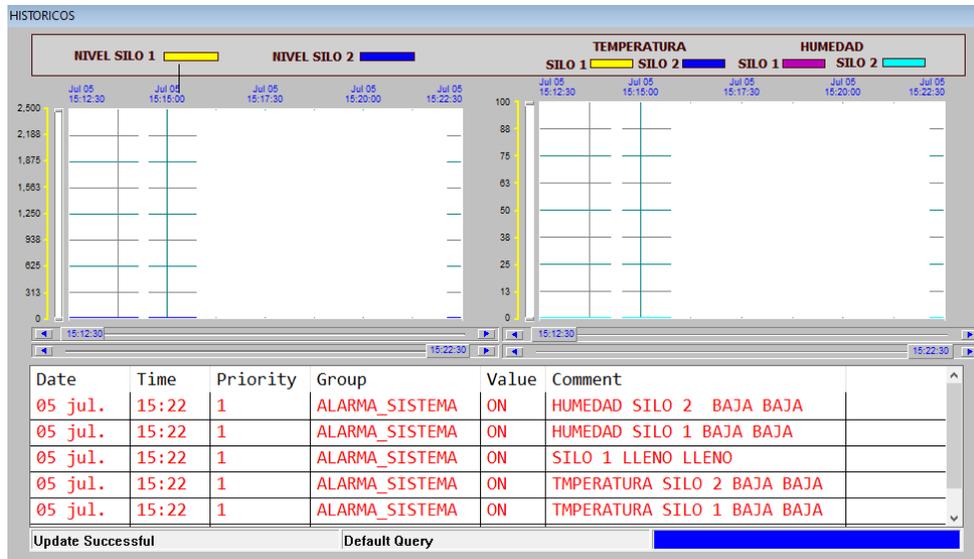


Figura 53. Ventana históricos del SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

2.6 PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA DE LA SIMULACIÓN

Para la puesta en marcha y ejecución del sistema, se hace uso de un controlador lógico programable (PLC) físico en un ambiente controlado de laboratorio o bien de forma simulada utilizando la herramienta PLCSIM, la cual viene incluida como complemento en el software de ingeniería TIA Portal.

2.6.1. Configuración LOCAL/MANUAL

Cuando la configuración local está activada, el sistema SCADA solo permite monitorear las acciones realizadas en la planta. Esto significa que el operador puede observar en tiempo real el estado de los diferentes procesos y equipos, pero no puede realizar cambios directamente desde el sistema SCADA.

La imagen 54 ilustra el sistema SCADA configurado en modo LOCAL/MANUAL, ya que las condiciones actuales del sistema impiden el acceso a los ajustes y controles. En este modo, el SCADA se limita únicamente a la función de monitoreo.

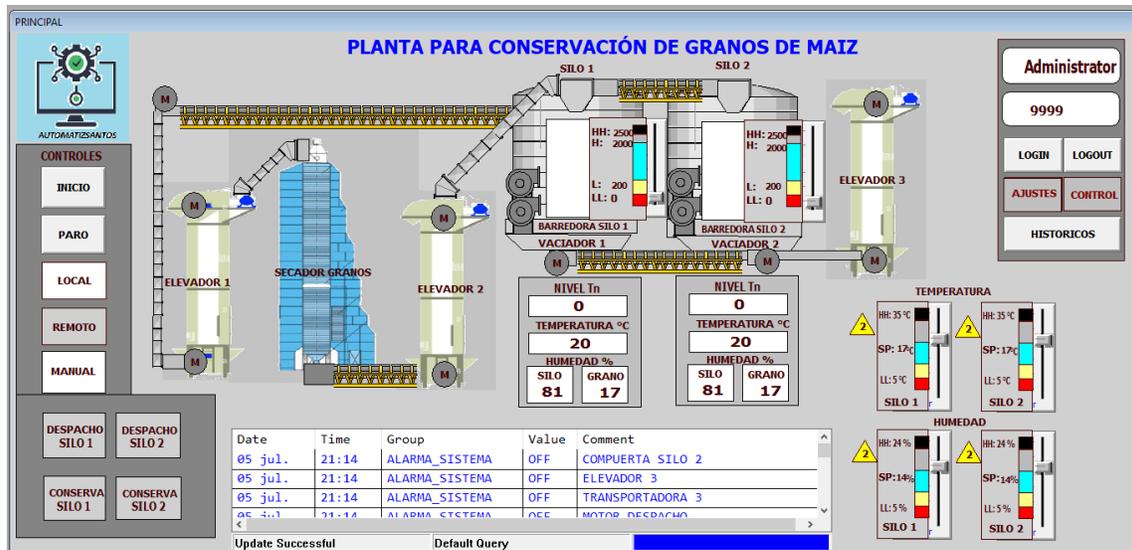


Figura 54. SCADA en modo LOCAL/MANUAL. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Para verificar esta configuración, primero es necesario acceder a la interfaz mantenimiento del HMI y habilitar uno de los dos equipos programados, tal como se ilustra en la figura 55.

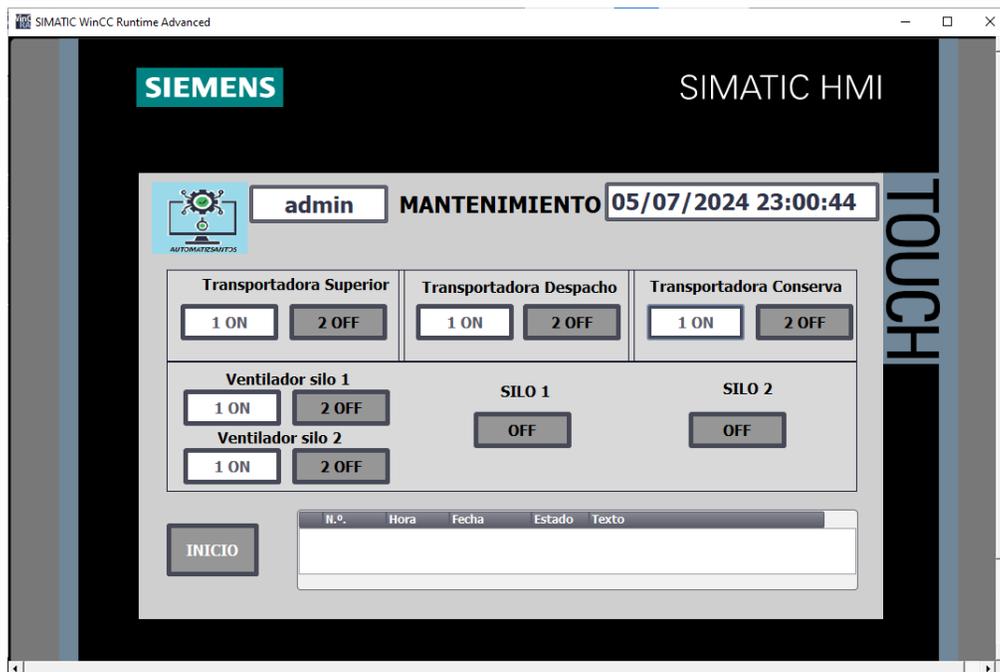


Figura 55. Interacción con la ventana de mantenimiento del HMI. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Más adelante, la gesticulación que se muestra en la figura 56 será la que se use, la cual es la ventana de controles manuales del HMI, donde se pueden encender o apagar los equipos que se requieran utilizar.

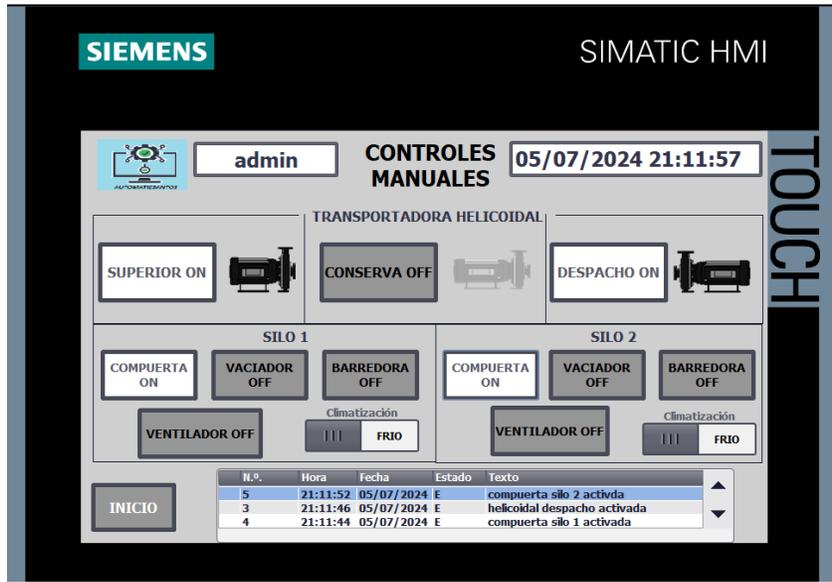


Figura 56. Interacción con la ventana de controles manuales del HMI. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Una vez realizada la activación de las maquinarias de forma manual desde el HMI se puede comprobar su estado en el SCADA, la figura 57 ilustra que los equipos activados en el HMI se encuentran en operación.

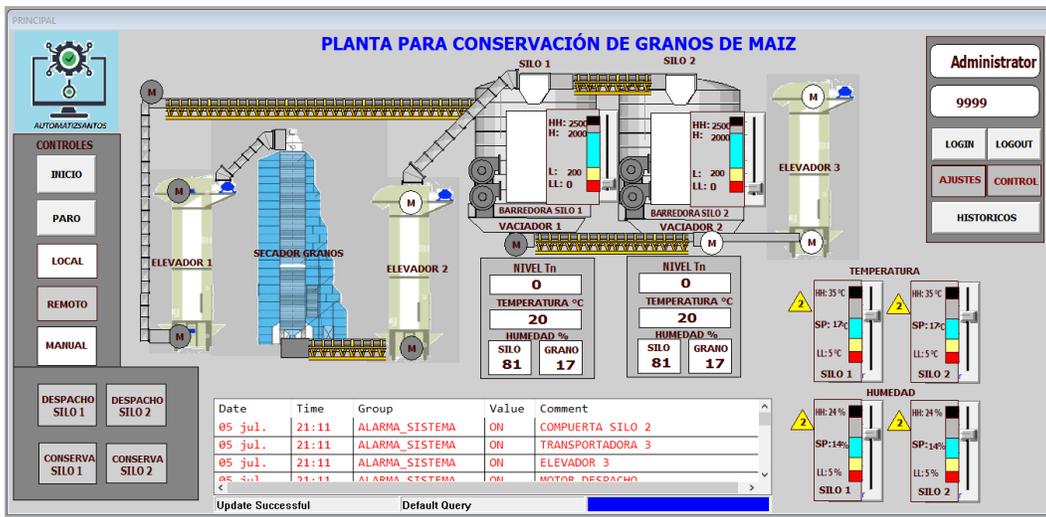


Figura 57. SCADA monitoreando y confirmando la activación manual. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Además, se cuenta con la ventana de monitoreo de la figura 57 para visualizar los parámetros y el estado de los equipos accionados.

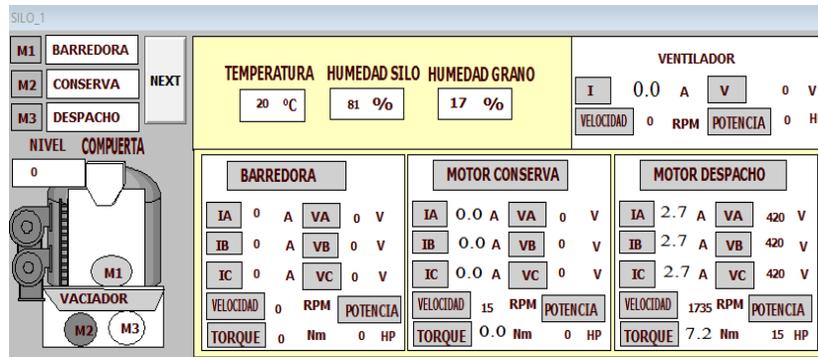


Figura 58. Monitor del silo 1 con equipos activados. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

2.6.2. Configuración REMOTO/MANUAL

Si se lleva a cabo el manejo del sistema a distancia mediante el SCADA, en la Figura 58 se presenta la configuración remota del SCADA, donde se observa la habilitación de la opción de control.

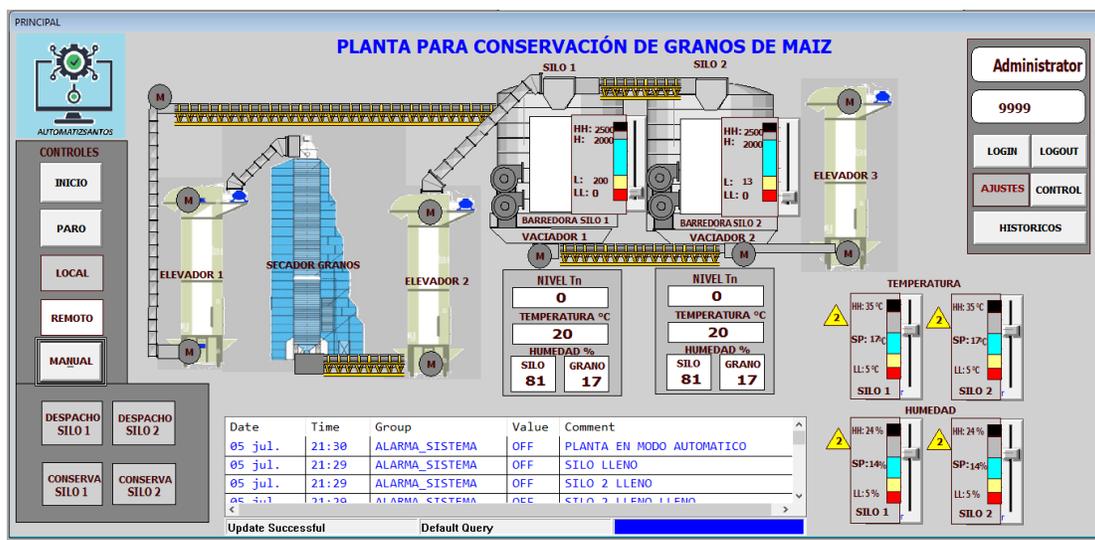


Figura 59. SCADA en configuración REMOTO/MANUAL. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Cuando se interactúa con el botón control, se despliega una ventana mostrada en la figura 59 donde se visualizan los diferentes controles a los que se tiene acceso desde el SCADA.



Figura 60. Controles Manuales del SCADA en operación. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Para complementar la interacción REMOTO/MANUAL, la figura 60 muestra una parte de la programación del PLC en observación con conexión online para confirmar que un equipo ha sido activado en este caso de forma remota.

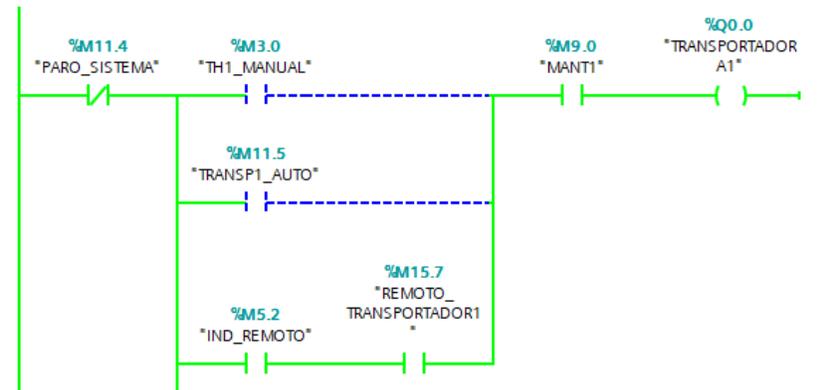


Figura 61. Encendido de equipo por método remoto. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

2.6.3. Control automático

El sistema de conservación de granos de maíz se puede configurar de manera automatizada, ya sea de forma LOCAL o REMOTA. Si se realiza en modo LOCAL, se utiliza la ventana del HMI (figura 62) para ingresar los siguientes valores: capacidad máxima del silo, rango de operación del sensor de nivel, valores mínimos y máximos de temperatura del silo, y el punto de ajuste de humedad requerido para preservar el contenido de los silos.

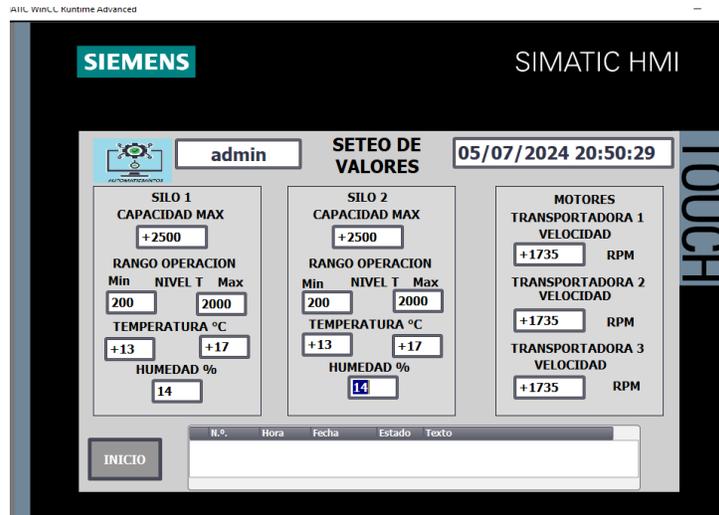


Figura 62. HMI con valores establecidos. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Al utilizar la configuración REMOTA del SCADA, los valores de operación se introducen directamente en este sistema a través de la ventana de ajustes que se muestra en la figura 63. Únicamente desde el SCADA se pueden ajustar los rangos de operación y los puntos de referencia.



Figura 63. Valores establecidos en la ventana de ajustes del SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Para el almacenamiento de granos de maíz, se sugiere mantener una temperatura máxima de 17 grados y una humedad del 14% en el producto. Una vez que se hayan definido los parámetros operativos, es importante habilitar los equipos en la ventana de mantenimiento, esto se puede realizar en modo LOCAL o REMOTO. El proceso de conservación comienza al presionar un botón de inicio, activando así los elevadores, la secadora y la apertura de la compuerta del silo 1 para permitir el ingreso del grano, tal como se muestra en la figura 64.

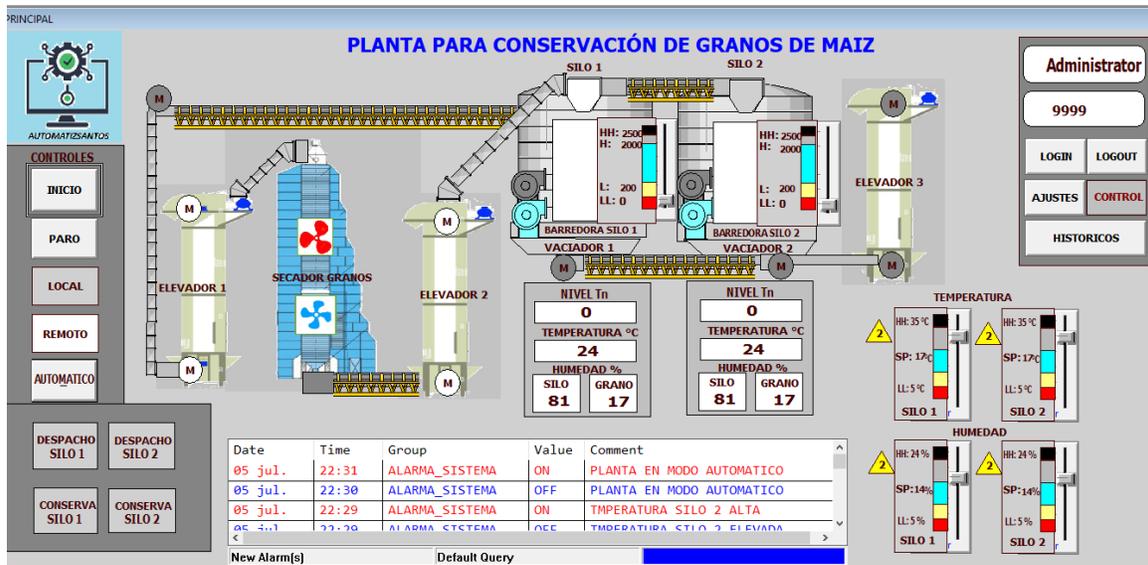


Figura 64. Inicio de llenado del silo 1 monitoreado por el SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Cuando el silo 1 alcanza su capacidad máxima, la entrada se cierra y, como se muestra en la figura 65, se abre la compuerta del silo 2 para que el producto pueda ingresar a este segundo silo. La compuerta del silo 2 se cerrará una vez que su nivel también llegue al límite establecido en la configuración.

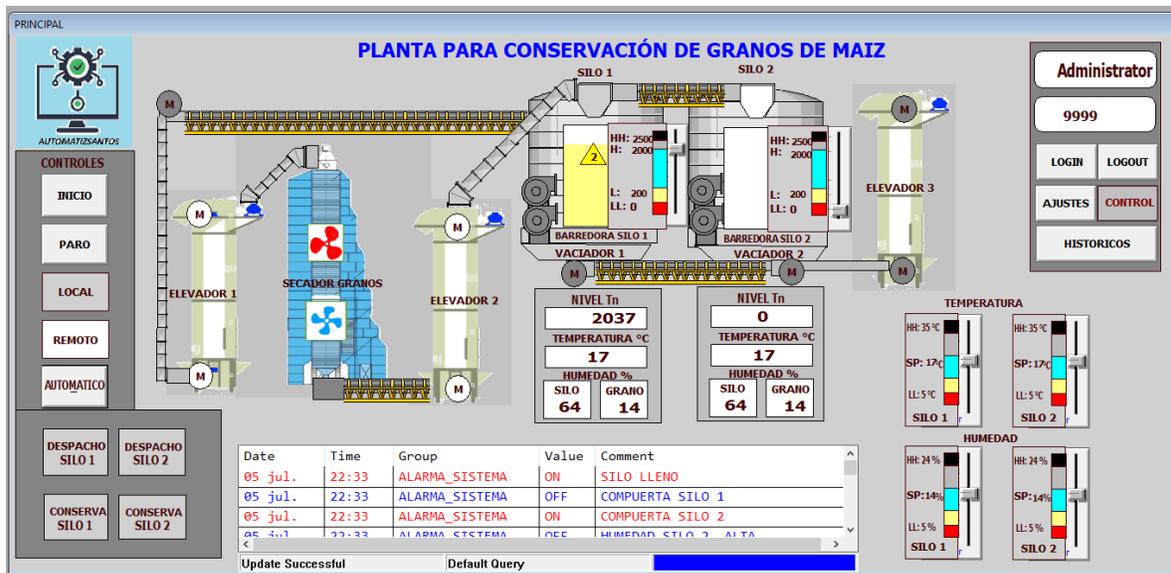


Figura 65. Inicio de llenado de silo 2 monitoreado por SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Es importante mantener el sistema de ventilación activo en todo momento para preservar las condiciones ambientales óptimas del silo de maíz almacenado. Cuando la temperatura del silo comienza a aumentar debido a la actividad biológica del grano, se activa una alarma que

indica que la variable está fuera de los rangos operativos en el SCADA. En ese momento, el aumento de temperatura también hace que la humedad se eleve, lo que requiere la activación del sistema de ventilación para enfriar el silo, como se muestra en la figura 66.

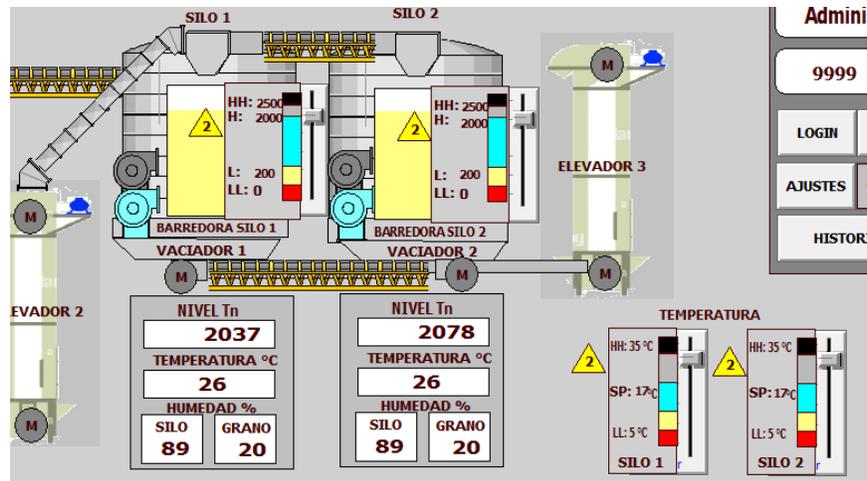


Figura 66. Enfriamiento del silo monitoreado por SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

Incluso si es poco probable, a veces las condiciones ambientales como la temperatura y humedad pueden estar por debajo de lo habitual. Si esto ocurre, se da la orden de ventilar el silo con aire caliente, tal como se ilustra en la figura 67 donde se activa la ventilación de aire caliente por que la temperatura esta debajo del rango mínimo.

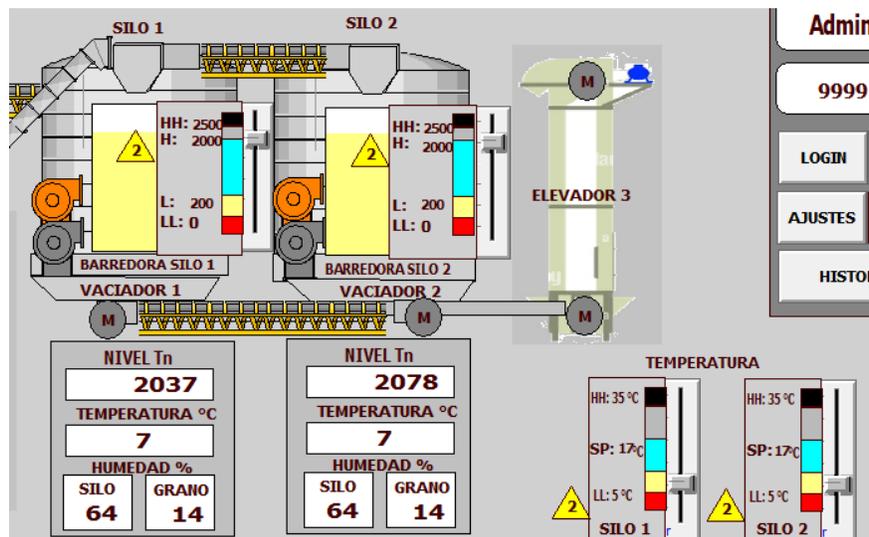


Figura 67. Calefacción del silo monitoreado por SCADA. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

En el momento de mandar una orden para descargar a cualquiera de los silos, se inicia automáticamente un sistema de operación. La figura 68 muestra cómo se activa el elevador 3, la transportadora de despacho y la compuerta de salida del producto durante la descarga. Si el nivel del silo es mínimo, se enciende la barredora del silo para recolectar la mayor cantidad posible de granos.

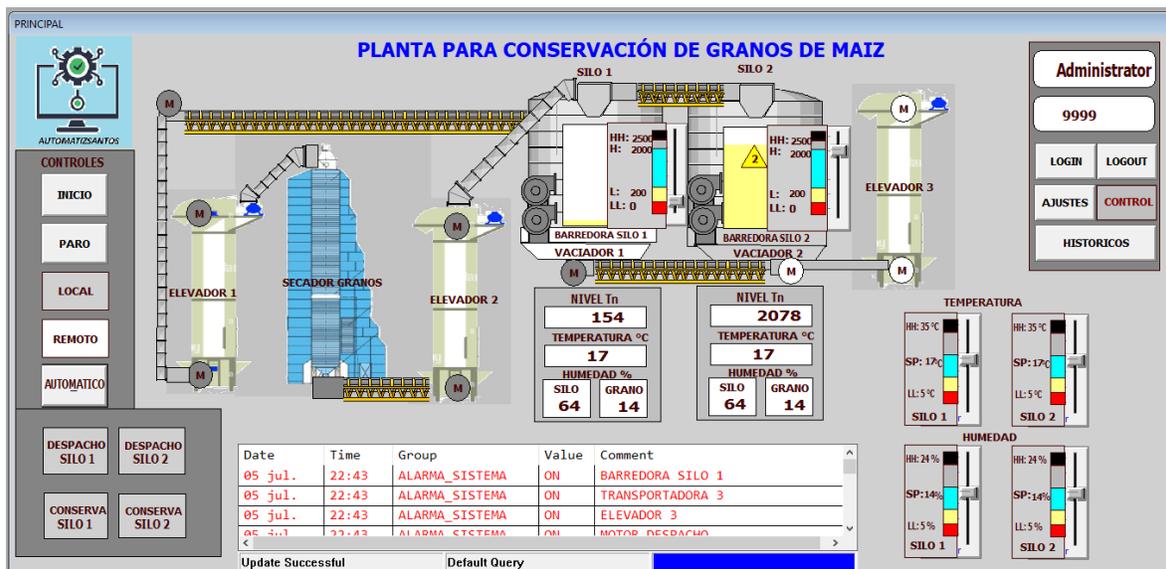


Figura 68. Monitoreo de la descarga del silo 1. [Fuente: Creado bajo las normas ISA 101.01]

De igual forma si se ordena llevar el grano almacenado en cualquiera de los silos a un bucle de conserva donde el producto es llevado nuevamente a la secadora de granos mediante la activación de la transportadora de conserva.

2.7 ESQUEMA ELÉCTRICO PARA LAS INSTALACIONES DE LOS SILOS

El diagrama eléctrico de los sistemas vinculados a los silos se desarrolló con el software CADESIMU. El proceso comienza con la colocación de un dispositivo PLC, ubicando los interruptores según las entradas del sistema descritas en la tabla 6. La figura 76 muestra el detalle de la conexión entre los interruptores y el PLC.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
SO	MARCHA
S1	PARO
S2	ORDEN DE CONSERVA SILO 1
S3	ORDEN DE CONSERVA SILO 2
S4	ORDEN DE DESPACHO SILO 1
S5	ORDEN DE DESPACHO SILO 2

Tabla 7: Entradas del sistema al PLC. [Fuente: Autor]

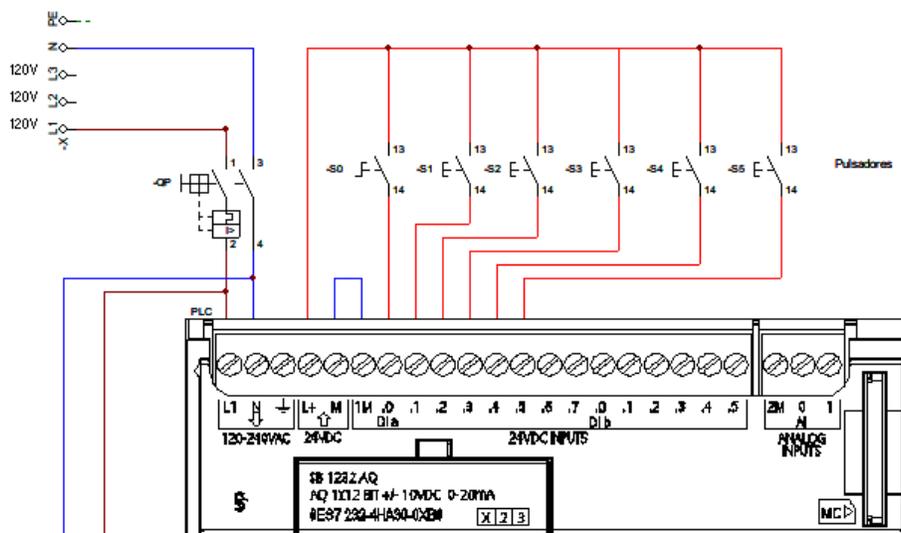


Figura 69: Diseño eléctrico de las entradas del PLC. [Fuente: Autor]

Para controlar las máquinas y los sistemas de almacenamiento, se conectan los solenoides activados por el PLC a los contactores y electroválvulas correspondientes. La Tabla 7 enumera las salidas del PLC, mientras que la Figura 76 ilustra las conexiones realizadas.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
KA	TRANSPORTADORA 1
KB	TRANSPORTADORA 2
KC	TRANSPORTADORA 3
KD	COMPUERTA 1
KE	COMPUERTA 2
KF	VACIADOR 1
KG	VACIADOR 2
KH	BARREDORA 1
KI	BARREDORA 2

Tabla 8: Salidas del PLC relacionadas con el sistema. [Fuente: Autor]

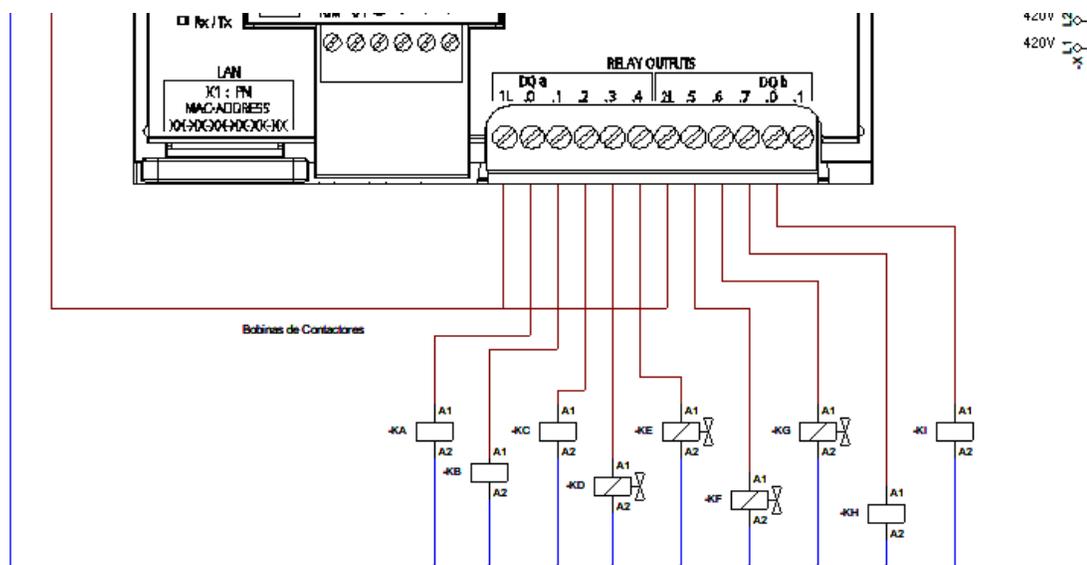


Figura 70: Conexiones de la salida del PLC. [Fuente: Autor]

Las instalaciones para la alimentación trifásica de los motores de las maquinarias empleadas se detallan en el diseño eléctrico de la figura 77.

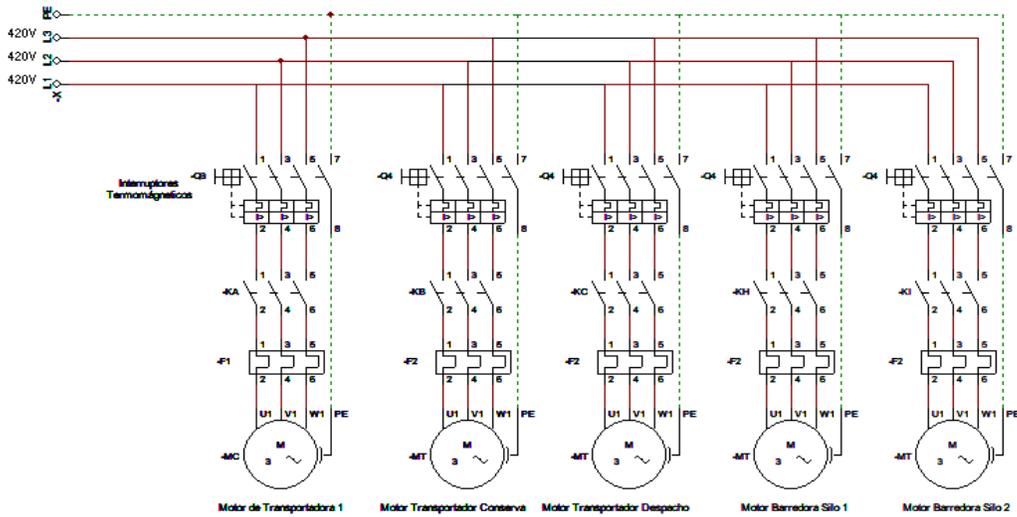


Figura 71: Diseño eléctrico de las maquinarias empleadas en la planta. [Fuente: Autor]

En el diseño eléctrico de los solenoides, se utiliza un esquema como el que se muestra en la figura 78 para alimentar las compuertas de los silos. Este diagrama ilustra la configuración eléctrica necesaria para controlar el funcionamiento de estos dispositivos.

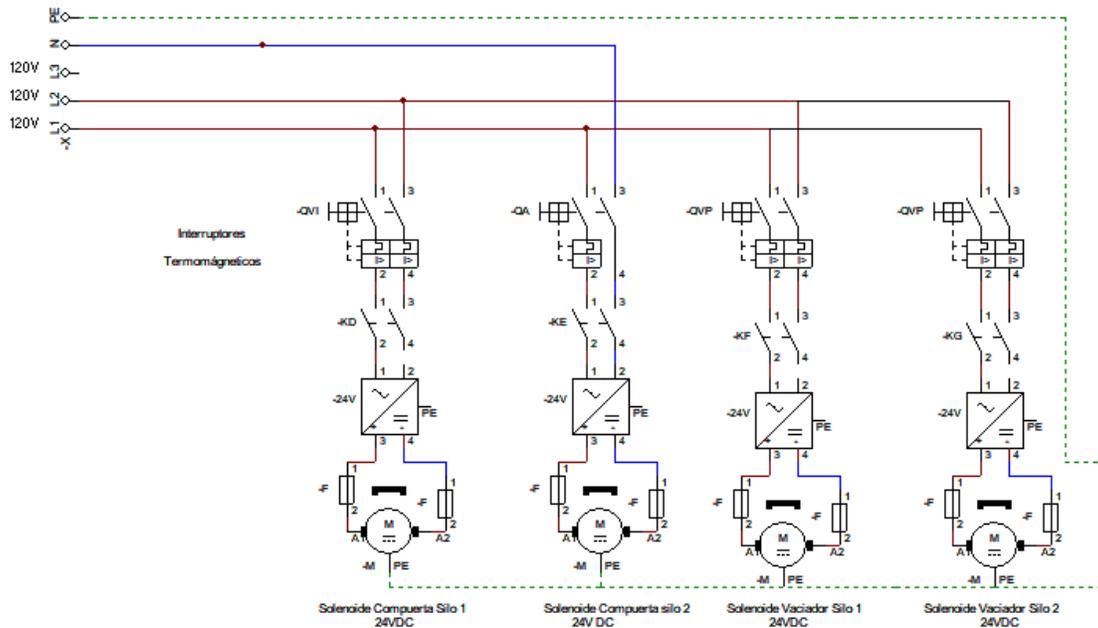


Figura 72: Diseño eléctrico para las compuertas de los silos. [Fuente: Autor]

2.8 DIAGRAMA P&ID DE LOS SILOS PARA ALMACENAMIENTO

En el Anexo 2, se encuentra el esquema P&ID que describe dos silos dedicados al almacenamiento de granos de maíz. Allí, se especifican los motores y su alimentación eléctrica trifásica, las válvulas electromagnéticas que controlan las compuertas de llenado y vaciado, las cuales están conectadas eléctrica y neumáticamente, además de los dispositivos de monitoreo, como los transmisores de temperatura, humedad y nivel, que a su vez se encuentran vinculados a un PLC.

2.9 RESULTADOS

Se desarrolló un sistema de programación en Ladder para automatizar el control de los silos de almacenamiento de granos de maíz. La programación realizada para el control automático o manual de los silos se ejecuta correctamente y monitorea variables críticas como temperatura y humedad ajustando los sistemas de ventilación para mantener las condiciones óptimas de conservación.

Se diseñó y configuró un sistema de interfaz hombre-máquina (HMI) para supervisar y monitorizar los eventos y procesos de operación en los silos de almacenamiento. Se utilizó el protocolo industrial Profinet, un estándar abierto y ampliamente usado en la comunicación industrial, para permitir la interconexión bidireccional entre el sistema HMI y el controlador programable.

Se implementó un sistema SCADA para lograr un mayor control y monitoreo de los silos de almacenamiento de grano de maíz. Este sistema permite la visualización y control remoto de las operaciones, conectándose al PLC que gestiona el funcionamiento de los silos, las simulaciones realizadas durante el desarrollo del sistema SCADA fueron fundamentales para depurar errores en la programación del PLC, permitiendo identificar y corregir cualquier fallo en la lógica de control antes de la puesta en marcha del sistema.

2.10 CONCLUSIONES

Entender los fundamentos para asegurar la calidad y seguridad de los cereales durante el almacenamiento es esencial en la cadena de producción agrícola porque ayuda a identificar los elementos que afectan la preservación de los granos, como el entorno y las técnicas de supervisión en los silos, garantizando que los consumidores reciban productos nutritivos y de excelencia, reduciendo el desperdicio y maximizando el uso de los recursos agrícolas.

Para seleccionar los equipos de conservación se necesitó un análisis exhaustivo de las necesidades específicas del proceso. Esto incluye considerar factores como el volumen de granos a almacenar, la duración del almacenamiento, las condiciones ambientales del lugar de almacenamiento y los recursos disponibles.

La programación del PLC se llevó a cabo de manera cuidadosa y detallada, contemplando aspectos fundamentales como la temperatura, la humedad, los niveles de llenado y los tiempos de cada etapa del proceso. Esto permitió ajustar con precisión los diversos subsistemas, como los sistemas de ventilación, los mecanismos de carga y descarga, y los controles manuales y automáticos, logrando así un proceso de conservación del grano eficiente y confiable.

La interfaz de monitoreo en el SCADA y en el HMI cumplen de manera satisfactoria con los modos de configuración local y remoto. Esto permite agilizar y facilitar el control de las operaciones de conservación del grano de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. M. PRADA, «Diseño de un sistema scada para optimizar el proceso de producción de la semilla de arroz,» 2020. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3443/1/TL_PradaQuevedoDiego.pdf .
- [2] B. Safla, «Diseño e implementación de un sistema SCADA para la compañía de elaboración de café,» 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10439/1/UPS-GT001534.pdf>. [Último acceso: 17 Mayo 2024].
- [3] J. E. M. Baquero, «Diseño de un sistema automatizado para secado y almacenamiento de maíz,» 2017. [En línea]. Available: https://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/full_papers/FP430.pdf. [Último acceso: 17 Mayo 2024].
- [4] M. M. Alejandro, «Estudio de un sistema dosificador de granos en la tolva de un molino de piedra para optimizar el proceso de molienda de cebada y maíz,» 2011. [En línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1357>. [Último acceso: 18 abril 2024].
- [5] H. P. S. S. y. Rebeca, «Introducción a la Automatización Industrial,» [En línea]. Available: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/. [Último acceso: 18 abril 2024].
- [6] O. R. Adolfo, «Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria,» 2018. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10614/11026>. [Último acceso: 18 abril 2024].
- [7] P. L. Esteban, «Los sistemas SCADA en la automatización industrial.,» *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 28, n° 4, pp. 3-14, 2015.
- [8] E. D. Bohórquez, «Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI,» *Seminario internacional*, vol. 3, n° 20, pp. 4-6, 2019.
- [9] A. L. Dias, «Panorama, desafíos y oportunidades en la investigación del protocolo PROFINET,» *Conferencia Internacional IEEE sobre Aplicaciones Industriales (INDUSCON)*, pp. 186-193, 2018.
- [10] Y. H. D. Blanco-Valdes, «Cultivos Tropicales,» 2016. [En línea]. Available: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1281>. [Último acceso: 20 abril 2024].
- [11] S. C. Perito, «Muestreo de Granos. Técnicas e Importancia en la Toma de Muestras,» [En línea]. Available:

<https://issuu.com/graosbrasil/docs/granos146online/s/15310345>. [Último acceso: 25 abril 2024].

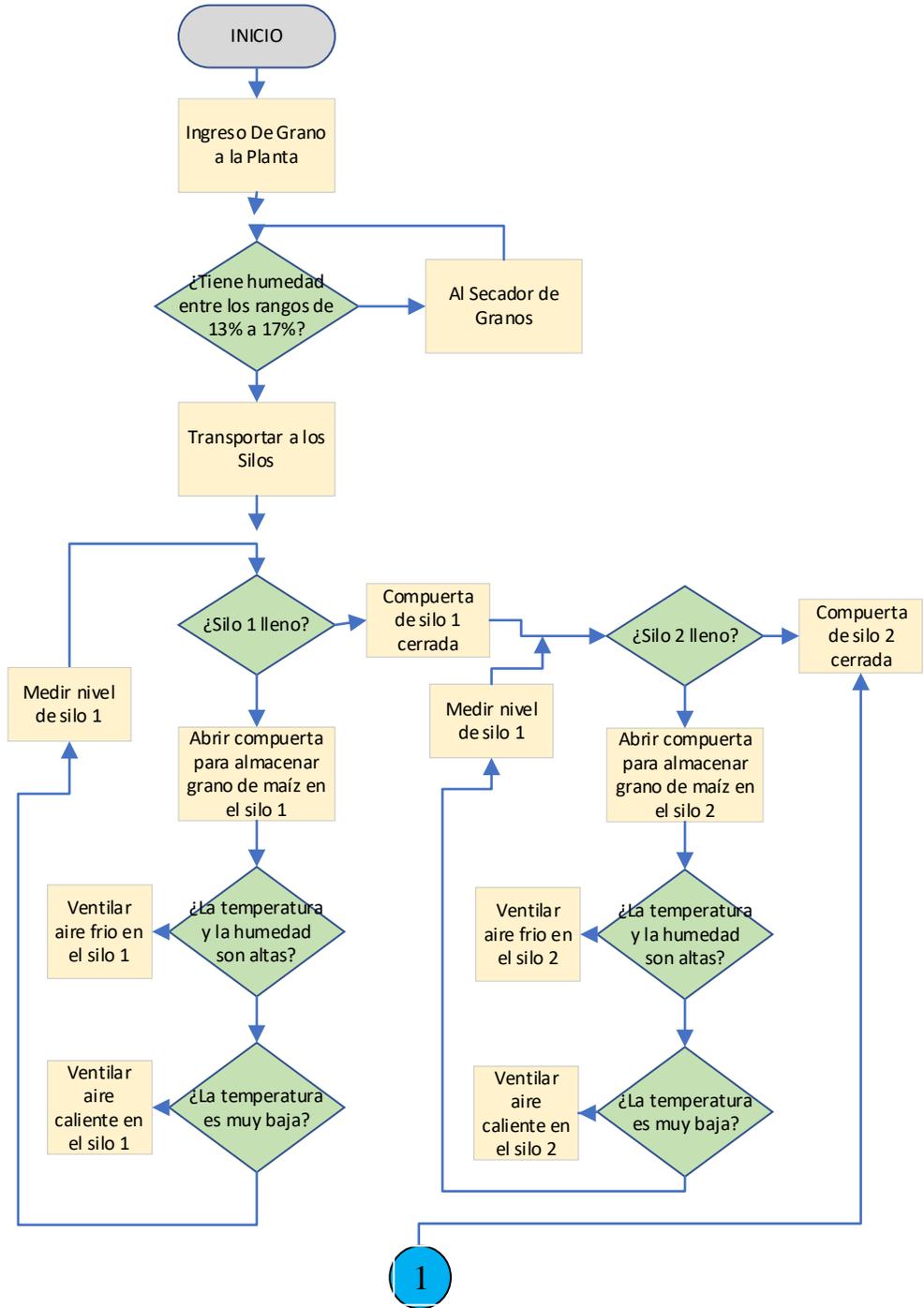
- [12] M. E. R. Guzmán, «Determinacion de metodologias de muestreo para realizar analisis de laboratorio para granos,» [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/profile/M-E-Ramirez-Guzman/publication/317643607>. [Último acceso: 25 abril 2024].
- [13] L. Moisés, «Recibo y descarga de graneles sólidos con plataformas volcadoras o equipos especializado,» 17 06 2017. [En línea]. Available: https://www.engormix.com/agricultura/eficiencia-cosecha-postcosecha/recibo-descarga-graneles-solidos_a47540/. [Último acceso: 26 abril 2024].
- [14] L. d. S. Fe, «Solucionados los últimos conflictos gremiales se normaliza la descarga de granos,» AGRITOTAL, 7 ENERO 2021. [En línea]. Available: <https://www.agritotal.com/nota/46515-solucionados-los-ultimos-conflictos-gremiales-se-normaliza-la-descarga-de-granos/>. [Último acceso: 26 Abril 2024].
- [15] O. P. Cedric, «Optimizacion de un elevador de canguilones,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositori.udl.cat/bitstream/10459.1/69777/1/cortizp.pdf>. [Último acceso: 28 abril 2024].
- [16] O. Matías, «Avances en Ciencias e Ingeniería,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627687015.pdf>. [Último acceso: 29 abril 2024].
- [17] D. F. Hector, «Guía técnica: el cultivo de maíz.,» 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11893/BVE20098105e.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 29 Abril 2024].
- [18] D. R. Carolina, «Propuesta de reducción del costo de despacho de cereales a granel,» 2015. [En línea]. Available: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2059/davila_c-sanchez_de.pdf?sequence=1. [Último acceso: 29 abril 2024].
- [19] P. M. E. Fernández, «Roca: Revista Científico-Educaciones de la provincia de Granma,» 2017. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6759753.pdf>. [Último acceso: 29 abril 2024].
- [20] T. I. d. reservados, «DIRECTINDUSTRY,» [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/yasar-makine/product-245191-2608473.html>. [Último acceso: 29 Abril 2024].
- [21] S. S. D. Alexande, «Implementación de un horno de secado de granos mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para la mejora de producción

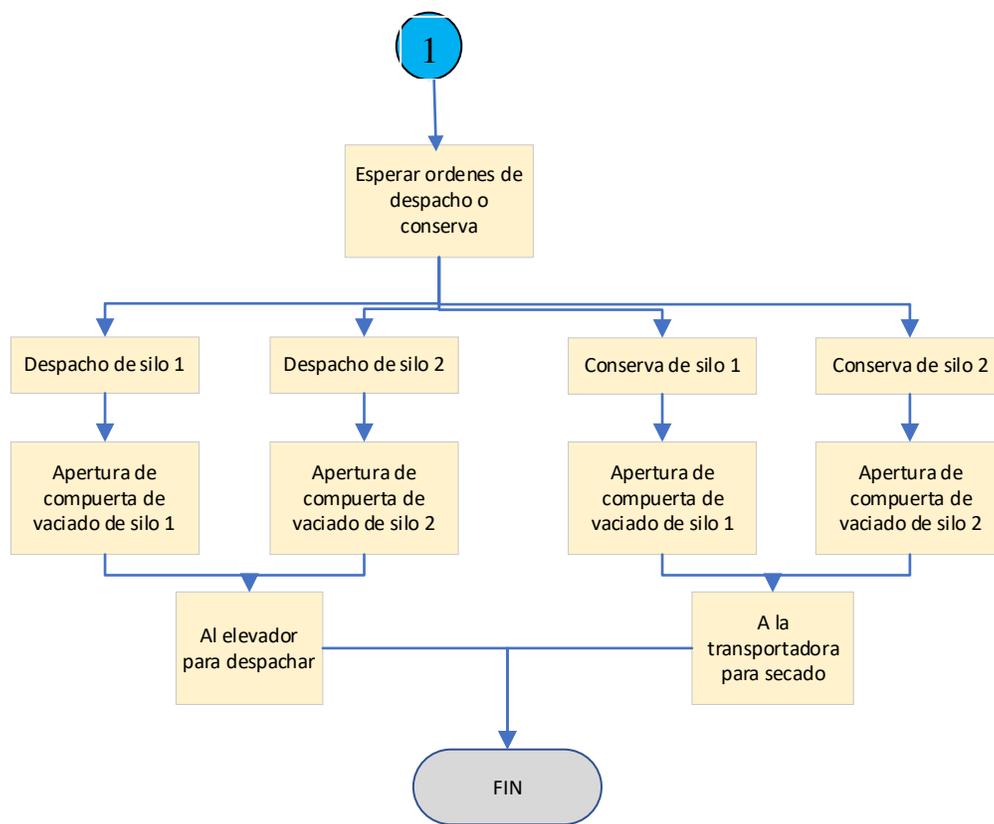
- agrícola,» 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36096/1/M-ESPEL-EMT-0153.pdf>. [Último acceso: 11 Mayo 2024].
- [22] T. I. d. reservados, «AI GRANO,» [En línea]. Available: <https://expertosengranosysemillas.org/producto/sensor-y-controlador-de-temperatura-para-secadora-de-granos/>. [Último acceso: 11 Mayo 2024].
- [23] U. A. L. Geovanny, «Diseño e implementación de un sistema SCADA, para el control automático de las compuertas de guillotina y monitoreo del sistema de pesaje de balanceados, en la Avícola la Morenita.,» 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/9061/1/25T00325.pdf>. [Último acceso: 11 Mayo 2024].
- [24] T. I. d. reservados, «MOINSA,» [En línea]. Available: <https://www.moinsas.com/compuertas-guillotina/>. [Último acceso: 11 mayo 2024].
- [25] P. A. S. Francisco, «Desarrollo de un HMI centralizado para los silos de la empresa de fideos Toscana con gestión de alarmas a equipos remotos con acceso a internet.,» 2016. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13694/1/UPS%20-%20ST002853.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2024].
- [26] T. I. d. reservados, «Sensores de nivel para silos | Qué sensor de nivel elegir,» [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/binmaster/product-30027-1937642.html>. [Último acceso: 12 Mayo 2024].
- [27] B.-V. Yaisys, «Efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados.,» 2016. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362016000400010&script=sci_arttext. [Último acceso: 12 Mayo 2024].
- [28] T. I. d. reservados, «Sistema de monitorización de Temperatura,» [En línea]. Available: <https://pradosilos.com/es/sistemas-adicionales-para-silos/>. [Último acceso: 12 Mayo 2024].
- [29] D. reservados, «millingandgrain,» 27 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://millingandgrain.co/entrada/funcionamiento-de-los-sistemas-de-aireacion-modernos-20296/>. [Último acceso: 2024 julio 03].
- [30] D. reservados, «CEREALTEC,» [En línea]. Available: <https://refrigeraciondegranos.com/index.php#funcionamiento>. [Último acceso: 03 Julio 2024].

- [31] D. R. Carolina, «Propuesta de reducción del costo de despacho de cereales a granel,» 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2059>. [Último acceso: 12 Mayo 2024].
- [32] T. I. d. reservados, «Barredor para silos planos,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=TmmnXHVx2Io>. [Último acceso: 12 Mayo 2024].
- [33] P. A. L. Orlando, «Calidad de sensado y eficiencia energética en redes de sensores inalámbricos,» 2023. [En línea]. Available: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/162474>. [Último acceso: 13 Mayo 2024].
- [34] T. I. d. reservados, «Topología de estrella en Packet Tracer,» 2019. [En línea]. Available: <https://wennlizarazo.wixsite.com/technologyuniverse/single-post/2016/11/08/topolog%C3%ADa-de-estrella-en-packet-tracer>. [Último acceso: 13 Mayo 2024].
- [35] A. M. Ali, «Styrning av Siemens PLC med Android applikation,» 2013. [En línea]. Available: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=3878516&fileOId=8961666>. [Último acceso: 13 Mayo 2024].
- [36] T. I. d. reservados, «INGELCOM CPU 1212C AC/DC/RELE S7 1200,» [En línea]. Available: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=3878516&fileOId=8961666>. [Último acceso: 13 Mayo 2024].
- [37] M. A. Rață, «Case study of a profibus network,» 2022. [En línea]. Available: <https://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2022/ANNALS-2022-4-18.pdf>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [38] D. reservados, «Panel HMI SIMATIC Comfort Siemens TP700,» [En línea]. Available: <https://www.automation24.es/panel-hmi-simatic-comfort-siemens-tp700-comfort-6av2124-0gc01-0ax0>. [Último acceso: 15 MAYO 2024].
- [39] D. Reservados, «SIMATIC TIA Portal V16,» 2019. [En línea]. Available: <https://masterplc.com/software/siemens-tia-portal-v16/>. [Último acceso: 15 Mayo 2024].
- [40] Páez-Logreira Heyder David, «Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB,» 2019. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292015000200010&script=sci_arttext. [Último acceso: 16 Mayo 2024].

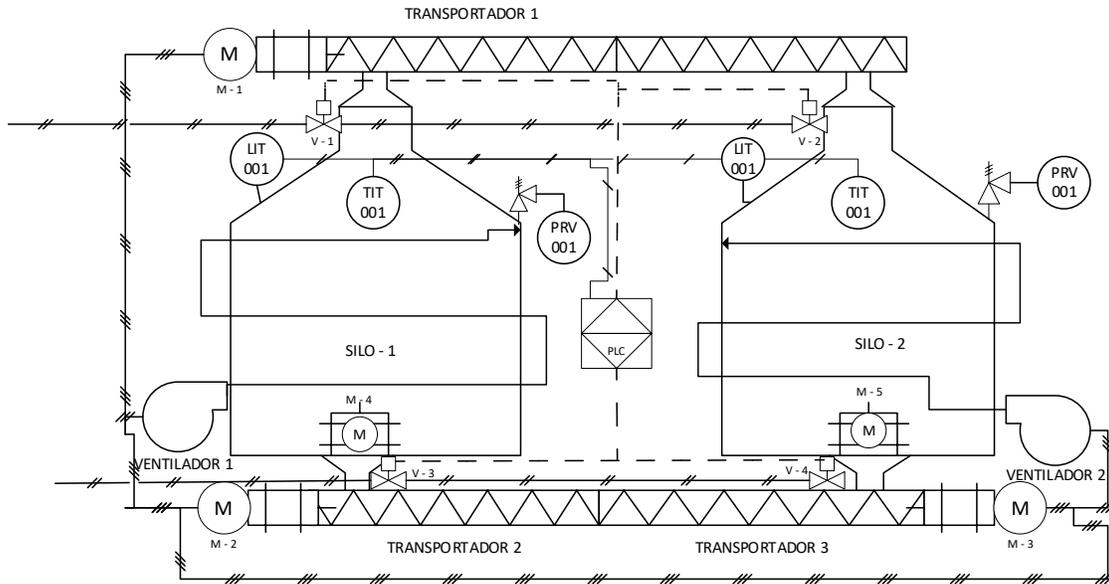
- [41] Tecno plc, «Programación ladder y contactos abiertos y cerrados tia portal,» [En línea]. Available: <https://www.tecnopl.com/programacion-ladder-y-contactos-abiertos-y-cerrados-tia-portal/>. [Último acceso: 16 Mayo 2024].
- [42] Ardi Syahril, «Design of Monitoring and Control of SCADA Systems on Curing Machine using PLC and HMI Wonderware InTouch.,» 2020. [En línea]. Available: <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/foitic/article/download/81/74>. [Último acceso: 16 Mayo 2024].
- [43] P. Lauri, «IEC 61850 and KEPServerEX data communication in a power plant environment,» 2023. [En línea]. Available: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/855312/Paananen_Lauri.pdf?sequence=2. [Último acceso: 16 Mayo 2024].
- [44] Kepware, «Qué es KEPServerEX, cómo funciona y qué te puede aportar,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.kepserverexopc.com/que-es-kepserverex-como-funciona-y-que-te-puede-aportar/>. [Último acceso: 16 Mayo 2024].
- [45] S. A. Creus, «Instrumentación industrial,» 2005. [En línea]. Available: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=cV6ZOqQ0ywMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Normas+ISA-S5.1-84\(R-1992\)+&ots=b0Fx7TVyVp&sig=MfOvPJgbb-0aJOf6H4EIpNNqwqg](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=cV6ZOqQ0ywMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Normas+ISA-S5.1-84(R-1992)+&ots=b0Fx7TVyVp&sig=MfOvPJgbb-0aJOf6H4EIpNNqwqg). [Último acceso: 16 Mayo 2024].
- [46] D. reservados, «Tia portal V6,» [En línea]. Available: <https://www.ebay.com/p/27037790911>. [Último acceso: 15 Mayo 2024].
- [47] INFOPLC, «Introducción a Structured Control Language (SCL) en TIA Portal con S7-1200/1500 (En),» 2019. [En línea]. Available: [mens/software-step7-tiaportal/tia-portal/3158-structured-control-language-scl-tia-portal-s7-1200-1500](https://www.info plc.com/mens/software-step7-tiaportal/tia-portal/3158-structured-control-language-scl-tia-portal-s7-1200-1500). [Último acceso: 16 Mayo 2024].
- [48] D. reservados, «INTOUCH SCADA,» [En línea]. Available: <https://lab4sys.com/en/download-wonderware-intouch-scada/>. [Último acceso: 16 Mayo 2024].

ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE GRANOS DE MAÍZ.

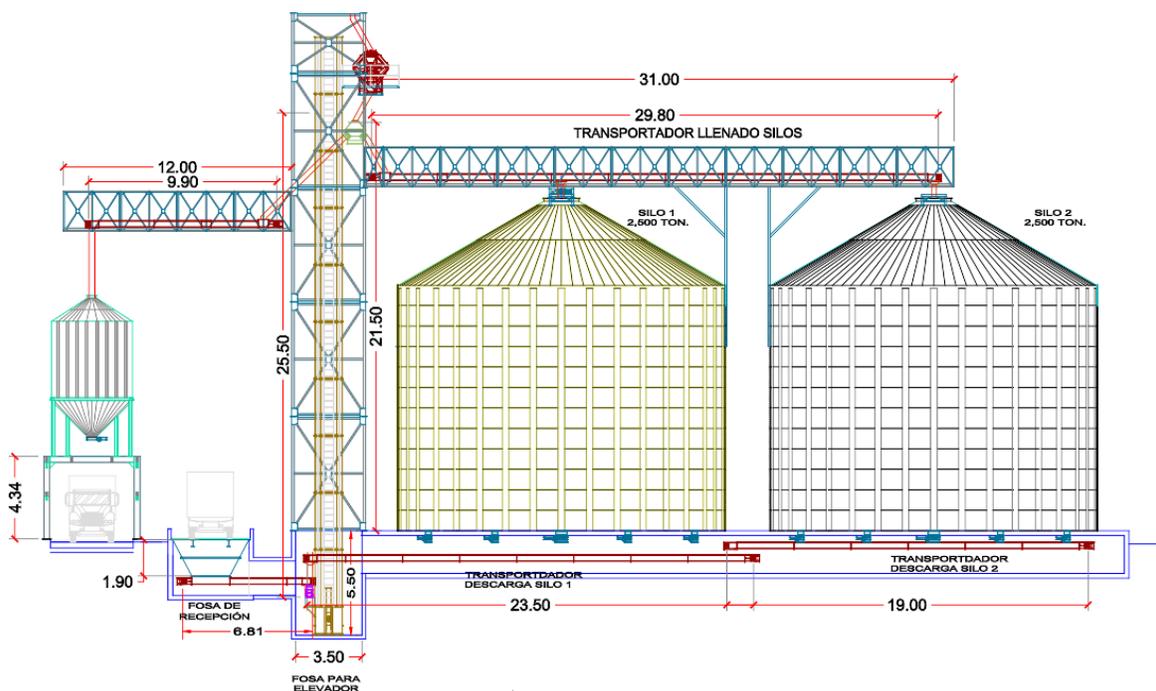




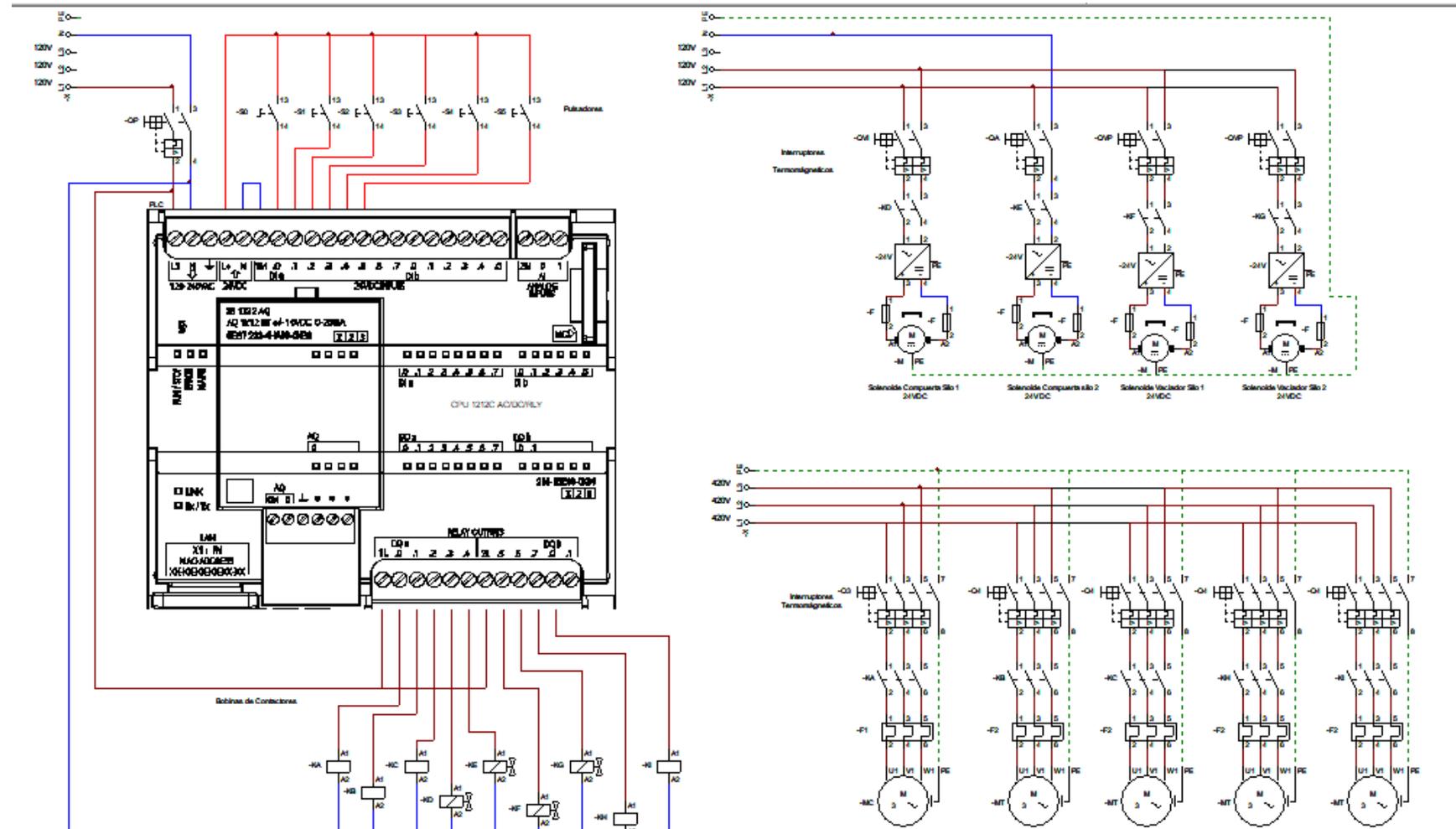
ANEXO 2. DIAGRAMA P&ID DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE MAÍZ EN SILOS.



ANEXO 3. DIMENSIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SILO PARA 2500 TONELADAS DE GRANOS DE MAÍZ



ANEXO 4. DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA ALMACENAMIENTO DE GRANOS DE MAÍZ EN SILOS



PROYECTO_AUTOMATIZACION_COMPLEXIVO

2%
Textos sospechosos



1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: PROYECTO_AUTOMATIZACION_COMPLEXIVO.pdf ID del documento: b128ee8544d27c7f3fb2dcfed0a7ccbfe3cd5d18 Tamaño del documento original: 3,99 MB	Depositante: Manuel Asdrual Montaña Blacio Fecha de depósito: 19/6/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 19/6/2024	Número de palabras: 11.299 Número de caracteres: 73.704
---	---	--

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10623/1/JPSE-TEA-2024-0006.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (69 palabras)
2	repositoriotec.tec.ac.cr https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/2238/2966/1/Informe_Final.pdf 20 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	tesis.usat.edu.pe Repositorio de Tesis USAT: Diseño de un sistema Scada para o... https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3443	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
2	TESINA CARLOS SUÁREZ.pdf TESINA CARLOS SUÁREZ #7feac2 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
3	www.doi.org https://www.doi.org/10.23919/ICISTI.2018.8399299	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)