

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

Título:

**Modernización de los equipos de control del Sistema  
Cortador y Vaciador de Sacos (PLC, HMI y Módulos de E/S)**

Previo a la obtención del Título de:

**Magíster en Automatización y Control Industrial**

Presentado por:

**Ing. Luis Efrén Herrera Baños**

**Ing. Efrén André Herrera Baños**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

## DEDICATORIA

Este proyecto lo dedicamos a las dos personas más importantes de nuestras vidas, Mónica Cecibel Baños De Mora y Efrén Vinicio Herrera Muentes, ¡amados padres! Sin su apoyo nada de lo que ha ocurrido en nuestra existencia sería posible, estamos eternamente agradecidos por todo su esfuerzo, amor y dedicación para con nosotros. Que Jehová Dios los bendiga y los acompañe siempre. ¡Muchas gracias por existir!

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestro Padre Celestial, Jehová Dios, por sus bendiciones y protección en todas las etapas de nuestras vidas. A papá y mamá, por habernos permitido ser resilientes y proactivos en cada peldaño que subimos para alcanzar nuestros objetivos, especialmente en el desarrollo de este proyecto.

A nuestra alma mater la Escuela Superior Politécnica del Litoral —ESPOL— y a todo el personal responsable de las diversas cátedras dadas a lo largo de nuestra estadía como estudiantes a nivel de pre y post grado, por ser proveedores del alimento intelectual y permitirnos continuar formándonos como profesionales.

Asimismo, a Ronny de CITELL S.A. y a SACI\_HB representados por Paul, Víctor y especialmente a Manuelito y a nuestro papá EfrénH quienes nos acompañaron durante este proyecto.

## DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Efrén André Herrera Baños y Luis Efrén Herrera Baños acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 30 de julio del 2025.

---

Ing. Luis Efrén Herrera Baños

---

Ing. Efrén André Herrera Baños

## **EVALUADORES**

---

**Ing. Dennys Cortez Álvarez, M.Sc.**

PROFESOR TUTOR

---

**Ing. Carlos Salazar, Ph.D.**

PROFESOR EVALUADOR

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad la modernización de los equipos de control del Sistema Cortador y Vaciador de Sacos (SCVS) perteneciente a una industria que produce alimentos para la acuicultura, actualmente inoperativo debido a la obsolescencia de su PLC, HMI y módulos de entradas y salidas. Se plantea como objetivo general actualizar dichos componentes para mejorar la eficiencia operativa, la fiabilidad del sistema y su integración con tecnologías propias de la Industria 4.0. La hipótesis establece que la implementación de nuevos equipos de control, junto con un rediseño del sistema mediante herramientas de simulación, permitirá restablecer el funcionamiento del SCVS y facilitar su futura expansión. La justificación del proyecto radica en la necesidad de reducir los tiempos de inactividad, mejorar el mantenimiento y habilitar capacidades de monitoreo remoto.

Durante el desarrollo del proyecto se realizó un análisis detallado del sistema actual identificando sus deficiencias técnicas. Se seleccionaron nuevos equipos, incluyendo un PLC Siemens S7-1200, una HMI compatible con TIA Portal V17 y módulos de E/S escalables. Se emplearon herramientas de simulación como Factory I/O para validar la lógica de control. La instalación se ejecutó conforme a normas industriales de cableado, comunicación y seguridad.

Los resultados obtenidos demostraron una mejora significativa en la operatividad del SCVS, con reducción de fallas, tiempos de respuesta más rápidos y una arquitectura flexible. La integración con protocolos modernos permitió la supervisión en tiempo real.

Se concluye que la modernización del sistema garantiza su funcionamiento confiable, mejora la eficiencia operativa y lo prepara para entornos industriales inteligentes.

**Palabras clave:** Automatización, PLC, Industria 4.0, Simulación, Modernización.

## ***ABSTRACT***

This project aims to modernize the control equipment of the Bag Cutting and Emptying System (SCVS), currently inoperative due to the obsolescence of its PLC, HMI, and input/output modules. The general objective is to update these components to improve operational efficiency, system reliability, and integration with Industry 4.0 technologies. The hypothesis establishes that the implementation of new control equipment, along with a redesigned system using simulation tools, will restore the SCVS's functionality and facilitate future expansion. The project is justified by the need to reduce downtime, improve maintenance, and enable remote monitoring capabilities.

During project development, a detailed analysis of the current system was carried out to identify its technical deficiencies. New equipment was selected, including a Siemens S7-1200 PLC, an HMI compatible with TIA Portal V17, and scalable I/O modules. Simulation tools such as Factory I/O were used to validate control logic. Installation followed industrial standards for wiring, communication, and safety.

The results demonstrated a significant improvement in SCVS operability, with fewer failures, faster response times, and more flexible architecture. Integration with modern protocols enabled real-time monitoring and better system supervision.

It is concluded that the modernization of the system ensures reliable operation, enhances operational efficiency, and prepares the SCVS for integration into intelligent industrial environments.

**Keywords:** Automation, PLC, Industry 4.0, Simulation, Modernization.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	10
1. Introducción .....	10
1.1 Descripción del problema .....	11
1.2 Justificación del problema .....	12
1.3 Objetivos .....	13
1.3.1 Objetivo general .....	13
1.3.2 Objetivos específicos .....	13
1.4 Marco teórico .....	14
1.4.1 Evolución de los sistemas de control industrial .....	14
1.4.2 Introducción a los PLCs modernos y su relevancia en la Industria 4.0 ..	14
1.4.3 Industria 5.0 .....	15
1.4.4 Protocolos de Comunicación Industrial (Profinet, Ethernet/IP) .....	15
1.4.5 Simulación de sistemas de control con TIA Portal y Factory I/O .....	15
CAPÍTULO 2 .....	17
2. Metodología .....	17
2.1 Análisis del sistema actual .....	17

2.1.1	Evaluación de los requerimientos del SCVS .....	20
2.2	Selección de los nuevos equipos.....	23
2.3	Programación, simulación y pruebas virtuales.....	27
2.4	Implementación e instalación.....	32
2.5	Pruebas de validación.....	33
2.6	Documentación y capacitación .....	33
CAPÍTULO 3.....		34
3.	Resultados y análisis.....	34
3.1	Equipos seleccionados para la integración del SCVS .....	34
3.2	Análisis de costos .....	35
3.3	Planos eléctricos asociados al control del SCVS.....	36
3.4	Pantallas operacionales.....	40
3.4.1	Pantalla principal.....	40
3.4.2	Pantalla de control manual.....	41
3.5	Manual de operación .....	42
3.6	Resultados después de la reingeniería.....	43
CAPÍTULO 4.....		45
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	45
Conclusiones: .....		45
Recomendaciones: .....		45
BIBLIOGRAFÍA.....		46
APÉNDICES .....		48

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SCVS	Sistema Cortador y Vaciador de Sacos
PLC	Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller)
HMI	Interfaz Hombre-Máquina (Human-Machine Interface)
E/S	Entradas/Salidas
TIA	Totally Integrated Automation
DB	Bloque de datos (Data Block)
LAD	Ladder Diagram (Lenguaje en Escalera)
I/O	Input/Output
DI	Digital Input (Entrada Digital)
DO	Digital Output (Salida Digital)
AI	Analog Input (Entrada Analógica)
AO	Analog Output (Salida Analógica)
CPU	Unidad Central de Procesamiento (Central Processing Unit)
FB	Bloque funcional (Function Block)
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture
IoT	Internet de las Cosas (Internet of Things)

## **SIMBOLOGÍA**

[ ]	Contacto normalmente abierto (NO)
[/]	Contacto normalmente cerrado (NC)
( )	Bobina de salida (Coil)
(S)	Bobina Set (activar enclavamiento)
(R)	Bobina Reset (desactivar enclavamiento)
TON	Temporizador de retardo a la conexión (Timer On Delay)
TOF	Temporizador de retardo a la desconexión (Timer Off Delay)
TP	Temporizador de pulso
CTU	Contador ascendente
CTD	Contador descendente
M	Memoria interna del PLC
I	Entrada digital
Q	Salida digital
DBx	Bloque de datos número x (DB1, DB13, etc.)
FBx	Bloque funcional número x
SM	Variable de sistema
HMI	Dispositivo de interfaz para el operador

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura # 1.</b> Estado actual del SCVS.....	17
<b>Figura # 2.</b> Partes principales del SCVS. ....	18
<b>Figura # 3.</b> PLC + HMI original, marca UNITRONICS.....	19
<b>Figura # 4.</b> Tablero original del SCVS.....	19
<b>Figura # 5.</b> Módulos de IN/OUT originales marca UNITRONICS. ....	19
<b>Figura # 6.</b> Diagrama de componentes para el control del SCVS.....	20
<b>Figura # 7.</b> Relación módulos Originales con los módulos Nuevos.....	24
<b>Figura # 8.</b> Diagrama de flujo para el control del SCVS.....	30
<b>Figura # 9.</b> Interacción entre TIA Portal v17+ Factory I/O +S7-PLCSIM. ....	31
<b>Figura # 10.</b> SIMATIC HMI 6AV2 123-26B03-0AX0 para el control del sistema. ....	32
<b>Figura # 11.</b> PLC y nuevos módulos una vez realizada la reingeniería.....	32
<b>Figura # 12.</b> Pantalla principal original y nueva.....	40
<b>Figura # 13.</b> Pantalla de control manual original y nueva.....	41
<b>Figura # 14.</b> Contenido del manual de usuario.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla # 1.</b> Entradas para el módulo EX-1 del SCVS. ....	21
<b>Tabla # 2.</b> Entradas para el módulo EX-2 del SCVS. ....	21
<b>Tabla # 3.</b> Entradas para el módulo EX-3 del SCVS. ....	22
<b>Tabla # 4.</b> Entradas para el módulo EX4 del SCVS. ....	22
<b>Tabla # 5.</b> Salidas para el módulo EX-1 del SCVS.....	22
<b>Tabla # 6.</b> Salidas para el módulo EX-2 del SCVS.....	23
<b>Tabla # 7.</b> Salidas para el módulo EX-3 del SCVS.....	23
<b>Tabla # 8.</b> Módulo EX-1 versus Módulo 2, a nivel de entradas. ....	24
<b>Tabla # 9.</b> Módulo EX-2 versus Módulo 4 a nivel de entradas. ....	25
<b>Tabla # 10.</b> Módulo EX-3 versus Módulo 1 a nivel de entradas. ....	25
<b>Tabla # 11.</b> Módulo EX-3 versus Módulo 6 a nivel de entradas. ....	26
<b>Tabla # 12.</b> Módulo EX-1 versus Módulo 3, a nivel de salidas. ....	26
<b>Tabla # 13.</b> Módulo EX-2 versus Módulo 5, a nivel de salidas. ....	26
<b>Tabla # 14.</b> Módulo EX-3 versus Módulo 1, a nivel de salidas. ....	27
<b>Tabla # 15.</b> Lista de equipos Siemens utilizados en la migración.....	34
<b>Tabla # 16.</b> Lista de precios.....	35

## ÍNDICE DE PLANOS

<b>Plano # 1.</b>	Plano_01_M1_EX_3_IN.....	36
<b>Plano # 2.</b>	Plano_02_M2_EX_1_IN.....	37
<b>Plano # 3.</b>	Plano_03_M4_EX_2_IN.....	37
<b>Plano # 4.</b>	Plano_04_M6_EX4_AI.....	38
<b>Plano # 5.</b>	Plano_05_M1_EX_3_OUT.....	38
<b>Plano # 6.</b>	Plano_06_M3_EX_1_OUT.....	39
<b>Plano # 7.</b>	Plano_07_M5_EX_2_OUT.....	39

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La transformación digital de los sistemas de producción ha acelerado la necesidad de modernizar los equipos de automatización y control industrial, especialmente aquellos que han superado su ciclo de vida útil. En este escenario, la Industria 4.0 plantea un cambio paradigmático al promover la incorporación de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, la interoperabilidad de sistemas y el mantenimiento predictivo (Wittenberg & García, 2021). Estas innovaciones no solo optimizan la eficiencia de los procesos, sino que también garantizan una mayor fiabilidad operativa y capacidad de adaptación a contextos industriales en constante evolución.

El presente proyecto de titulación propone la modernización de los equipos de control del Sistema Cortador y Vaciador de Sacos (SCVS), en respuesta a su actual estado de obsolescencia tecnológica. Este sistema, fundamental en procesos industriales para la descarga automatizada de sacos, presenta múltiples deficiencias operativas debido al envejecimiento de su controlador lógico programable (PLC), la interfaz hombre-máquina (HMI) y los módulos de entradas y salidas (E/S). Las fallas recurrentes, la imposibilidad de realizar diagnósticos remotos y la limitada escalabilidad comprometen la eficiencia y disponibilidad del sistema, generando impactos negativos en la productividad global de la planta (Groover, 2021).

Con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, fiabilidad y capacidad de integración del SCVS con tecnologías emergentes, este trabajo plantea una intervención integral que contempla la actualización del hardware de control, la ingeniería inversa del software, el diseño y simulación de la nueva arquitectura mediante herramientas como TIA Portal V17 y Factory I/O, y la validación funcional del sistema modernizado. La propuesta incluye, además, la implementación de protocolos de comunicación industrial como Profinet y Ethernet/IP, esenciales para garantizar la interoperabilidad con otros dispositivos y sistemas de supervisión (Profinet International, 2022; Rockwell Automation, 2021).

Desde un enfoque metodológico, el proyecto se desarrollará en varias fases: análisis del sistema actual, selección de equipos, simulación del sistema, instalación física, validación en campo y capacitación al personal técnico. Cada etapa será documentada rigurosamente con el fin de garantizar la trazabilidad del proceso, facilitar el mantenimiento futuro y servir como referencia para iniciativas similares. Este enfoque sistemático no solo permitirá garantizar la operatividad continua del SCVS, sino también facilitará su integración a un entorno de fábrica inteligente.

En términos estratégicos, este proyecto representa un paso hacia la adopción de los principios de la Industria 4.0, ya que podrá facilitar el monitoreo remoto, la recolección de datos en tiempo real y el mantenimiento basado en condición. Adicionalmente, se sientan las bases para futuras incorporaciones propias de la Industria 5.0, orientada a la colaboración entre humanos y máquinas, el diseño centrado en el operador y la sostenibilidad del proceso industrial (Lee, Bagheri & Kao, 2019).

Por consiguiente, la modernización del SCVS no solo responde a una necesidad técnica puntual, sino que se constituye en un aporte significativo al proceso de transformación digital del entorno industrial, integrando principios de automatización avanzada, conectividad inteligente y mejora continua.

## **1.1 Descripción del problema**

El Sistema Cortador y Vaciador de Sacos (SCVS), empleado en procesos industriales para el manejo automatizado de sacos, presenta actualmente un estado de obsolescencia tecnológica que compromete su operatividad y eficiencia. Este sistema está compuesto por un PLC, una HMI y módulos de entradas y salidas (E/S) instalados originalmente por el fabricante, los cuales han superado su ciclo de vida útil. Debido al desgaste de estos componentes y a la falta de soporte técnico actualizado, el sistema permanece inoperativo, generando tiempos de inactividad prolongados y afectando negativamente la productividad de la planta.

Uno de los principales problemas radica en que los equipos actuales no permiten el diagnóstico remoto ni la supervisión en tiempo real, lo que dificulta la identificación y corrección de fallas durante la operación. Además, la arquitectura existente no es

escalable ni compatible con estándares modernos de automatización, lo que impide su integración con tecnologías emergentes asociadas a la Industria 4.0.

Entre los requerimientos identificados para la solución del problema se incluye la necesidad de seleccionar equipos de control modernos (PLC, HMI, módulos de E/S) que sean compatibles con protocolos de comunicación industrial como Profinet y Ethernet/IP, y que permitan la incorporación de herramientas de monitoreo remoto, recolección de datos y mantenimiento predictivo. Las restricciones del proyecto están relacionadas con la compatibilidad física y lógica entre los nuevos equipos y los elementos existentes en planta, así como con el tiempo limitado para la implementación y pruebas del sistema.

Las variables de interés incluyen: la eficiencia operativa del sistema, los tiempos de respuesta, la capacidad de integración tecnológica, la facilidad de mantenimiento y la estabilidad de la comunicación entre dispositivos. En consecuencia, se hace imprescindible una modernización integral del SCVS, que permita restablecer su funcionamiento, mejorar su desempeño y prepararlo para los desafíos tecnológicos actuales y futuros.

## **1.2 Justificación del problema**

El proyecto de modernización del SCVS responde a la necesidad de ponerlo operativo, mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de inactividad, incrementando al mismo tiempo la capacidad del sistema para integrarse con nuevas tecnologías. Esta modernización tendrá varios beneficios clave:

**Mayor fiabilidad del sistema:** Los nuevos equipos de control reducirán los fallos y aumentarán la estabilidad operativa.

**Mejora de los procesos de control:** El nuevo PLC proporcionará una mayor capacidad de procesamiento, permitiendo la mejora de los algoritmos de control y el proceso de descarga de sacos.

**Integración con la Industria 4.0:** La actualización permitirá la incorporación de tecnologías de IoT, facilitando el monitoreo remoto, la recolección de datos en tiempo real y la implementación de un mantenimiento predictivo.

**Reducción de los costos de mantenimiento:** La actualización permitirá utilizar equipos con mayor disponibilidad de soporte técnico y repuestos, disminuyendo los costos de mantenimiento y mejorando la productividad.

Este proyecto no solo mejorará el funcionamiento del SCVS, sino que también contribuirá al avance tecnológico de la planta industrial, integrándose a un entorno de fábrica inteligente y conectada.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Actualizar los equipos de control del SCVS, reemplazando el PLC, HMI y módulos de entradas y salidas originales de fábrica, con el fin del mejoramiento de la eficiencia operativa, la fiabilidad y la capacidad de integración con tecnologías de la Industria 4.0.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los requerimientos técnicos del SCVS para la selección de los equipos de control más adecuados, que aseguren la compatibilidad con el proceso y los estándares actuales de la industria.
- Diseñar la nueva arquitectura de control utilizando TIA Portal V17, integrando el nuevo PLC y HMI con los módulos de E/S correspondientes.
- Evaluar el sistema de control utilizando Factory I/O y TIA Portal para validar la funcionalidad antes de la implementación física.
- Integrar los nuevos equipos de control, asegurando la ingeniería inversa del software de control para ser cargados al nuevo PLC y HMI.
- Realizar pruebas funcionales para el aseguramiento de la operatividad continua del SCVS con los nuevos equipos.
- Capacitar al personal en la operación y mantenimiento del sistema actualizado, proporcionando documentación técnica completa.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Evolución de los sistemas de control industrial**

Los Sistemas de Control Industrial han experimentado una evolución significativa desde los primeros mecanismos de control manual hasta los actuales entornos de automatización inteligente. En sus inicios, los sistemas se basaban en circuitos eléctricos con relés y temporizadores. Con la introducción de la electrónica digital y los microprocesadores, surgieron los controladores lógicos programables (PLC), que permitieron automatizar tareas repetitivas con mayor precisión y seguridad (Groover, 2021).

Posteriormente, el avance de la informática industrial junto con el desarrollo de redes de comunicación facilitó la interconexión de sistemas distribuidos, dando lugar a arquitecturas centralizadas y descentralizadas con supervisión remota. En la actualidad, los sistemas de control no solo gestionan procesos físicos, sino que también integran plataformas de análisis de datos, mantenimiento predictivo e inteligencia artificial en el marco de la Industria 4.0 (Lee, Bagheri & Kao, 2019).

### **1.4.2 Introducción a los PLCs modernos y su relevancia en la Industria 4.0**

Los PLCs modernos, como los de la familia Siemens S7-1200 y S7-1500, ofrecen características avanzadas con procesamiento de alta velocidad, comunicación vía Ethernet, integración con la nube y capacidades de ciberseguridad. Estos dispositivos cumplen un rol fundamental en la transición hacia la Industria 4.0 al permitir el control descentralizado y la recopilación de datos en tiempo real (Siemens AG, 2022; Jin & Kim, 2022).

Su compatibilidad con entornos de desarrollo como TIA Portal facilita el diseño, simulación y monitoreo de procesos industriales, además de simplificar el mantenimiento mediante funciones de diagnóstico. De esta forma, los PLCs no solo ejecutan tareas de control, sino que también actúan como nodos inteligentes dentro de un sistema de producción interconectado (Prabhu & Shankar, 2020).

### **1.4.3 Industria 5.0**

Mientras la Industria 4.0 se centra en la automatización, digitalización y el IoT industrial, la Industria 5.0 introduce una visión más centrada en el ser humano priorizando la colaboración entre operadores y máquinas inteligentes. Este nuevo paradigma promueve la personalización masiva, el diseño centrado en el usuario y la sostenibilidad ambiental (Wittenberg & García, 2021).

En este contexto, la robótica colaborativa, la inteligencia artificial interpretativa y los sistemas de asistencia aumentada son algunas de las tecnologías habilitadoras que comienzan a integrarse en entornos industriales. La coexistencia entre humanos y sistemas autónomos plantea nuevos desafíos de diseño, seguridad e interoperabilidad, impulsando la evolución continua de los sistemas de control.

### **1.4.4 Protocolos de Comunicación Industrial (Profinet, Ethernet/IP)**

Los protocolos de Comunicación Industrial son esenciales para garantizar la interoperabilidad entre dispositivos de control, sensores, actuadores y sistemas de supervisión. Profinet es un estándar abierto basado en Ethernet que permite la transmisión de datos en tiempo real, tanto en aplicaciones de control de procesos como de automatización discreta (Profinet International, 2022).

Por su parte, Ethernet/IP es un protocolo ampliamente adoptado por su flexibilidad y facilidad de integración, compatible con estándares Ethernet convencionales y capaz de manejar grandes volúmenes de datos a alta velocidad (Rockwell Automation, 2021). Ambos protocolos permiten construir redes industriales robustas, escalables y seguras, habilitando funciones críticas como el diagnóstico remoto, la sincronización de dispositivos y la conectividad con sistemas de información de planta.

### **1.4.5 Simulación de sistemas de control con TIA Portal y Factory I/O**

La simulación en entornos virtuales es una herramienta clave para el diseño, prueba y validación de sistemas de control industrial. TIA Portal, desarrollado por

Siemens, permite la programación de PLCs y HMIs, así como la configuración de redes de comunicación y módulos de E/S (Siemens AG, 2023).

Factory I/O complementa este entorno al ofrecer una plataforma tridimensional que emula procesos industriales reales, permitiendo probar la lógica de control antes de su implementación física (Angulo & González, 2020). Esta combinación reduce significativamente el riesgo de errores, mejora la eficiencia del desarrollo y permite realizar entrenamientos en entornos virtuales seguros.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Basados en los objetivos específicos de la propuesta se desarrolló una estrategia para ir alcanzando cada uno de ellos acorde al progreso del proyecto.

### 2.1 Análisis del sistema actual

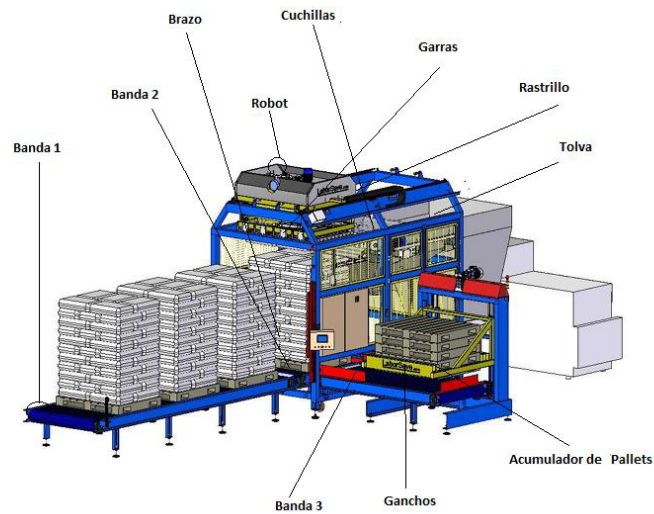
El primer paso del proyecto fue realizar un análisis exhaustivo del SCVS en su estado actual. Esto incluía una revisión de los componentes de control existentes, su funcionamiento y estado operativo. Se evaluó la configuración de conexiones, protocolos de comunicación y su capacidad de integración con los nuevos equipos. También se identificaron los problemas clave relacionados con la obsolescencia de los equipos actuales, así como la operación de todos los componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos y neumáticos.

En la **Figura # 1**, se presenta el estado actual de la máquina, la cual se encuentra inoperativa y almacenada en abandono por un tiempo muy prolongado.



**Figura # 1.** Estado actual del SCVS.

Para familiarizarse con los componentes de la máquina se muestra en la **Figura # 2**, el detalle de sus partes principales que fueron usadas como términos clave para su actualización.



**Figura # 2. Partes principales del SCVS.**

A continuación, se realiza la descripción de las partes señaladas:

- Banda 1: Transportador donde se alimentan los pallets con los sacos.
- Banda 2: Transportador donde los pallets se acomodan para ser recogidos, cortados y vaciados.
- Banda 3: Transportador donde los pallets vacíos son trasladados para su acumulación.
- Brazo: Componente mecánico móvil que ayuda a trasladar los pallets vacíos desde la Banda 2 hasta la Banda 3.
- Robot: Elemento móvil encargado de recoger la capa de sacos y llevarlos al área de corte y vaciado. Puede moverse tanto horizontal como verticalmente.
- Cuchillas: Dispositivo utilizado para cortar los sacos.
- Garra: Herramienta del robot diseñada para sujetar los sacos.
- Rastrillo: Mecanismo del robot que empuja los sacos vacíos fuera de la máquina.
- Tolva: Depósito donde se vacía el contenido de los sacos. Sobre ella se encuentra una zaranda que puede vibrar para asegurar un vaciado completo del producto contenido en el saco.
- Acumulador de pallets: Componente de la máquina encargado de almacenar los pallets vacíos.

- Ganchos: Elementos del acumulador que sujetan los palets y los elevan para su almacenamiento.

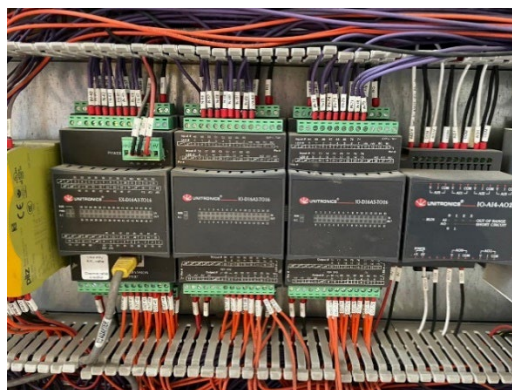
Dado que el proyecto se centró en la actualización del hardware y software de control se procede a mostrar en la **Figura # 3** el PLC+HMI original de la máquina junto al tablero principal presentado en la **Figura # 4** y a sus módulos de control que se presentan en la **Figura # 5**. Cabe resaltar que estos elementos son de la marca UNITRONICS.



**Figura # 3.** PLC + HMI original, marca UNITRONICS.



**Figura # 4.** Tablero original del SCVS.

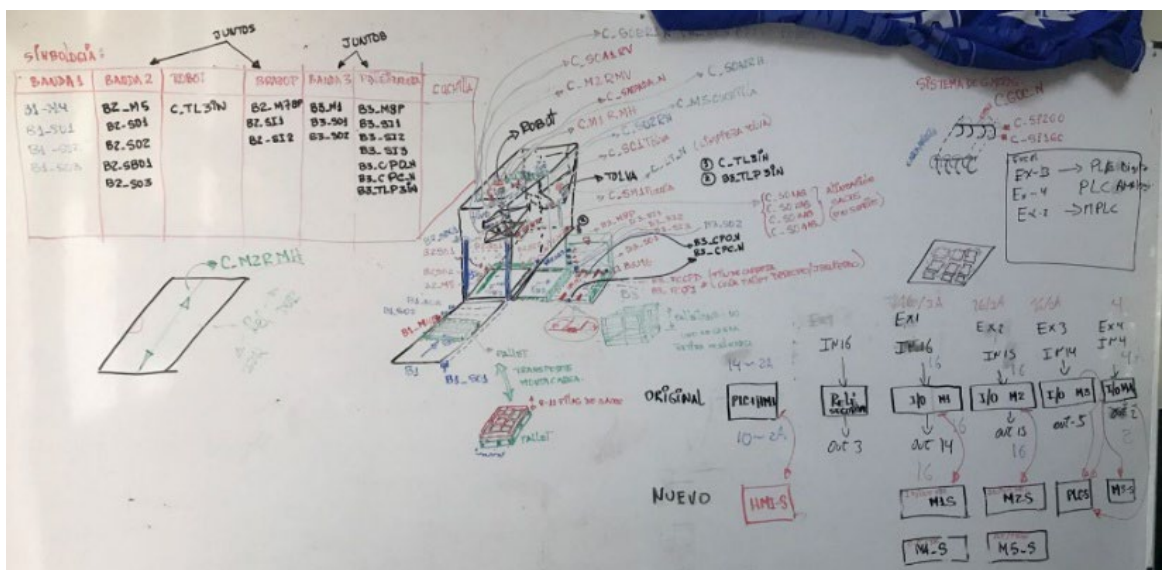


**Figura # 5.** Módulos de IN/OUT originales marca UNITRONICS.

### 2.1.1 Evaluación de los requerimientos del SCVS

Habiendo analizado que todos los sensores y actuadores del sistema se encuentren conectados al sistema de control se corrobora la cantidad de entradas y salidas digitales, al igual que la cantidad de entradas y salidas analógicas requeridas para lograr el control efectivo de la máquina tal cual lo ha considerado el fabricante original. Cabe resaltar que dentro del equipo había personal técnico encargado de verificar el funcionamiento de todos los sensores y actuadores, así como los sistemas mecánicos, neumáticos y eléctricos del SCVS.

Con la finalidad de entender y dominar cada uno de los componentes a ser considerados para el sistema de control se procedió a bosquejar un diagrama con la finalidad de identificar, de la mejor forma, cada uno de ellos. Como se aprecia en la **Figura # 6**.



**Figura # 6.** Diagrama de componentes para el control del SCVS.

Por lo tanto, se procede a redactar un documento con todas las entradas y salidas plenamente identificadas que permitan desarrollar el respectivo software de control del SCVS. Se generó tablas relacionadas con los módulos originales tal como se muestra en la **Tabla # 1**, para el elemento denominado EX-1 y sus entradas.

**Tabla # 1. Entradas para el módulo EX-1 del SCVS.**

EX-1 puerto IN	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
I32 (3)		KSCOK-9	
I33 (4)		BOTON START	
I34 (5)	C SO2RH	BOTON STOP	
I35 (6)		BOTON PAUSA	HMI
I36 (7)	CILIN_RETRA	CILINDRO RETRAIDO	RASTRILLO
I37 (8)	CILIN_EXT	CILINDRO EXTENDIDO	RASTRILLO
I38 (9)	CTRL_VELOC	CONTROL VELOCIDAD VARIADORES	
I39 (10)	FALL_MOT	FALLA DE MOTOR	
I40 (17)	B2_SB01	CORTINA SEGURIDAD	
I41 (18)	C SOA1RV	SENSOR DE GRIPPER ARRIBA	ROBOT
I42 (19)	CILIN_AGIT_ENT	CILINDRO DE AGITACION ENTRADA	TOLVA
I43 (20)	CILIN_AGIT_SAL	CILINDRO DE AGITACION SALIDA	TOLVA
I44 (21)	S_G_OFF	SENSOR DE GANCHO CERRADO	ROBOT
I45 (22)	S_G_ON	SENSOR DE GANCHO ABIERTO	ROBOT
I46 (23)	CABLE_G_ELEV	CABLE ELEVADOR GRIPPER	ROBOT
I47 (24)	S_FC_G	PRESENCIA DE SACOS	ROBOT

En la **Tabla # 2** se expone la lista de las entradas para el módulo denominado EX-2.

**Tabla # 2. Entradas para el módulo EX-2 del SCVS.**

EX-2 puerto IN	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
I48 (3)	C SM1PUERTA	CIERRE PUERTA 1	
I49 (4)			
I50 (5)	C SOA2RH	GRIPPER DERECHA	CADENA ROBOT
I51 (6)	C SOA2RH	GRIPPER IZQUIERDA	CADENA ROBOT
I52 (7)	C SC1TOLVA	SENSOR DE NIVEL DE MATERIAL	TOLVA
I53 (8)	B2_SO1	FOTOCELULA DE PALLET	BANDA 2
I54 (9)	B2_SO2	FOTOCELULA DE CAPA	BANDA 2
I55 (10)	C SOAS	SENSOR DE SACOS	BANDA 2
N/P (11)			
N/P (12)			
RG (13)			
RG (14)			
I56 (17)	C DEB_TOLVA	CAJA DEBAJO DE TOLVA	TOLVA
I57 (18)	ENT_CLI	ENTRADA DEL CLIENTE	
I58 (19)	B1_SO1	SENSOR 1 DE INGRESO PALLET	BANDA 1
I59 (20)	C SM2PUERTA	PUERTA LATERAL CERRADA	
I60 (21)	B2_SBO1	CORTINA DE SEGURIDAD LATERAL/LADO	BANDA 2
I61 (22)	KSCOK	KSCOK	
I62 (23)	B1_SO2	SENSOR 2 DE INGRESO PALLET	BANDA 1
I63 (24)	B1_SO3	SEGURIDAD DEL TRANSPORTADOR/BANDA	BANDA 1

En la **Tabla # 3** se presenta la lista de las entradas para el módulo denominado EX-3.

**Tabla # 3. Entradas para el módulo EX-3 del SCVS.**

EX-3 puerto IN	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
I64 (3)	F_B_V	FOTO DE BOLSAS VACIAS	TOLVA
I65 (4)			
I66 (5)	E S	E.S	
I67 (6)	B2_M7BP	MOTOR DESLIZA BANDA	BANDA 2
I68 (7)	B3_M6PV	MOTOR ELEVA PALLETS	APILADOR
I69 (8)	B2_SO3	APILADOR DE LLEGADA DE PALLETS	BANDA 2
I70 (9)	B3_SO1	FINAL DE BANDA DE APILADOR DE PALLETS	BANDA 3
I71 (10)	B3_SI3	SENSOR INFERIOR APILADOR	APILADOR
N/P (11)			
N/P (12)			
RG (13)			
RG (14)			
I72 (17)	B3_SI2	SENSOR INTERMEDIO APILADOR	APILADOR
I73 (18)	B3_SI1	SENSOR SUPERIOR APILADOR	APILADOR
I74 (19)	B3_FCCPI	CILINDRO ABIERTO DE APILADOR	APILADOR
I75 (20)	B3_FCCPD	CILINDRO CERRADO DE APILADOR	APILADOR
I76 (21)	B3_SO2	APILADOR SUPERIOR DE PALLET	APILADOR
I77 (22)	B2_SI1	EMPUJADOR INICIAL	BRAZO BANDA 2
I78 (23)	B2_SI2	EMPUJADOR FINAL	BRAZO BANDA 2
I79 (24)			

En la **Tabla # 4** se detalla la lista de las *entradas* para el módulo denominado EX4.

**Tabla # 4. Entradas para el módulo EX4 del SCVS.**

EX4 puerto AI	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
AI2	V1_FREA_MV	VARIADOR 1 / MOTOR 1 frec. ROBOT	ROBOT
AI3	V2_FREA_MH	VARIADOR 2 / MOTOR 2 frec. ROBOT	ROBOT

En la **Tabla # 5** se muestra la lista de las salidas para el módulo denominado EX-1.

**Tabla # 5. Salidas para el módulo EX-1 del SCVS.**

EX-1 puertos OUT	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
O32 (8)			
O33 (7)	M1_V1_DOWN	MOTOR ELEVADOR (bajar)	ROBOT
O34 (6)	M1_V1_UP	MOTOR ELEVADOR (subir)	ROBOT
O35 (5)			
O36 (4)	M2_V2_DER	MOTOR DESLIZANTE (Derecha)	ROBOT
O37 (3)	M2_V2_IZQ	MOTOR DESLIZANTE (Izquierda)	ROBOT
O38 (2)			
O39 (1)	M3_V3_P	MOTOR DE CUCHILLAS	ROBOT / TOLVA
O40 (22)	VALV_AGIT	VALVULA AGITADOR	TOLVA
O41 (21)	R_VAL_G_O	VALVULA GANCHO ABIERTA	ROBOT
O42 (20)	R_VAL_G_C	VALVULA GANCHO CERRADA	ROBOT
O43 (19)	B1_LTR	LAMPARA DE TORRE ROJO	ENTRADA PALLETS
O44 (18)	B1_LTA	LAMPARA DE TORRE AMARILLA	ENTRADA PALLETS
O45 (17)	B1_LTV	LAMPARA DE TORRE VERDE	ENTRADA PALLETS
O46 (16)	B1_LTB	LAMPARA DE TORRE BUZZER	ENTRADA PALLETS
O47 (15)	M3_V3_P	MOTOR CUCHILLAS PRINCIPALES	ROBOT / TOLVA

En la **Tabla # 6** se presenta la lista de las salidas para el módulo denominado EX-2.

**Tabla # 6. Salidas para el módulo EX-2 del SCVS.**

EX-2 puertos OUT	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
O48 (8)	R_VAL_UP	VALVULA ARRIBA	
O49 (7)	R_VAL_DOWN	VALVULA ABAJO	
O50 (6)	M4 V4 DER	TRANSPORTADOR DE ALIMENTACION V4	BANDA 1
O51 (5)	M5 V5 DER	MAQUINA TRANSPORTADORA V5	BANDA 2
O52 (4)	B2 M5 V5	TRANSPORTADOR DE REMOCION DE PALLET	BANDA 2
O53 (3)	BYPASS1	BYPASS LATERAL (detiene proceso)	
O54 (2)	BYPASS2	BYPASS LATERAL (detiene proceso)	
O55 (1)			
O56 (22)	B2 SB	SALIDA AL CLIENTE	
O57 (21)	B3 M8 V7 DER	APILADOR DE MOTOR DESLIZANTE	BANDA 3
O58 (20)	B3 M6 V8 DOWN	ELEVADOR DE MOTOR DESLIZANTE	APILADOR
O59 (19)	B3 M6 V8 UP	ELEVADOR DE MOTOR DESLIZANTE	APILADOR
O60 (18)	B3 FCCPI O	APILADOR ABIERTO DE CILINDRO	APILADOR
O61 (17)	B3 FCCPD O	APILADOR CERRADO DE CILINDRO	APILADOR
O62 (16)	B3 LTV	LAMPARA DE TORRE APILADOR VERDE	APILADOR
O63 (15)	B3 LTA	LAMPARA DE TORRE APILADOR AMARILLO	APILADOR

En la **Tabla # 7** se detalla la lista de las salidas para el módulo denominado EX-3.

**Tabla # 7. Salidas para el módulo EX-3 del SCVS.**

EX-3 puertos OUT	V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
O64 (8)	B3 LTR	LAMPARA DE TORRE APILADOR ROJO	APILADOR
O65 (7)	B3 LTB	LAMPARA DE TORRE APILADOR BUZZER	APILADOR
O66 (6)	S A C	SALIDA APAGADA AL CLIENTE	
O67 (5)	B2 M7 V6 F	PUSHER FRWRD	BRAZO
O68 (4)	B2 M7 V6 B	PUSHER BCKWRD	BRAZO

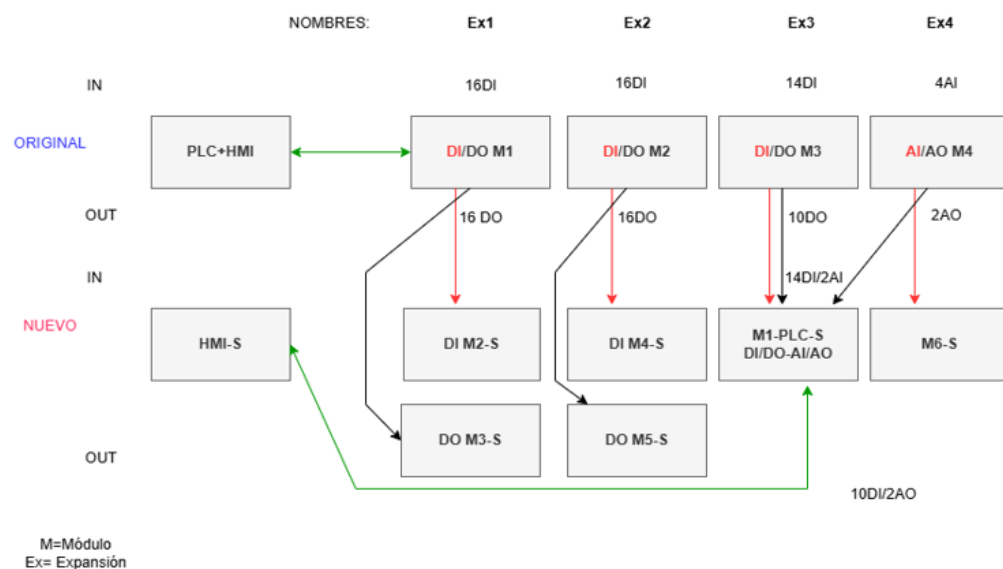
Una vez identificadas y verificadas las conexiones de todas las entradas y salidas necesarias se tienen los datos indispensables para el siguiente paso que sería la elección de los nuevos elementos de control, manteniendo las condiciones de marca solicitada por el cliente y elementos en stock.

## 2.2 Selección de los nuevos equipos

Basándose en el análisis del sistema actual y sus requerimientos específicos, se procederá a la selección de los nuevos equipos de control. Se eligió un PLCs Siemens S7-1200, garantizando una mayor capacidad de procesamiento y conectividad. Se seleccionará una HMI moderna compatible con TIA Portal V17 y los módulos de entradas y salidas serán escalables para futuras expansiones. Además, se seleccionarán

componentes que soporten protocolos de comunicación industrial como Profinet y Ethernet/IP.

Basados en la información recolectada de los equipos disponibles se procedió a cotejar las entradas y salidas que se usarán en los nuevos módulos, tal como se aprecia en la **Figura # 7**.



**Figura # 7.** Relación módulos Originales con los módulos Nuevos.

Una vez que se definió la relación se procedió a realizar un documento que muestre este detalle, así como se observa en la **Tabla # 8** para los módulos EX-1 versus Módulo 2, a nivel de entradas.

**Tabla # 8.** Módulo EX-1 versus Módulo 2, a nivel de entradas.

EX-1 puerto IN	MODULO 2-IN		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
I32 (3)	Dla.0	I8.0		KSCOK-9	
I33 (4)	Dla.1	I8.1		BOTON START	
I34 (5)	Dla.2	I8.2	C SO2RH	BOTON STOP	
I35 (6)	Dla.3	I8.3		BOTON PAUSA	HMI
I36 (7)	Dla.4	I8.4	CILIN RETRA	CILINDRO RETRAIDO	RASTRILLO
I37 (8)	Dla.5	I8.5	CILIN EXT	CILINDRO EXTENDIDO	RASTRILLO
I38 (9)	Dla.6	I8.6	CTRL VELOC	CONTROL VELOCIDAD VARIADORES	
I39 (10)	Dla.7	I8.7	FALL MOT	FALLA DE MOTOR	
N/P (11)					
I40 (17)	Dlb.0	I9.0	B2 SB01	CORTINA SEGURIDAD	
I41 (18)	Dlb.1	I9.1	C SOA1RV	SENSOR DE GRIPPER ARRIBA	ROBOT
I42 (19)	Dlb.2	I9.2	CILIN AGIT ENT	CILINDRO DE AGITACION ENTRADA	TOLVA
I43 (20)	Dlb.3	I9.3	CILIN AGIT SAL	CILINDRO DE AGITACION SALIDA	TOLVA
I44 (21)	Dlb.4	I9.4	S G OFF	SENSOR DE GANCHO CERRADO	ROBOT
I45 (22)	Dlb.5	I9.5	S G ON	SENSOR DE GANCHO ABIERTO	ROBOT
I46 (23)	Dlb.6	I9.6	CABLE G ELEV	CABLE ELEVADOR GRIPPER	ROBOT
I47 (24)	Dlb.7	I9.7	S FC G	PRESENCIA DE SACOS	ROBOT

En la **Tabla # 9** se contempla la relación, a nivel de entradas, entre el módulo EX-1 versus Módulo 4.

**Tabla # 9. Módulo EX-2 versus Módulo 4 a nivel de entradas.**

EX-2 puerto IN	MODULO 4-IN		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
I48 (3)	Dla.0	I16.0	C_SM1PUERTA	CIERRE PUERTA 1	
I49 (4)	Dla.1	I16.1			
I50 (5)	Dla.2	I16.2	C_SOA2RH	GRIPPER DERECHA	CADENA ROBOT
I51 (6)	Dla.3	I16.3	C_SOA2RH	GRIPPER IZQUIERDA	CADENA ROBOT
I52 (7)	Dla.4	I16.4	C_SCITOLVA	SENSOR DE NIVEL DE MATERIAL	TOLVA
I53 (8)	Dla.5	I16.5	B2_SO1	FOTOCELULA DE PALLET	BANDA 2
I54 (9)	Dla.6	I16.6	B2_SO2	FOTOCELULA DE CAPA	BANDA 2
I55 (10)	Dla.7	I16.7	C_SOAS	SENSOR DE SACOS	BANDA 2
N/P (11)					
N/P (12)					
RG (13)					
RG (14)					
I56 (17)	Dlb.0	I17.0	C_DEB TOLVA	CAJA DEBAJO DE TOLVA	TOLVA
I57 (18)	Dlb.1	I17.1	ENT_CLI	ENTRADA DEL CLIENTE	
I58 (19)	Dlb.2	I17.2	B1_SO1	SENSOR 1 DE INGRESO PALLET	BANDA 1
I59 (20)	Dlb.3	I17.3	C_SM2PUERTA	PUERTA LATERAL CERRADA	
I60 (21)	Dlb.4	I17.4	B2_SBO1	CORTINA DE SEGURIDAD LATERAL/LADO	BANDA 2
I61 (22)	Dlb.5	I17.5	KSCOK	KSCOK	
I62 (23)	Dlb.6	I17.6	B1_SO2	SENSOR 2 DE INGRESO PALLET	BANDA 1
I63 (24)	Dlb.7	I17.7	B1_SO3	SEGURIDAD DEL TRANSPORTADOR/BANDA	BANDA 1

En la **Tabla # 10** se observa la relación, a nivel de entradas, entre el módulo EX-3 versus Módulo 1

**Tabla # 10. Módulo EX-3 versus Módulo 1 a nivel de entradas.**

EX-3 puerto IN	MODULO 1-PLC		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
I64 (3)	Dla.0	I0.0	F_B_V	FOTO DE BOLSAS VACIAS	TOLVA
I65 (4)					
I66 (5)	Dla.1	I0.1	E_S	E.S	
I67 (6)	Dla.2	I0.2	B2_M7BP	MOTOR DESLIZA BANDA	BANDA 2
I68 (7)	Dla.3	I0.3	B3_M6PV	MOTOR ELEVA PALLETS	APILADOR
I69 (8)	Dla.4	I0.4	B2_SO3	APILADOR DE LLEGADA DE PALLETS	BANDA 2
I70 (9)	Dla.5	I0.5	B3_SO1	FINAL DE BANDA DE APILADOR DE PALLETS	BANDA 3
I71 (10)	Dla.6	I0.6	B3_SI3	SENSOR INFERIOR APILADOR	APILADOR
N/P (11)					
N/P (12)					
RG (13)					
RG (14)					
I72 (17)	Dla.7	I0.7	B3_SI2	SENSOR INTERMEDIO APILADOR	APILADOR
I73 (18)	Dlb.0	I1.0	B3_SI1	SENSOR SUPERIOR APILADOR	APILADOR
I74 (19)	Dlb.1	I1.1	B3_FCCPI	CILINDRO ABIERTO DE APILADOR	APILADOR
I75 (20)	Dlb.2	I1.2	B3_FCCPD	CILINDRO CERRADO DE APILADOR	APILADOR
I76 (21)	Dlb.3	I1.3	B3_SO2	APILADOR SUPERIOR DE PALLET	APILADOR
I77 (22)	Dlb.4	I1.4	B2_SI1	EMPUJADOR INICIAL	BRAZO BANDA 2
I78 (23)	Dlb.5	I1.5	B2_SI2	EMPUJADOR FINAL	BRAZO BANDA 2
I79 (24)					

En la **Tabla # 11** se aprecia la relación, a nivel de entradas, entre el módulo EX-4 versus Módulo 6.

**Tabla # 11. Módulo EX-3 versus Módulo 6 a nivel de entradas.**

EX4 puerto AI	MODULO 6		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
AI2	AI0	IW160	V1 FREA MV	VARIADOR 1 / MOTOR 1 frec. ROBOT	ROBOT
AI3	AI1	IW162	V2 FREA MH	VARIADOR 2 / MOTOR 2 frec. ROBOT	ROBOT

En la **Tabla # 12** se observa la relación, a nivel de salidas, entre el módulo EX-3 versus Módulo 3.

**Tabla # 12. Módulo EX-1 versus Módulo 3, a nivel de salidas.**

EX-1 puertos OUT	MODULO 3-OUT		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
O32 (8)	DOa.0	Q12.0			
O33 (7)	DOa.1	Q12.1	M1_V1_DOWN	MOTOR ELEVADOR (bajar)	ROBOT
O34 (6)	DOa.2	Q12.2	M1_V1_UP	MOTOR ELEVADOR (subir)	ROBOT
O35 (5)	DOa.3	Q12.3			
O36 (4)	DOa.4	Q12.4	M2_V2_DER	MOTOR DESLIZANTE (Derecha)	ROBOT
O37 (3)	DOa.5	Q12.5	M2_V2_IZQ	MOTOR DESLIZANTE (Izquierda)	ROBOT
O38 (2)	DOa.6	Q12.6			
O39 (1)	DOa.7	Q12.7	M3_V3_P	MOTOR DE CUCHILLAS	ROBOT / TOLVA
O40 (22)	DOb.0	Q13.0	VALV_AGIT	VALVULA AGITADOR	TOLVA
O41 (21)	DOb.1	Q13.1	R_VAL_G_O	VALVULA GANCHO ABIERTA	ROBOT
O42 (20)	DOb.2	Q13.2	R_VAL_G_C	VALVULA GANCHO CERRADA	ROBOT
O43 (19)	DOb.3	Q13.3	B1_LTR	LAMPARA DE TORRE ROJO	ENTRADA PALLETS
O44 (18)	DOb.4	Q13.4	B1_LTA	LAMPARA DE TORRE AMARILLA	ENTRADA PALLETS
O45 (17)	DOb.5	Q13.5	B1_LTV	LAMPARA DE TORRE VERDE	ENTRADA PALLETS
O46 (16)	DOb.6	Q13.6	B1_LTB	LAMPARA DE TORRE BUZZER	ENTRADA PALLETS
O47 (15)	DOb.7	Q13.7	M3_V3_P	MOTOR CUCHILLAS PRINCIPALES	ROBOT / TOLVA

En la **Tabla # 13** se detalla la relación, a nivel de salidas, entre el módulo EX-2 versus Módulo 5.

**Tabla # 13. Módulo EX-2 versus Módulo 5, a nivel de salidas.**

EX-2 puertos OUT	MODULO 5-OUT		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
O48 (8)	DOa.0	Q20.0	R_VAL_UP	VALVULA ARRIBA	
O49 (7)	DOa.1	Q20.1	R_VAL_DOWN	VALVULA ABAJO	
O50 (6)	DOa.2	Q20.2	M4_V4_DER	TRANSPORTADOR DE ALIMENTACION V4	BANDA 1
O51 (5)	DOa.3	Q20.3	M5_V5_DER	MAQUINA TRANSPORTADORA V5	BANDA 2
O52 (4)	DOa.4	Q20.4	B2_M5_V5	TRANSPORTADOR DE REMOCION DE PALLET	BANDA 2
O53 (3)	DOa.5	Q20.5	BYPASS1	BYPASS LATERAL (detiene proceso)	
O54 (2)	DOa.6	Q20.6	BYPASS2	BYPASS LATERAL (detiene proceso)	
O55 (1)	DOa.7	Q20.7			
O56 (22)	DOb.0	Q21.0	B2_SB	SALIDA AL CLIENTE	
O57 (21)	DOb.1	Q21.1	B3_M8_V7_DER	APILADOR DE MOTOR DESLIZANTE	BANDA 3
O58 (20)	DOb.2	Q21.2	B3_M6_V8_DOWN	ELEVADOR DE MOTOR DESLIZANTE	APILADOR
O59 (19)	DOb.3	Q21.3	B3_M6_V8_UP	ELEVADOR DE MOTOR DESLIZANTE	APILADOR
O60 (18)	DOb.4	Q21.4	B3_FCCPI_O	APILADOR ABIERTO DE CILINDRO	APILADOR
O61 (17)	DOb.5	Q21.5	B3_FCCPD_O	APILADOR CERRADO DE CILINDRO	APILADOR
O62 (16)	DOb.6	Q21.6	B3_LTV	LAMPARA DE TORRE APILADOR VERDE	APILADOR
O63 (15)	DOb.7	Q21.7	B3_LTA	LAMPARA DE TORRE APILADOR AMARILLO	APILADOR

En la **Tabla # 14** se especifica la relación, a nivel de salidas, entre el módulo EX-3 versus Módulo 1.

**Tabla # 14. Módulo EX-3 versus Módulo 1, a nivel de salidas.**

EX-3 puertos OUT	MODULO 1		V.E	VARIABLE	UBICACIÓN
O64 (8)	DOa.0	Q0.0	B3 LTR	LAMPARA DE TORRE APILADOR ROJO	APILADOR
O65 (7)	DOa.1	Q0.1	B3 LTB	LAMPARA DE TORRE APILADOR BUZZER	APILADOR
O66 (6)	DOa.2	Q0.2	S A C	SALIDA APAGADA AL CLIENTE	
O67 (5)	DOa.3	Q0.3	B2 M7 V6 F	PUSHER FRWRD	BRAZO
O68 (4)	DOa.4	Q0.4	B2 M7 V6 B	PUSHER BCKWRD	BRAZO

Habiendo identificado las necesidades de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas se generará una lista con las características principales de todos los equipos y módulos a ser usados en el proyecto.

### 2.3 Programación, simulación y pruebas virtuales

El entorno para programar elegido fue TIA Portal v17 y el lenguaje que se consideró inicialmente fue Ladder teniendo presente que de ser necesario se utilizaría cualquier otro disponible. Toda la selección fue basada en requerimientos específicos del cliente que tiene sus sistemas basados en tecnología Siemens.

Para realizar la programación se decidió considerar varias secuencias que en conjunto realiza el SCVS y que se describen a continuación:

#### **Secuencia 1 (Banda de alimentación del producto):**

La banda 1 tiene como actuador un conjunto variador (VM1) con motor (M1), denominados B1\_VM1 y B1\_M1.

Tiene un sensor óptico B1\_S01 ubicado al inicio de la banda y está direccionado en forma paralela a ella. La función es evitar que el producto vaya mal direccionado o que personas se encuentren alrededor del proceso. El producto va montado sobre un palet y son 10 capas de sacos. En la banda el montacarga puede colocar entre 4 o 5 palets con producto.

Antes de entrar a la cabina donde trabaja el robot para recoger cada una de las capas, se corta el saco y se vacía el producto en una tolva. Existen dos sensores ópticos B1\_SO2 y B1\_SO3. Estos garantizan que la banda se detenga cuando un palet y su producto estén listos para entrar a la cabina, esto se da

siempre y cuando llegue una señal indicando que se cumplen todas las condiciones de seguridad y que el sitio esté vacío.

Para comenzar a comandar el proceso de la operación existe un tablero con botoneras de Inicio, Pausa, Reinicio y Emergencia. Asimismo, las operaciones del proceso se las puede realizar de modo manual o automático.

### **Secuencia 2 (Banda de ingreso del producto a la cabina del robot):**

Una vez que se cumplen las condiciones, la banda 1 entrega el producto hacia la banda 2. La banda 2 tiene como actuador un conjunto variador de frecuencia con motor, denominados B2\_VM1 y B2\_M1.

El espacio de la cabina donde se encuentra la banda 2 y el sistema de robot más la tolva, solo admite un palet con producto. Recuerda que sobre el pallet hay 10 capas de sacos. Por tal motivo al final de la banda hay dos sensores ópticos uno por encima del otro. La finalidad es detectar la presencia del producto. Esto significa que cuando el motor de la banda 1 pasa el producto hacia la banda 2, los dos motores trabajan al mismo tiempo. Sin embargo, la banda 2 se detiene cuando el producto ha llegado al final de la misma. Igual comportamiento tiene la banda 1, ya que los sensores 2 y 3 han detectado un nuevo palet con producto y debe detenerse hasta que todo el producto dentro de la cabina haya sido procesado.

### **Secuencia del robot (Corte y vaciado de sacos):**

Una vez que el palet cargado se encuentra dentro de la cabina del robot el programa hará uso de los diferentes sensores para realizar la secuencia de corte de los sacos y descarga del material respectivo.

El robot realiza dos tipos de movimientos: horizontal y vertical.

El movimiento vertical permitirá que el robot, por medio de su sistema de garras vaya recogiendo cada capa que conforma el palet cargado con material, esto lo hará hasta alcanzar la última capa en donde se indicará que el palet esté vacío e inmediatamente será desplazado hacia la banda 3, finalmente será apilado en el sistema diseñado para este fin.

Mientras que el movimiento horizontal del robot permitirá hacer el recorrido de la capa de sacos, pasando por el sistema de cuchillas acopladas a un motor manejado por un variador. Una vez que los sacos son cortados, inmediatamente

el material cae a la tolva de apilamiento activándose conjuntamente dos sistemas, uno de zarandeo y otro que permite sacar los sacos hasta el equipo denominado compactadora de sacos.

La secuencia se repite hasta dejar vacío el palet empezando una nueva secuencia cuando ingrese el nuevo palet con material.

### **Secuencian 3 (Expulsión de palet vacío):**

Al final de la banda 2 existen dos sensores ópticos (B2\_SO1 y B2\_SO2) que detectan la presencia del palet y el producto. El B2\_SO2 detecta la descarga completa del palet y el producto, mientras que el B2\_SO1 detecta la presencia del brazo que expulsará el palet vacío, es decir cuando el robot haya hecho la descarga completa detectado por B2\_SO2.

El brazo que expulsa los palets tiene dos sensores inductivos denominados B2\_SI1 y B2\_SI2 que sirven para indicar la posición del brazo. El brazo por naturaleza está en la posición detectada por B2\_SO1. EL brazo es accionado por el actuador en conjunto variador con motor, denominados B2\_VM2 y B2\_M2

Cuando el brazo envía el palet vacío hacia la banda 3 activa el sensor denominado B2\_SO3 que indica que el pallet debe ser enviado hacia el final de esta banda.

### **Secuencia 4 (Banda de traslado de palet vacío):**

La banda 3 tiene como actuador un conjunto variador de frecuencia con motor, denominados B3\_VM1 y B3\_M1. Cuando el palet esté completamente en la banda 3, la banda 1 deberá enviar el producto hacia la banda 2, Luego actúa el robot y se repite el proceso manteniendo todas las condiciones anteriormente mencionadas.

Cuando el producto está en la banda 3 éste se traslada hasta el final de ella, donde es detectado por el sensor óptico denominado B3\_SO1. El cual detiene la banda y queda listo para que actúe el sistema de apilamiento de palets. A esta etapa del proceso la denominamos Secuencia Palet, la que se activará a medida que ingresen los palets.

### **Secuencia para el apilamiento de palets:**

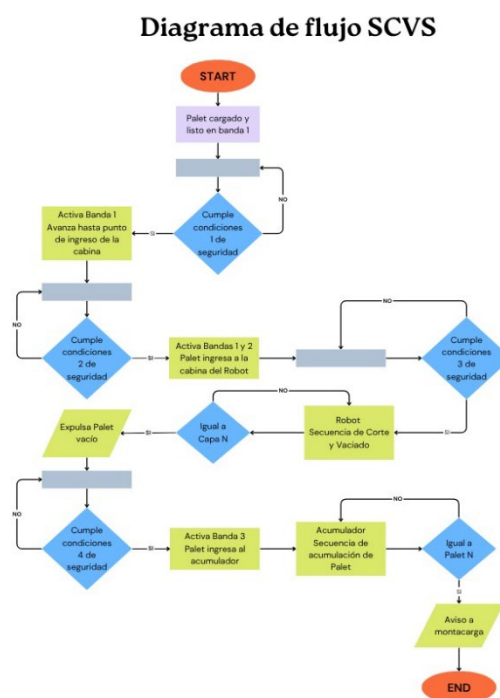
El apilamiento basa su funcionamiento en un sistema electromecánico que tiene como actuadores un conjunto motor con variador de frecuencia que

interactúan con un grupo de sensores y actuadores neumáticos, que basados en una secuencia de control permiten apilar los palets vacíos hasta un número predeterminado. Una vez alcanzado el límite de apilamiento genera una alerta para que el operador del montacarga retire el grupo de palets vacíos que serán transportados hasta su lugar de destino. El proceso se repite hasta terminar la descarga de todos los palets.

A partir del levantamiento de la información se consideró el siguiente resumen de secuencias:

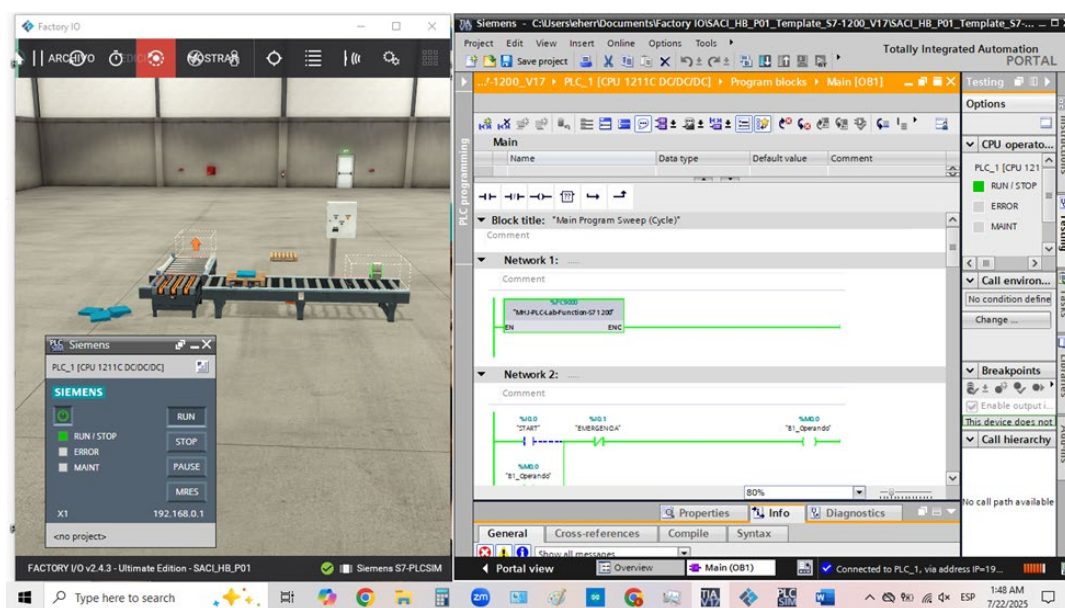
- Secuencia 1: Banda de alimentación (Banda 1)
- Secuencia 2: Ingreso a cabina y control de Banda 2
- Secuencia 3: Corte y vaciado de sacos (Robot + Tolva)
- Secuencia 4: Expulsión del palet vacío (Brazo expulsor)
- Secuencia 5: Banda 3 (traslado del palet vacío)
- Secuencia 6: Apilamiento de palets vacíos

Para sintetizar toda la lógica que se usará en la programación se presenta un diagrama de flujo que servirá como apoyo para realizar la programación requerida.



**Figura # 8.** Diagrama de flujo para el control del SCVS.

Antes de proceder con la instalación física, se realizó la simulación del sistema modernizado utilizando **Factory I/O** y **TIA Portal V17**, tal como se muestra en la **Figura # 9**. Estas herramientas posibilitan crear un entorno virtual que replica el funcionamiento del SCVS, permitiendo probar la lógica de control, la interacción entre el PLC y la HMI, y simular posibles escenarios de fallos. Esta etapa viabilizó la detección problemas potenciales antes de la implementación física, reduciendo los riesgos de fallos operativos.



**Figura # 9.** Interacción entre TIA Portal v17+ Factory I/O +S7-PLCSIM.

Cabe destacar que la vinculación entre los softwares está muy bien detallada en la WEB. En este trabajo se utilizaron: **Factory I/O + TIA Portal v17 + S7-PLCSIM**. Debe destacarse que para lograr que la comunicación funcione correctamente es imprescindible, al iniciar el proyecto, utilizar una plantilla específica para la versión que se está empleando, caso contrario, las entradas y salidas de Factory I/O no se podrán comunicar con S7-PLCSIM.

## 2.4 Implementación e instalación

Una vez validadas las simulaciones se procederá con la instalación física de los nuevos equipos. Se desconectaron, retiraron los equipos de control originales y se instalaron los nuevos PLC, HMI y módulos de E/S tal como se aprecia en la **Figura # 10** y **Figura # 11**. El proceso incluirá la ingeniería inversa del software de control que se cargó al nuevo PLC y a la HMI para asegurar una operación continua y eficiente del sistema.



**Figura # 10.** SIMATIC HMI 6AV2 123-26B03-0AX0 para el control del sistema.



**Figura # 11.** PLC y nuevos módulos una vez realizada la reingeniería.

Se procede a realizar la programación en forma modular considerando al sistema en tres módulos esenciales que se integrarán para obtener el producto final. Esta consideración se realizó a partir del análisis de cada uno de los componentes del SCVS y su operación. Cabe resaltar que toda la estrategia fue discutida y aceptada por el cliente

teniendo siempre presente que se está considerando condiciones ideales de operación basadas en el diseño original. El cliente tenía claro que posterior a las pruebas realizadas se tendría que volver a intervenir en el control, dado que la SCVS fue modificada para trabajar con diferentes productos y un tamaño del palet distinto al original, lo que correspondería a una etapa del proyecto que está fuera de esta instancia.

El primer módulo involucra todo lo concerniente al sistema de bandas y su secuencia para el correcto funcionamiento del proceso. Es decir, ingreso de palet con material en la banda 1, traslado hasta el hogar del robot con apoyo de la banda 2 para finalmente usar un brazo que desplazará al palet vacío hacia la banda 3 donde se encuentra el sistema de apilamiento de estos.

El segundo módulo corresponde al funcionamiento del robot en cuanto al manejo de los sacos, esto es movilización, corte y vaciado.

El tercer módulo considera el manejo del palet vacío y su apilamiento para posteriormente ser retirado por un montacarga.

## **2.5 Pruebas de validación**

Con los nuevos equipos instalados se realizaron pruebas funcionales en condiciones operativas reales. Se evaluó la respuesta del sistema en diversas situaciones, tales como sobrecargas, interrupciones y fallos de comunicación. Los resultados de las pruebas se analizaron y se usaron para realizar los ajustes necesarios con la finalidad de garantizar y mejorar la operación del SCVS.

## **2.6 Documentación y capacitación**

Finalmente, se documentó todo el proceso de modernización incluyendo los esquemas de conexiones, configuraciones de software y manuales de operación del sistema actualizado. Asimismo, se realizó la capacitación al personal encargado del mantenimiento y operación del SCVS asegurándose, con esto, que comprendan plenamente el uso de los nuevos equipos y el software de control.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentará los equipos seleccionados, el análisis de costo, diagramas eléctricos realizados para ser utilizados en la integración, pantallas operacionales desarrolladas para la HMI, junto a una descripción del programa de control que se cargó al PLC.

### 3.1 Equipos seleccionados para la integración del SCVS

Teniendo plenamente identificadas las necesidades de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas se presenta la **Tabla # 15** con la lista y características principales de cada componente que fue seleccionado para la migración del hardware de control del SCVS.

**Tabla # 15.** Lista de equipos Siemens utilizados en la migración.

Descripción	Modelo	Característica	Cantidad
SIMATIC HMI	6AV2 123-26B03-0AX0	KTP700 BASIC 7"	1
PLC SIMATIC S7-1200 1215C	6ES7215-1AG40-0XB0	14 DI / 10 DO / 2 AI / 2 AO	1
Módulo de entradas digitales	6ES7223-1PL32-0XB0	16 DI	2
Módulo de salidas digitales	6ES7222-1BH32-0XB0	16 DO	2
Módulo de entradas analógicas	6ES7231-4HD32-0XB0	4 AI	1

Se resaltan los principales equipos y módulos que se requirieron para ejecutar el proyecto habiéndose considerado opciones de otras marcas e incluso módulos de la misma marca, pero se consideró y prevaleció la consigna de que la marca a considerar para la integración sea Siemens teniendo presente el uso de equipos que se tienen en el stock en ese momento.

### 3.2 Análisis de costos

En la **Tabla # 16** se presenta la lista con los precios de cada uno de los módulos utilizados para el proyecto al igual que la mano de obra concerniente a la parte del proyecto que está relacionada con la presente propuesta.

**Tabla # 16.** Lista de precios.

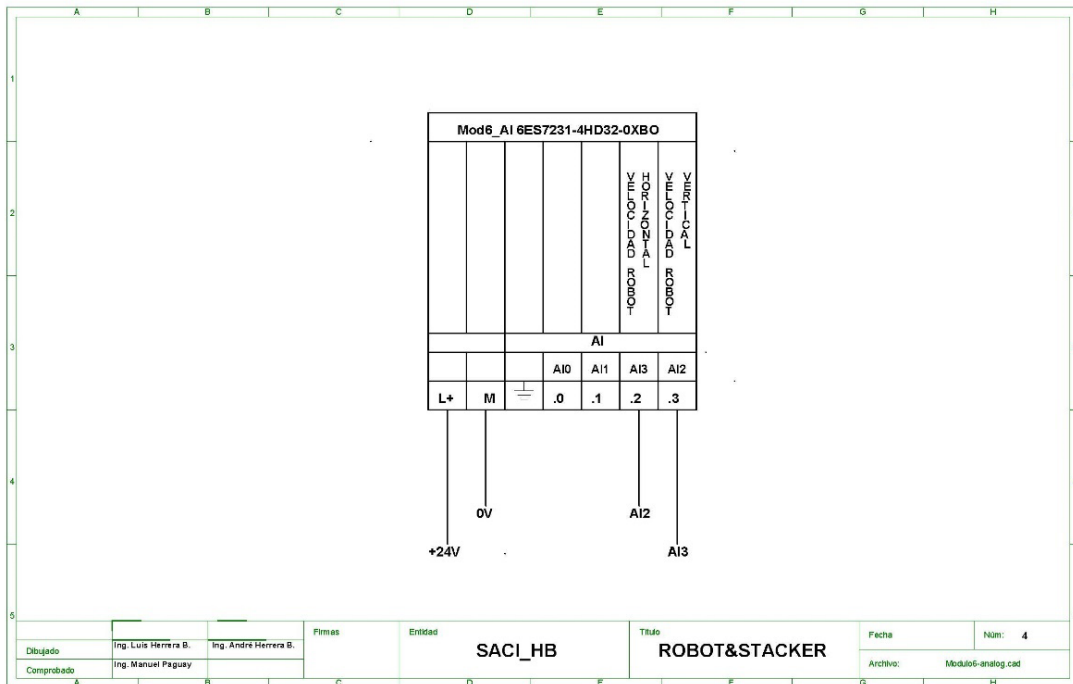
Descripción	Modelo	Cantidad	Costo [\$]
SIMATIC HMI	6AV2 123-26B03-0AX0	1	1130.00
PLC SIMATIC S7-1200 1215C	6ES7215-1AG40-0XB0	1	621.00
Módulo de entradas digitales	6ES7223-1PL32-0XB0	2	2x495.00
Módulo de salidas digitales	6ES7222-1BH32-0XB0	2	2x336.00
Módulo de entradas analógicas	6ES7231-4HD32-0XB0	1	381.00
Mano de obra: Levantamiento de la información del proceso, reingeniería de hardware y software, simulación, planos eléctricos, manual de operación, capacitación.		1	4600.00

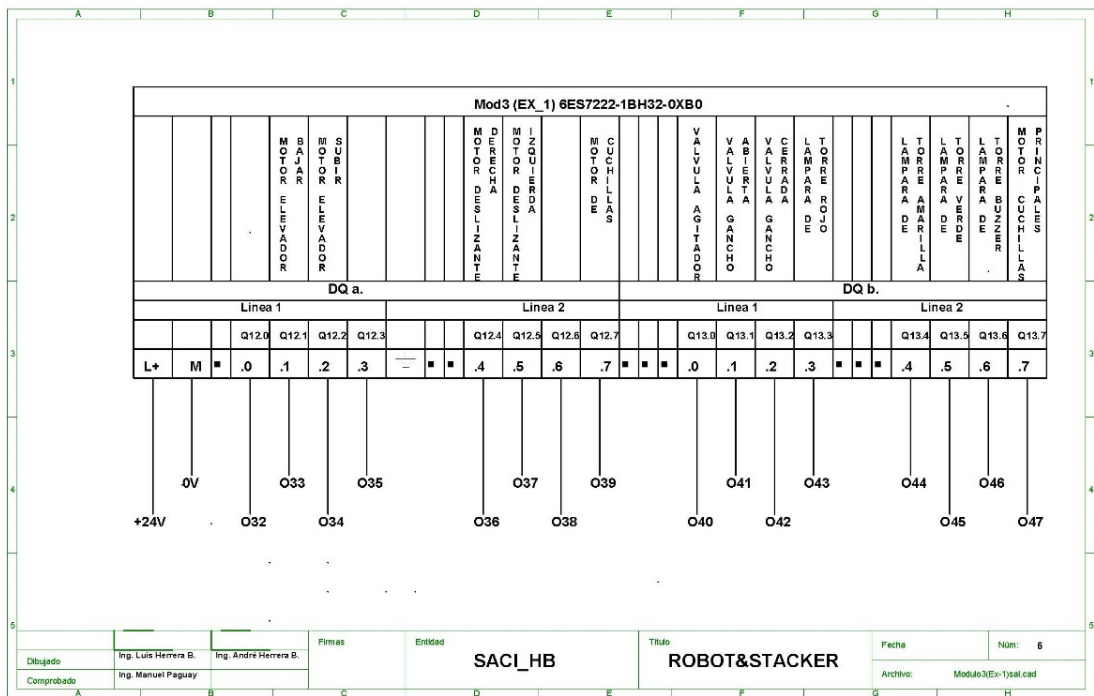
Cabe recalcar que los valores mostrados no involucran otros rubros tales como mantenimiento, modificaciones mecánicas para lograr la ampliación del tipo de palet a utilizar, seguridades que garanticen la integridad de los operadores, montaje y puesta a punto en sitio de la SCVS. Por consiguiente, el trabajo fue del tipo multidisciplinario lo que permitió interactuar con otros proveedores de servicios, resultando en un valor le agregado por la experiencia adquirida.

El valor del proyecto representó un costo justo para el cliente quien lo consideró viable y aceptó la propuesta. Se presentó un cronograma del trabajo, este fue aceptado formalizando así el inicio del trabajo.

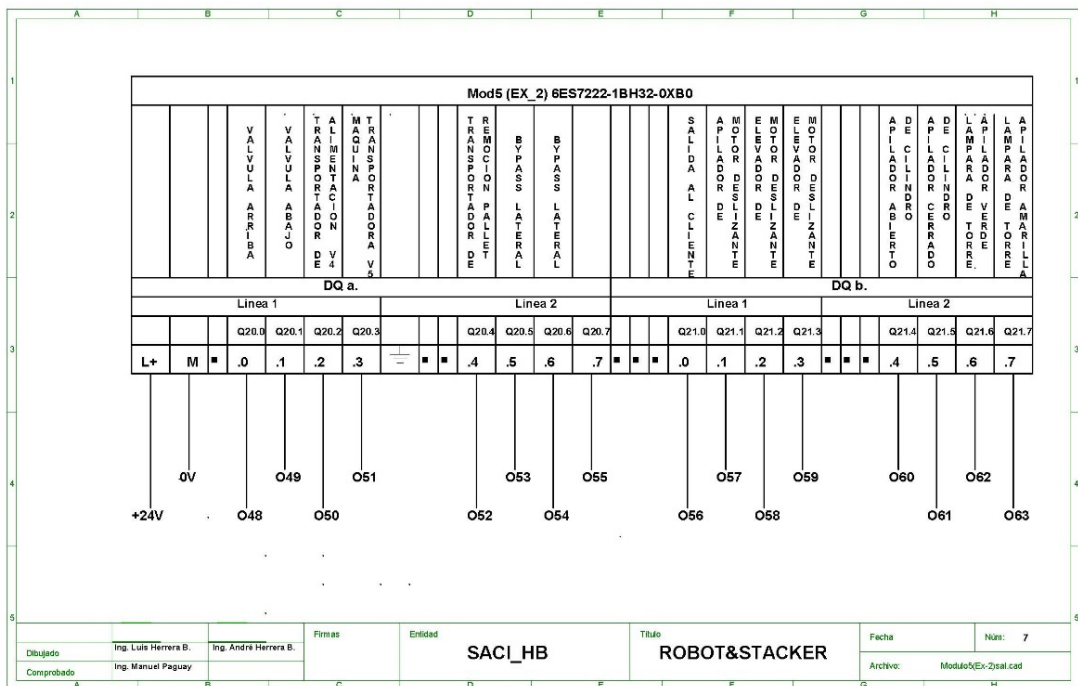
**Plano # 1. Plano\_01\_M1\_EX\_3\_IN**







Plano # 6. Plano\_06\_M3\_EX\_1\_OUT

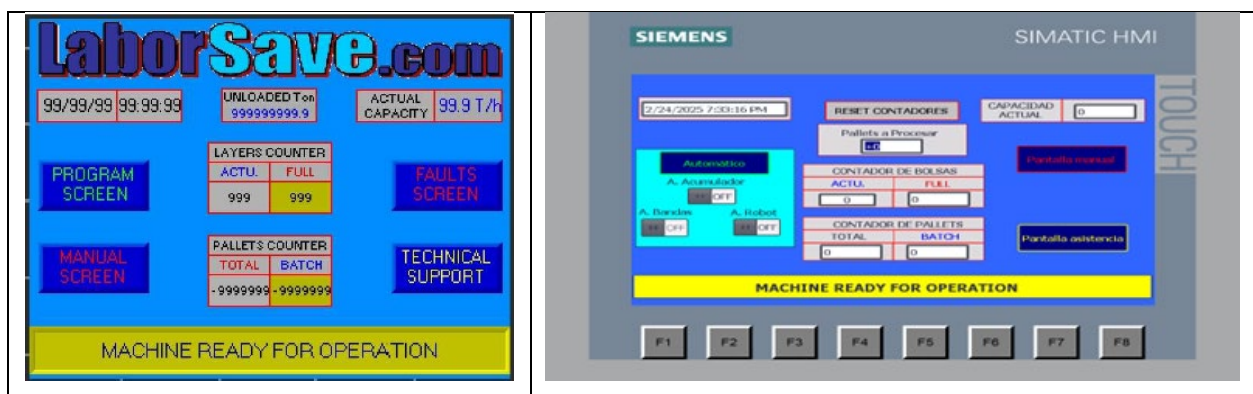


Plano # 7. Plano\_07\_M5\_EX\_2\_OUT

### 3.4 Pantallas operacionales

#### 3.4.1 Pantalla principal

Habiendo tenido acceso a los dispositivos de visualización y control, se procedió a seguir cada una de las pantallas que tiene el sistema original que permitirían ser replicadas para el proyecto de reingeniería. En la **Figura # 12**, se observa la pantalla principal desarrollada por el fabricante del SCVS.



**Figura # 12.** Pantalla principal original y nueva.

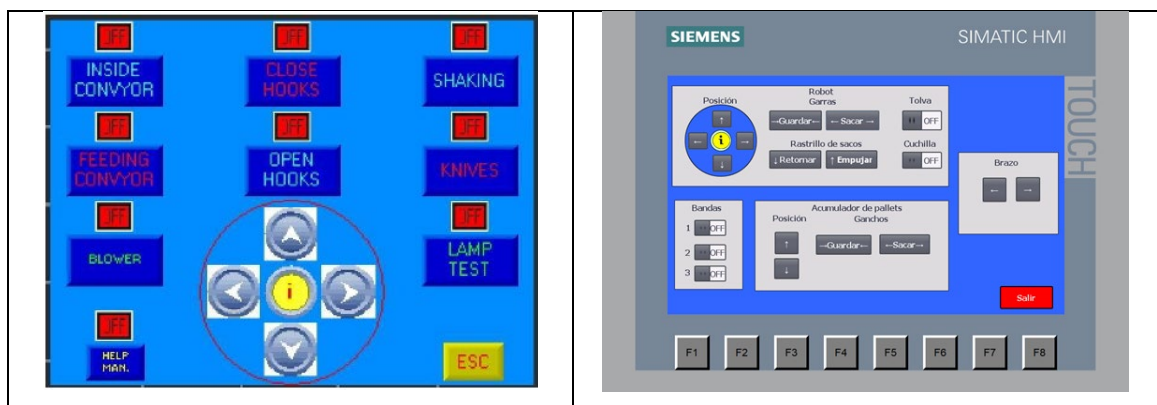
Ahora se realiza una descripción de cada uno de los cuadros de textos y componentes de la Pantalla principal:

- Acceda a la pantalla de programación presionando el botón "PROGRAM SCREEN" (PANTALLA DE PROGRAMA).
- Acceda a la pantalla manual presionando el botón "MANUAL SCREEN" (PANTALLA MANUAL).
- Acceda a la pantalla de fallas presionando el botón "FAULTS SCREEN" (PANTALLA DE FALLAS).
- Acceda a la pantalla de asistencia técnica presionando el botón "TECHNICAL SCREEN" (PANTALLA DE ASISTENCIA TÉCNICA).
- En la segunda línea puede ver la fecha y la hora, las toneladas descargadas y la capacidad actual. Para ajustar la hora debe presionar sobre la hora y escriba la nueva.
- En el centro de la pantalla puede ver el contador de capas de bolsas:
  - ACTUAL: capas que aún quedan en el palet (presione durante 3 segundos para resetear).

- FULL: Capas en el palet completo (presione para cambiar su valor).
- Al centro de la pantalla está el contador de palets:
  - TOTAL: Cantidad total de palets descargados (no puede ser reseteado).
  - BATCH: Palets descargados desde el último reseteado. (Presionando el contador durante 3 segundos, cambiará a cero).
- En la parte inferior de la pantalla hay una barra amarilla que muestra la etapa actual del ciclo automático, mensajes y fallas. Esta etiqueta se utiliza también para cambiar el idioma.

### 3.4.2 Pantalla de control manual

A continuación, se presenta la **Figura # 13** que permite apreciar la que se denomina pantalla de control manual.



**Figura # 13.** Pantalla de control manual original y nueva.

Se procede con la descripción de las flechas y botones que conforman la pantalla de control manual:

#### Flechas:

- Los botones con flecha izquierda y derecha funcionan como impulsores horizontales de la pinza de agarre.
- Mientras se eleva y los ganchos están cerrados, el motor de las cuchillas se activará.

- Los botones pulsadores que marcan hacia arriba y hacia abajo, mueven la pinza de agarre hacia arriba y hacia abajo. Mientras se mueve hacia abajo y los ganchos están cerrados, la velocidad será baja.

#### **Botones:**

- "SHAKING" para operar el sistema de vibración en la tolva.
- "OPEN HOOKS" para abrir los ganchos.
- "INSIDE CONVEYOR" para operar el transportador de palets de la máquina. (opción)
- "KNIVES" para operar el motor de las cuchillas solamente para su afilado.
- "CLOSE HOOKS" para cerrar los ganchos.
- "FEEDING CONVEYOR" para operar el alimentador de palets de la máquina. (opción)
- "BLOWER" para operar el ventilador del cliente (opción)
- "LAMP TEST" para operar todas las lámparas en la máquina.
- "HELP MAN" Usada solamente por personal certificado de mantenimiento del LaborSave.

Adicionalmente, se revisó el resto de las pantallas que se tenían en la versión original del programa de control cuyos nombres se muestran a continuación:

- Pantalla de programación.
- Pantalla que indica tolva llena.
- Pantalla que indica bandeja de bolsas llena.
- Pantalla de fallas.
- Pantalla de asistencia técnica.
- Bolsa demasiado baja, en la pantalla de la pinza de agarre.

### **3.5 Manual de operación**

Una vez que se realizó la reingeniería se procedió con la etapa de pruebas y para ello se preparó un documento que fue entregado al cliente junto con la inducción en sitio,

todo esto en concordancia con lo solicitado por el cliente, es decir que se cumpla la secuencia según lo determinado en primera instancia.

A continuación, se presenta en la **Figura # 14** el contenido del manual de usuario entregado.

Contenido

1. Introducción .....	3
1.1. Medidas de Seguridad .....	3
1.2. Pantalla Principal .....	3
2. Modos de Operación .....	4
2.1. Modo Manual .....	4
Detalles de Operación Manual .....	4
Inicio Modo Manual .....	4
Robot .....	5
Bandas .....	6
Acumulador .....	6
Brazo .....	7
2.2. Modo Automático .....	7
Detalles de Operación Automático .....	7
3. Solución de problemas .....	8

**Figura # 14.** *Contenido del manual de usuario.*

El manual completo se entregó como un documento independiente y se encuentra disponible en el Apéndice A.

**3.6 Resultados después de la reingeniería**

Los resultados obtenidos tras la modernización del Sistema Cortador y Vaciador de Sacos (SCVS) evidencian una mejora significativa en su operatividad. El nuevo sistema basado en tecnología Siemens (PLC S7-1200, HMI KTP700 y módulos escalables de entradas/salidas) permitió reducir los tiempos de inactividad, facilitó el mantenimiento y habilitó la supervisión en tiempo real mediante protocolos como Profinet y Ethernet/IP.

La simulación previa a la instalación física utilizando TIA Portal V17 y Factory I/O demostró ser una estrategia clave para la validación del sistema, reduciendo errores y acelerando el proceso de implementación. La estructura modular del control dividida en

tres fases (bandas de transporte, robot de corte/vaciado, y apilamiento de palets) facilitó una programación más ordenada y escalable.

Durante las pruebas funcionales se constató la robustez del sistema ante fallos eléctricos y condiciones anormales, logrando mantener la operación continua sin afectar la seguridad ni la integridad del proceso.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- La modernización del SCVS permitió restablecer su funcionamiento, garantizando una operación más confiable y eficiente.
- El uso de herramientas como TIA Portal y Factory I/O permitió validar el comportamiento del sistema antes de su implementación física, reduciendo errores y optimizando recursos.
- La integración de protocolos modernos de comunicación industrial asegurará una supervisión remota en tiempo real, elemento crucial para industrias que buscan alinearse con la Industria 4.0.
- La estructura modular del software de control facilita futuras ampliaciones y adaptaciones del sistema ante cambios en el proceso productivo.

### Recomendaciones:

- Implementar un sistema de mantenimiento predictivo basado en la recopilación de datos históricos del SCVS, aprovechando la capacidad de monitoreo remoto habilitada.
- Realizar ajustes en la lógica de control y en la interfaz HMI para adaptarse a nuevos formatos de pallets y tipos de productos, como fue anticipado en la planificación del cliente.
- Capacitar continuamente al personal técnico en el uso de TIA Portal, Factory I/O y nuevas tecnologías emergentes que se integren al sistema.
- Considerar la incorporación de sensores inteligentes y tecnología IIoT (Internet Industrial de las Cosas) para ampliar las capacidades del sistema hacia entornos de Industria 5.0.

- Documentar y almacenar todas las versiones del software desarrollado, tanto en formato editable como en copias de respaldo, para garantizar trazabilidad y recuperación ante fallos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Groover, M. (2021). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (5th ed.). Pearson Education.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2019). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 20, 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.03.004>

Profinet International. (2022). Profinet IO System Description and Use Cases in Smart Manufacturing. Profinet Technical Documentation.

Rockwell Automation. (2021). Implementing Ethernet/IP for High-Speed Industrial Networks in Automation Systems. Rockwell Technical Report.

Wittenberg, C., & García, J. (2021). Smart manufacturing and industrial IoT: Integration challenges and case studies. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 3556–3564. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3001234>

Angulo, C., & González, A. (2020). Simulation-based design of industrial control systems with TIA Portal and Factory I/O. *International Journal of Automation and Smart Technology*, 10(3), 153–167.

Groover, M. (2021). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (5th ed.). Pearson Education.

Jin, Y., & Kim, J. (2022). Real-time data collection and control in industrial IoT systems: An application of Siemens S7-1500 and TIA Portal. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(12), 21135–21145.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2019). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 20, 34–39.

Prabhu, N., & Shankar, K. (2020). Leveraging HMI and PLC in smart manufacturing: A study on real-time monitoring and control using TIA Portal. *Automation in Construction*, 108, 103021.

Profinet International. (2022). Profinet IO System Description and Use Cases in Smart Manufacturing. Profinet Technical Documentation.

Rockwell Automation. (2021). Implementing Ethernet/IP for High-Speed Industrial Networks in Automation Systems. Rockwell Technical Report.

Siemens AG. (2022). S7-1500 Programmable Controller: System Manual. Siemens Technical Documentation.

Siemens AG. (2023). Best Practices in HMI Design: Improving Process Control Efficiency with TIA Portal. Siemens White Paper.

Wittenberg, C., & García, J. (2021). Smart manufacturing and industrial IoT: Integration challenges and case studies. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 3556–3564.

# **APÉNDICES**

## **APÉNDICE A**

# **Manual de Usuario**

## **Sistema Cortador y Vaciador de Sacos (SCVS)**



### **Responsable:**

Ing. Efrén Herrera Muentes, PhD.

### **Elaborado por:**

Ing. Luis Efrén Herrera Baños.

Ing. Efrén André Herrera Baños.

### **Ingenieros de Campo:**

Ing. Manuel Paguay

Ing. Paul Daza

Ing. Víctor Arce

**Febrero 2025**

## Contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1. Medidas de Seguridad.....	3
1.2. Pantalla Principal .....	3
<b>2. Modos de Operación .....</b>	<b>4</b>
2.1. Modo Manual .....	4
Detalles de Operación Manual .....	4
Inicio Modo Manual. ....	4
Robot.....	5
Bandas .....	6
Acumulador .....	6
Brazo .....	7
2.2. Modo Automático.....	7
Detalles de Operación Automático .....	7
<b>3. Solución de problemas .....</b>	<b>8</b>

# 1.Introducción

El sistema cortador y vaciador de sacos es una máquina diseñada para automatizar el proceso de corte y vaciado de sacos en entornos industriales, mejorando tiempos y reduciendo la intervención manual.

Este manual detalla las instrucciones para operar la máquina en sus modos manual y automático, así como medidas de seguridad y solución de problemas producto de su operación.

## 1.1. Medidas de Seguridad

- Use equipo de protección personal (guantes, gafas, casco, etc.).
- No manipule la máquina mientras está en funcionamiento.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté libre de obstrucciones.
- En caso de emergencia, presione el botón de parada de emergencia.

## 1.2. Pantalla Principal

En la Figura 1 se observa la pantalla principal de la HMI, donde se observan los botones:

- Reset contadores
- Pantalla manual
- Pantalla de asistencia
- Modo automático

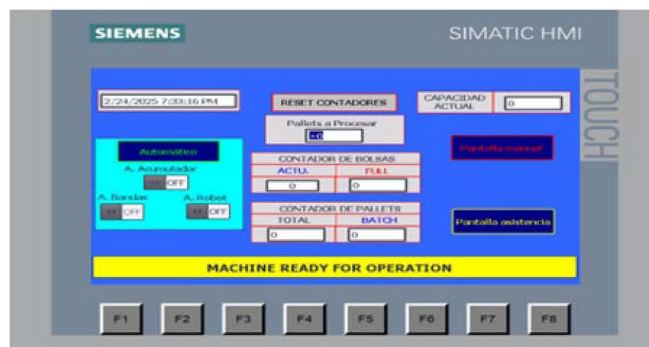


Figura 1: Pantalla Principal HMI

## 2. Modos de Operación

### 2.1. Modo Manual

- Presione el botón 'Pantalla Manual' en la HMI.
- Accione el botón físico START en el tablero HMI.
- En la pantalla de operación manual, controle individualmente los siguientes elementos:

Sección	Funciones Disponibles
Robot	Control de posición, garras de sacos, rastrillo de sacos vacíos, agitación de tolva y cuchillas cortadoras.
Bandas	Control de las 3 bandas para entrada y salida de pallets.
Acumulador	Ajuste de posición vertical y ganchos de sujeción de pallets.
Brazo	Extracción de pallets vacíos desde la banda 2.

#### Detalles de Operación Manual

##### Inicio Modo Manual.

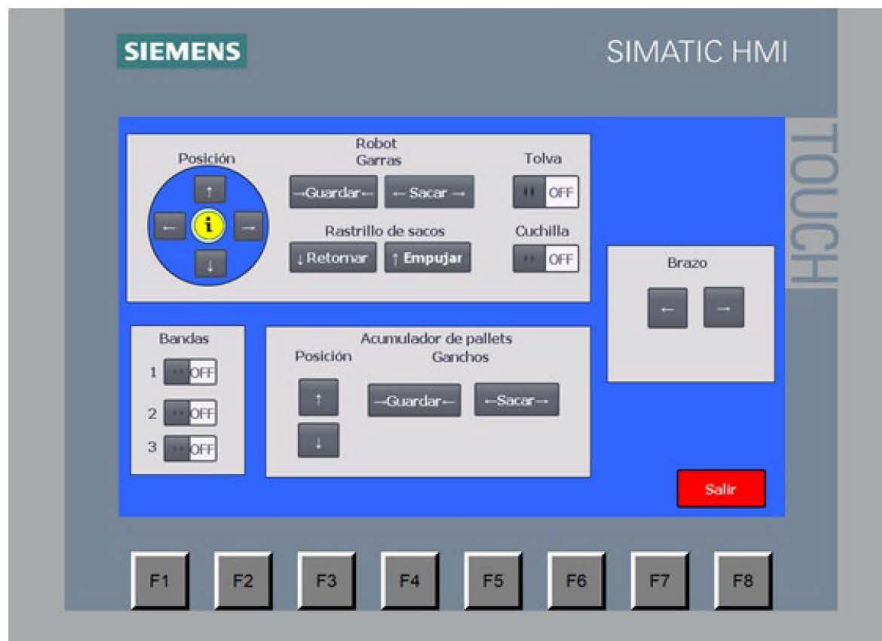
Para ingresar al modo de operación se debe presionar el botón “Pantalla manual” que se observa en la Figura 2, y el botón físico de START en el tablero del HMI.



*Figura 2: Botón Pantalla Manual*

En la Figura 3 se observa la pantalla de operación del modo manual, la cual consta de 4 bloques definidos:

- Robot
- Bandas
- Acumulador
- Brazo



*Figura 3: Pantalla de operación del modo manual*

#### Robot

En la sección del robot que se observa en la Figura 4 se puede operar la posición de este, así como las garras de sacos, el rastrillo de sacos vacíos, agitación de la tolva y las cuchillas cortadoras.



*Figura 4: Sección del Robot*

### Bandas

En la sección de bandas que se observa en la Figura 5 se puede operar las 3 bandas que conforman el sistema de entrada y salida de palets.

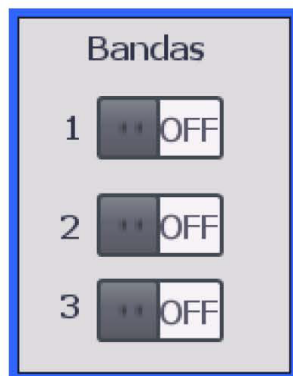


Figura 5: Sección de Bandas

### Acumulador

En la sección de acumulador que se observa en la figura 6 se puede operar la posición vertical del acumulador, así como el estado de los ganchos de sujeción de los palets.

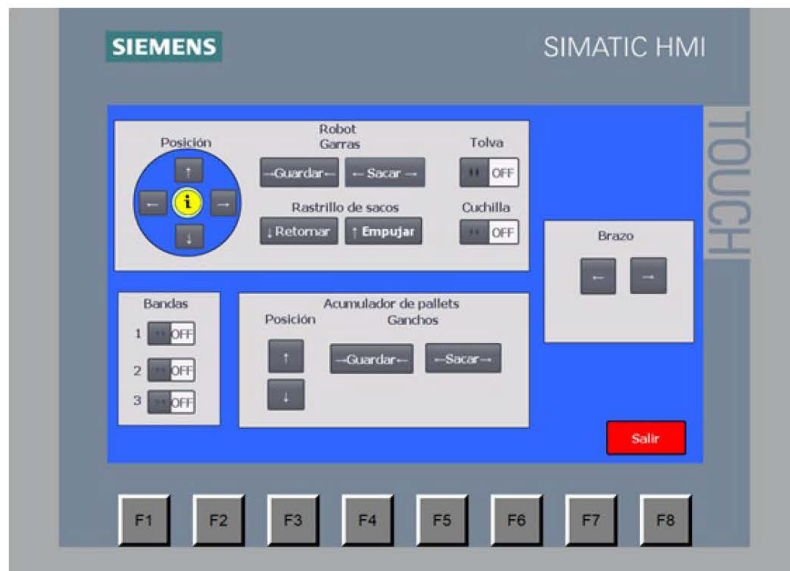


Figura 3: Pantalla de operación del modo manual

### Brazo

En la sección de brazo que se observa en la Figura 7 se puede operar la posición del brazo encargado de sacar los pallets vacíos de la banda 2.



Figura 7: Sección de Brazo

## 2.2. Modo Automático

- Ingrese la cantidad de pallets a procesar.
- Active los procesos esenciales: Bandas, Robot, Acumulador.
- Presione el botón 'Automático' en la HMI.
- Accione el botón físico START.

El sistema llevará el robot y el acumulador a su posición inicial (home). Una vez completado el procesamiento de los pallets ingresados, la máquina se detendrá hasta que se configure una nueva cantidad de pallets.

### Detalles de Operación Automático

En el modo de operación automático el sistema trabajará de forma autónoma configurando la cantidad de pallets que se desean procesar ya sea antes de iniciar o durante la ejecución de las rutinas, tal como se muestra en la Figura 8.

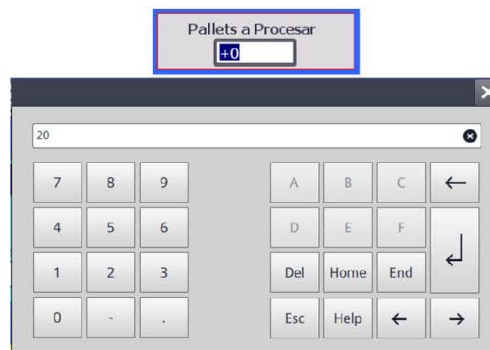
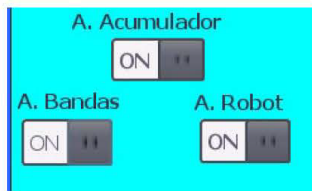


Figura 8: Ingreso de cantidad de pallets a ser procesados

Para activar el modo de operación automático se debe activar los procesos; bandas, robot, acumulador tal como se ve en la Figura 9.



*Figura 9: Activación de los procesos automáticos.*

Posteriormente se debe presionar el botón automático que se muestra en la Figura 10.



*Figura 10: Botón modo Automático*

Una vez configurado se debe presionar el botón físico START para iniciar todo el procesamiento.

**NOTA:** si sucede algo externo a la rutina automática el operario deberá parar el proceso, y terminarlo de forma manual hasta que no haya sacos en las garras y tampoco pallets en la banda 3.

### 3. Solución de problemas

Problema	Posible Causa	Solución
La máquina no enciende	Falta de conexión eléctrica	Verifique la alimentación y el cableado.
El robot no responde	Modo manual activado	Cambie a modo automático.
El sistema no inicia en modo automático	Falta de configuración de la cantidad de palets	Ingrese una cantidad válida en la HMI.
El sistema se queda detenido en modo automático	Algún sistema atascado	Verifique visualmente y opere en modo manual.
Sacos colgados o atascados	Se rasgo uno o más sacos	Verifique visualmente y opere en modo manual.

# APÉNDICE B

## Interacción TIA Portal v17 + Factory I/O

