

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE PESO,
CONTEO Y TRASLADO DE SACHETS EN LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE LECHE U.H.T. DE LA PLANTA
LÁCTEA TRÉBOL DE LA CIUDAD
DE CORONEL OVIEDO**

Marcos Paulo Estigarribia López

Tutor: Prof. Ing. Víctor Leonardo Leguizamón Centurión

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE DE 2025



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DERECHO DE AUTOR

Quien suscribe, **Marcos Paulo Estigarribia López**, autor del trabajo de investigación titulado **“Propuesta de diseño de un sistema automatizado para el control de peso, conteo y traslado de sachets en la línea de producción de leche UHT de la Planta Láctea Trébol de la ciudad de Coronel Oviedo”**, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo, a los del mes de del 2025

.....

Firma



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electrónico, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°: _____

FECHA : _____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Dedicatoria

Dedicado a Dios, por darme la fuerza en los momentos clave y la claridad para seguir avanzando cuando más lo necesitaba.

A mis padres, Marcial Estigarribia y Liz López, por su apoyo incondicional incluso en los momentos más difíciles. Por estar siempre, por la paciencia en los días complicados y por la confianza que nunca dejaron de depositar en mí. Cada avance en este proceso tiene detrás su esfuerzo, su compañía y su cariño constante.

A mi familia, por el aliento sincero, por entender las ausencias y por estar ahí cada vez que el camino se hacía más exigente.

A mis amigos y compañeros, que hicieron este camino mucho más llevadero. Por las charlas, las risas, el ánimo que siempre llegó a tiempo y la ayuda que apareció justo cuando hacía falta.

A todos ellos, dedico este trabajo.

Marcos Paulo Estigarribia López



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Agradecimientos

Agradezco al Ing. Leonardo Leguizamón, tutor de este proyecto, por su acompañamiento constante y por la guía que resultó esencial para orientar correctamente este trabajo.

Asimismo, al Ing. Luis Duarte, por su apoyo técnico y por la disposición para aclarar cada duda a lo largo del proceso, aportando claridad en momentos clave.

A ambos, mi sincero agradecimiento.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Resumen

El presente proyecto desarrolla un sistema automatizado para el conteo, traslado y pesaje por lote de sachets de leche UHT, tomando como referencia el proceso real de una línea de envasado industrial. El trabajo se orientó al diseño de una solución que permita supervisar y controlar de manera integrada las etapas de detección, transporte, carga de canastillas y verificación del peso final, con el fin de apoyar la trazabilidad del proceso y reducir variaciones asociadas al llenado.

El objetivo principal consistió en implementar un sistema capaz de contabilizar los sachets, controlar el flujo cuando la canastilla está en posición, realizar el pesaje del lote y alertar ante condiciones fuera de los rangos establecidos. Para ello se emplearon sensores fotoeléctricos y difusos, un mecanismo electroneumático de detención, un sistema de pesaje basado en cuatro celdas de carga y una cinta transportadora. Toda la secuencia fue controlada mediante un PLC Siemens S7-1200 y supervisada desde un panel HMI, que permitió visualizar el estado del proceso, registrar los datos por lote y gestionar las alarmas.

La metodología combinó la simulación tridimensional del proceso en Factory I/O y la implementación de la lógica de control en TIA Portal, integrando el variador de frecuencia de la cinta, el sistema de pesaje y las rutinas asociadas al conteo y a la validación del lote. Los resultados mostraron un funcionamiento estable y coherente con el comportamiento esperado de una línea real: conteo preciso de unidades, operación sincronizada de la cinta y el tope, pesaje confiable del lote y activación correcta de alarmas ante desviaciones. El análisis final indica que la propuesta es técnicamente viable, escalable y económicamente justificable, pudiendo adaptarse a una futura implementación en planta y contribuir a una mayor eficiencia operativa.

Palabras clave: *Automatización industrial, Control programable, ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura, ODS 12 – Producción y Consumo Responsables.*



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ABSTRACT

This project presents the development of an automated system for counting and batch weighing of milk sachets, based on the operating conditions of a real industrial packaging line. The work focused on designing a solution capable of supervising and controlling the stages of detection, transport, basket loading, and final weight verification, with the purpose of improving process traceability and reducing variations associated with filling.

The main objective was to implement a system able to count each sachet, stop the flow when the basket is in position, perform the batch weighing, and trigger alerts when values fall outside the established range. The system integrates photoelectric sensors, an electro-pneumatic stop mechanism, a weighing platform supported by four load cells, and a conveyor belt modeled with real-world dimensions. The entire sequence is controlled by a Siemens S7-1200 PLC and supervised through an HMI panel, which enables monitoring, alarm management, and batch data recording.

The methodology combined a three-dimensional simulation of the process in Factory I/O with the implementation of the control logic in TIA Portal, integrating the conveyor's frequency drive, the weighing system, and the routines associated with counting and batch validation. The results showed stable performance consistent with the expected behavior of an actual production line: accurate counting, synchronized operation of the conveyor and stop mechanism, reliable batch weighing, and correct activation of alarms under out-of-range conditions. The final analysis indicates that the proposed system is technically feasible, scalable, and economically justified, and can be adapted for future implementation in the plant to enhance operational efficiency.

Keywords: Industrial Automation, Programmable Control, SDG 9 – Industry, Innovation and Infrastructure, SDG 12 – Responsible Production and Consumption.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. METODOLOGÍA E INGENIERÍA DE DISEÑO	4
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	4
2.2. RECOLECCIÓN DE DATOS	4
2.3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO Y PUNTOS CRÍTICOS	5
2.4. DISEÑO METODOLÓGICO DEL SISTEMA.	5
2.4.1. DERIVACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	5
2.4.2. CRITERIOS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA	6
2.4.3. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA.....	6
2.4.4. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL	7
2.4.5. MODELADO FUNCIONAL DE LAS ETAPAS DEL PROCESO.....	7
2.4.6. ESTRATEGIAS DE SUPERVISIÓN DEL PROCESO Y MANEJO DE ALARMAS	8
2.5. DESARROLLO, SIMULACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA.	9
2.5.1. DESARROLLO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....	9
2.5.2. VALIDACIÓN DEL DISEÑO	9
2.6. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA	10
2.7. SUBSISTEMAS Y COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	11
2.7.1. SUBSISTEMA DE CONTROL (PLC Y MÓDULOS ASOCIADOS)	11
2.7.2. SUBSISTEMA DE SENSADO.....	12
2.7.3. SUBSISTEMA DE ACTUACIÓN.....	12
2.7.4. SUBSISTEMA DE SUPERVISIÓN Y SEÑALIZACIÓN.....	13



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

2.7.5. COMPONENTES FUNCIONALES	13
2.7.6. PARÁMETROS OPERATIVOS DEL PROCESO	15
2.7.7. PARÁMETROS INTERNOS DEL SISTEMA (IP).....	15
2.8. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	16
2.8.1. LÓGICA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.	16
2.8.2. MANEJO DE ALARMAS Y ESTADOS OPERATIVOS.....	17
2.8.3. ESTADOS OPERATIVOS DEL SISTEMA.....	18
2.8.4. INTERFAZ HMI Y SUPERVISIÓN DEL PROCESO.....	19
2.9. DETALLES TÉCNICOS DEL SISTEMA	23
2.9.1. SISTEMA DE PESAJE Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL	23
2.9.2. CONTROL DE LA VELOCIDAD DE LA CINTA TRANSPORTADORA	24
2.9.3. PLANOS ELÉCTRICOS Y DIAGRAMAS DE CONEXIÓN.	25
2.10. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FACTIBILIDAD DE LA PROPUESTA	26
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	27
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
4.1. CONCLUSIONES	29
4.2. RECOMENDACIONES	29
5. BIBLIOGRAFÍA	30
6. ANEXOS.....	1
ANEXO A. DESGLOSE DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.	1
ANEXO B. ESQUEMAS ELÉCTRICOS Y DIAGRAMAS DE CONEXIÓN	2
ANEXO C. ENTORNO REAL DEL PROCESO DE LA PLANTA.	4
ANEXO C.1. MODELO DE LA ENVASADORA DE DOS BOCAS.....	5
ANEXO D. ENTORNO DE SIMULACIÓN EN FACTORY I/O	6
ANEXO D.1. VISTA GENERAL DE LA SIMULACIÓN EN PLANTA CON MODELO 3D.....	6



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ANEXO D.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO EN EL ENTORNO DE FACTORY I/O	7
ANEXO D.2.1. DETECCIÓN DE SACHETS (SENSOR RETRO).....	7
ANEXO D.2.2. DETECCIÓN DE CANASTILLA (SENSOR DIFUSO).....	7
ANEXO D.2.3. PANEL DE CONTROL Y CONTEO DE UNIDADES.....	8
ANEXO D.2.4. CINTA TRANSPORTADORA EN OPERACIÓN.	8
ANEXO D.2.5. TOPE ELECTRONEUMÁTICO.	9
ANEXO D.2.6. ÁREA DE PESAJE.....	9
ANEXO D.2.7. LLENADO DE CANASTILLAS.	10
ANEXO D.2.8. ACTIVACIÓN DE ALARMAS EN TIEMPO REAL.....	10
ANEXO D.3. INTEGRACIÓN CON FACTORY I/O Y PLC SIM.	11
ANEXO E. CONFIGURACIÓN DE HARDWARE EN TIA PORTAL	11
ANEXO E.1. CONFIGURACIÓN DEL PLC SIEMENS S7-1200	11
ANEXO E.2. MÓDULOS CONECTADOS	12
ANEXO E.3. DIRECCIONAMIENTO I/O.....	12
ANEXO E.3.1. PLC TAGS ENTRADAS.	12
ANEXO E.3.2. PLC TAGS SALIDAS.....	12
ANEXO F. PANTALLAS HMI Y FUNCIONAMIENTO DEL DATALOGGER	13
ANEXO F.1. PANTALLAS PRINCIPALES DE PROCESO.....	13
ANEXO F.2. MENSAJE DE ALARMAS PRINCIPALES.	14
ANEXO F.3. FICHEROS DE ALARMA EN EL HMI.....	15
ANEXO F.4. DATALOGGER	2
ANEXO F.4.1. IMAGEN DEL ARCHIVO GENERADO EN USB.....	2
ANEXO F.4.2. EJEMPLO DE DATOS REGISTRADOS.	2
ANEXO G. EXTRACTOS DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.	4
ANEXO G.1. PROGRAMACIÓN CINTA TRANSPORTADORA.....	4



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ANEXO G.2. PROGRAMACIÓN PARA EL CONTROL DEL PESO.	5
ANEXO G.3. PROGRAMACIÓN PARA PESO FUERA DE RANGO	6
ANEXO G.4. PROGRAMACIÓN LUCES DE AVISO.	7
ANEXO G.5. PROGRAMACIÓN TOPE ELECTRONEUMÁTICO	7
ANEXO G.6. PROGRAMACIÓN CONTADOR SACHETS	8
ANEXO G.7. PROGRAMACIÓN MODO MANUAL ASISTIDO/EMERGENCIA.	8
ANEXO G.8. PROGRAMACIÓN MARCAS HMI	9
ANEXO G.9. PROGRAMACIÓN AVISOS HMI	10
ANEXO G.10. PROGRAMACIÓN CANASTILLA RETIRADA SIMULACIÓN	13
ANEXO G.11. PROGRAMACIÓN CINTA ENVASADORA SIMULACIÓN	13
ANEXO G.12. PROGRAMACIÓN CONTADORES PESO	14
ANEXO G.13. PROGRAMACIÓN DATALOGGER SIMULACIÓN	15
ANEXO G.14. PROGRAMACIÓN DISPLAY FACTORYIO.....	16
ANEXO G.15. PROGRAMACIÓN EMISOR PRODUCTO SIMULACIÓN.....	16
ANEXO G.16. PROGRAMACIÓN PARA COMUNICAR FACTORYIO Y TIA PORTAL.....	17
ANEXO G.17. PROGRAMACIÓN MAIN [OB1].....	18
ANEXO G.18. BLOQUE DE DATOS DE PESAJE.....	20
ANEXO G.19. BLOQUE DE DATOS AVISOS	21
ANEXO G.20. BLOQUE DE DATOS DE PROCESO.	22
ANEXO H. PROPUESTA DE DISEÑO DE TOPE ELECTRONEUMÁTICO.	23
ANEXO I. PRUEBA DE COMUNICACIÓN CON PLC Y HMI CON EQUIPOS DE LA FACULTAD.	24



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PROPUESTO.....	7
FIGURA 2.2 MODELO FUNCIONAL DEL CONTEO DE SACHETS	8
FIGURA 2.3 MODELO FUNCIONAL DEL PROCESO DE PESAJE POR LOTE.	8
FIGURA 2.4 DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	11
FIGURA 2.5 HARDWARE DEL PLC SIEMENS S7-1200 EN TIA PORTAL.....	12
FIGURA 2.6 PANTALLA PRINCIPAL DEL HMI.	19
FIGURA 2.7 PANEL DE SELECCIÓN DEL MODO DE OPERACIÓN.....	20
FIGURA 2.8 INTERFAZ DE CONTROL DE LOTE Y GESTIÓN DE REGISTRO.	20
FIGURA 2.9 MONITOREO DE SEÑALES EN TIEMPO REAL.....	21
FIGURA 2.10 CONSOLA DE ALARMAS DEL SISTEMA (HMI – LISTA DE EVENTOS).	21
FIGURA 2.11 HMI DATALOGGER	22
FIGURA 2.12 DIAGRAMA TÍPICO DE CONEXIÓN ENTRE CELDA DE CARGA Y MÓDULO ACONDICIONADOR.	24
FIGURA 2.13 SIMULACIÓN DE LA SEPARACIÓN DE PRODUCTO EN EL TRANSPORTE DE PRODUCTO. .	25
FIGURA 6.1 DIAGRAMA DE ENTRADAS DIGITALES Y ENTRADA ANALÓGICA.	2
FIGURA 6.2 CONEXIONES PARA EL VARIADOR DE FRECUENCIA, CONTROL Y POTENCIA.	3
FIGURA 6.3 CONEXIONES DE PILOTOS INDICADORES DE SEÑALIZACIÓN Y VÁLVULA ELECTRONEUMÁTICA	3
FIGURA 6.4 ESQUEMA NEUMÁTICO DEL TOPE ELECTRONEUMÁTICO.....	4
FIGURA 6.5 SALIDA DE LA ENVASADORA Y TRANSPORTE EN LINEA DE SACHETS.....	4
FIGURA 6.6 CANASTILLAS PARA EL CARGADO DE SACHETS DE LA PLANTA.	5
FIGURA 6.7 ENVASADORA DE LECHE UHT DE DOS BOCAS DOSIFICADORAS.....	5
FIGURA 6.8 VISTA DE SIMULACIÓN DE LA ZONA DE ENVASADO.....	6
FIGURA 6.9 VISTA DE SIMULACIÓN DE LA ZONA EN CÁMARA DE FRÍO.	6



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

FIGURA 6.10 SIMULACIÓN DEL SENSOR RETROREFLECTIVO.	7
FIGURA 6.11 SIMULACIÓN DEL SENSOR DIFUSO Y LUZ DE AVISO.	7
FIGURA 6.12 SIMULACIÓN PANEL DE CONTROL. VISUALIZACIÓN CONTEO Y PESO.....	8
FIGURA 6.13 SIMULACIÓN DE CINTA TRANSPORTADORA.....	8
FIGURA 6.14 SIMULACIÓN DE TOPE ELECTRONEUMÁTICO.	9
FIGURA 6.15 SIMULACIÓN DE ÁREA DE PESAJE DE SACHETS.....	9
FIGURA 6.16 SIMULACIÓN DE LLENADO DE CASTILLA Y LUZ VERDE DE PESO DENTRO DE RANGO. .	10
FIGURA 6.17 SIMULACIÓN DE PESO FUERA DE RANGO	10
FIGURA 6.18 DRIVE DE CONEXIONES Y DIRECCIONES I/O.....	11
FIGURA 6.19 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DE PLC Y HMI.....	11
FIGURA 6.20 RACK DE MÓDULO PLC S7-1200 Y MÓDULO ANALÓGICO DE SALIDA SM1232 AQ..	12
FIGURA 6.21 HMI MODO DE 1/2LITRO SELECCIONADO	13
FIGURA 6.22 PANTALLA DE ESTADO PARA CONTROL DE PROCESO.....	13
FIGURA 6.23 SIMULACIÓN DE AVISO EN PANTALLA POR PESO FUERA DE RANGO.	14
FIGURA 6.24 SIMULACIÓN DE ALERTA EN PANTALLA PARA SENSOR DIFUSO Y SENSOR RETROREFLECTIVO.....	14
FIGURA 6.25 SIMULACIÓN DE ALERTA EN PANTALLA PARA EL MODO MANUAL ASISTIDO.....	15
FIGURA 6.26 ARCHIVOS GENERADOS EN USB.....	2
FIGURA 6.27 REGISTRO DE PESO POR LOTES	2
FIGURA 6.28 REGISTRO DE NÚMERO DE LOTE Y CONTADOR SACHETS.....	3
FIGURA 6.29 BLOQUES DE PROCESO Y BLOQUES DE DATOS	4
FIGURA 6.30 MODELO 3D TOPE PARA SACHETS	23
FIGURA 6.31 COMUNICACIÓN POR PROTOCOLO PROFINET/ETHERNET INDUSTRIAL CON EQUIPOS FÍSICOS.	24
FIGURA 6.32 CONEXIONES DEL HMI KT700 BASIC Y USB PARA DATALOG	24



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 DERIVACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA	5
TABLA 2.2 COMPONENTES FUNCIONALES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	14
TABLA 2.3 PARÁMETROS OPERATIVOS DEL PROCESO.....	15
TABLA 2.4 TABLA IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS (IP).....	16
TABLA 2.5 COSTOS TOTALES ESTIMADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.	26
TABLA 6.1 COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y DE AUTOMATIZACIÓN.....	1
TABLA 6.2 COMPONENTES SISTEMA NEUMÁTICO.....	1
TABLA 6.3 MATERIALES ESTRUCTURALES Y MONTAJE MECÁNICO.....	1
TABLA 6.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DE PESAJE.....	2
TABLA 6.5 CABLEADO, PROTECCIONES Y ACCESORIOS.....	2
TABLA 6.6 MANO DE OBRA TÉCNICA Y PROGRAMACIÓN.....	2
TABLA 6.7 COSTOS COMPLEMENTARIOS E IMPREVISTOS.....	2
TABLA 6.8 TAGS DE ENTRADA EN TIA PORTAL	12
TABLA 6.9 TAGS DE SALIDA EN TIA PORTAL	12
TABLA 6.10 TABLAS DE ALARMAS EN HMI.....	15
TABLA 6.11 BLOQUE DE DATOS PARA PESAJE	20
TABLA 6.12 BLOQUE DE DATOS PARA AVISOS	21
TABLA 6.13 BLOQUE DE DATOS PARA PROCESO	22

Introducción

La producción de leche UHT requiere un control preciso sobre la dosificación y el peso neto para asegurar la uniformidad del producto y evitar pérdidas económicas asociadas al sobrellenado o subllenado [1]. En trabajos realizados por Romero Aparicio en una planta, se demostró que pequeñas variaciones en la dosificación pueden producir desviaciones acumuladas significativas y afectar directamente la rentabilidad [2]. Del mismo modo, estudios desarrollados por Hernández Espinel, Llerena Palma y Morris Navarro evidenciaron que la incorporación de automatización en líneas UHT reduce la dependencia de tareas manuales, aumenta la estabilidad operativa y mejora la repetibilidad del proceso [3]. A pesar de estos aportes generales, no se encontraron antecedentes documentados que traten específicamente la automatización integrada del pesaje, conteo y traslado de sachets de leche UHT en condiciones similares a las de la Planta Láctea Trébol, lo cual refuerza la necesidad de una propuesta adaptada a esta línea de producción.

En la Planta Láctea Trébol, ubicada en Coronel Oviedo, se procesan y envasan miles de litros de leche UHT por día mediante una envasadora que realiza la dosificación automática de cada sachet. Sin embargo, el control del peso sigue dependiendo de verificaciones puntuales realizadas por el operador [4], lo que dificulta detectar a tiempo desviaciones en la dosificación y puede ocasionar lotes completos fuera del rango esperado. Paralelamente, el conteo de sachets por canastilla se ejecuta de manera manual y el registro de producción del turno se estima únicamente a partir del número de canastillas completadas, lo que limita la precisión del seguimiento y afecta la trazabilidad. También se constató que la carga y el traslado de canastillas se realizan sin apoyo automatizado, lo que introduce variabilidad entre turnos y repercute en la uniformidad del flujo de trabajo.

El relevamiento técnico confirmó que estas condiciones generan impactos directos en la consistencia del producto, en la exactitud de los datos de producción y en la eficiencia global del proceso. Un sistema que permita medir el peso de manera continua, contar las unidades sin intervención manual, confirmar automáticamente la conformación de cada canastilla y acompañar el traslado mediante señalización adecuada representa una mejora significativa para la planta, tanto en términos operativos como de gestión.

En función de estas necesidades, el objetivo de este proyecto fue diseñar una propuesta de sistema automático que integre el control del pesaje, el conteo por canastilla, la verificación del lote y el soporte al traslado, reflejando fielmente las condiciones observadas en la Planta Láctea Trébol. Para ello se relevaron los parámetros técnicos del proceso actual, se determinaron los requerimientos funcionales, se establecieron criterios de desempeño y se desarrolló una arquitectura de control validada mediante simulación. Como complemento, se incluyó una estimación general de los recursos necesarios para su implementación, fortaleciendo el marco técnico de la propuesta y su utilidad práctica para la planta.

La propuesta aporta al ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura mediante la incorporación de tecnología que moderniza el proceso y eleva la confiabilidad operativa. A su vez, apoya el ODS 12 – Producción y Consumo Responsables, ya que un sistema de pesaje y conteo más preciso disminuye pérdidas y mejora el seguimiento del producto. Estos aportes reflejan la pertinencia del proyecto dentro del contexto productivo de la planta.

1. Objetivos de investigación

1.1. Objetivo General

Proponer un diseño de un sistema automatizado para el control de peso, conteo y traslado de sachets en la línea de producción de leche U.H.T. de la Planta Láctea Trébol de la ciudad de Coronel Oviedo.

1.2. Objetivos Específicos

- Relevar información técnica sobre el proceso actual de dosificación, carga y conteo de sachets en la planta.
- Identificar los puntos críticos donde se producen errores de control de peso, carga incompleta y conteo de sachets.
- Determinar los requerimientos funcionales para el sistema automatizado de pesaje en línea, asistencia en la carga y conteo de sachets.
- Determinar los criterios de desempeño de los componentes del sistema de automatización.
- Definir los dispositivos, sensores y componentes electrónicos adecuados para la automatización del sistema.
- Diseñar la arquitectura integral del sistema automatizado, incorporando la lógica de control en PLC y el desarrollo de la interfaz HMI para la supervisión operativa del proceso.
- Ejecutar la simulación del sistema automatizado y realizar los ajustes requeridos para su correcto funcionamiento.
- Elaborar el presupuesto estimado del sistema automatizado para la operación actual en la planta.

2. Metodología e Ingeniería de diseño

2.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada se enmarcó en un enfoque aplicado, orientado a diseñar una solución técnica destinada a mejorar el pesaje, el conteo, la conformación de canastillas y el soporte al traslado de sachets en la Planta Láctea Trébol. Este tipo de investigación se caracterizó por abordar directamente las condiciones reales del proceso productivo, permitiendo analizar su funcionamiento, identificar sus limitaciones y establecer los lineamientos necesarios para el desarrollo del sistema automatizado. Esta aproximación resultó adecuada porque permitió formular, ajustar y validar la propuesta utilizando información operativa real y evaluarla posteriormente mediante herramientas de simulación.

2.2. Recolección de datos

El relevamiento de datos se llevó a cabo mediante observación directa del proceso de envasado, pesaje, conteo y carga de canastillas en la Planta Láctea Trébol. Durante esta etapa se registró la secuencia real de trabajo, las condiciones operativas y la forma en que se desarrollaban las actividades en torno al control del peso y al manejo de las unidades producidas. Este procedimiento permitió documentar el comportamiento del flujo de sachets y las situaciones que influían en la uniformidad del proceso.

Complementariamente, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal operativo para identificar dificultades habituales, variaciones en los procedimientos y criterios utilizados durante el seguimiento de la producción. Estas consultas aportaron información directa sobre la práctica diaria y facilitaron la identificación de aspectos del proceso susceptibles de automatización.

También se registraron parámetros técnicos relevantes del funcionamiento de la línea de producción, lo que permitió comprender las condiciones bajo las cuales operan los equipos y la forma en que interactúan con las tareas del personal. La información obtenida en esta etapa sustentó el diagnóstico del proceso y sirvió como base para derivar los requerimientos funcionales del sistema automatizado.

2.3. Diagnóstico del proceso y puntos críticos

El diagnóstico realizado en la planta permitió identificar que el pesaje de los sachets se efectuaba de manera discontinua, lo que dificultaba detectar variaciones de dosificación durante la producción. También se constató que los auxiliares realizaban el conteo de unidades por canastilla de forma manual, condición que podía originar errores en jornadas prolongadas o de alta demanda. Asimismo, se observó que el total producido en cada turno no se obtenía mediante un conteo directo de sachets, sino a partir del número de canastillas completadas, lo que generaba imprecisiones en el registro final. Por último, se comprobó que el traslado de las canastillas hacia la cámara fría se ejecutaba sin apoyo automatizado, introduciendo variaciones en el ritmo de trabajo y ausencia de trazabilidad en esta etapa.

Estas limitaciones evidenciaron la necesidad de contar con un sistema que permitiera mejorar el seguimiento del peso, la exactitud del conteo, la precisión de la información generada y el soporte al traslado. Este diagnóstico constituyó la base para formular los requerimientos funcionales del sistema y orientar el diseño metodológico presentado en los apartados siguientes.

2.4. Diseño metodológico del sistema.

2.4.1. Derivación de requerimientos funcionales

A partir del diagnóstico realizado en la planta se identificaron las necesidades operativas que dieron origen a los requerimientos funcionales del sistema. Estos requerimientos se establecieron directamente en función de las limitaciones detectadas en el pesaje, el conteo por canastilla, la ausencia de registro automático y la falta de coordinación en el traslado. La relación entre cada problema identificado y la función requerida se presenta en la siguiente tabla, que constituye la base para el diseño del sistema automatizado.

Problema identificado	Requerimiento funcional derivado
Pesaje discontinuo	Seguimiento y control continuo del peso
Variaciones en la dosificación	Detección inmediata de cambios de peso
Conteo manual por canastilla	Conteo automático de 18/36 unidades
Posibles errores en la carga	Confirmación automática de canastilla completa
Registro final basado en estimaciones	Registro automático por canastilla y lote
Traslado manual sin coordinación	Señalización que apoye el orden del flujo de trabajo

Tabla 2.1 Derivación de requerimientos funcionales del sistema

2.4.2. Criterios de desempeño del sistema

Durante el diseño del sistema se establecieron los criterios de desempeño necesarios para asegurar un funcionamiento coherente con las condiciones reales observadas en la planta. En cuanto al pesaje, se definió que las variaciones de dosificación debían ser detectadas con la sensibilidad suficiente para identificar cambios pequeños en el peso del sachet. Para el conteo se determinó que el sistema debía registrar de forma precisa cada unidad que ingresaba a la canastilla y reconocer automáticamente el momento en que se alcanzaba la cantidad requerida según la presentación correspondiente (1 L o 0,5 L).

Asimismo, se consideró la necesidad de mantener la continuidad del flujo de trabajo, por lo que se establecieron señales claras de avance, confirmación y carga completa que permitieran organizar las transiciones entre etapas. Finalmente, se incluyó como criterio fundamental la capacidad de registrar información relevante para asegurar la trazabilidad del proceso y acompañar la gestión operativa de la planta.

Estos criterios guiaron la definición de la arquitectura general del sistema y orientaron la elaboración de la lógica de control desarrollada en las etapas posteriores.

2.4.3. Diseño de la arquitectura general del sistema

Durante el desarrollo metodológico se definió la arquitectura general del sistema con el objetivo de organizar de manera estructurada las funciones asociadas al pesaje, conteo, verificación y señalización. La arquitectura se elaboró siguiendo un enfoque secuencial basado en las etapas operativas observadas en la planta, de modo a representar el flujo real del proceso y establecer la relación lógica entre cada una de sus fases principales.

Para ello se identificaron los eventos clave del proceso y se agruparon en bloques funcionales que permitieron estructurar la interacción entre las señales de entrada, las condiciones internas y las salidas del sistema. Esta organización facilitó la definición del comportamiento general del proceso en su fase de diseño y sirvió como base para la elaboración de los modelos funcionales utilizados en la etapa siguiente.

La Figura 2.1 presenta la arquitectura general definida durante esta fase metodológica, la cual orientó la construcción posterior de la lógica de control.



Figura 2.1 Arquitectura general del sistema automatizado propuesto.

2.4.4. Metodología de elaboración de la lógica de control

La elaboración de la lógica de control se realizó siguiendo un enfoque secuencial basado en los eventos operativos identificados durante el relevamiento en planta. En una primera etapa se determinaron las condiciones necesarias para iniciar cada fase del proceso y se definieron las transiciones que permitían avanzar entre ellas. Posteriormente, se establecieron las reglas lógicas que organizaban las funciones principales del sistema, agrupando acciones relacionadas con la detección de unidades, la verificación de condiciones y la preparación de las etapas de procesamiento.

Una vez estructuradas las relaciones entre eventos, condiciones y transiciones, se evaluó la coherencia general del diseño mediante pruebas preliminares en el entorno de simulación. Este procedimiento permitió validar la consistencia del esquema lógico presentado en los apartados posteriores dedicados a la ingeniería del sistema.

2.4.5. Modelado funcional de las etapas del proceso

El modelado funcional de las etapas del proceso se desarrolló a partir de la secuencia operativa identificada durante el relevamiento en planta. Con base en esta información se representaron, mediante diagramas, las funciones principales del sistema y las relaciones entre los eventos que

intervienen en el conteo de unidades y en la verificación del peso por lote. Este modelado permitió establecer la estructura lógica necesaria para definir las transiciones entre etapas y organizar el comportamiento general del proceso en su fase de diseño.

Los diagramas elaborados sintetizaron el flujo de operaciones y facilitaron la visualización de las condiciones que intervienen en cada etapa, lo que permitió validar la coherencia del enfoque antes de su implementación. Las Figuras 2.2 y 2.3 presentan los modelos funcionales utilizados durante esta fase metodológica y constituyen la base conceptual para el desarrollo detallado de la lógica de control expuesta en las secciones posteriores.



Figura 2.2 Modelo funcional del conteo de sachets

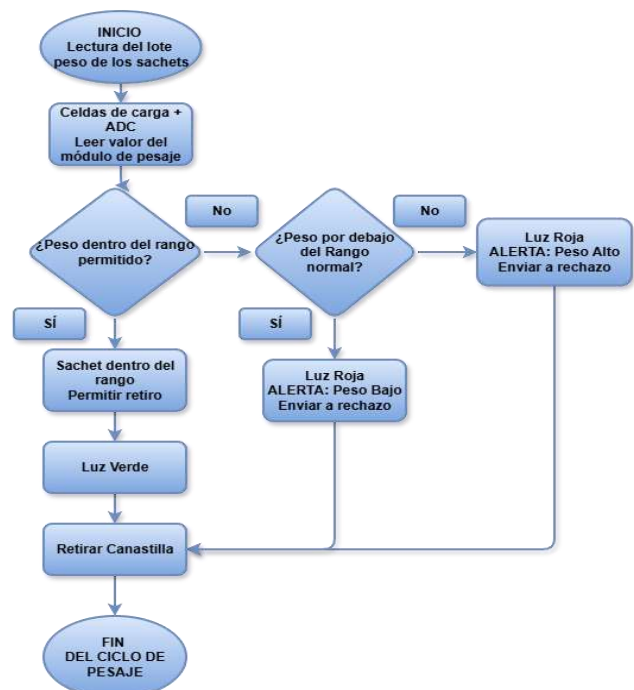


Figura 2.3 Modelo funcional del proceso de pesaje por lote.

2.4.6. Estrategias de supervisión del proceso y manejo de alarmas

Durante el desarrollo metodológico se identificaron los puntos críticos del proceso que requerían supervisión continua para garantizar la coherencia de las operaciones y la detección temprana de condiciones anómalas. A partir del relevamiento en planta se definieron las señales fundamentales a monitorear, tales como la presencia de la canastilla, la detección de sachets y el avance del conteo, con el fin de asegurar la correcta transición entre las etapas del sistema.

También se establecieron los eventos que debían generar alarmas y advertencias durante la operación, considerando criterios de simplicidad y claridad para su posterior integración en la interfaz de supervisión. Estas definiciones permitieron estructurar un esquema básico de monitoreo que sirvió como referencia para la construcción del sistema de alarmas, cuyo funcionamiento detallado se desarrolla en los apartados siguientes.

2.5. Desarrollo, Simulación y Validación del Sistema.

2.5.1. Desarrollo y simulación del sistema

La implementación del sistema automatizado se desarrolló integrando la lógica de control en el entorno TIA Portal, donde se configuraron los bloques funcionales y las condiciones necesarias para representar las etapas del proceso. Una vez estructurada la lógica general, se procedió a su ejecución mediante PLCSIM, lo que permitió evaluar el comportamiento inicial del sistema en un entorno virtual de programación.

Posteriormente, se recreó el proceso físico en Factory I/O, configurando la detección de unidades, el flujo sobre la cinta transportadora, la carga de canastillas y la lectura del peso por lote. La comunicación entre Factory I/O y PLCSIM permitió verificar la interacción entre sensores, actuadores y señales de control, reproduciendo el comportamiento del sistema en condiciones operativas simuladas. Este procedimiento posibilitó revisar la coherencia de la lógica implementada y realizar los ajustes necesarios antes de avanzar a la etapa de validación formal del diseño.

2.5.2. Validación del diseño

La validación del diseño se realizó evaluando el comportamiento del sistema automatizado dentro del entorno de simulación, verificando que las transiciones entre las etapas operativas respondieran correctamente a las condiciones definidas durante el proceso de diseño. Para ello se examinó el funcionamiento de las señales de supervisión, las habilitaciones internas y la coordinación entre los eventos principales del proceso.

Durante esta fase se analizaron distintos escenarios operativos con el fin de confirmar la coherencia de la lógica implementada y la consistencia de las respuestas del sistema ante situaciones representativas. La integración entre los mismos permitió verificar que el esquema general reproducía adecuadamente el comportamiento esperado en un entorno controlado. Con este

procedimiento se concluyó la etapa de validación funcional en entorno de simulación, dejando preparado el sistema para su posterior análisis de desempeño.

2.6. Arquitectura general del sistema

La arquitectura general del sistema automatizado se organiza a partir de cuatro subsistemas principales: control, sensado, actuación y supervisión [5]. Esta estructura permite integrar las funciones necesarias para la detección, conteo, pesaje y acompañamiento del traslado de sachets en un entorno operativo similar al observado en planta. El PLC Siemens S7-1200 actúa como núcleo del subsistema de control, encargándose de recibir la información generada por los sensores, procesar las condiciones internas del sistema y emitir las órdenes correspondientes hacia los actuadores y dispositivos de señalización [6].

El subsistema de sensado agrupa los elementos encargados de detectar el paso de los sachets, verificar la presencia de la canastilla y obtener la señal de peso del lote.

El subsistema de actuación incluye el motor de la cinta transportadora, el variador de frecuencia, el cilindro neumático de control del ingreso de las unidades y la electroválvula asociada. Finalmente, el subsistema de supervisión se compone del panel HMI y la torre de señalización, responsables de comunicar al operador el estado del sistema y facilitar la interacción durante el proceso.

La Figura 2.4 presenta el diagrama general del sistema automatizado, en el que se integran los subsistemas de control, sensado, actuación y supervisión. El diagrama resume las conexiones funcionales entre los dispositivos utilizados y permite visualizar de manera global el flujo de información y la interacción entre cada componente. Esta representación sirve como referencia estructural para el desarrollo detallado de cada subsistema descrito en los apartados siguientes.

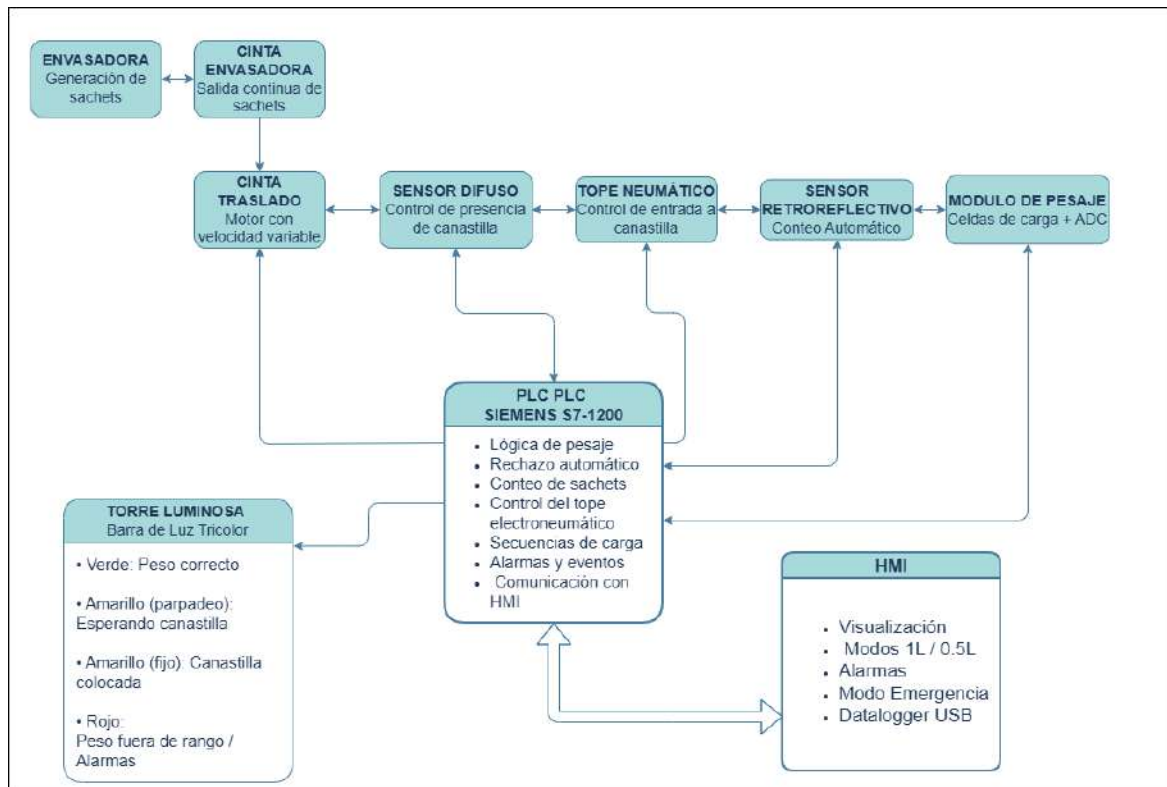


Figura 2.4 Diagrama general del sistema automatizado.

2.7. Subsistemas y Componentes del Sistema Automatizado

El sistema automatizado se organizó en cuatro subsistemas principales: control, sensado, actuación y supervisión, a fin de estructurar de manera clara las funciones asociadas al pesaje, conteo, verificación del lote y señalización del proceso.

2.7.1. Subsistema de control (PLC y módulos asociados)

El subsistema de control está conformado por un PLC Siemens S7-1200, encargado de procesar las señales de entrada y coordinar las acciones de los actuadores del sistema automatizado. Para este diseño se utilizó la CPU 1214C AC/DC/Rly, que incorpora entradas y salidas digitales integradas y un puerto Ethernet destinado a la comunicación con el entorno de simulación y con el panel HMI.

La generación de la señal analógica requerida para el control del variador de frecuencia se realizó mediante el módulo SM 1232 AQ, capaz de emitir una referencia de 0–10 V con la resolución necesaria para regular la velocidad del motor de la cinta transportadora. La configuración del hardware se dispuso en un rack simple, acorde con los requerimientos del proceso y consistente con la implementación utilizada durante la simulación.

La Figura 2.5 presenta la configuración del hardware del PLC en TIA Portal.

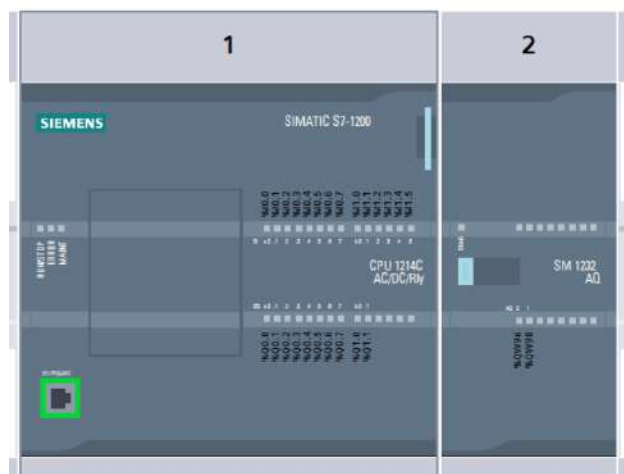


Figura 2.5 Hardware del PLC Siemens S7-1200 en TIA Portal.

2.7.2. Subsistema de sensado.

El subsistema de sensado está conformado por tres dispositivos principales encargados de suministrar al PLC la información necesaria para el control del proceso. El sensor retroreflectivo se utilizó para detectar el paso individual de los sachets sobre la cinta transportadora, permitiendo registrar cada unidad durante la conformación de las canastillas. El sensor difuso se empleó para verificar la presencia de la canastilla en la posición de carga, habilitando o bloqueando el ingreso de sachets según la etapa del ciclo operativo.

Para la verificación del peso del lote se incorporó una plataforma de pesaje conectada a un módulo de adquisición, cuya señal permitió comparar el valor obtenido con el rango definido para cada presentación. En conjunto, estos elementos proporcionaron la información esencial para la secuencia lógica del sistema [7] y para la toma de decisiones en cada una de las etapas del proceso automatizado.

2.7.3. Subsistema de actuación.

El subsistema de actuación está conformado por los dispositivos encargados de ejecutar las acciones físicas del proceso automatizado. El motor principal de la cinta transportadora opera bajo el control de un variador de frecuencia, el cual recibió la señal analógica generada por el módulo SM 1232 AQ para regular la velocidad de avance de los sachets. Esta configuración permitió adaptar el flujo de producto a las condiciones requeridas en cada etapa del ciclo.

Para el control del llenado de la canastilla se utilizó un cilindro neumático de simple efecto, accionado mediante una electroválvula gobernada desde el PLC. Este mecanismo permitió habilitar o bloquear el paso de los sachets de acuerdo con el estado del proceso [8] y con las condiciones necesarias para completar cada lote. En conjunto, estos actuadores ejecutaron las acciones esenciales para el movimiento y la secuenciación del flujo físico dentro del sistema automatizado.

2.7.4. Subsistema de supervisión y señalización

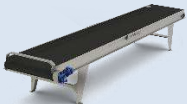
El subsistema de supervisión y señalización se implementó mediante un panel HMI Siemens KTP700 y una torre de luz tricolor. El HMI permitió visualizar el estado del sistema, monitorear el conteo y el avance del proceso de carga, consultar las alarmas activas y seleccionar el modo de operación correspondiente a cada presentación. Además, incorporó un datalogger para el registro de información por lote, facilitando el seguimiento de la producción dentro del entorno de simulación.

La torre de señalización complementó la interfaz visual del sistema al proporcionar indicaciones rápidas sobre el estado operativo, las advertencias y las alarmas. De esta manera, el operador pudo identificar de inmediato las condiciones críticas del proceso sin necesidad de acceder directamente al panel HMI, manteniendo una referencia visual constante durante la operación del sistema automatizado.

2.7.5. Componentes funcionales

Para la implementación del sistema automatizado se definieron los componentes funcionales necesarios para acompañar las etapas de detección, conteo, pesaje por lote, actuación y supervisión. Estos elementos conforman la base técnica del diseño y permiten integrar de manera coherente cada una de las funciones del proceso.

La Tabla 2.2 presenta los dispositivos principales empleados en la propuesta, junto con su función y participación dentro del sistema.

Componente funcional	Función principal	Participación en el sistema	Vista
Cinta transportadora	Transportar los sachets hacia la estación de carga	Flujo continuo entre la envasadora y la zona de conteo	

Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T.
De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo.
Marcos Paulo Estigarribia López-2025





Sensor retroreflectivo	Detectar el paso de cada sachet	Entrada para el conteo acumulado	
Sensor difuso	Detectar presencia de canastilla	Condición para iniciar carga y conteo, así como seguridad	
Cilindro neumático	Ejecutar el movimiento del tope de retención	Controlar físicamente el avance o detención de los sachets	
Tope neumático	Controlar el flujo de sachets hacia la estación de carga	Permitir u ordenar la alimentación de sachets	
Plataforma de pesaje	Medir el peso del lote	Verificación del rango de peso del lote	
Torre luminosa	Indicar estados del proceso y alarmas	Señalización visual al operador	
Interfaz HMI KTP700 Basic	Mostrar estados, alarmas y selección de modo	Supervisión del proceso por parte del operador	
PLC S7-1200	Ejecutar la lógica de control	Unidad central del sistema automatizado	
Variador de Frecuencia (VDF)	Controlar la velocidad del motor	Ajuste del flujo y sincronización	
Motor trifásico de la cinta	Movimiento mecánico	Transporte entre etapas	
Electroválvula 3/2 vías	Activar o retraer el tope neumático	Actuación neumática	
Fuente de alimentación 24 VDC	Proveer energía estable a los componentes del sistema	Alimentación de PLC, sensores y actuadores	

Tabla 2.2 Componentes funcionales del sistema automatizado.

2.7.6. Parámetros operativos del proceso

Los parámetros operativos del sistema corresponden a las cantidades por lote y a los valores de referencia utilizados para el control del peso y la validación final del proceso. Estos parámetros permiten ajustar la lógica de operación a los valores reales del proceso de producción y constituyen la base para la verificación del pesaje por lote.

La Tabla 2.3 resume los valores utilizados para cada presentación.

Parámetro	Presentación 1 L	Presentación 0,5 L
Cantidad por lote	18 unidades	36 unidades
Rango por unidad (según planta)	1015–1030 g	515–530 g
Peso por lote (aproximado)	18,3–18,5 kg	18,5–19,1 kg
Estado del lote	Bajo / Correcto / Alto	Bajo / Correcto / Alto

Tabla 2.3 Parámetros operativos del proceso.

2.7.7. Parámetros internos del sistema (IP)

Para complementar el diseño del sistema se identificaron los parámetros internos que representan las condiciones de operación del proceso y su estado en cada etapa. Estos parámetros se implementaron como señales lógicas y variables internas del PLC, y se utilizan para gestionar el conteo, la verificación de peso, la supervisión y las transiciones entre etapas del ciclo de trabajo.

La Tabla 2.4 resume los códigos de identificación (IP) definidos en el sistema automatizado, junto con su función principal dentro de la lógica de control.

Código IP	Nombre del parámetro	Descripción funcional
IP01	Detección de sachet	Señal generada por el sensor retroreflectivo para incrementar el conteo.
IP02	Presencia de canastilla	Señal del sensor difuso que habilita carga y conteo.
IP03	Conteo acumulado	Valor que registra la cantidad de sachets detectados en la etapa de carga.
IP04	Canastilla completa	Condición alcanzada al llegar al valor de 18/36 unidades según el modo seleccionado.
IP05	Modo de operación	Selección entre sachets de 1 L o de 0,5 L.
IP06	Pesaje habilitado	Condición que habilita el pesaje del lote una vez completa la canastilla.
IP07	Peso actual	Valor analógico leído por el sistema de pesaje para cada lote.
IP08	Estado de peso	Indica si el peso está dentro del rango, bajo o alto.
IP09	Alarma de peso fuera de rango	Señal que indica necesidad de revisión del lote por subllenado o sobrellenado.

IP10	Señal de traslado	Señal que indica al operador que la canastilla está lista para su movimiento hacia la siguiente etapa.
IP11	Estado de la cinta	Indica si la cinta se encuentra en operación o detenida.
IP12	Estado del tope neumático	Indica si el tope está activo o retraído según el proceso.

Tabla 2.4 Tabla Identificación de Parámetros (IP).

2.8. Funcionamiento del Sistema Automatizado

2.8.1. Lógica de operación del sistema automatizado.

La lógica de operación del sistema se organizó en una secuencia de etapas que permite gestionar el flujo de sachets, verificar la conformación del lote y evaluar el cumplimiento de los parámetros establecidos por la planta. Cada etapa depende de las señales generadas por los sensores y de las condiciones internas definidas en el controlador.

2.8.1.1. Detección de unidades

La operación inicia con la detección individual de los sachets mediante el sensor retroreflectivo. Cada vez que se registra un pulso válido, el sistema evalúa si la canastilla se encuentra correctamente posicionada en la estación de carga y el registro esté iniciado. Solo cuando estas condiciones se cumplen se habilita el incremento del conteo.

2.8.1.2. Conteo del lote

Cuando la canastilla está presente, cada detección válida incrementa el conteo acumulado. El sistema compara este valor con la cantidad requerida según la presentación seleccionada: 18 unidades para 1 litro o 36 unidades para 0,5 litro. El proceso continúa hasta alcanzar el valor objetivo.

2.8.1.3. Confirmación de canastilla completa

Al completar la cantidad correspondiente al modo de operación, el sistema bloquea el ingreso de nuevos sachets y comienza la etapa de pesaje del lote. En este punto se deshabilita el conteo para evitar incrementos adicionales.

2.8.1.4. Pesaje del lote

Con la canastilla completa, el sistema habilita la lectura de la plataforma de pesaje. El valor obtenido se compara con el rango establecido por la planta para la presentación seleccionada. Esta lectura representa el peso total del lote antes del traslado.

2.8.1.5. Evaluación del rango de peso

El sistema clasifica el peso en tres categorías: “Bajo”, “Correcto” o “Alto”. Si el valor se encuentra dentro del rango permitido, el lote se considera correcto. Si se encuentra fuera de los límites, se activa la alarma correspondiente para indicar desviación en el peso.

2.8.1.6. Finalización del ciclo y habilitación de traslado

Una vez clasificado el lote, el sistema activa la señal que indica al operador que la canastilla está lista para ser retirada y reemplazada. Al detectar la nueva canastilla en posición, el sistema reinicia el proceso desde la etapa de detección.

2.8.2. Manejo de alarmas y estados operativos

El sistema automatizado incorpora un conjunto de alarmas destinadas a detectar condiciones irregulares durante el proceso y evitar la continuidad del ciclo bajo situaciones que comprometan la operación. Estas alarmas se generan a partir de las señales provenientes de los sensores y de las condiciones internas definidas en la lógica del controlador, y actúan como mecanismos de protección, detención y verificación en cada una de las etapas del ciclo. Su función principal es asegurar que el sistema opere únicamente dentro de los parámetros previstos, forzando la intervención del operador cuando se presentan desviaciones o fallas detectadas.

2.8.2.1. Alarma de peso fuera de rango

Esta alarma se activa cuando el peso total del lote se encuentra por debajo o por encima del rango establecido para la presentación seleccionada. Su activación detiene la secuencia automática e informa al operador la necesidad de revisar la canastilla antes de continuar con la operación. La alarma permanece activa hasta que el operador confirme el estado y reinicie el ciclo.

2.8.2.2. Alarma por ausencia de canastilla

Si el sistema detecta sachets sin la presencia de una canastilla en la estación de carga, la operación se detiene para evitar el derrame del producto en la cinta. Esta condición impide el conteo y deshabilita la etapa de conformación del lote hasta que la canastilla sea correctamente ubicada.

2.8.2.3. Alarma por detección anómala del sensor

En caso de lecturas inestables o ausencia de señal proveniente del sensor retroreflectivo o del sensor difuso, el sistema activa una condición de advertencia que impide continuar el proceso. Esta alarma contempla posibles fallas mecánicas, desconexiones o suciedad en la superficie de detección.

2.8.3. Estados operativos del sistema

El sistema cuenta con estados internos que permiten identificar la etapa actual del proceso y supervisar el avance del ciclo.

2.8.3.1. Estado de carga

Se mantiene activo mientras se detectan sachets y la canastilla aún no alcanzó la cantidad requerida según la presentación. Durante este estado, el sistema habilita el conteo y controla la alimentación de unidades.

2.8.3.2. Estado de pesaje

Se activa una vez completada la canastilla. En este estado se realiza la lectura del peso total y su clasificación. El sistema permanece aquí hasta obtener un resultado válido.

2.8.3.3. Estado de validación

Aquí se compara el peso obtenido con el rango permitido y se determina si el lote es correcto o si se debe activar una alarma. Este estado finaliza al generar la señal de traslado correspondiente.

2.8.3.4. Estado de lote finalizado

Indica que la canastilla está lista para ser retirada. El sistema permanece en este estado hasta que se detecta la colocación de una nueva canastilla, momento en el que se reinicia el ciclo a partir de la etapa de carga.

2.8.3.5. Estado de alarma activa

Cuando una alarma bloqueante es generada, el sistema entra en un estado de detención que impide continuar la operación. Solo puede salir de este estado mediante la intervención del operador y la confirmación de la corrección de la condición que originó la alarma.

2.8.4. Interfaz HMI y supervisión del proceso.

La interfaz de supervisión del sistema se implementó mediante un panel HMI Siemens KTP700 Basic, encargado de proporcionar al operador la información necesaria para el seguimiento del proceso y el control general de la operación. La interfaz se diseñó de forma sencilla y funcional, priorizando la visualización clara del estado del sistema, las alarmas activas y las variables asociadas al ciclo de trabajo.



Figura 2.6 Pantalla principal del HMI.

La pantalla de operación del sistema presenta el estado general del proceso, incluyendo el conteo de unidades, el modo de operación seleccionado y el avance de la etapa de carga. Desde esta pantalla es posible habilitar la presentación de 1 litro o 0,5 litro, así como consultar el peso leído al finalizar la conformación del lote.



Figura 2.7 Panel de selección del modo de operación.

El panel incorpora una sección destinada al registro de datos mediante el datalogger del HMI, configurado para almacenar información por lote en un dispositivo USB externo. Esto permite conservar un historial de producción y facilita la revisión de valores de peso y ciclos procesados. El operador puede iniciar y detener el registro según las necesidades del proceso.

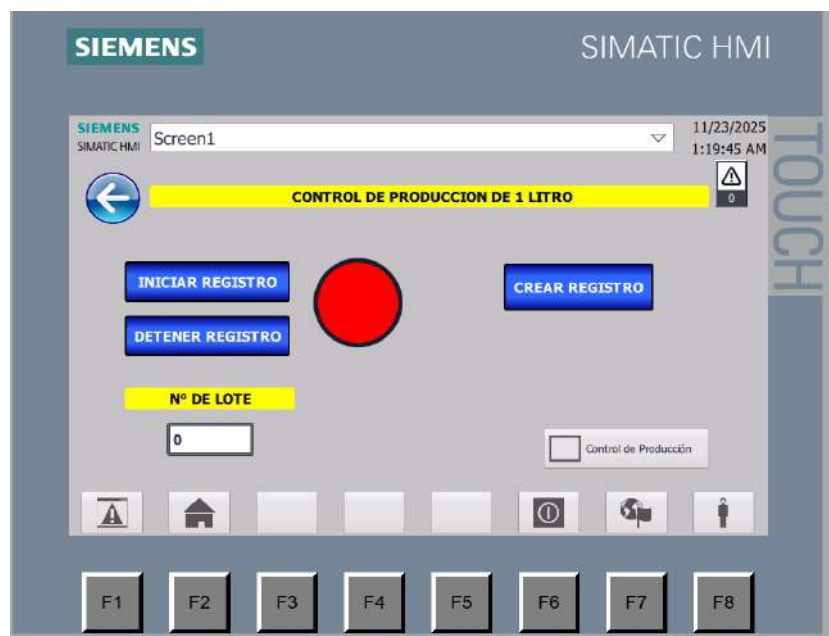


Figura 2.8 Interfaz de control de lote y gestión de registro.

La interfaz también incluye indicadores visuales que informan si el peso medido se encuentra dentro del rango permitido o si se requiere la intervención del operador, además del registro del contador de sachets producidos.

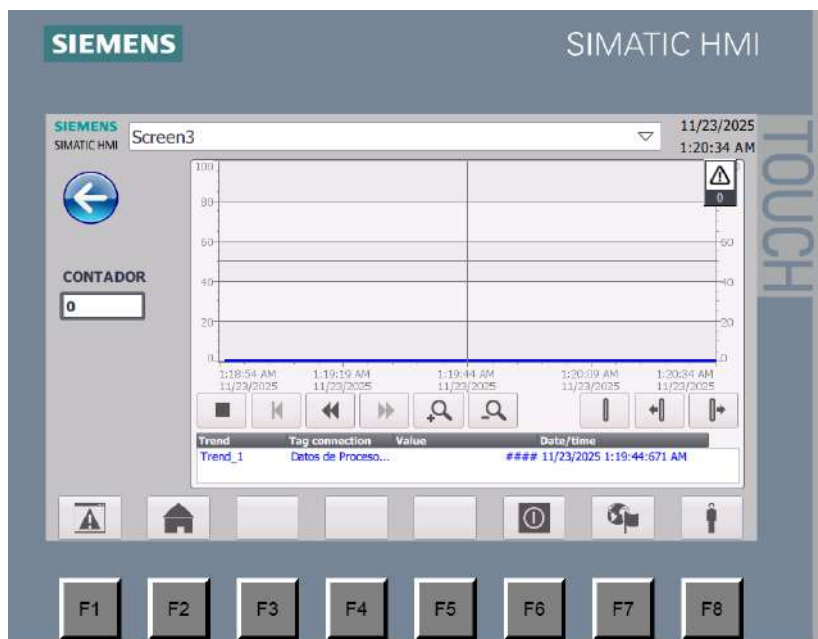


Figura 2.9 Monitoreo de señales en tiempo real.

Además de la pantalla de operación, la interfaz dispone de una sección dedicada a la visualización de alarmas. En esta área se listan todas las alarmas activas y se presentan mensajes que orientan al operador sobre la causa de la detención o la acción requerida para restablecer el sistema. De este modo, el HMI actúa como una herramienta central de supervisión, integrando la información generada por los sensores, el controlador y los dispositivos de señalización externos.

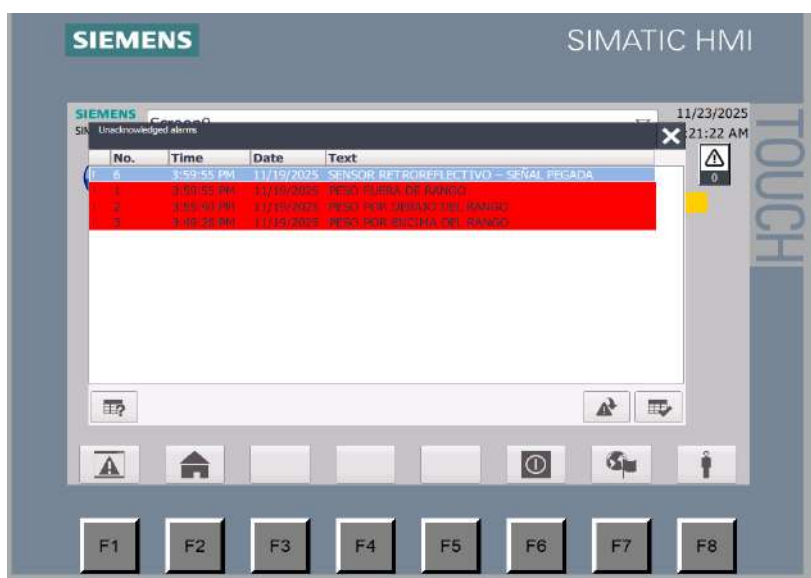


Figura 2.10 Consola de alarmas del sistema (HMI – Lista de eventos).

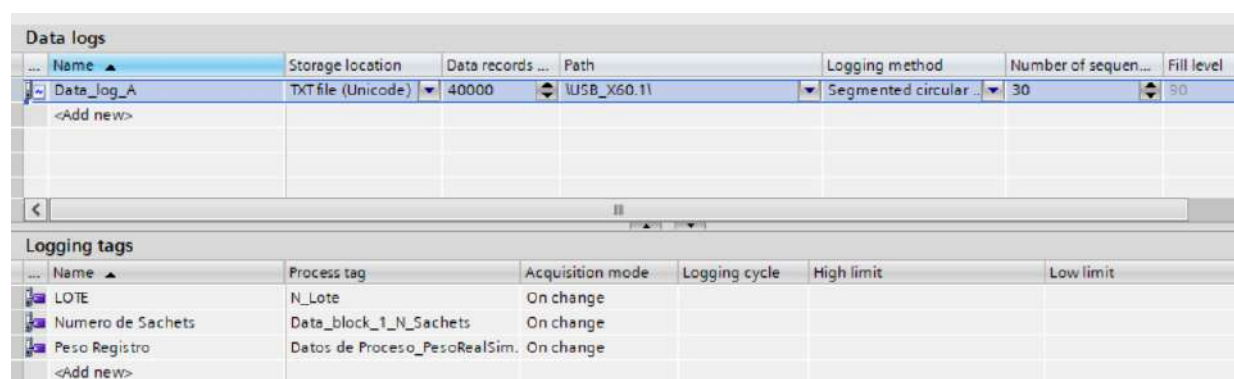
2.8.4.1. Registro de datos y datalogger

El sistema incorpora un mecanismo de registro de datos mediante el datalogger integrado en el panel HMI Siemens KTP700 Basic, configurado para almacenar información relevante de cada lote procesado. Este registro se lleva a cabo en un dispositivo USB conectado al panel y permite conservar los valores de peso y los datos asociados al ciclo de producción para su revisión posterior.

El datalogger fue configurado para generar archivos independientes por lote, siguiendo un formato estructurado que facilita su posterior interpretación. El operador puede iniciar y detener el registro desde la interfaz HMI, lo que permite capturar únicamente los datos correspondientes a los ciclos válidos del proceso. Cada archivo almacenado contiene información referente a la presentación seleccionada, el peso final obtenido, el estado del lote y la fecha y hora de registro.

El panel emplea un sistema de segmentación automática en modo circular, mediante el cual los segmentos se generan y administran internamente sin intervención del operador. Este esquema permite mantener un historial continuo dentro de la capacidad de almacenamiento configurada y asegura que los segmentos más antiguos sean reemplazados cuando el registro alcanza su límite. El funcionamiento en modo en cambio (On change), posibilita que los datos se registren únicamente cuando existe una variación relevante, evitando registros innecesarios y manteniendo una secuencia coherente de valores.

El registro en USB facilita la portabilidad de los archivos y permite su transferencia a otros equipos para análisis, respaldo o documentación. La integración del datalogger con la interfaz HMI proporciona al operador una herramienta práctica para el seguimiento del desempeño del proceso y para la verificación de la conformación de cada lote registrado.



The screenshot displays the HMI Datalogger interface, divided into two main sections: 'Data logs' and 'Logging tags'.

Data logs table:

Name	Storage location	Data records	Path	Logging method	Number of sequences	Fill level
Data_log_A	TXT file (Unicode)	40000	\\USB_X60.11	Segmented circular	30	80
<Add new>						

Logging tags table:

Name	Process tag	Acquisition mode	Logging cycle	High limit	Low limit
LOTE	N_Lote	On change			
Numero de Sachets	Data_block_1_N_Sachets	On change			
Peso Registro	Datos de Proceso_PesoRealSim.	On change			
<Add new>					

Figura 2.11 HMI Datalogger

2.9. Detalles Técnicos del Sistema

2.9.1. Sistema de pesaje y acondicionamiento de señal

El sistema automatizado incorpora un mecanismo de pesaje diseñado específicamente para operar en condiciones dinámicas y con distribución irregular de carga, características propias del proceso de caída de sachets dentro de la canastilla. La propuesta se basa en una plataforma metálica rígida montada sobre cuatro celdas de carga ubicadas en las esquinas, lo que replica la configuración típica de balanzas industriales de precisión. Esta disposición fue seleccionada por su capacidad para absorber impactos, mantener la estabilidad estructural y compensar de manera efectiva las variaciones de peso producidas cuando los sachets no se distribuyen de forma uniforme durante el llenado. Cada celda aporta una parte proporcional del peso total, reduciendo los errores asociados a cargas descentradas o deformaciones locales.

El principio de funcionamiento del sistema se sustenta en galgas extensométricas configuradas en puente Wheatstone, capaces de generar una variación de milivoltaje directamente relacionada con la deformación mecánica producida por la carga. Debido al bajo nivel de esta señal, la propuesta integra un acondicionador externo encargado de excitar el puente, amplificar el rango de salida y convertirlo en una señal analógica estandarizada de 0–10 V. Este módulo realiza la suma electrónica de las cuatro celdas, corrige diferencias entre ellas y entrega una única salida estable y lineal. La señal resultante se conecta a la entrada analógica integrada de la CPU Siemens 1214C, donde es escalada y procesada dentro del programa de control para obtener el peso final del lote. Esta arquitectura garantiza una medición confiable aun ante cargas asimétricas, impactos repetitivos o condiciones dinámicas propias del proceso automatizado.

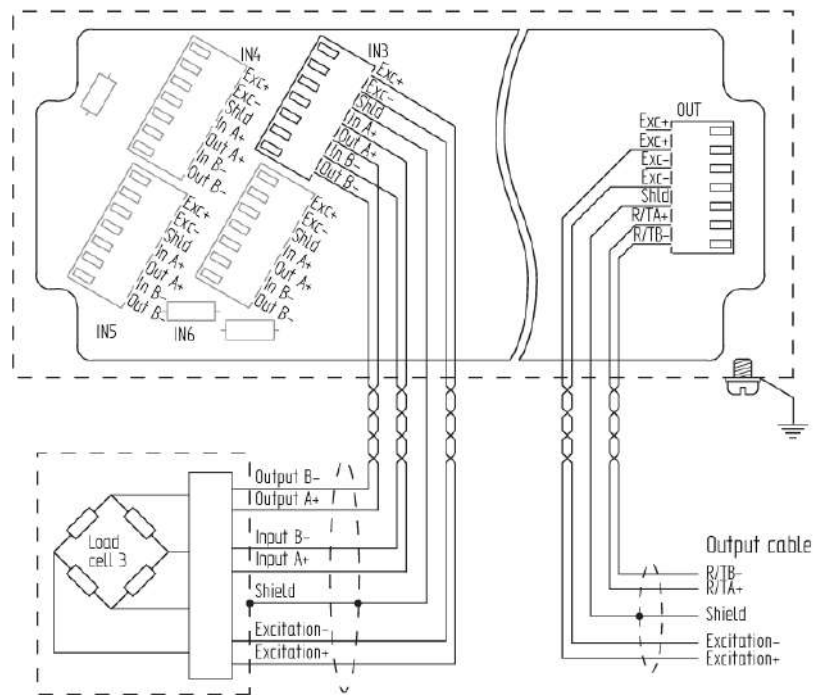


Figura 2.12 Diagrama típico de conexión entre celda de carga y módulo acondicionador.

2.9.2. Control de la velocidad de la cinta transportadora

La propuesta de control de velocidad para la cinta transportadora se definió como un elemento fundamental del sistema, debido a que la separación entre sachets determina directamente la precisión del conteo y la confiabilidad del proceso automático. Durante las pruebas experimentales, se identificó que operar la cinta a velocidades demasiado bajas producía acumulación de unidades y paso simultáneo por el sensor retroreflectivo, generando lecturas superpuestas y pérdida de confiabilidad. Para evitar este efecto, se estableció un régimen de operación que utiliza la señal analógica de 0–10 V proveniente del módulo SM1232 AQ para fijar un punto de referencia que permita mantener un desplazamiento continuo, estable y con la distancia necesaria entre unidades. En la práctica, un rango de operación equivalente al 60–80 % de la velocidad nominal del motor resultó adecuado para separar los sachets y garantizar su detección individual durante todo el ciclo de trabajo.

El variador de frecuencia interpreta esta señal analógica como una referencia directa de frecuencia, ajustando la velocidad del motor trifásico mediante la relación tensión–frecuencia (V/f). Este método permite que la cinta alcance el régimen deseado de forma progresiva, sin picos abruptos ni variaciones que puedan causar inestabilidad en el movimiento. Asimismo, disponer del control de velocidad desde el PLC otorga flexibilidad para adaptar el sistema a diferentes ritmos de producción, asegurando en todo momento que el intervalo entre sachets sea suficiente para su detección, conteo y transporte hacia la canastilla. Este enfoque garantiza un comportamiento predecible del flujo de producto y permite sincronizar de manera más efectiva el conteo, el pesaje y la acumulación por lote dentro del sistema automatizado.



Figura 2.13 Simulación de la separación de producto en el transporte de producto.

2.9.3. Planos eléctricos y diagramas de conexión.

La documentación eléctrica y neumática del sistema se desarrolló mediante un conjunto de planos diseñados en CADeSimu y FluidSIM, utilizados para representar la arquitectura de control, potencia, señalización y neumática del proyecto. Estos diagramas constituyen la referencia técnica para la instalación, diagnóstico y mantenimiento del sistema, y permiten visualizar la distribución del PLC, sensores, actuadores, variador de frecuencia y elementos neumáticos del tope electroneumático. Los diagramas de conexiones correspondientes se encuentran en el Anexo B.

2.10. Análisis económico y factibilidad de la propuesta

La Tabla 2.5 presenta los costos clasificados por categoría, basados en el desglose incluido en el Anexo A.

Aspecto a considerar	Costos parciales (USD)
Componentes electrónicos y de automatización	1.750,00
Componentes neumáticos	141,50
Materiales estructurales y montaje mecánico	1.511,00
Sistema de Pesaje	210,00
Cableado, protecciones y accesorios	164,00
Mano de obra técnica y montaje	450,00
Costos complementarios	80,00
Imprevistos (10 %)	422,65
Costo total estimado del sistema	4.729,15 USD

Tabla 2.5 Costos totales estimados para la implementación del sistema automatizado.

El costo total estimado asciende a 4.729,15 USD, equivalente a aproximadamente 34–35 millones de guaraníes, e incluye todos los elementos requeridos para la implementación del sistema automatizado. El componente de mayor incidencia es la cinta transportadora completa con su motor, seguido por el PLC, el panel HMI y los elementos de control asociados.

En comparación con soluciones comerciales integradas orientadas al conteo, pesaje y control de flujo, que suelen ubicarse entre 6.000 y 12.000 USD, la propuesta desarrollada resulta significativamente más económica, manteniendo funcionalidades esenciales como supervisión mediante HMI, registro por lote, alarmas y control coordinado de sensores y actuadores. La suma requerida puede ser asumida dentro de los recursos disponibles de una planta de producción de este tipo, justificándose por el impacto directo en eficiencia operativa.

Desde el punto de vista operativo, la automatización del pesaje contribuye directamente a disminuir pérdidas por sobrellenado o variaciones en la dosificación. En líneas de aproximadamente 40.000 sachets por día, una desviación mínima de 1 gramo por unidad genera pérdidas superiores a 14 millones de guaraníes por año, pudiendo ascender a 42–140 millones con variaciones habituales de 3–10 gramos. En este contexto, la inversión se recupera en un periodo de meses, incluso bajo escenarios conservadores.

En conjunto, el sistema presenta una factibilidad técnica y económica favorable, con un diseño modular que permite ampliaciones sin modificar la estructura principal y una inversión total que se justifica plenamente ante los beneficios operativos obtenidos.

3. Resultados Y Análisis

Durante la validación del sistema automatizado se ejecutaron ciclos completos dentro del entorno de simulación, integrando el PLC Siemens S7-1200, el panel HMI KTP700 Basic y el modelo del proceso en Factory I/O. A lo largo de estas pruebas, el sistema reprodujo de manera consistente las etapas de detección, conteo, bloqueo mediante el tope electroneumático, pesaje y validación del lote. El comportamiento observado reflejó fielmente la dinámica esperada en un entorno real de planta, especialmente bajo condiciones ideales de operación, donde la secuencia es continua y acompaña el ritmo normal de la envasadora.

Los ciclos extendidos demostraron que el sistema mantuvo estabilidad durante periodos prolongados, sin interrupciones inesperadas y con respuestas coherentes a cada evento. La detección de presencia de canastilla habilitó adecuadamente el ingreso, mientras que el sensor retroreflectivo registró cada sachet sin pérdidas ni duplicaciones. Este desempeño también fue posible gracias a que operar la cinta transportadora a una velocidad mayor permitió mantener una distancia adecuada entre sachets, evitando que lleguen encimados y asegurando un conteo confiable durante todo el ciclo.

En la etapa de pesaje, Factory I/O no permite utilizar los valores reales de masa empleados en planta, por lo que se recurrió a un valor estándar adaptado al entorno virtual. Aun así, la lectura obtenida mediante la entrada analógica integrada se mantuvo estable y permitió evaluar correctamente la lógica de validación del lote. El programa está preparado para trabajar con los valores reales definidos en la planta, los cuales pueden integrarse directamente en el código antes de su carga, manteniendo el funcionamiento ideal del control sin necesidad de modificar la estructura lógica.

Cuando el peso final quedó fuera del intervalo permitido según los parámetros de prueba, el sistema detuvo automáticamente la operación y activó la alarma correspondiente en el HMI. El evento quedó reflejado en la secuencia de variables registrada por el datalogger, lo que permitió revisar el comportamiento del lote dentro del archivo generado. La torre de señalización acompañó estas transiciones, facilitando la identificación inmediata del estado del sistema sin necesidad de interactuar con el panel. Los archivos generados confirmaron la estructura correcta del registro por lote, manteniendo un formato claro y ordenado.

El comportamiento de la cinta transportadora permaneció estable en todos los ensayos. La señal analógica emitida por el PLC reguló con precisión la velocidad del variador de frecuencia, generando un movimiento fluido y constante. El tope electroneumático actuó de forma sincronizada con el conteo, bloqueando el paso cuando se alcanzó la cantidad requerida y evitando el ingreso de unidades adicionales. Esta coordinación entre sensores, actuadores y el PLC evidenció que la arquitectura planteada se representó correctamente en la simulación.

El análisis de los resultados muestra que la lógica de control presenta estabilidad, robustez y coherencia en todo el ciclo operativo. Las transiciones entre etapas se producen de manera clara, y la activación de alarmas se ajusta al comportamiento esperado en sistemas de control discreto. La información registrada mediante el datalogger mantiene consistencia interna y valida su utilidad como herramienta de trazabilidad para este tipo de procesos.

Si bien la simulación no reproduce la variabilidad física real del producto, los valores adoptados permitieron validar completamente la lógica del sistema. En una futura implementación física, únicamente se requerirían ajustes propios de campo, como la calibración del pesaje y la integración de los parámetros reales de operación para que el sistema se alinee con las condiciones características de la planta. Estos ajustes forman parte del proceso habitual al migrar desde un entorno virtual hacia uno industrial y no implican cambios en la arquitectura de control.

En conjunto, los resultados demostraron que el sistema cumplió con los objetivos establecidos y que su desempeño dentro del entorno de simulación fue estable, confiable y técnicamente consistente. La arquitectura modular, la claridad de supervisión mediante el HMI, la capacidad de registro por lote y la coherencia del control posicionan al diseño como una solución adaptable y lista para integrarse a un entorno real mediante la incorporación de los valores finales de pesaje y los ajustes propios del proceso físico, manteniendo intacta su estructura funcional.

4. Conclusiones Y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- El sistema reprodujo de forma estable y coherente el ciclo de trabajo previsto, reflejando el comportamiento esperado bajo condiciones ideales de operación.
- Los subsistemas de sensado, control y actuación funcionaron de manera integrada, permitiendo el conteo y pesaje correctos de cada lote.
- La estructura del programa está preparada para trabajar con los valores reales de producción, requiriendo únicamente la calibración correspondiente en una implementación física.
- El datalogger del HMI generó registros consistentes por lote, aportando trazabilidad y verificación posterior.
- La arquitectura modular del diseño permite su implementación física y su extensión futura sin modificar la lógica central del sistema.

4.2. Recomendaciones

- Integrar los valores reales de pesaje y realizar su calibración durante la implementación en planta, de manera que el sistema opere con los parámetros específicos del proceso productivo.
- Considerar como ampliación futura la extensión del sistema hacia etapas posteriores del flujo productivo, como clasificación avanzada o pre-paletizado, aprovechando la modularidad y manteniendo la relación costo–beneficio del diseño original.
- Analizar en etapas posteriores la posible integración del sistema con otros módulos de la línea de producción, manteniendo la arquitectura modular actual y habilitando una escalabilidad gradual según las necesidades de la planta.

5. Bibliografía

- [1] AINIA (INSTITUTO TECNOLÓGICO AGROALIMENTARIO, ES.). S.F., *MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA.*, 2011.
- [2] D. Y. ROMERO APARICIO, *DISMINUCION Y CONTROL DEL SOBREPESO EN LAS BOLSAS DE LECHE (ENTERA, DESLACTOSADA Y LIGHT), GENERADO EN EL PROCESO DE ENVASE EN LA PLANTA UHT DE FRESKALECHE S.A*, BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA-ESCUELA DE INGENIERÍAS-FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL, 2013.
- [3] L. C. HERNANDEZ ESPINEL, Y. F. MORRIS NAVARRO Y R. D. J. LLERENA PALMA, *IMPLEMENTACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LECHE ULTRAPASTEURIZADA.*, CARTAGENA DE INDIAS: ESPECIALISTA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS, INDUSTRIALES. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR., 2013.
- [4] I. L. DUARTE, INTERVIEWEE, *GENERALIDADES SOBRE LA ENVASADORAS DE LECHE U.H.T.*. [ENTREVISTA]. 5 MAYO 2025.
- [5] G. ONWUBOLU, *MECHATRONICS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS*, OXFORD: ELSEVIER BUTTERWORTH-HEINEMANN / IMPRINT BUTTERWORTH-HEINEMANN, 2005.
- [6] F. PETRUZZELLA, *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS 5TH EDITION*, NEW YORK: ED. BY MCGRAW HILL., 2019.
- [7] R. QUISPE ROJAS, *SENSORES INDUCTIVOS, CAPACITIVOS Y FOTOELÉCTRICO*, LIMA: FACULTAD DE TECNOLOGÍA, DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE LA INVESTIGACION, 2020.
- [8] J. C. ILASACA CALLE, *"SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS."*, MOQUEGUA: UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI - VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, 2018.

6. Anexos

Anexo A. Desglose del Presupuesto del sistema automatizado.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
A1	PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Rly	1	600	600
A2	Módulo analógico SM1232 AQ (0–10 V)	1	300	300
A3	Panel HMI Siemens KTP700 Basic	1	600	600
A4	Variador de frecuencia 1 HP (0,75 kW)	1	200	200
A5	Fuente de alimentación 24 VDC / 5 A	1	50	50
TOTAL				1.750 USD

Tabla 6.1 Componentes electrónicos y de automatización.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
B1	Cilindro neumático simple efecto Ø25×50 mm	2	35	70
B2	Electroválvula 3/2 monoestable 24 VDC	1	48,5	48,5
B3	Manguera neumática + conectores	1 lote	23	23
TOTAL				141,50 USD

Tabla 6.2 Componentes sistema neumático.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
C1	Perfilería metálica / aluminio	1 lote	45	45
C2	Tornillería y fijaciones	1 lote	12	12
C3	Placas acrílicas / soportes	1 lote	24	24
C4	Cinta transportadora 4 m × 40 cm (estructura + banda + rodillos)	1	1.200	1.200
C5	Motor trifásico 1 HP para la cinta	1	150	150
C6	Estructura metálica para balanza (35×50×30 cm)	1	80	80
TOTAL				1.511 USD

Tabla 6.3 Materiales estructurales y montaje mecánico.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
D1	Celdas de carga tipo bar 50 kg	4	15	60
D2	Amplificador 0–10 V para celdas de carga	1	80	80
D3	Plataforma superior de pesaje 35×50 cm (chapa 4 mm)	1	70	70
TOTAL				210 USD

Tabla 6.4 Componentes del sistema de pesaje.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
E1	Disyuntor tripolar 10–16 A	1	28	28
E2	Térmico monofásico / guardamotor	1	22	22
E3	Cableado (AC + DC) – rollos	1 lote	48	48
E4	Bornes, regletas y canaletas	1 lote	36	36
E5	Pulsador de marcha / paro	2	6	12
E6	Pulsador de paro de emergencia (industrial, IP65)	1	18	18
TOTAL				164 USD

Tabla 6.5 Cableado, protecciones y accesorios.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
F1	Mano de obra técnica y programación PLC/HMI	1	450	450
TOTAL				450 USD

Tabla 6.6 Mano de obra técnica y programación.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
G1	Costos complementarios (insumos menores)	1	80	80
G2	Imprevistos 10 % (sobre subtotal)	—	—	422,65
TOTAL				502,65 USD

Tabla 6.7 Costos complementarios e imprevistos.

Anexo B. Esquemas Eléctricos y Diagramas de Conexión

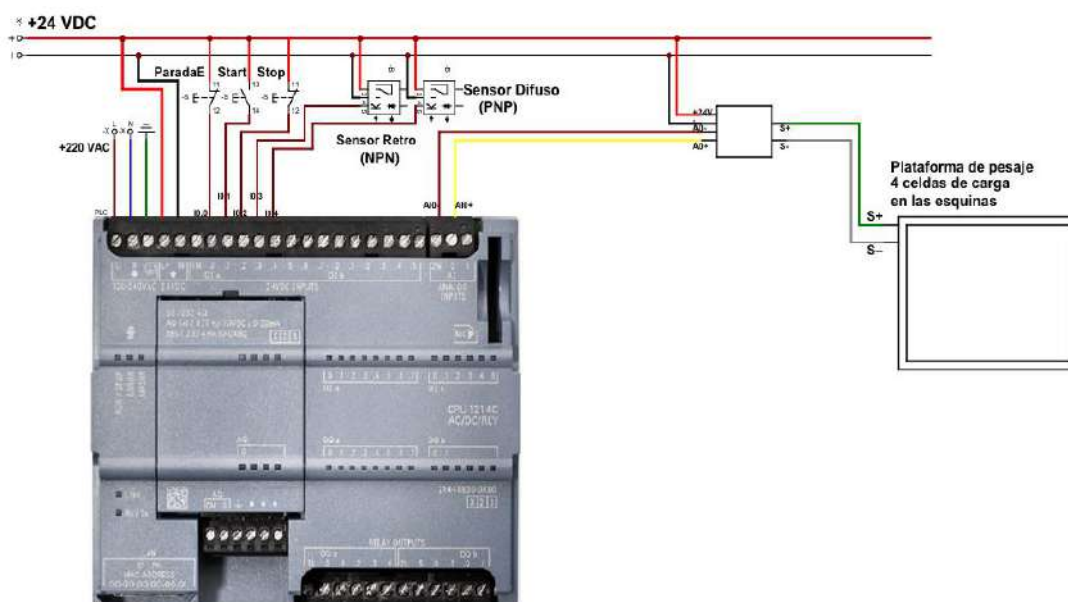


Figura 6.1 Diagrama de Entradas digitales y Entrada analógica.

Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T. De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo. Marcos Paulo Estigarribia López-2025

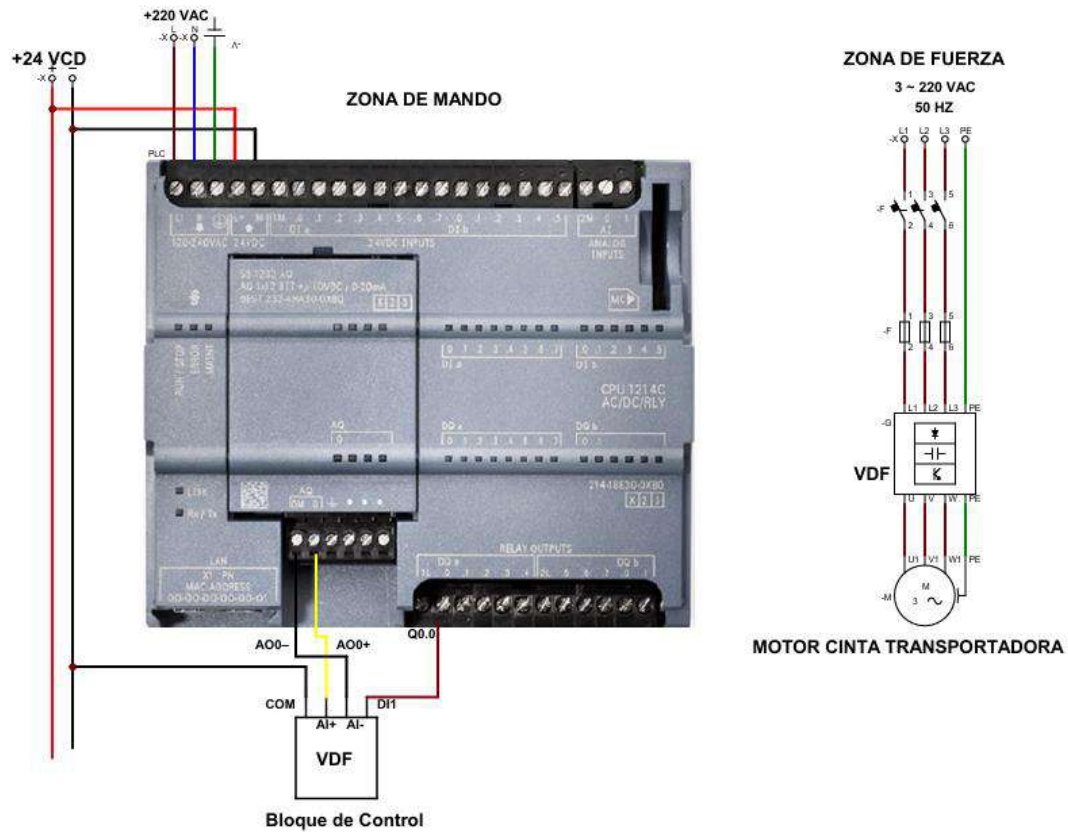


Figura 6.2 Conexiones para el Variador de frecuencia, control y potencia.

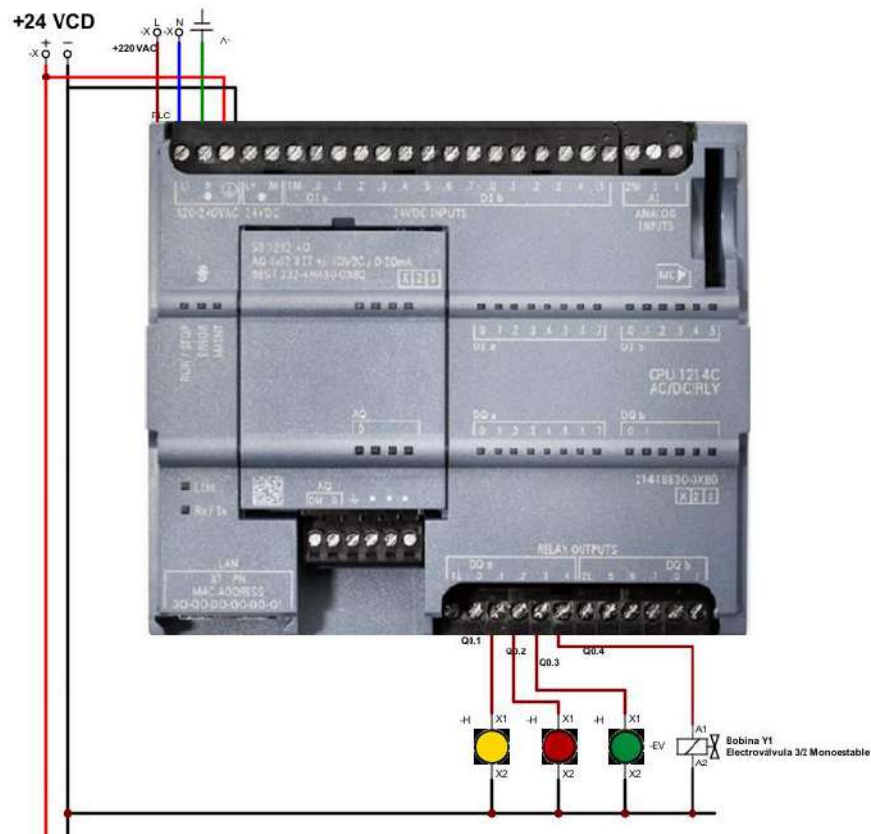


Figura 6.3 Conexiones de pilotos indicadores de señalización y válvula electro neumática

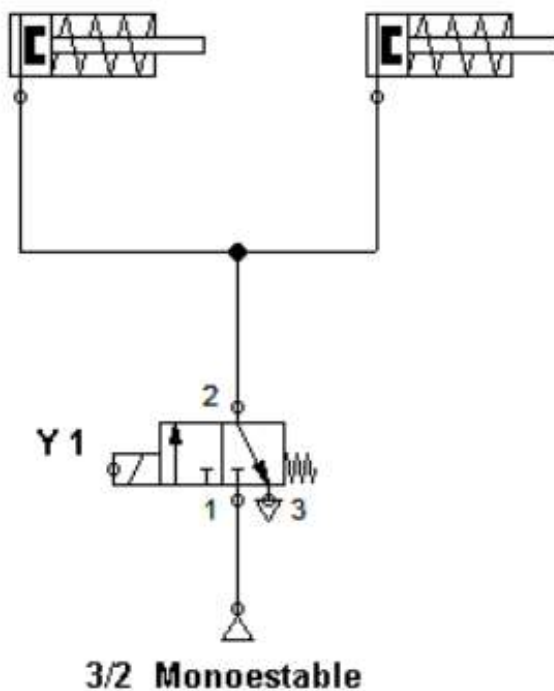


Figura 6.4 Esquema neumático del tope electroneumático.

Anexo C. Entorno real del proceso de la planta.



Figura 6.5 Salida de la envasadora y transporte en línea de sachets.

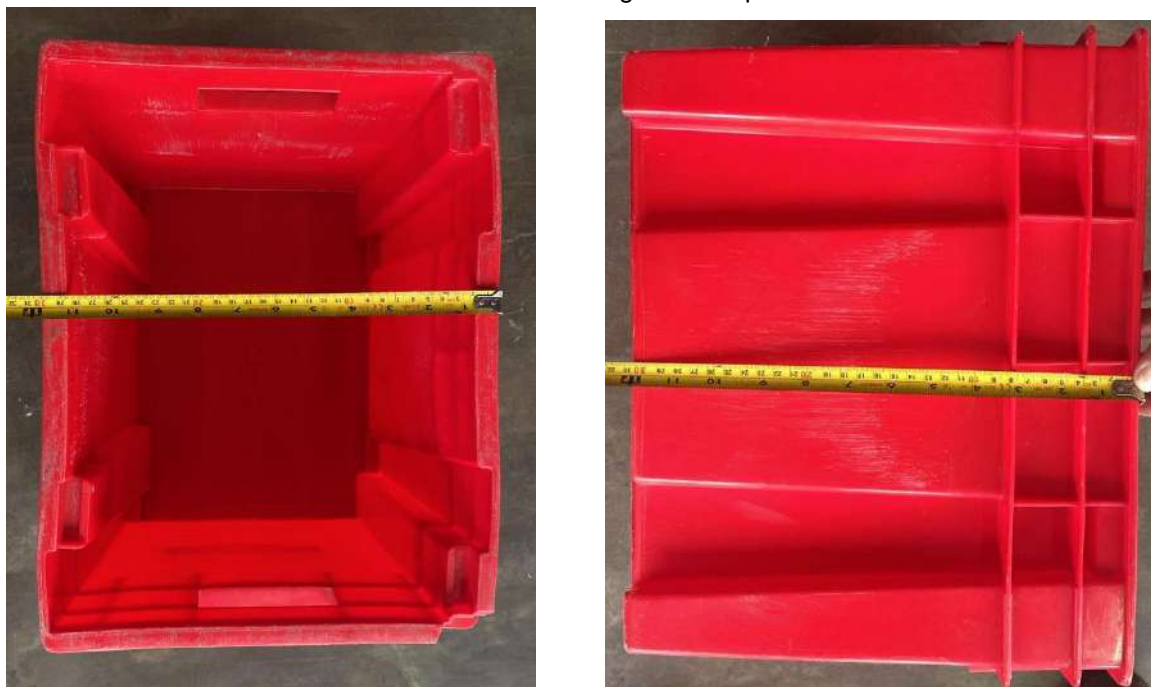


Figura 6.6 Canastillas para el cargado de sachets de la planta.

Anexo C.1. Modelo de la envasadora de dos bocas.

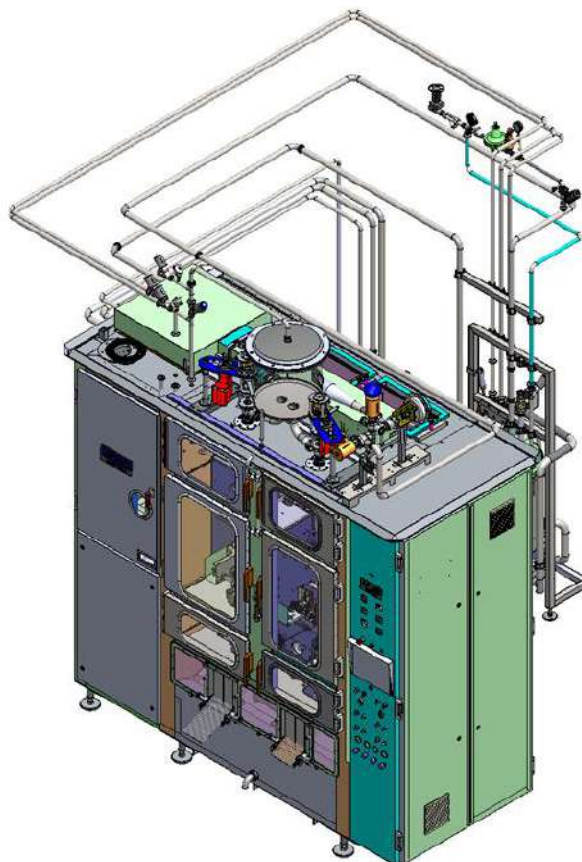


Figura 6.7 Envasadora de leche UHT de dos bocas dosificadoras.

Anexo D. Entorno de simulación en Factory I/O

Anexo D.1. Vista general de la simulación en planta con modelo 3D.



Figura 6.8 Vista de simulación de la zona de envasado.



Figura 6.9 Vista de simulación de la zona en cámara de frío.

Anexo D.2. Implementación del proceso en el entorno de Factory I/O

Anexo D.2.1. Detección de sachets (sensor retro)



Figura 6.10 Simulación del Sensor Retrorefectivo.

Anexo D.2.2. Detección de canastilla (sensor difuso)



Figura 6.11 Simulación del Sensor Difuso y Luz de Aviso.

Anexo D.2.3. Panel de control y conteo de unidades.



Figura 6.12 Simulación Panel de Control. Visualización conteo y peso.

Anexo D.2.4. Cinta transportadora en operación.

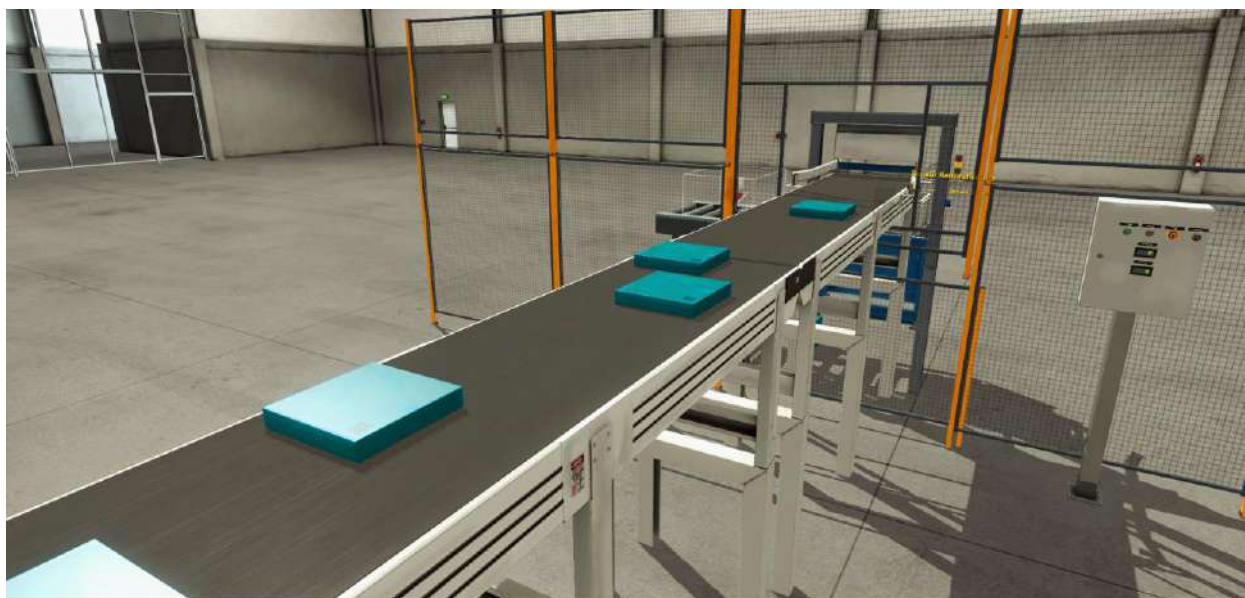


Figura 6.13 Simulación de cinta transportadora.

Anexo D.2.5. Tope electroneumático.



Figura 6.14 Simulación de tope electroneumático.

Anexo D.2.6. Área de pesaje.



Figura 6.15 Simulación de área de pesaje de sachets.

Anexo D.2.7. Llenado de Canastillas.



Figura 6.16 Simulación de llenado de castilla y luz verde de peso dentro de rango.

Anexo D.2.8. Activación de alarmas en tiempo real.



Figura 6.17 Simulación de Peso Fuera de Rango

Anexo D.3. Integración con Factory I/O y PLC SIM.

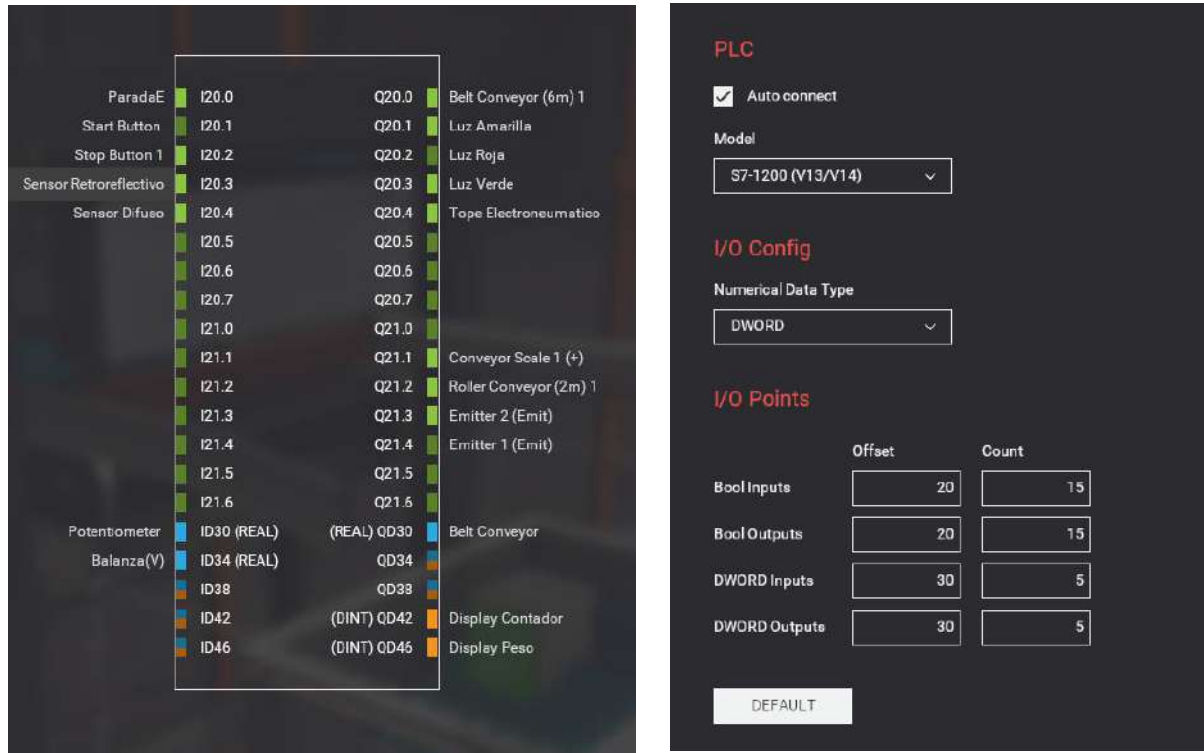


Figura 6.18 Drive de conexiones y direcciones I/O

Anexo E. Configuración de hardware en TIA Portal

Anexo E.1. Configuración del PLC Siemens S7-1200

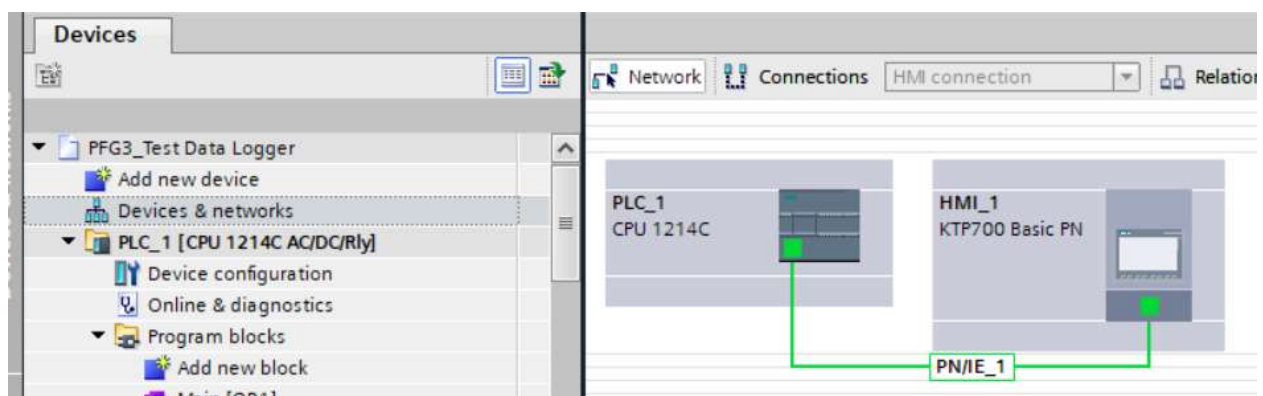


Figura 6.19 Configuración de comunicación de PLC y HMI

Anexo E.2. Módulos conectados



Figura 6.20 Rack de módulo PLC S7-1200 y módulo analógico de salida SM1232 AQ.

Anexo E.3. Direccionamiento I/O

Anexo E.3.1. PLC tags entradas.

PLC tags									
	Name	Tag table	Data type	Address ▲	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Con
1	ParadaE	Standard-Variablen...	Bool	%I20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Start Button	Standard-Variablen...	Bool	%I20.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Stop Button 1	Standard-Variab...	Bool	%I20.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Sensor Retroreflectivo	Standard-Variablen...	Bool	%I20.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	SensorDifuso	Standard-Variablen...	Bool	%I20.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Potentiometer	Standard-Variablen...	Real	%ID30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Balanza(V)	Standard-Variablen...	Real	%ID34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 6.8 Tags de entrada en Tia Portal

Anexo E.3.2. PLC tags salidas.

PLC tags									
	Name	Tag table	Data type	Address ▲	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Con
8	Belt Conveyor (6m) 1	Standard-Variablen...	Bool	%Q20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Luz Amarilla	Standard-Variablen...	Bool	%Q20.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Luz Roja	Standard-Variablen...	Bool	%Q20.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Luz Verde	Standard-Variablen...	Bool	%Q20.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Tope Electroneumatico	Standard-Variablen...	Bool	%Q20.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Belt_RunStop	Standard-Variablen...	Bool	%Q20.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Conveyor Scale 1 (+)	Standard-Variablen...	Bool	%Q21.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Roller Conveyor (2m) 1	Standard-Variab...	Bool	%Q21.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Emitter 2 (Emit)	Standard-Variablen...	Bool	%Q21.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Emitter 1 (Emit)	Standard-Variablen...	Bool	%Q21.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 6.9 Tags de salida en Tia Portal

Anexo F. Pantallas HMI y funcionamiento del datalogger

Anexo F.1. Pantallas principales de proceso.

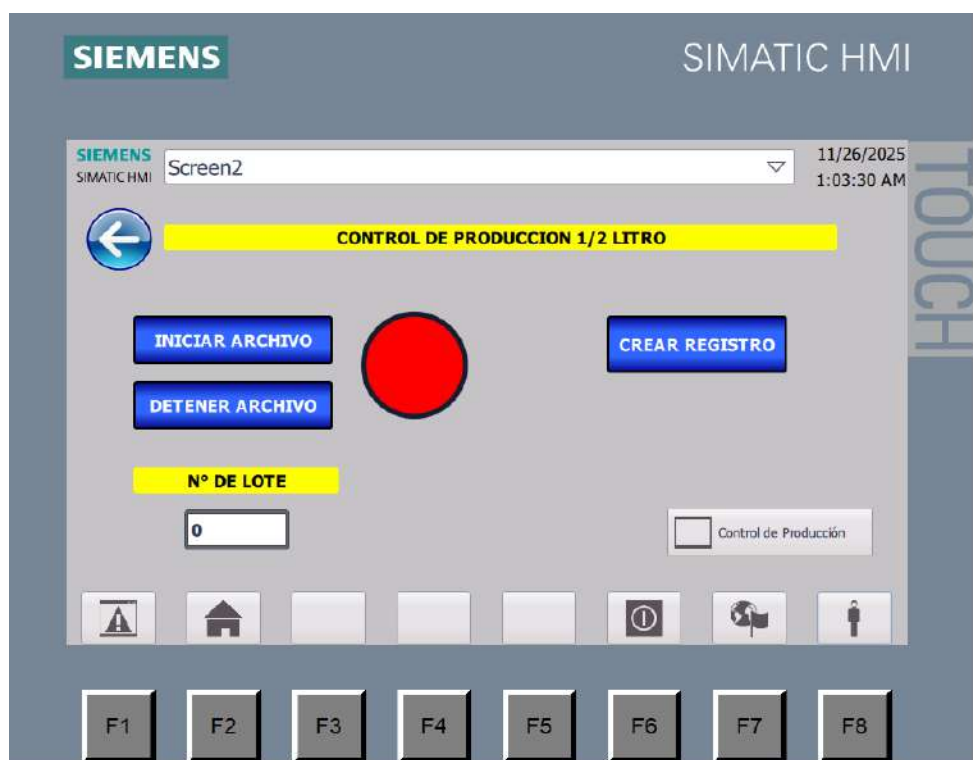


Figura 6.21 HMI modo de 1/2Litro seleccionado

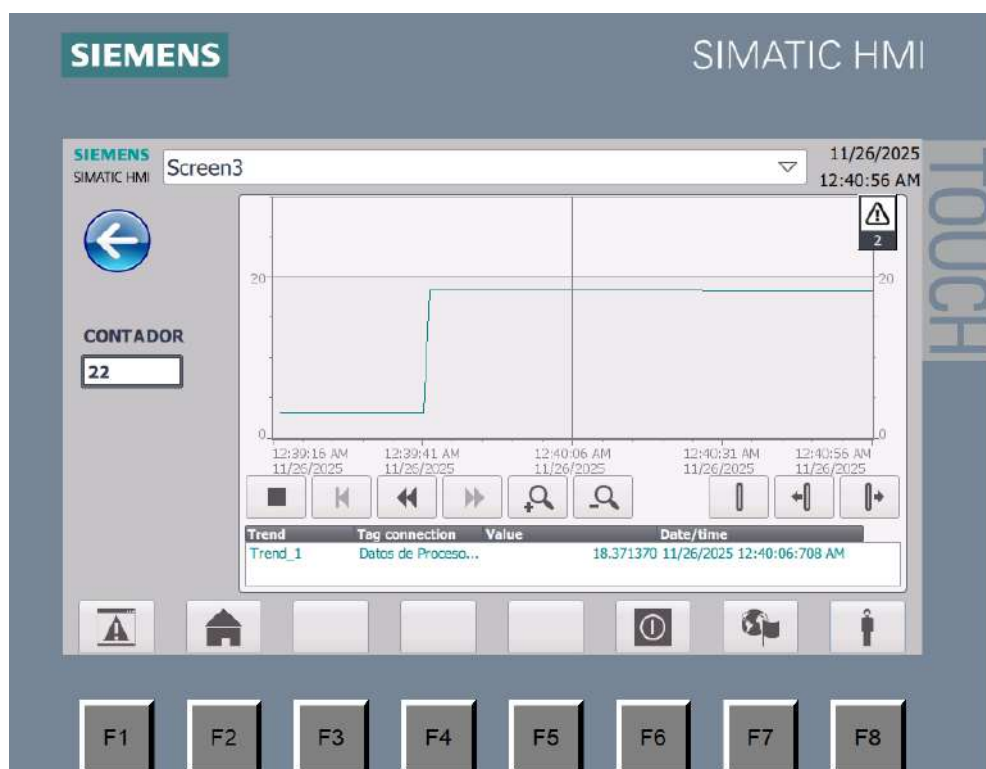


Figura 6.22 Pantalla de estado para control de proceso.

Anexo F.2. Mensaje de alarmas principales.

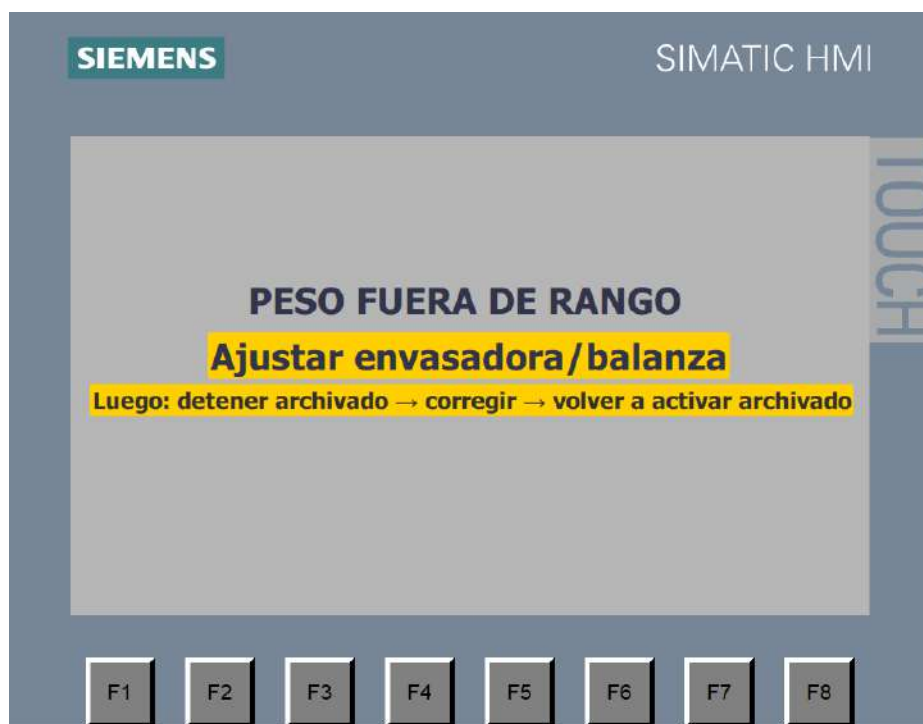


Figura 6.23 Simulación de aviso en pantalla por peso fuera de rango.

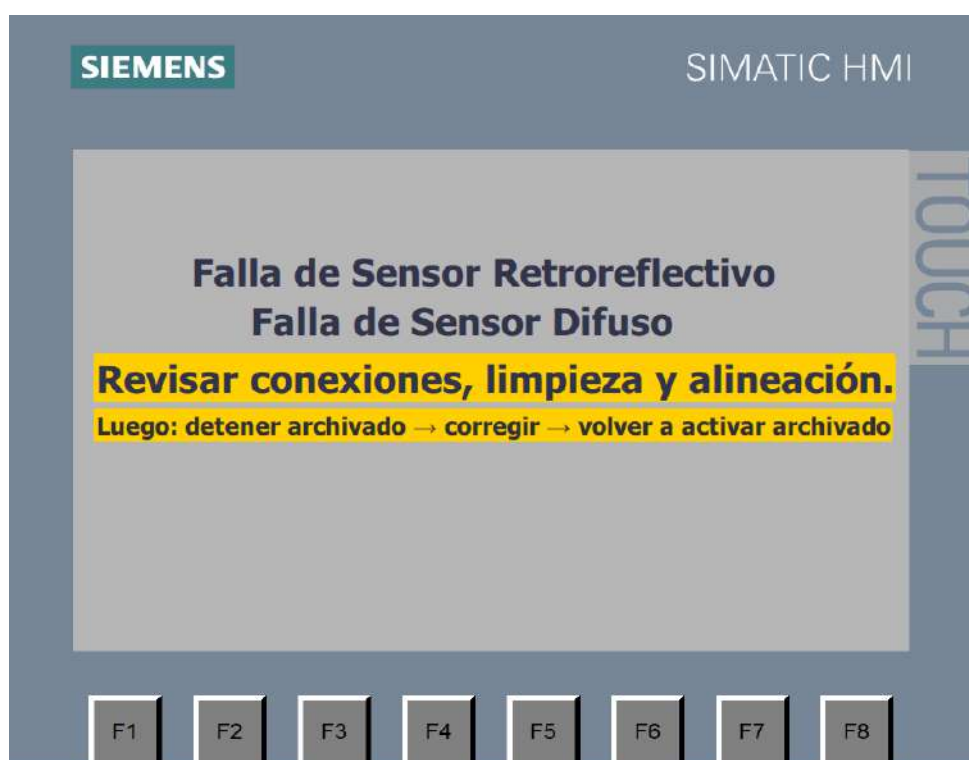


Figura 6.24 Simulación de alerta en pantalla para sensor difuso y sensor retroreflectivo.

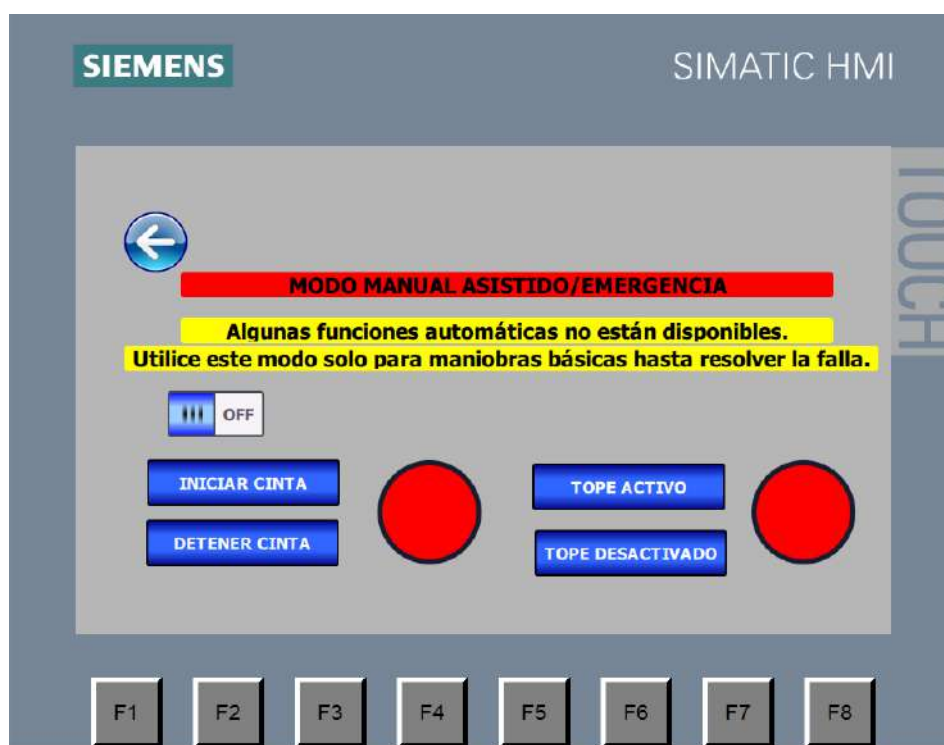


Figura 6.25 Simulación de alerta en pantalla para el modo manual asistido.

Anexo F.3. Ficheros de alarma en el HMI.

ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address	HMI acknowl...	HMI a...
1	Discrete alarm_1	PESO FUERA DE RANGO	Errors	HMI_Tag_1	8	%DB14.DBX0.0	<No tag>	0
2	Discrete alarm_2	PESO POR DEBAJO DEL RANGO	Errors	HMI_Tag_1	9	%DB14.DBX0.1	<No tag>	0
3	Discrete alarm_3	PESO POR ENCIMA DEL RANGO	Errors	HMI_Tag_1	10	%DB14.DBX0.2	<No tag>	0
4	Discrete alarm_4	SENSOR DIFUSO – SEÑAL PEGADA	Errors	HMI_Tag_1	11	%DB14.DBX0.3	<No tag>	0
5	Discrete alarm_5	SENSOR DIFUSO – SIN DETECCIÓN	Errors	HMI_Tag_1	12	%DB14.DBX0.4	<No tag>	0
6	Discrete alarm_6	SENSOR RETROREFLECTIVO – SEÑAL	Errors	HMI_Tag_1	13	%DB14.DBX0.5	<No tag>	0
7	Discrete alarm_7	SENSOR RETROREFLECTIVO – SIN	Errors	HMI_Tag_1	14	%DB14.DBX0.6	<No tag>	0
8	Discrete alarm_8	FALLA BALANZA – SEÑAL INVÁLIDA	Errors	HMI_Tag_1	15	%DB14.DBX0.7	<No tag>	0
9	Discrete alarm_9	CINTA TRANSPORTADORA – ERROR DE	Errors	HMI_Tag_1	0	%DB14.DBX1.0	<No tag>	0
10	Discrete alarm_10	TOPE ELECTRONEUMÁTICO – ERROR	Errors	HMI_Tag_1	1	%DB14.DBX1.1	<No tag>	0

Tabla 6.10 Tablas de alarmas en HMI

Anexo F.4. Datalogger

Anexo F.4.1. Imagen del archivo generado en USB

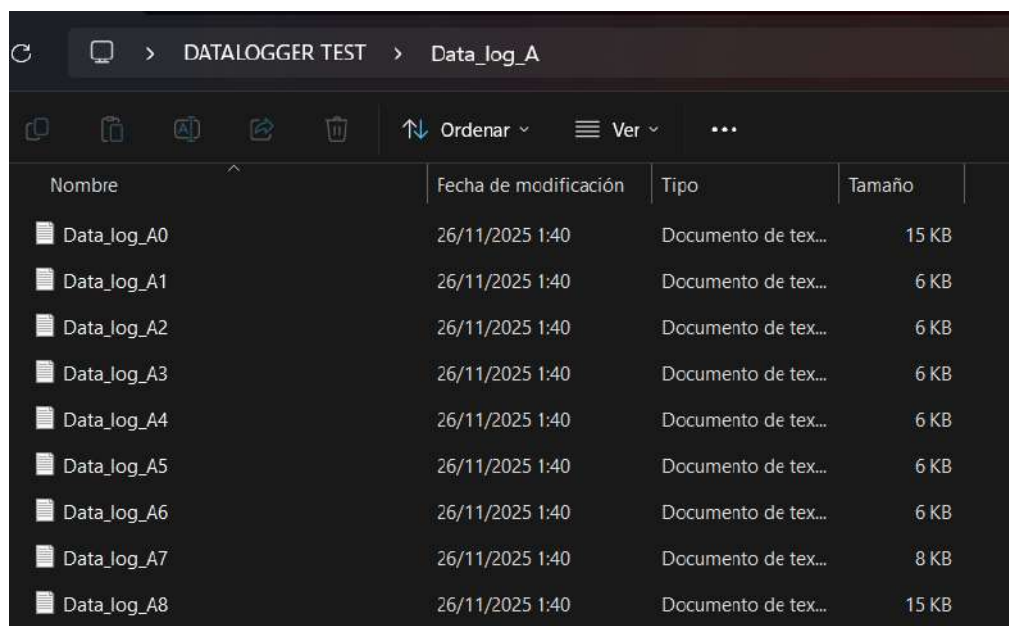


Figura 6.26 Archivos generados en USB

Anexo F.4.2. Ejemplo de datos registrados.

VarName	TimeString	VarValue	Validity	Time_ms	Column1
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:42:48	0	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:43:26	18,41405	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:43:39	18,268	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:44:08	18,37136	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:44:36	18,15573	1	4,59871E+13	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:45:13	18,17348	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:45:31	18,42526	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:45:47	18,42597	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:46:04	18,29085	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:46:21	18,32507	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:46:38	18,29107	1	4,59871E+13	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:46:54	18,34142	1	4,59871E+14	
Datos de Proceso_PesoRealSimulado	2025-11-26 01:47:27	23,3696	1	4,59871E+14	

Figura 6.27 Registro de Peso por Lotes

Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T. De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo. Marcos Paulo Estigarribia López-2025

1	VarName	TimeString	VarValue	Validity	Time_ms	Column1
2	N_Lote	2025-11-26 01:42:52	844760	1	4,59871E+14	
3	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:01	1	1	4,59871E+14	
4	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:05	2	1	4,59871E+14	
5	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:08	3	1	4,59871E+14	
6	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:10	4	1	4,59871E+14	
7	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:13	5	1	4,59871E+14	
8	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:15	6	1	4,59871E+14	
9	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:18	7	1	4,59871E+13	
10	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:20	8	1	4,59871E+14	
11	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:23	9	1	4,59871E+14	
12	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:25	10	1	4,59871E+14	
13	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:36	11	1	4,59871E+14	
14	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:38	12	1	4,59871E+14	
15	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:41	13	1	4,59871E+14	
16	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:43	14	1	4,59871E+14	
17	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:46	15	1	4,59871E+14	
18	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:54	16	1	4,59871E+13	
19	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:43:57	17	1	4,59871E+14	
20	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:04	18	1	4,59871E+14	
21	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:10	19	1	4,59871E+14	
22	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:15	20	1	4,59871E+14	
23	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:21	21	1	4,59871E+14	
24	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:26	22	1	4,59871E+14	
25	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:28	23	1	4,59871E+14	
26	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:33	24	1	4,59871E+14	
27	Datos de Proceso_N_Sachets	2025-11-26 01:44:39	25	1	4,59871E+14	

Figura 6.28 Registro de Número de Lote y contador Sachets

Anexo G. Extractos de programación del sistema automatizado.

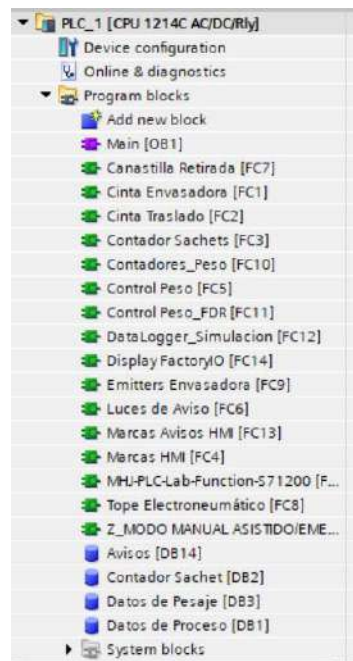
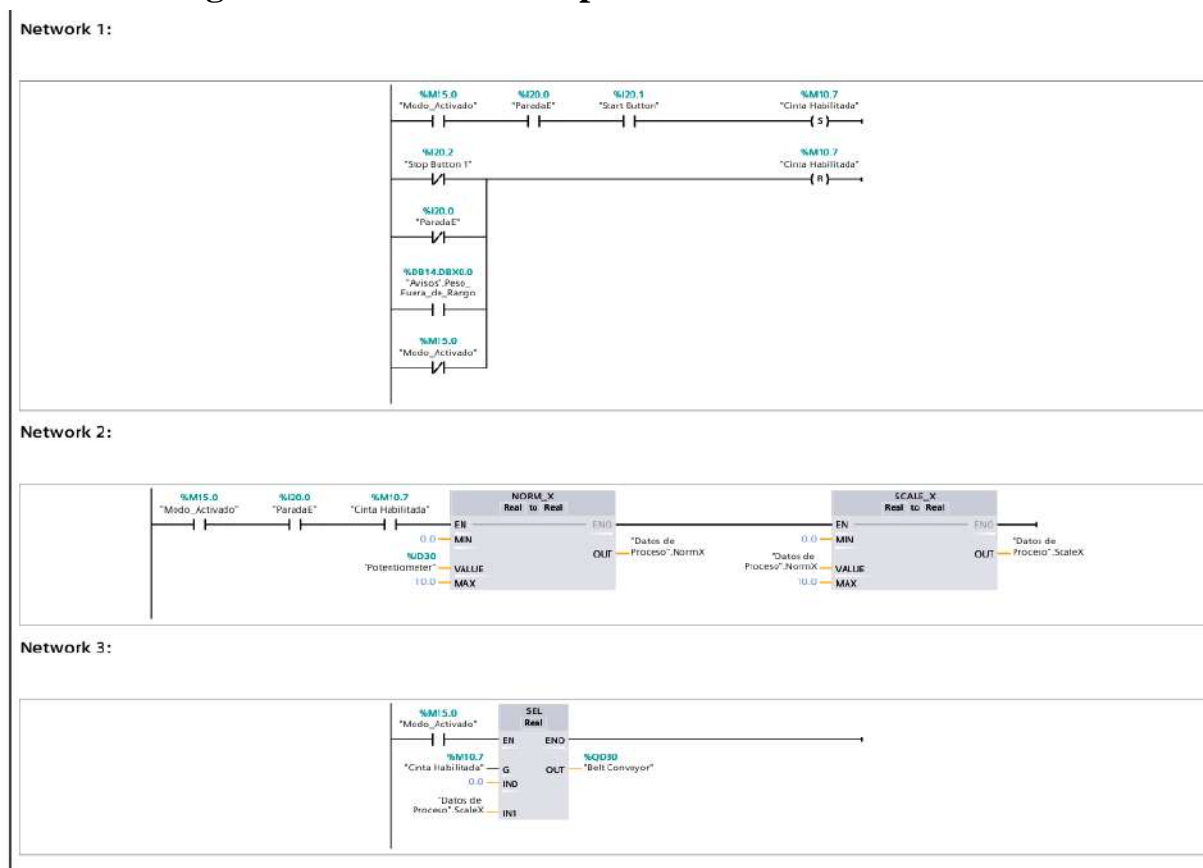
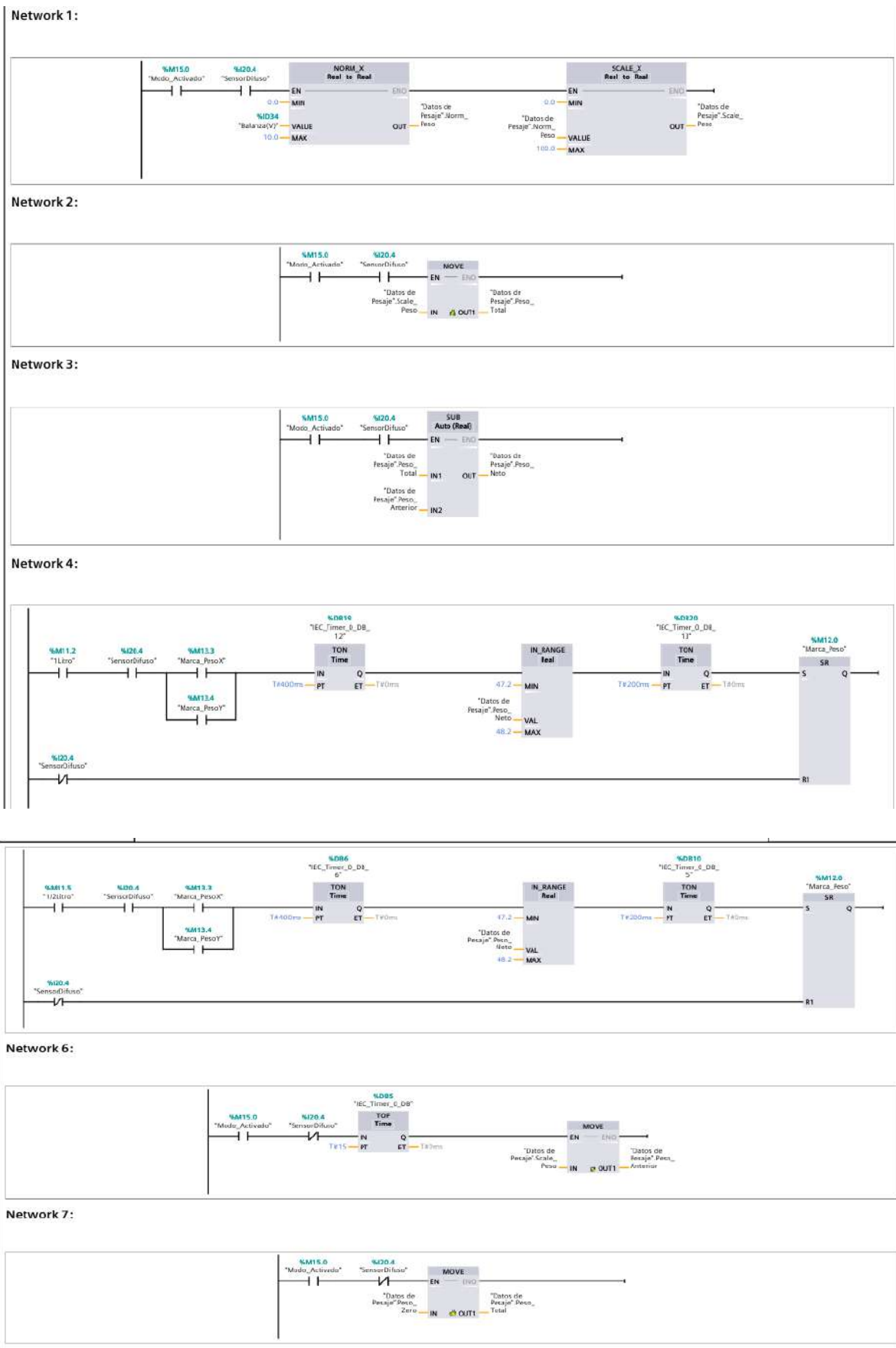


Figura 6.29 Bloques de Proceso y Bloques de Datos

Anexo G.1. Programación Cinta Transportadora

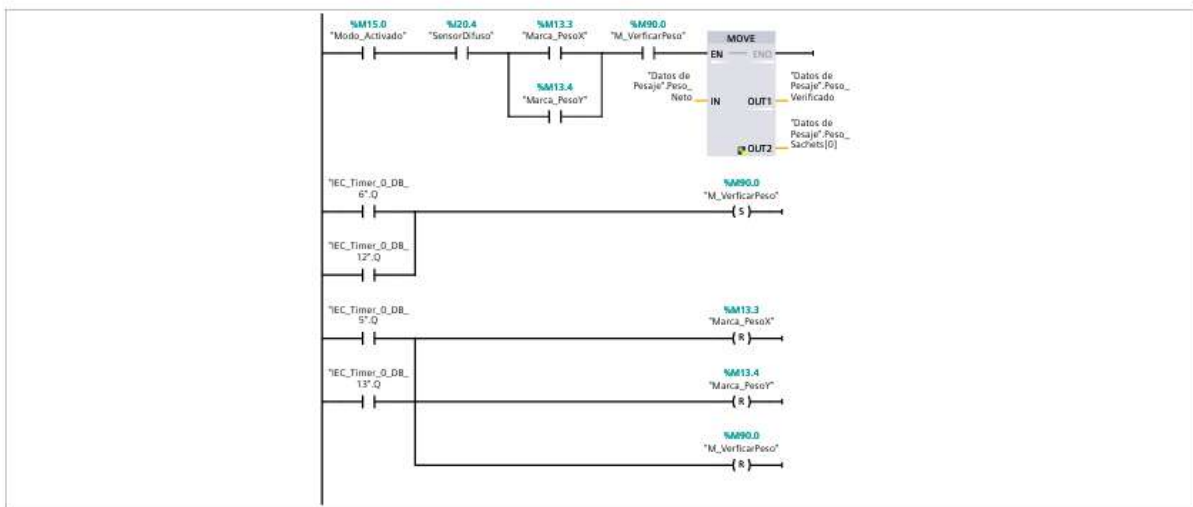


Anexo G.2. Programación para el control del peso.

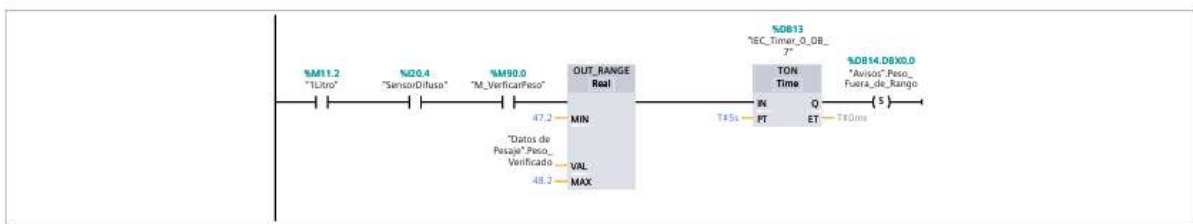


Anexo G.3. Programación para Peso Fuera de Rango

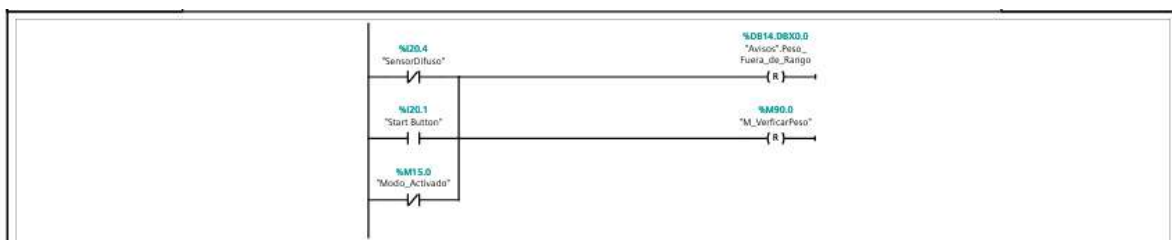
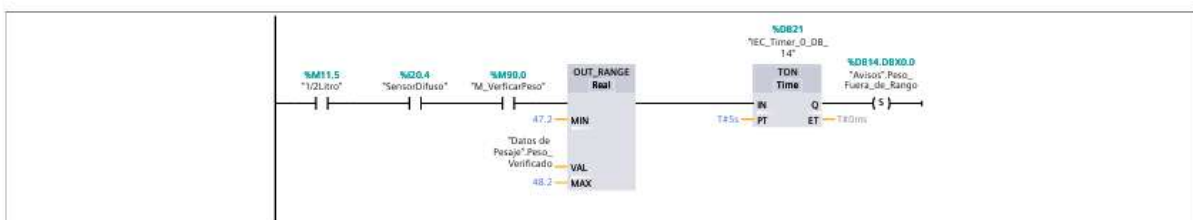
Network 1:



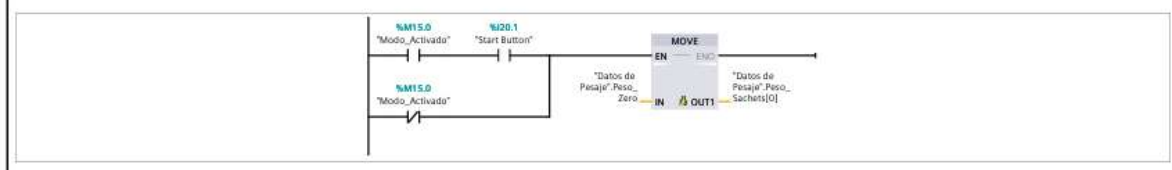
Network 2:



Network 3:

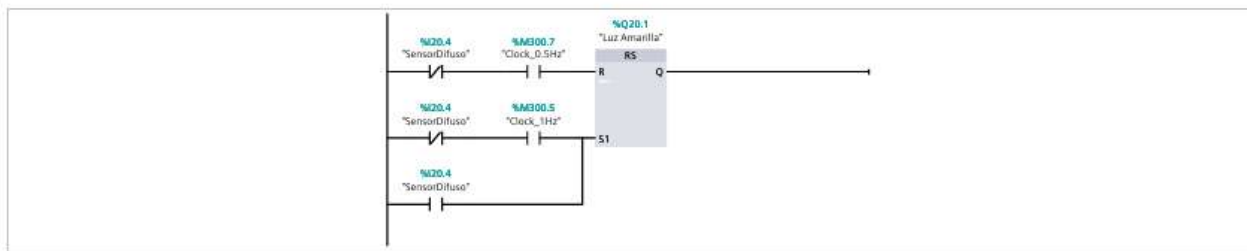


Network 5:

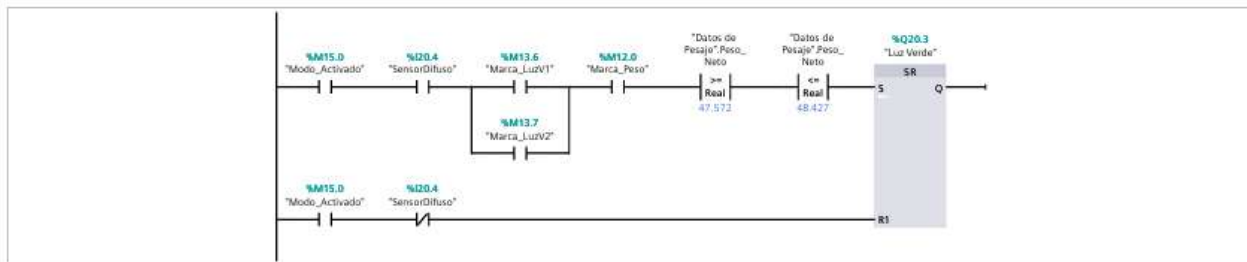


Anexo G.4. Programación Luces de Aviso.

Network 1:



Network 2:

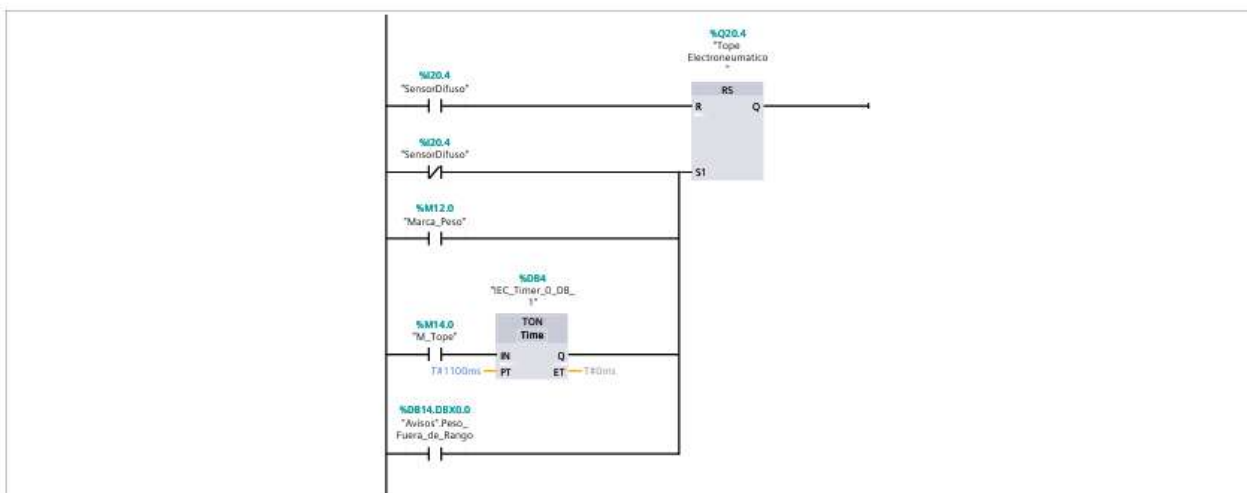


Network 3:



Anexo G.5. Programación Tope Electroneumático

Network 1:

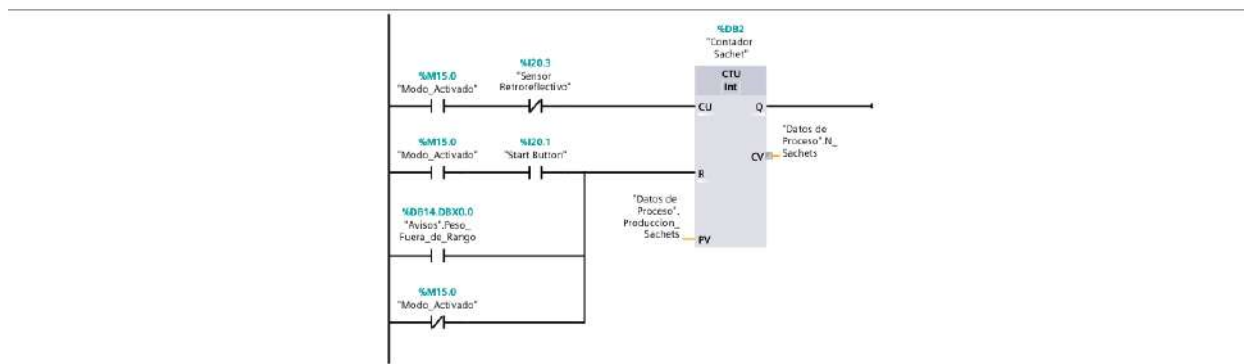


Network 2:



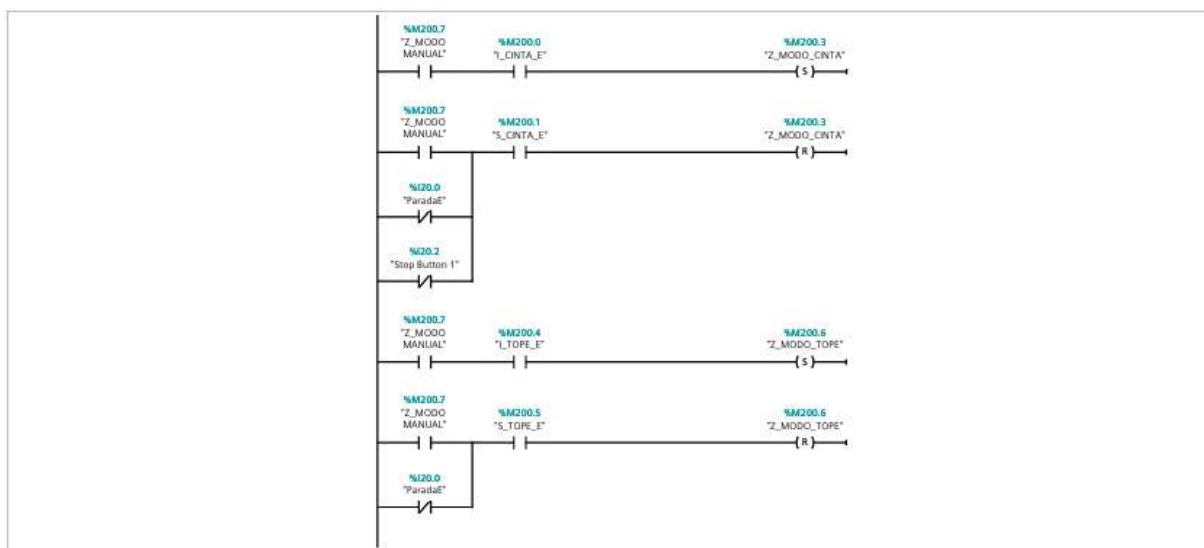
Anexo G.6. Programación Contador Sachets

Network 1:

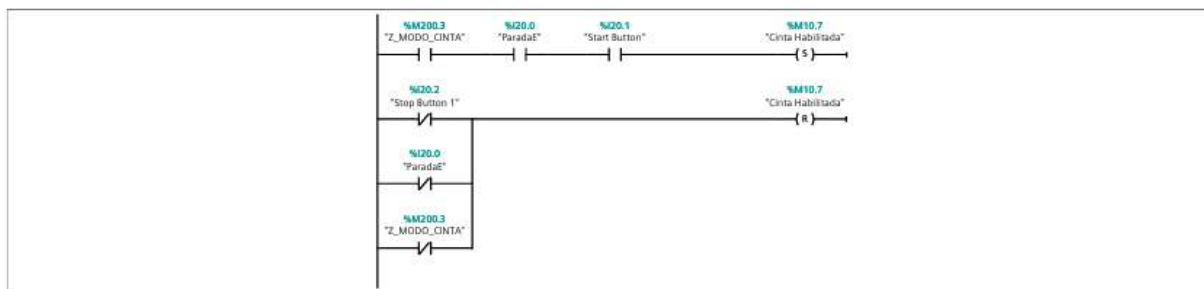


Anexo G.7. Programación modo manual asistido/emergencia.

Network 1:



Network 2:



Network 3:

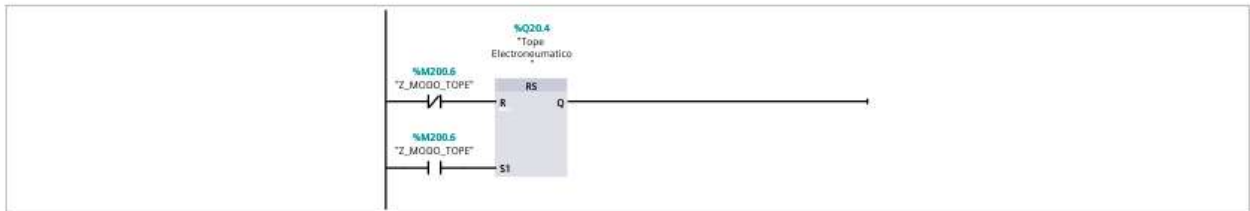


Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T. De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo.
Marcos Paulo Estigarribia López-2025

Network 4:

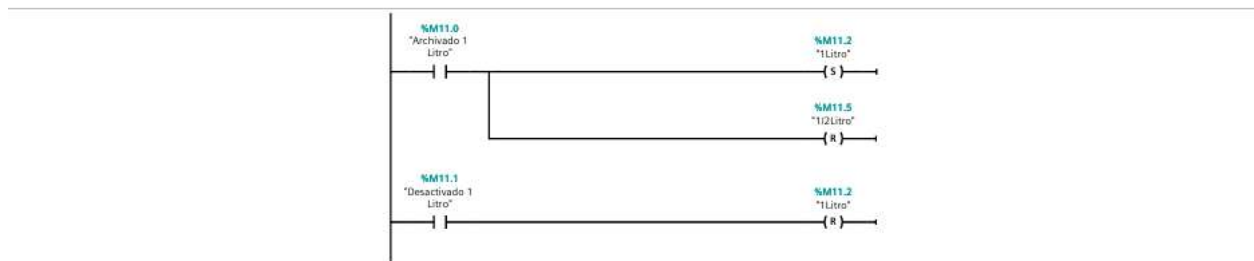


Network 5:

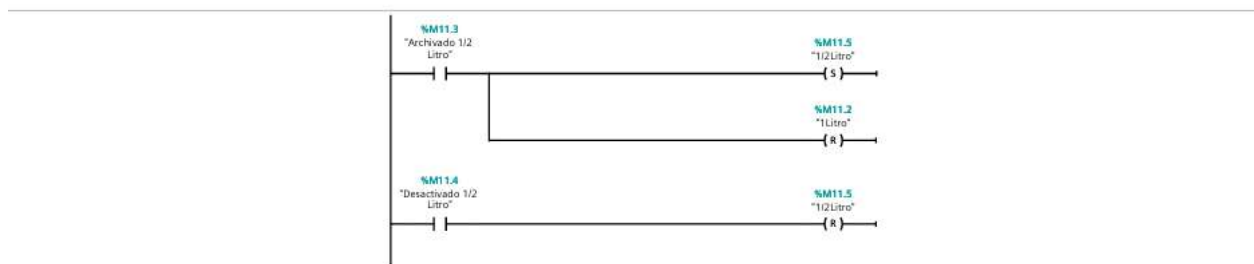


Anexo G.8. Programación Marcas HMI

Network 1:



Network 2:

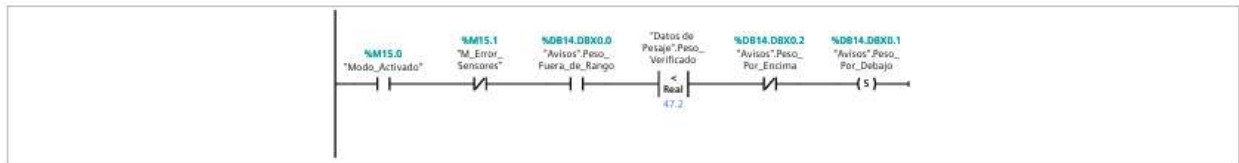


Network 3:

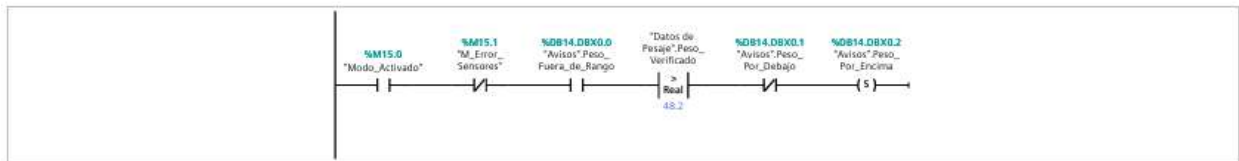


Anexo G.9. Programación Avisos HMI

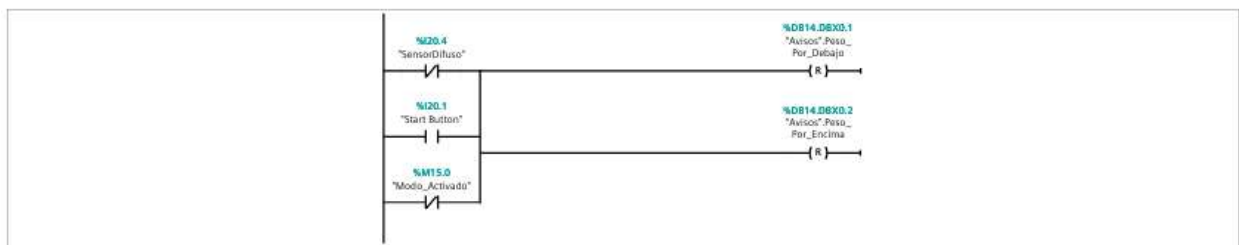
Network 1:



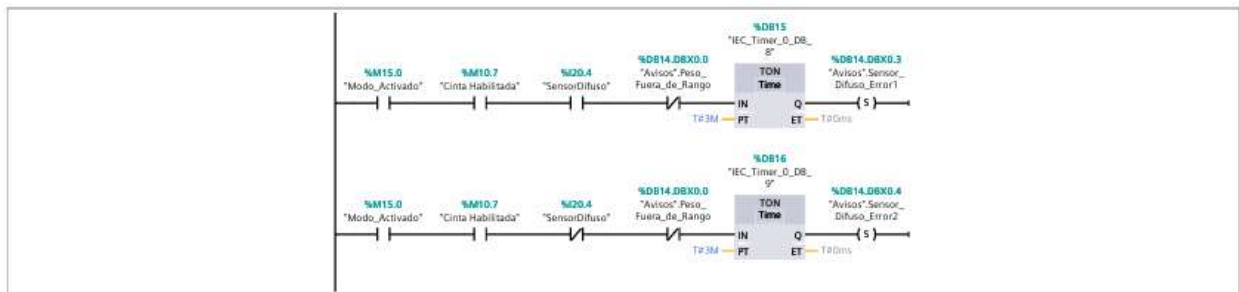
Network 2:



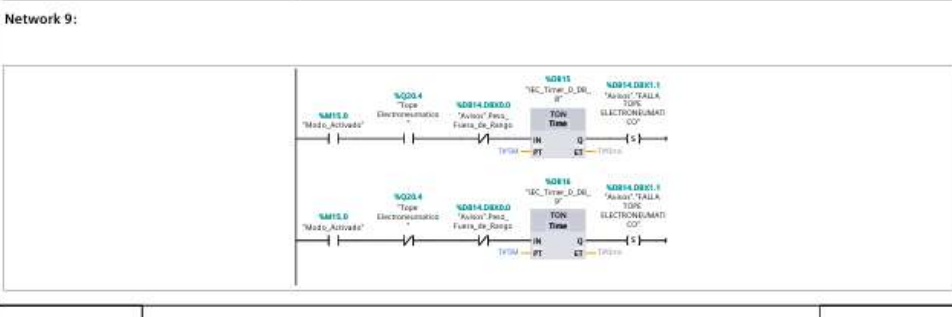
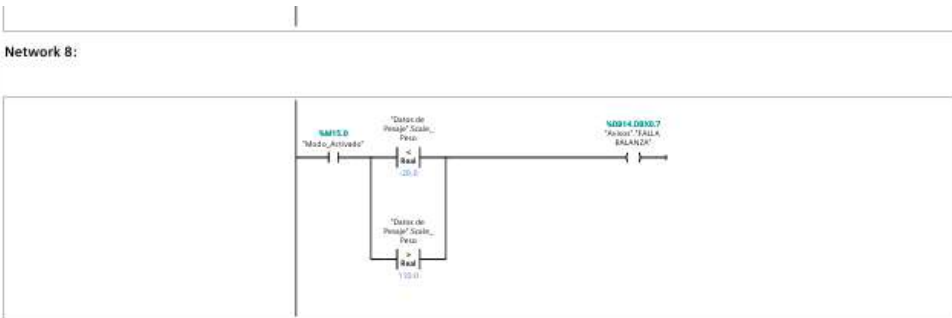
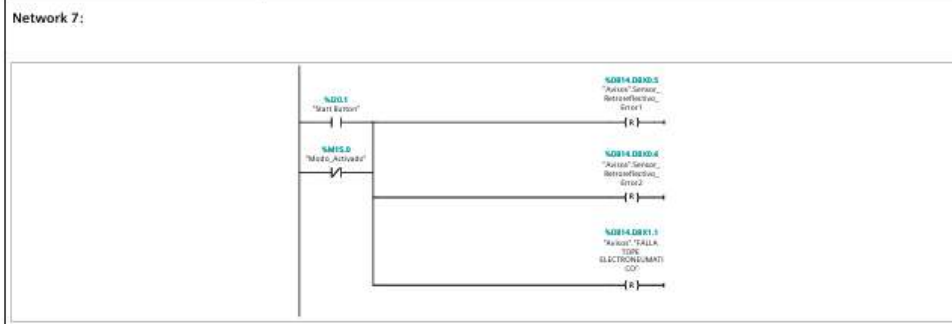
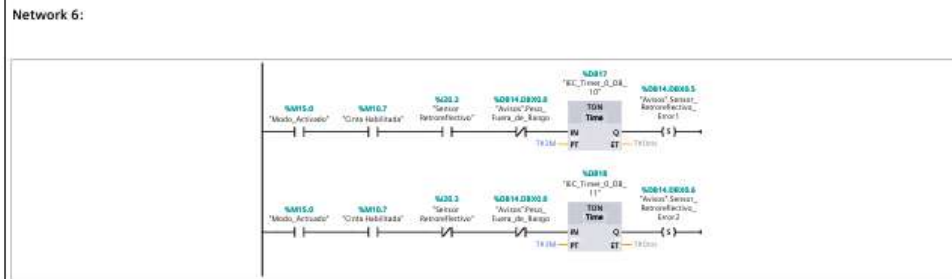
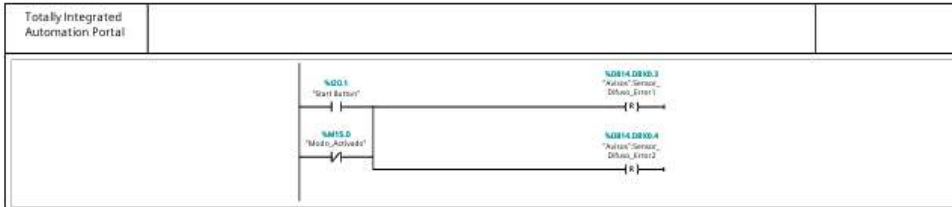
Network 3:



Network 4:



Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T. De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo. Marcos Paulo Estigarribia López-2025

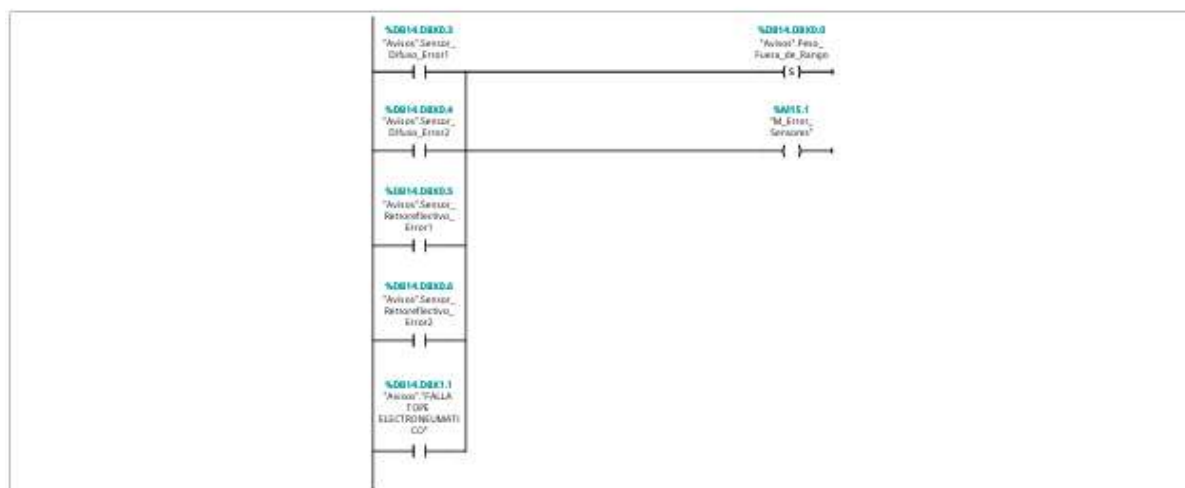


Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T.

De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo.

Marcos Paulo Estigarribia López-2025

Network 10:



Network 11:



Network 12:



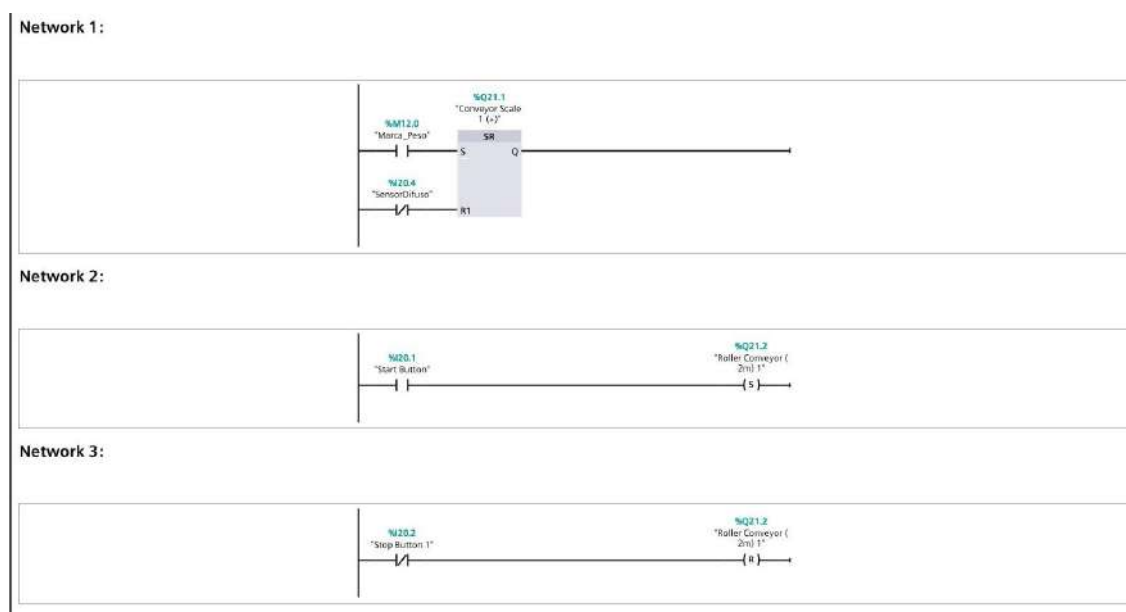
Network 13:



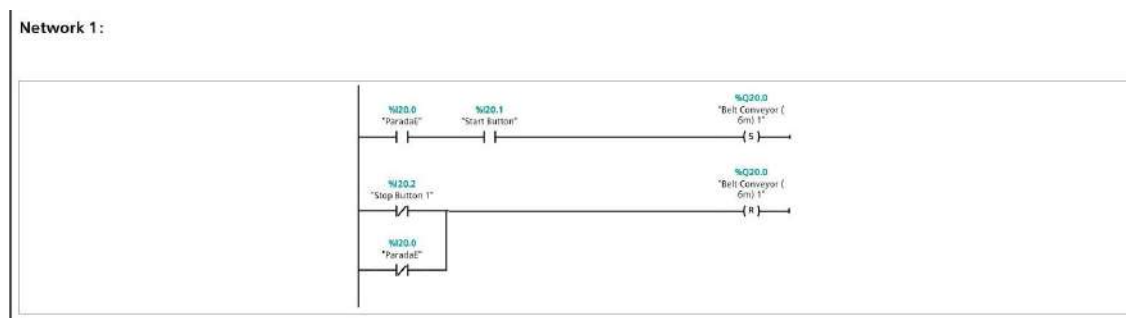
Network 14:



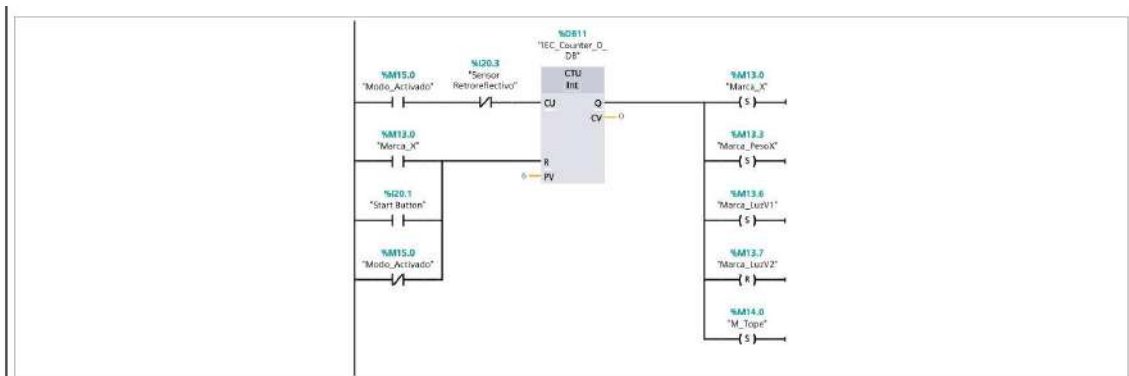
Anexo G.10. Programación Canastilla Retirada Simulación



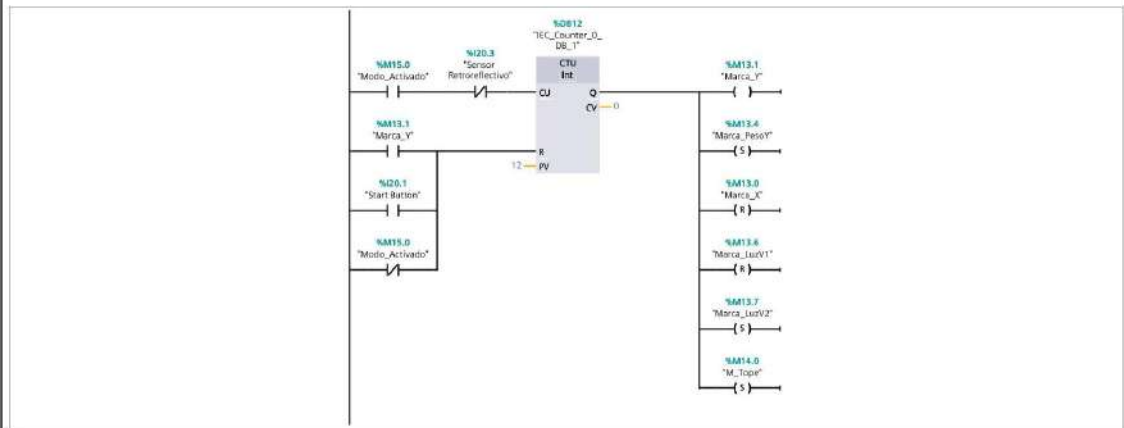
Anexo G.11. Programación Cinta Envasadora Simulación



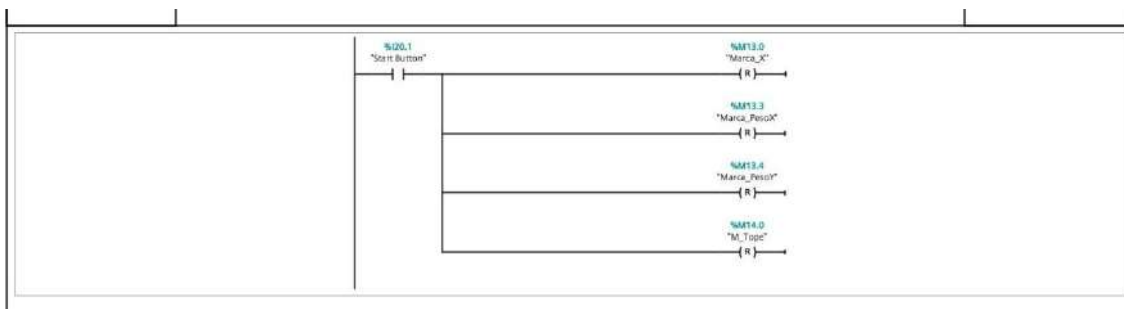
Anexo G.12. Programación Contadores Peso



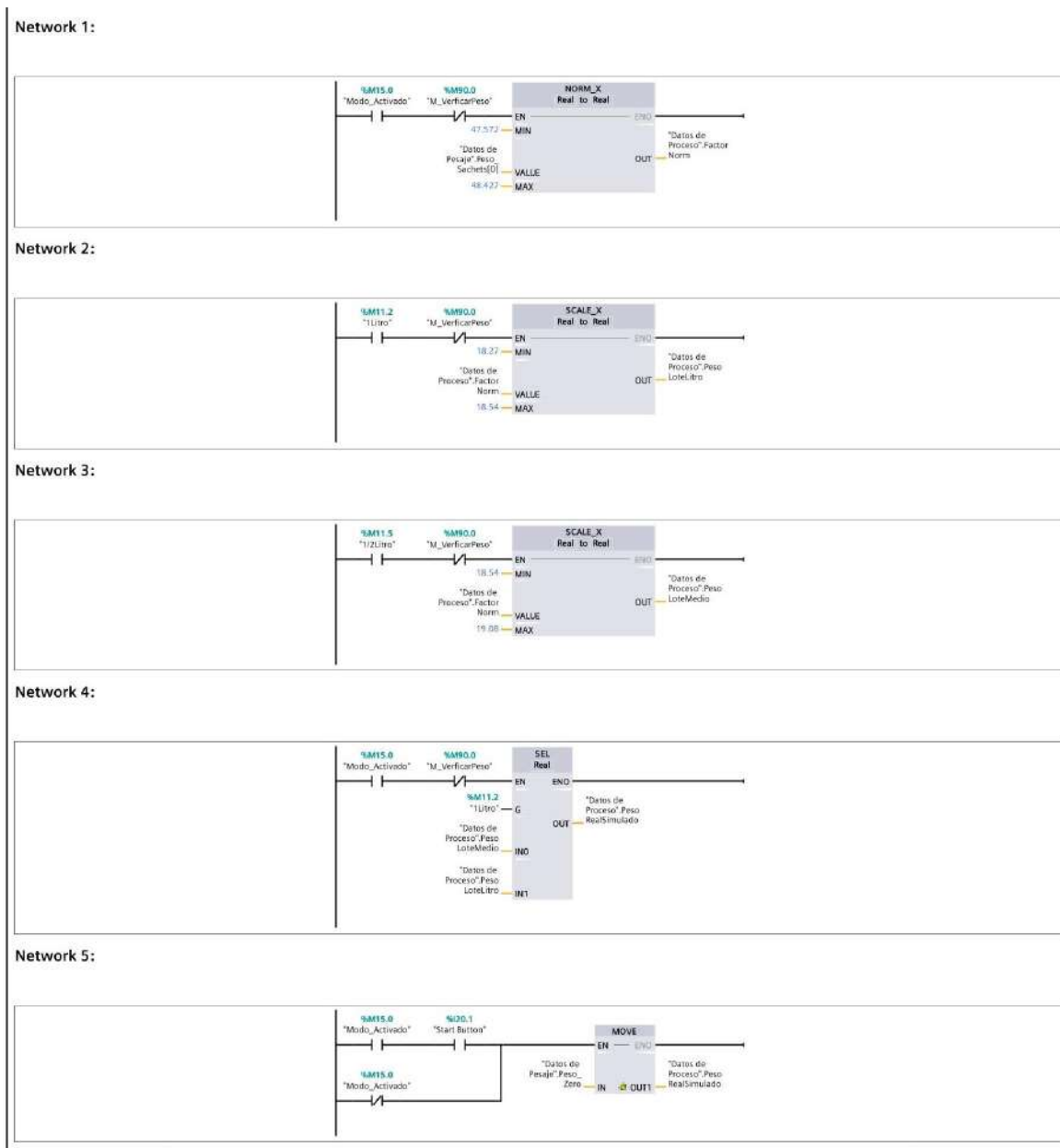
Network 2:



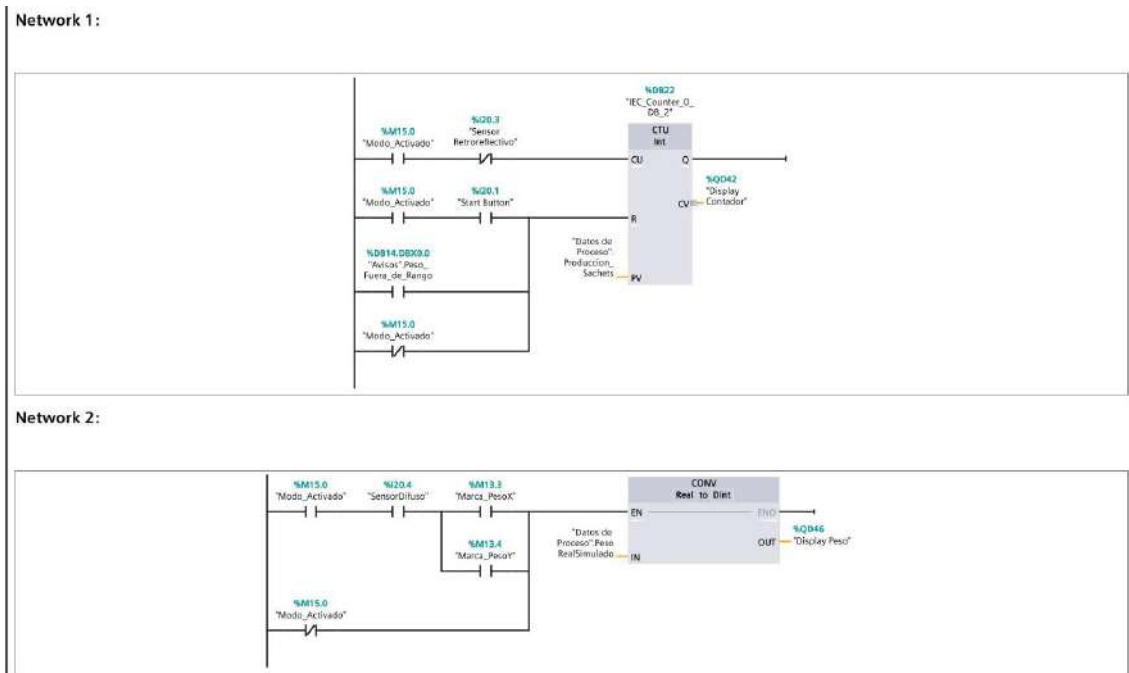
Network 3:



Anexo G.13. Programación Datalogger Simulación



Anexo G.14. Programación Display FactoryIO



Anexo G.15. Programación Emisor Producto Simulación



Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado
De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T.
De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo.
Marcos Paulo Estigarribia López-2025

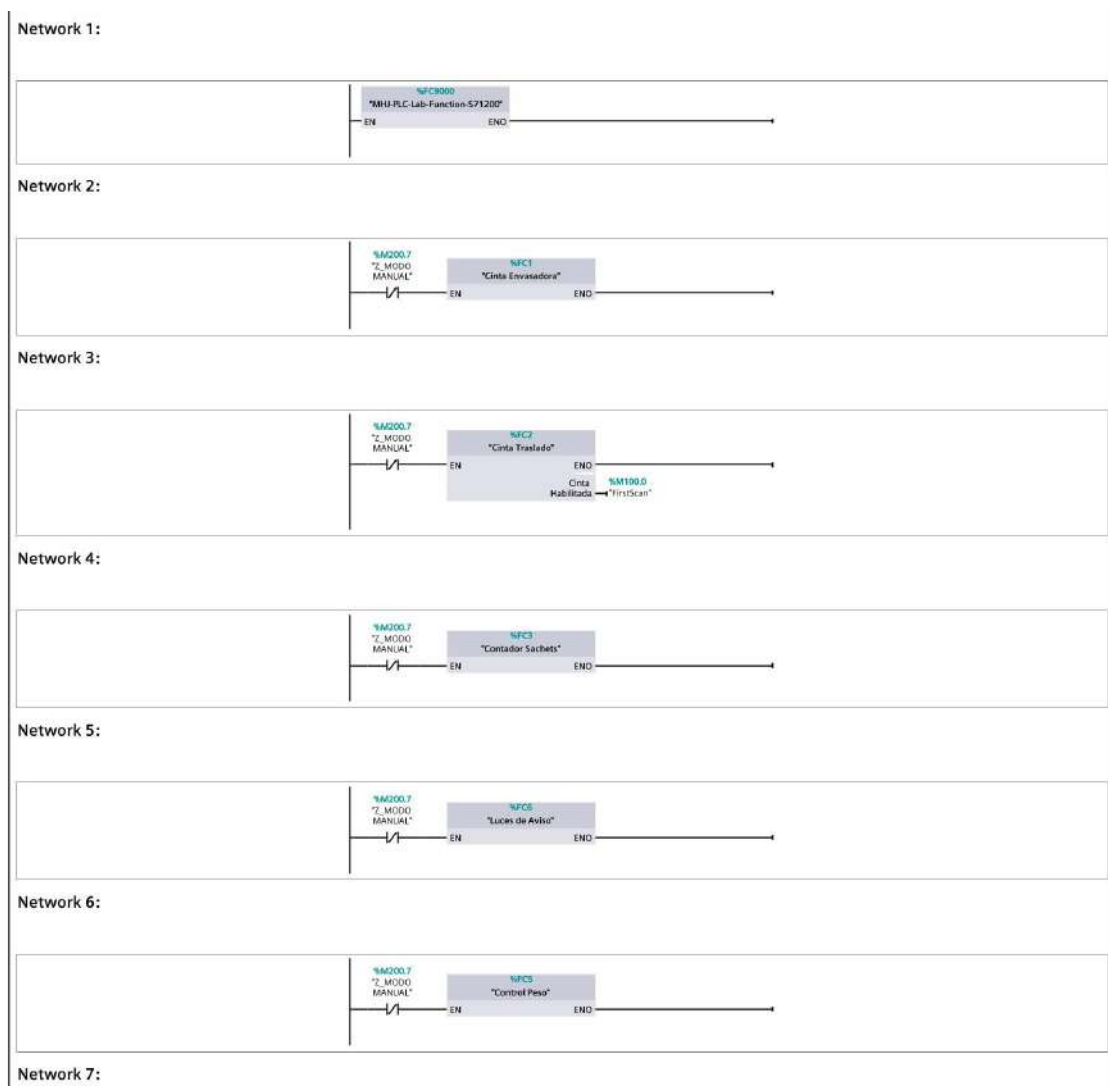
Anexo G.16. Programación para comunicar FactoryIO y TIA Portal.

Totally Integrated Automation Portal		
MHJ-PLC-Lab-Function-S71200 [FC9000]		
MHJ-PLC-Lab-Function-S71200 Properties		
General		
Name	MHJ-PLC-Lab-Function-S71200	Number 9000
Type	FC	Language SCL
Numbering	Manual	
Information		
Title		Author
Version 0.1		User-defined ID
Name	Data type	Default value
Input		
Output		
InOut		
▼ Temp		
rdTimeReturn	Int	
▼ outputTime	DTL	
YEAR	UInt	
MONTH	USint	
DAY	USint	
WEEKDAY	USint	
HOUR	USint	
MINUTE	USint	
SECOND	USint	
NANOSECOND	UDInt	
SyncVal	Byte	
forVal	Int	
forVal_2	Int	
Value	Byte	
▼ Constant		
CompVal	Byte	16#34
Value_01	Byte	16#11
Value_01_DW	DWord	16#A165_D992
Value_02_DW	DWord	16#588E_4401
▼ Return		
MHJ-PLC-Lab-Function-S71200	Void	
<pre> 0001 0002 #Value:=PEEK(area := 16#82, 0003 dbNumber := 0, 0004 byteOffset := 511); 0005 #Value := #Value + 1; 0006 0007 POKE(area := 16#82, 0008 dbNumber := 0, 0009 byteOffset := 511, 0010 value := #Value); 0011 0012 POKE(area:=16#81, 0013 dbNumber:=0, 0014 byteOffset:=1016, 0015 value:=#Value_01_DW); 0016 POKE(area := 16#81, 0017 dbNumber := 0, 0018 byteOffset := 1020, 0019 value := #Value_02_DW); 0020 0021 POKE(area := 16#81, 0022 dbNumber := 0, 0023 byteOffset := 511, 0024 value := B#16#00); 0025 0026 FOR #forVal := 0 TO 120 DO 0027 FOR #forVal 2:=0 TO 10 DO 0028 #rdTimeReturn:=RD_SYS_T(#outputTime); 0029 #rdTimeReturn := WR_SYS_T(#outputTime); 0030 #rdTimeReturn := RD_SYS_T(#outputTime); 0031 #rdTimeReturn := WR_SYS_T(#outputTime); 0032 END FOR; 0033 #SyncVal:= PEEK(area := 16#81, 0034 dbNumber := 0, 0035 byteOffset := 511); 0036 IF #SyncVal = #CompVal THEN 0037 GOTO M_1; 0038 END IF; 0039 END FOR; 0040 RETURN; 0041 0042 M_1: 0043 POKE(area := 16#81, 0044 dbNumber := 0, 0045 byteOffset := 511, </pre>		

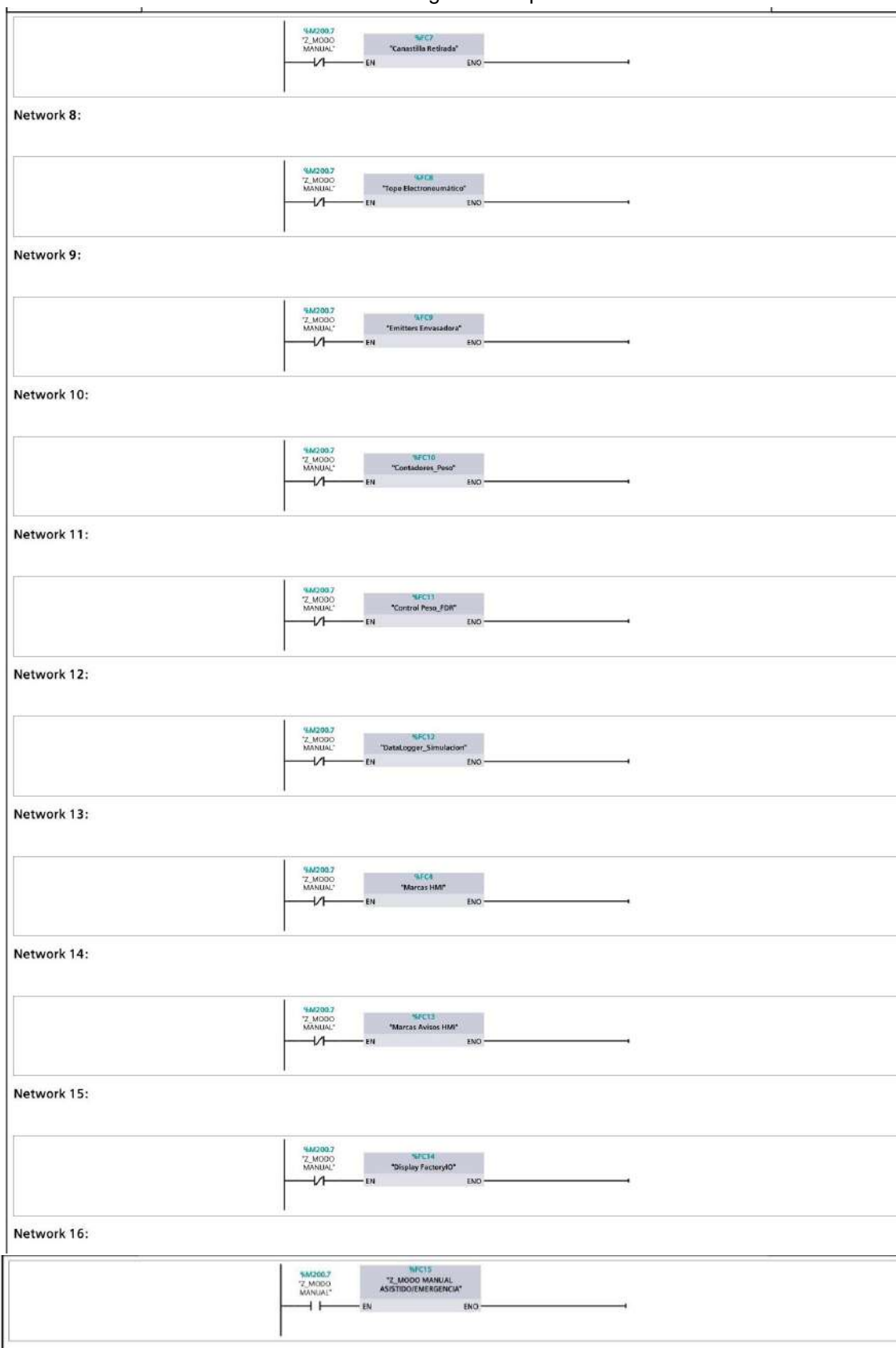
Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado
De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T.
De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo.
Marcos Paulo Estigarribia López-2025

Totally Integrated Automation Portal			
0046	value := B#16#0);		
0047			
0048			
0049			
Symbol	Address	Type	Comment
#CompVal	16#34	Byte	
#forVal		Int	
#forVal_2		Int	
#outputTime		DTL	
#rdTimeReturn		Int	
#SyncVal		Byte	
#Value		Byte	
#Value_01_DW	16#A165_D992	DWord	
#Value_02_DW	16#588E_4401	DWord	

Anexo G.17. Programación Main [OB1]



Propuesta De Diseño De Un Sistema Automatizado Para El Control De Peso, Conteo Y Traslado De Sachets En La Línea De Producción De Leche U.H.T. De La Planta Láctea Trébol De La Ciudad De Coronel Oviedo.
 Marcos Paulo Estigarribia López-2025



Anexo G.18. Bloque de datos de Pesaje

Totally Integrated Automation Portal									
Datos de Pesaje [DB3]									
Datos de Pesaje Properties									
General									
Name	Datos de Pesaje	Number	3	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title		Author		Comment		Family			
Version	0.1	User-defined ID							
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/ Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Static									
Norm_Peso	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Scale_Peso	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Total	Real	0.0	False	True	True	True	False		
▼ Peso_Sachets	Array[0..1] of Real		False	True	True	True	False		
Peso_Sachets[0]	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Sachets[1]	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Anterior	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Diferencia	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Neto	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Zero	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Actual	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Peso_Verificado	Real	0.0	False	True	True	True	False		

Tabla 6.11 Bloque de datos para Pesaje

Anexo G.19. Bloque de datos Avisos

Totally Integrated Automation Portal										
Avisos [DB14]										
Avisos Properties										
General										
Name	Avisos	Number	14	Type	DB	Language	DB			
Numbering	Automatic									
Information										
Title		Author		Comment		Family				
Version	0.1	User-defined ID								
Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Write-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static										
Peso_Fuera_de_Rango	Bool	0.0	false	False	True	True	True	False		
Peso_Por_Debajo	Bool	0.1	false	False	True	True	True	False		
Peso_Por_Encima	Bool	0.2	false	False	True	True	True	False		
Sensor_Difuso_Error1	Bool	0.3	false	False	True	True	True	False		
Sensor_Difuso_Error2	Bool	0.4	false	False	True	True	True	False		
Sensor_Retroreflectivo_Error1	Bool	0.5	false	False	True	True	True	False		
Sensor_Retroreflectivo_Error2	Bool	0.6	false	False	True	True	True	False		
FALLA BALANZA	Bool	0.7	false	False	True	True	True	False		
FALLA CINTA TRANSLADO	Bool	1.0	false	False	True	True	True	False		
FALLA TOPE ELECTRONUEMATICO	Bool	1.1	false	False	True	True	True	False		

Tabla 6.12 Bloque de datos para Avisos

Anexo G.20. Bloque de datos de proceso.

Totally Integrated Automation Portal									
Datos de Proceso [DB1]									
Datos de Proceso Properties									
General									
Name	Datos de Proceso	Number	1	Type	DB	Language	DB		
Numbering	Automatic								
Information									
Title	Author			Comment			Family		
Version	0.1		User-defined ID						
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engi-neering	Setpoint	Supervi-sion	Comment
▼ Static									
ScaleX	Real	0.0	False	True	True	True	False		
NormX	Real	0.0	False	True	True	True	False		
N_Sachets	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Produccion_Sachets	Int	5000	False	True	True	True	False		
FactorNorm	Real	0.0	False	True	True	True	False		
PesoLoteLitro	Real	0.0	False	True	True	True	False		
PesoLoteMedio	Real	0.0	False	True	True	True	False		
PesoRealSimulado	Real	0.0	False	True	True	True	False		
Lote	Real	0.0	False	True	True	True	False		

Tabla 6.13 Bloque de Datos para Proceso

Anexo H. Propuesta de Diseño de Tope Electroneumático.

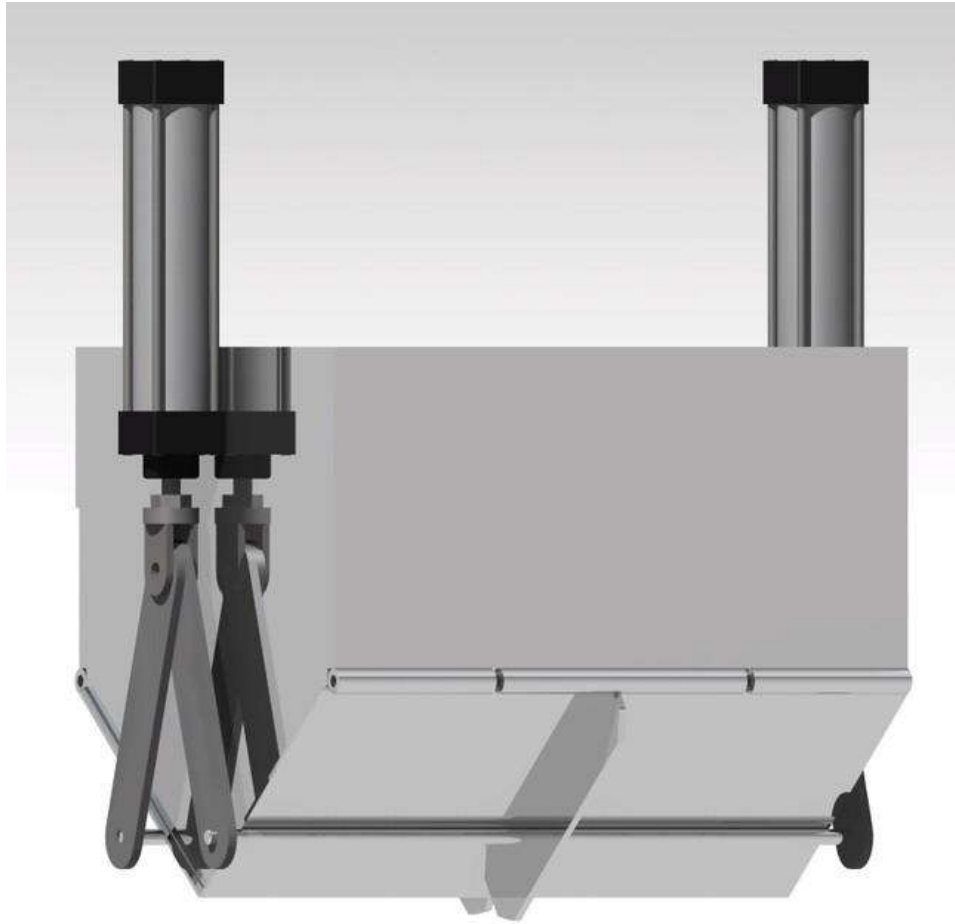


Figura 6.30 Modelo 3D Tope para Sachets

Anexo I. Prueba de comunicación con PLC y HMI con equipos de la facultad.



Figura 6.31 Comunicación por protocolo PROFINET/Ethernet Industrial con equipos físicos.

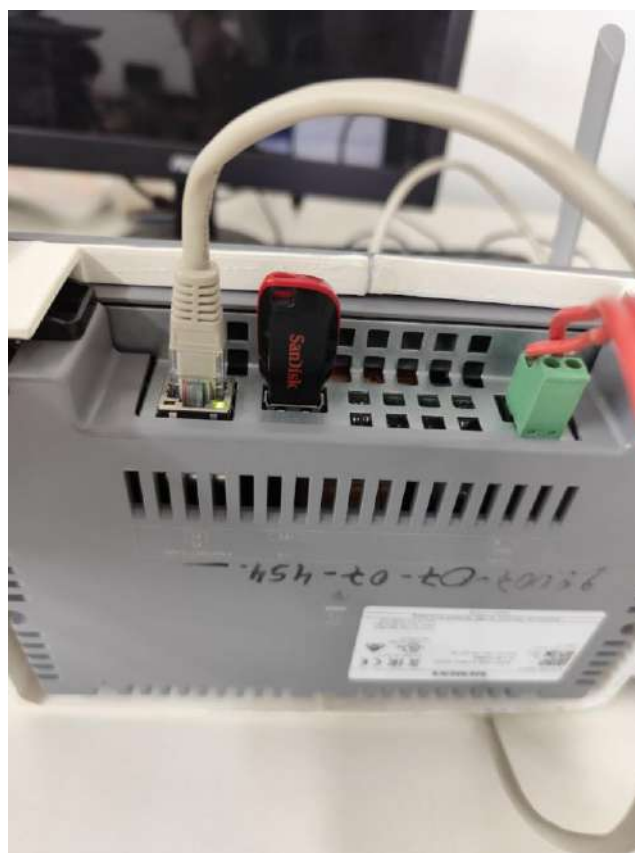


Figura 6.32 Conexiones del HMI KT700 Basic y USB para Datalog