

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE LA ACTUALIZACIÓN
AL SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO A PLANTA DE GRANALLADO

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero de Ejecución en Control e
Instrumentación Industrial.

Estudiante:

Dylan Emerson Forton Donoso.

Profesor Guía:

Mag. Loreto Elisa Marín Carcey.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Diseño de la actualización al sistema de control del proceso a planta de granallado

Nombre del candidato(a): Dylan Emerson Forton Donoso

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en control e instrumentación industrial

Campus: Viña del mar **Departamento:** Electrotecnia e informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Loreto Elisa Marín Carcey, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 08/09/2026

Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 08/09/2026

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: GRANALLADORA, AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, SISTEMA DE CONTROL, PLC

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar una propuesta de rediseño del sistema de control de la planta de granallado de la empresa, con el fin de mejorar su operatividad, seguridad y desempeño general. A partir del diagnóstico de la situación actual, se identifican falencias asociadas a la obsolescencia de los equipos de control, la falta de documentación técnica, las dificultades de operación y las condiciones que afectan tanto a los trabajadores como al entorno. En respuesta a ello, se plantea una solución de ingeniería como propuesta de diseño, orientada a modernizar el sistema mediante la actualización de controladores, la unificación del manejo de ambas estaciones, la incorporación de una interfaz más amigable y la optimización de los subsistemas involucrados. De este modo, el trabajo busca entregar una base técnica sólida para una eventual implementación futura, contribuyendo a una operación más eficiente, segura y acorde a las necesidades de la empresa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES, ANÁLISIS DE LA EMPRESA, GRANALLADORA Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS	2
1 ANTECEDENTES GENERALES, ANÁLISIS DE LA EMPRESA, GRANALLADORA Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS	3
1.1 RUBRO Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA	3
1.2 ÁREA DE EVALUACIÓN	4
1.2.1 Equipamiento de granallado portátil	4
1.2.2 Planta de granallado industrial	6
1.2.2.1 Avances posteriores al montaje estructural	7
1.2.2.2 Especificaciones del equipo	8
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.4 IMPORTANCIA DE RESOLVER EL PROBLEMA	14
1.4.1 Involucrados	15
1.5 SOLUCIÓN AL PROBLEMA	15
1.5.1 Requerimientos	16
1.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	16
1.6.1 Evaluación de las alternativas de solución	18
1.6.2 Selección de alternativa de solución	18
1.6.3 Alternativa seleccionada	19
1.7 VALOR AGREGADO	19
1.8 OBJETIVOS	19
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA GRANALLADO	21
2 DISEÑO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA GRANALLADO	22
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE GRANALLADO	22
2.1.1 Tipo de planta de granallado industrial instalada:	23
2.2 FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL	25
2.2.1 Lazo abierto y lazo cerrado	25

2.2.2	Variable de proceso (PV), variable manipulada (MV) y setpoint (SP) presentes en la planta:.....	26
2.2.3	Estructura típica de un sistema de control automático en una de las plantas:..	27
2.3	TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN Y COMUNICACIÓN USADAS Y A USAR EN LA PLANTA	28
2.3.1	Tipo de PLC	28
2.3.2	Normas y buenas prácticas generales de seguridad funcional y eléctrica	29
2.4	CRITERIOS DE DISEÑO Y ACTUALIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL	30
2.4.1	Concepto de modernización de sistemas de control.....	30
2.4.2	Criterios técnicos: confiabilidad, mantenibilidad, seguridad, escalabilidad y compatibilidad con equipos existentes	31
2.5	RIESGOS A LA SALUD DE LAS PERSONAS Y AL MEDIO AMBIENTE.....	32
2.5.1	Riesgos ocupacionales.....	32
2.5.2	Impacto ambiental	32
2.6	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA MODERNIZACIÓN	33
CAPÍTULO 3: DESARROLLO TÉCNICO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA DE GRANALLADO		34
3	DESARROLLO TÉCNICO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA DE GRANALLADO.....	35
3.1	LEVANTAMIENTO DE DATOS Y FUNCIONAMIENTO	35
3.2	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	39
3.2.1	Elección de equipos de control.....	41
3.2.2	Elección de PLC.....	41
3.2.3	Elección de módulo de expansión.....	42
3.2.4	Elección de HMI	43
3.2.5	Programa de control del proceso	43
3.2.5.1	Modo Automático	44
3.2.5.2	Modo Manual	46
3.2.5.3	Modo Mantenimiento	47
3.2.5.4	Selección de modos	50
3.2.5.5	Alarmas	50
3.2.5.6	Asignación de entradas y salidas (I/O) en PLC.....	50
3.2.5.7	Control Remoto	52
3.2.5.8	Alimentación de sistema de control	53
3.2.5.9	Dimensionamiento de cableado y protecciones	53
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....		56

4	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	57
4.1	MONEDA DE REFERENCIA.....	57
4.2	PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	57
4.3	COSTO DE EVALUACIÓN Y DISEÑO	58
4.4	COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	59
4.4.1	Personal profesional requerido.....	59
4.4.2	Costo de materiales	63
4.5	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	65
4.6	RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.	65
4.7	BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN	66
	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA.....	68
	ANEXOS.....	69
	ANEXO A: CÓDIGO LADDER	69
	ANEXO B: PANTALLAS DE HMI.....	90
	ANEXO C: DIAGRAMAS DE FLUJO.....	92
	ANEXO D: COTIZACIONES.....	95
	ANEXO E: MANUAL DE OPERACIÓN.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación de la empresa.....	3
Figura 1-2 Antes y después del proceso de granallado	4
Figura 1-3 Material abrasivo, máquina de granallado y operador	5
Figura 1-4 Cabina de granallado, compuesta de dos estaciones.	7
Figura 1-5 HMI en idioma chino.....	8
Figura 1-6 Tablero de control del proceso de granallado.....	9
Figura 1-7 Sistema de acumulación de aire	10
Figura 1-8 Sistema de recirculación de granalla	11
Figura 1-9 Sistema de extracción y filtrado de aire	12
Figura 1-10 Sistema de alimentación de material abrasivo.....	13
Figura 1-11 Diagrama de Ishikawa	14
Figura 1-12 Mejora en la planta industrial de granallado.	17
Figura 1-13 Equipo nuevo de granallado	18
Figura 2-1 Recirculación de abrasivo en la planta	26
Figura 3-1 Cabina y sistema de recolección de abrasivo	35
Figura 3-2 Sistema de recolección de abrasivo	36
Figura 3-3 Transportador horizontal de abrasivo	36
Figura 3-4 Elevador de material abrasivo	37
Figura 3-5 Sistema de extracción y filtrado de aire	37
Figura 3-6 Estanque de control de recirculación e inyección de abrasivo	38
Figura 3-7 Esquema de unificación.....	40
Figura 3-8 PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY	42
Figura 3-9 SM1223 DC/RLY	42
Figura 3-10 HMI KTP 1200 Basic	43
Figura 3-11 Screen modo automático	44
Figura 3-12 Diagrama de flujo para modo automático	45
Figura 3-13 Screen modo manual	46

Figura 3-14 Diagrama de flujo para operación de modo manual.....47

Figura 3-15 Screen modo mantenimiento 48

Figura 3-16 Diagrama de flujo para diagnóstico y mantenimiento.....48

Figura 3-17 Continuación: Diagrama de flujo para diagnóstico y mantenimiento 49

Figura 3-18 Control Remoto Telecrane F21-2S.....52

Figura 3-19 Sección vs corriente en conductores.....54

Figura 4-1 Carta Gantt.....58

Figura 4-2 Liquidación para Ingeniero.....61

Figura 4-3 Liquidación para técnico 61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Componentes principales de tablero de control	8
Tabla 1-2 Componentes principales sistema de inyección de aire	10
Tabla 1-3 Componentes principales sistema de recirculación de material abrasivo	10
Tabla 1-3 Continuación: Componentes principales sistema de recirculación de material abrasivo	11
Tabla 1-4 Componentes principales sistema de extracción y filtrado de aire	11
Tabla 1-5 Componentes principales sistema de alimentación de material abrasivo	12
Tabla 1-6 Escala de calificación de alternativas	18
Tabla 1-7 Grilla de evaluación de criterios	19
Tabla 3-1 Tabla de simbología de alarmas en HMI.	50
Tabla 3-2 Tabla de asignación de entradas en PLC	51
Tabla 3-3 Tabla de asignación de Salidas en PLC	51
Tabla 3-3 Continuación: Tabla de asignación de Salidas en PLC	52
Tabla 3-4 Fuentes de poder propuestas	53
Tabla 3-5 Listado de materiales N°1	54
Tabla 3-6 Listado de Materiales N°2	55
Tabla 4-1 Costos de levantamiento y diseño.....	59
Tabla 4-2 Costo asignación monetaria de profesionales	62
Tabla 4-3 Costos de asignación totales a profesionales	63
Tabla 4-4 Costo de materiales	64
Tabla 4-5 Costo total del proyecto	65

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLA

PLC	:	Controlador Lógico Programable
HMI	:	Interfaz Hombre-Máquina
PID	:	Controlador proporcional integral derivativo
CNC	:	Control Numérico Computarizado
ISO	:	Organización Internacional de Normalización
NA	:	Normalmente Abierto
NC	:	Normalmente cerrado
PNP	:	Positivo – negativo – positivo
Rly	:	Relé
HH	:	Horas hombre
UF	:	Unidad de fomento
CLP	:	Peso chileno
P&ID	:	Diagrama de tuberías e instrumentación
P/E	:	Parada de emergencias
ISA	:	International Society of Automation
DC	:	Corriente directa
AC	:	Corriente alterna
NF	:	Sin fusible
CN	:	Designación para mercado chino
CPU	:	Unidad central de procesamiento
PV	:	Variable de proceso
SP	:	Valor de referencia
DS	:	Decreto Supremo

AWG : American wire Gauge

DIN : Deutsches Institut Für Normung

B. SIMBOLOGÍA:

W	:	Vatio
kW	:	Kilovatio
V	:	Voltios
A	:	Amperios
kA	:	kilo Amperio
m ³	:	Metros cúbicos
MPa	:	Mega pascales
Bar	:	Unidad de medida bar
mm ²	:	Milímetros cuadrados
r/min	:	Revoluciones por minuto
RPM	:	Revoluciones por minuto

INTRODUCCIÓN

En el ámbito laboral, la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores constituye una prioridad absoluta, por encima de cualquier tarea o exigencia productiva, razón por la cual desde el año 2009 en Chile se presenta el Plan Nacional para la Erradicación de la Silicosis 2009 – 2030. Posteriormente, en 2015, el Ministerio de Salud emite el decreto supremo N° 122/2015 que modifica el decreto N°594/1999, agregando la prohibición de limpieza de superficies con chorro de arena, esta medida se fundamenta en el riesgo que abarca la inhalación de sílice cristalina, agente que puede provocar silicosis, enfermedad pulmonar grave, irreversible y altamente mortal, caracterizada por la cicatrización del tejido pulmonar y la consiguiente dificultad para respirar. Si bien no posee tratamiento curativo, la silicosis es una condición prevenible.

En este contexto, resulta fundamental buscar alternativas a los métodos tradicionales que involucran polvo de sílice. Uno de estos procesos es el de granallado, el cual es ampliamente utilizado para la limpieza, preparación y acabado de superficies metálicas, empleando material abrasivo a alta presión.

Aunque el proceso de granallado en la actualidad reemplazó la arena de sílice por materiales abrasivos alternativos, como lo es la escoria de cobre, es importante destacar que todavía persisten riesgos laborales asociados al polvo generado por el desgaste del abrasivo con las partículas desprendidas de las superficies trabajadas. Este polvo puede contaminar el entorno del lugar y afectar la salud respiratoria de los trabajadores si no se implementan de manera adecuada sistemas de recolección, separación y recirculación del material, así como la extracción y filtrado del aire. Por ello, junto al uso obligatorio del equipo de protección personal, es muy importante tomar medidas que mitiguen el impacto de la polución en las personas y el medio ambiente.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES, ANÁLISIS DE LA EMPRESA,
GRANALLADORA Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

1 ANTECEDENTES GENERALES, ANÁLISIS DE LA EMPRESA, GRANALLADORA Y PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

En el presente capítulo y con el propósito de contextualizar el estudio, se expondrá el rubro al que pertenece la empresa, además de una síntesis de su trayectoria. Asimismo, se describirá la etapa del proceso en la que se incorpora el granallado y se precisarán los objetivos de mejora que se persiguen.

1.1 RUBRO Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Boiler Comp, es una empresa con más de 40 años de experiencia en la fabricación, reparación y mantenimiento de calderas y equipos auxiliares. Integran tecnología avanzada como **CAD-CAM** y maquinaria **CNC**, ofreciendo soluciones personalizadas y eficientes.

Le respaldan certificaciones internacionales (**ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001**) que garantizan calidad y sostenibilidad. Su compromiso es ser un referente local y global, optimizando procesos industriales con innovación y responsabilidad ambiental.

Ésta se encuentra ubicada en calle Los Cañones 317b, Nogales, Valparaíso, Chile (ver figura 1-1).



Fuente: Fotografía propia, toma aérea con dron DJI Mavic mini a empresa Boiler Comp, fecha 11-10-2025

Figura 1-1 Ubicación de la empresa

1.2 ÁREA DE EVALUACIÓN

El sector y proceso de interés para este caso es denominado “Proceso de Granallado” y se encuentra presente principalmente en dos de las áreas en que opera la empresa: tanto en la fabricación, como en la reparación de piezas industriales.

Cuando se requiere reparar componentes de gran tamaño contaminados, estos deben pasar previamente por el área de granallado, aquí, cada pieza es limpiada para posteriormente ser intervenida en el sector de mantenimiento (ver figura 1-2). De igual forma, en el procedimiento de fabricación, una vez finalizadas las piezas, son sometidas al proceso de granallado. En ambos casos, los elementos ingresan al área de pintura, la cual se encarga de presentar el producto finalizado.



Fuente: Fotografía propia, área actual de granallado 10-10-2025

Figura 1-2 Antes y después del proceso de granallado

1.2.1 Equipamiento de granallado portátil

Actualmente, la operación de granallado se realiza utilizando el siguiente equipamiento y procedimiento:

- Máquina de granallado portátil con capacidad de 150 litros, equipada con ruedas que facilitan su transporte y uso en diferentes áreas de la empresa, ofreciendo flexibilidad y permitiendo la limpieza de piezas complejas o de gran tamaño.
- Material abrasivo de escoria de cobre, seleccionado por sus características de limpieza y por ser una alternativa segura libre de sílice, que ayuda a remover impurezas, óxido y recubrimientos de superficies metálicas.

- Compresor principal, encargado de suministrar aire comprimido para accionar el sistema neumático de la máquina de granallado y propulsar el abrasivo a alta presión hacia la superficie de trabajo, asegurando el impacto necesario para la limpieza eficiente
- El operador utiliza un conjunto de escafandra y filtro, junto con el equipo de protección personal adecuado, para prevenir la inhalación de polvo y partículas provenientes del proceso.
- Existe también un compresor secundario encargado exclusivamente de proveer aire respirable filtrado y seguro al operador dentro de la escafandra, garantizando condiciones laborales adecuadas y protegidas.
- Este procedimiento se lleva a cabo tanto en una cabina de pintura adaptada con placas de madera, diseñada para contener el polvo y disminuir la contaminación ambiental, como ocasionalmente en espacios abiertos, lo que incrementa los riesgos de dispersión de material y exposición.

El funcionamiento actual, si bien cubre las necesidades básicas del proceso, implica desafíos en materia de seguridad ocupacional y control ambiental (ver figura 1-3). El uso parcial de una cabina de pintura adaptada para mitigar la contaminación limita la eficacia en la gestión de residuos y la protección del entorno, destacando la importancia de implementar o rediseñar sistemas más avanzados de colección, filtrado y recirculación de materiales, así como protocolos integrales de protección para trabajadores.



Fuente: Fotografía propia tomada durante proceso de granallado 10-10-2025

Figura 1-3 Material abrasivo, máquina de granallado y operador

1.2.2 Planta de granallado industrial

En 2015, la empresa adquirió desde China una estación industrial combinada de granallado y pintura montada estructuralmente a principios del 2024. Cada cabina de dicha estación posee dimensiones de 13 metros de largo, 6 metros de ancho y 6 metros de alto, diseñada para optimizar el proceso de limpieza y acabado de piezas industriales.

La estación ofrece un sistema de granallado hermético doble, que consiste en dos estaciones idénticas de granallado dentro de una misma cabina (ver figura 1-4). Estas estaciones cuentan con paredes reforzadas fabricadas en caucho rígido, material capaz de soportar el constante impacto del abrasivo durante el proceso.

El sistema de iluminación está compuesto por 22 luminarias aéreas de 200 W distribuidas estratégicamente para asegurar una visibilidad óptima en toda la cabina. Todas las luminarias están protegidas contra el impacto del abrasivo para garantizar su durabilidad y seguridad.

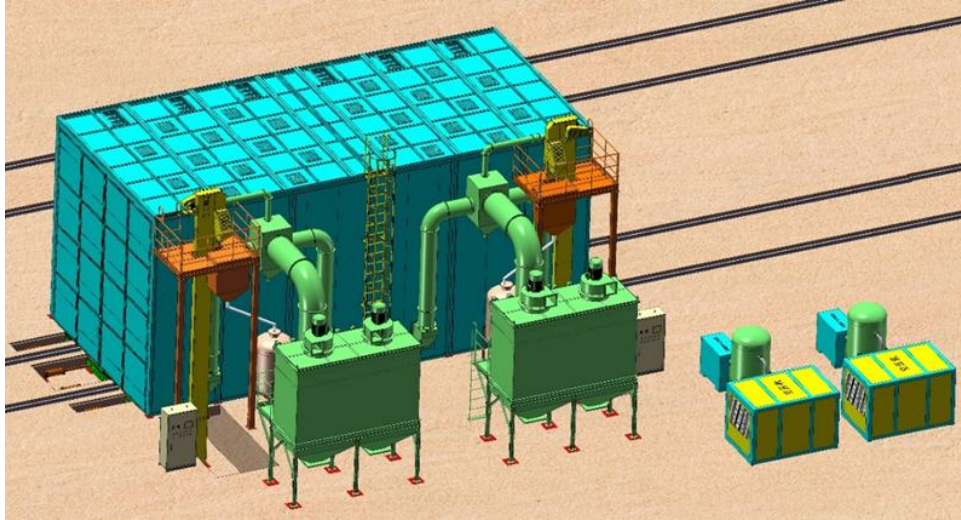
Para la recolección y manejo del abrasivo, la cabina cuenta con un sistema dividido de harneros que cubre la totalidad del suelo. Cada estación de granallado controla una sección del sistema mediante cuatro cilindros neumáticos de doble efecto, que arrastran el abrasivo junto con los residuos de material desgastado hacia un sinfín ubicado bajo la cabina. Este sinfín transporta el material recolectado hasta un elevador de cangilones, encargado de elevar el abrasivo verticalmente hasta un separador.

El separador filtra el material, eliminando los residuos desgastados mediante succión de aire, y permite que únicamente el material abrasivo de mayor calibre avance hacia la tolva superior. Posteriormente, el abrasivo es conducido por un ducto a un acumulador que controla la cantidad de material que ingresa por la manguera utilizada por el operario en el granallado, manteniendo así un suministro constante y preciso.

En cuanto a la gestión de la polución, cada estación posee un sistema independiente de extracción de aire, que abarca dos de las cuatro escotillas laterales ubicadas a los costados de la cabina. Este sistema recoge la contaminación generada y la traslada hacia la estación de filtrado, ayudando a mantener condiciones ambientales y de seguridad adecuadas.

Finalmente, cada estación cuenta con su propio tablero de control y compresor independientes, lo que facilita la operación individual y la flexibilidad en la gestión del proceso de granallado y pintura.

Este equipamiento avanzado permite optimizar la limpieza y preparación de superficies, garantiza la seguridad del operador y contribuye a un ambiente de trabajo controlado y sustentable.



Fuente: Presentación comercial interna del proyecto de compra de la planta (archivo PowerPoint de la empresa)

Figura 1-4 Cabina de granallado, compuesta de dos estaciones.

1.2.2.1 Avances posteriores al montaje estructural

En 2024, cuando la empresa tomó la iniciativa de poner en marcha la planta, comenzaron a aparecer diversas condiciones que dificultaron e impidieron la puesta en marcha operativa completa del sistema de granallado:

- No se encontraron los planos eléctricos ni los diagramas de control del equipo, lo que complicó la tarea de diagnóstico y recuperación del sistema.
- El controlador de cada estación corresponde a un PLC Siemens S7-200 CPU 226 CN AC/DC/RLY, el cual se encuentra obsoleto. Al intentar rescatar alguno de los programas almacenados, utilizando un computador con Windows XP y el software STEP 7 Micro/WIN, fue imposible recuperar información alguna debido a incompatibilidades y posibles daños en la memoria del controlador. Este software es compatible únicamente con sistemas operativos de 32 bits, principalmente Windows XP, y no tiene soporte para versiones recientes de Windows, lo que añade dificultades técnicas al proceso de recuperación y actualización.
- El HMI Siemens Smart 1000 IE presenta una barrera adicional, ya que está configurado en idioma chino, lo que dificulta la interpretación de su funcionamiento, la identificación de alarmas, eventos y modos de operación.



Fuente: Fotografía propia tomada durante pruebas a planta de granallado 13-10-2025

Figura 1-5 HMI en idioma chino

A pesar de las limitaciones existentes, se consiguió habilitar el equipo en la mayor medida posible, permitiendo su operación en modo manual a través del HMI. No obstante, su desempeño no resultó óptimo, ya que se identificaron señales y variables que solo se activaban en modo automático, cuya lógica de funcionamiento no pudo ser precisada ni controlada de manera adecuada debido a la ausencia de documentación técnica y a las dificultades derivadas de traducciones imprecisas por la barrera idiomática.

1.2.2.2 Especificaciones del equipo

A continuación, se realizará un desglosado de los componentes que constituyen el sistema de control y fuerza en la planta de granallado.

- Listado de componentes presentes en tablero de control (ver figura 1-6) de una de las plantas de la cabina de granallado (Tabla 1-1):

Tabla 1-1: Componentes principales de tablero de control

Cantidad	Unidad	Descripción
1	Un.	Disyuntor Caja Moldeada NF 125-CV 125[A] 10kA
1	Un.	PLC S7-200 CN CPU 226CN AC/DC/RLY
1	Un.	HMI Siemens Smart 1000IE
14	Un.	Módulos Relé 14 Pines Con Bobina 220VAC
1	Un.	Transformador 400VAC 380VAC – 220VAC
1	Un.	Fuente De Poder 24VDC 360W

Tabla 1-1 Continuación: Componentes principales de tablero de control

Cantidad	Unidad	Descripción
2	Un.	Contactores LC1 E09
3	Un.	Contactador LC1 E32 10
2	Un.	Guardamotor 1na+1nc Rango 7-10 ^a
2	Un.	Guardamotor 1na+1nc Rango 30-38 ^a
6	Un.	Portafusibles Con Fusible 2[A] Medida 10x38
2	Un.	Disyuntor Trifásico 50[A] Curva D 6kA
1	Un.	Disyuntor Trifásico 50[A] Curva C 6kA
3	Un.	Disyuntor Trifásico 16[A] Curva D 6kA
1	Un.	Disyuntor Trifásico 6[A] Curva D 6Ka
1	Un.	Disyuntor Bifásico 10[A] Curva C 6kA
2	Un.	Disyuntor Bifásico 6[A] Curva C 6kA
1	Un.	Disyuntor Monofásico 10[A] Curva C 6kA
3	Un.	Transformador De Corriente 200/5 [A]

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Fotografía propia tomada con fecha 13-10-2025

Figura 1-6 Tablero de control del proceso de granallado

- Listado de equipos presentes en el sistema de inyección de aire (ver figura 1-7) del proceso de granallado (Tabla 1-2):

Tabla 1-2 Componentes principales sistema de inyección de aire

Cantidad	Unidad	Descripción
2	Un.	Compresor de tornillo 90kW; 0.8MPa
2	Un.	Acumulador con capacidad de 3m³
2	Un.	Secador de aire

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Fotografía propia tomada con fecha 13-10-2025

Figura 1-7 Sistema de acumulación de aire

- Listado de componentes presentes en el sistema de recirculación de material abrasivo (ver figura 1-8) de la planta de granallado (Tabla 1-3):

Tabla 1-3 Componentes principales sistema de recirculación de material abrasivo

Cantidad	Unidad	Descripción
4	Un.	Cilindro neumático doble efecto con presión máx de 10 bar
1	Un.	Filtro regulador de presión neumática 0-1.6 MPa
4	Un.	Electroválvulas 5/3 de accionamiento neumático controlado por solenoide y retorno por resorte

Tabla 1-4 Continuación: Componentes principales sistema de recirculación de material abrasivo

Cantidad	Unidad	Descripción
1	Un.	Manifold para electroválvulas Festo
1	Un.	Hilo sin fin de recolección
1	Un.	Elevador de cangilones
2	Un.	Motor 4kW; 380V; 1435 r/min
2	Un.	Reductor 1435 r/min / 49 r/min
2	Un.	Sensor inductivo PNP 24 VDC

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Fotografía propia tomada con fecha 13-10-2025

Figura 1-8 Sistema de recirculación de granalla

- Listado de componentes presentes en el sistema de extracción y filtrado de aire (ver figura 1-9) durante proceso de granallado (Tabla 1-4):

Tabla 1-5 Componentes principales sistema de extracción y filtrado de aire

Cantidad	Unidad	Descripción
2	Un.	Motor 380V; 15kW; 2929 r/min
8	Un.	Válvulas de membrana con solenoide de 24VDC

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Fotografía propia tomada con fecha 13-10-2025

Figura 1-9 Sistema de extracción y filtrado de aire

- Listado de componentes presentes en el Sistema de almacenamiento y alimentación de material abrasivo (ver figura 1-10) para el proceso de la planta de granallado (Tabla 1-5):

Tabla 1-6 Componentes principales sistema de alimentación de material abrasivo

Cantidad	Unidad	Descripción
2	Un.	Sensor de nivel de tipo switch de paleta giratoria
6	Un.	Electroválvula 5/2 retorno por resorte; bobina 220VAC
2	Un.	Válvula de alivio controlada por aire
1	Un.	Cilindro neumático doble efecto
2	Un.	Válvula metálica de diafragma con actuador neumático
2	Un.	Válvula 3 vías de diafragma con actuador neumático y control manual
1	Un.	Válvula de alivio manual
1	Un.	Filtro regulador de presión neumática 0-1.6 MPa

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Fotografía propia tomada con fecha 13-10-2025

Figura 1-10 Sistema de alimentación de material abrasivo

1.3 **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La planta de granallado industrial se encuentra actualmente fuera de operación debido a múltiples factores que comprometen su correcto funcionamiento. Esta situación ha generado la necesidad de recurrir al uso del sistema de granallado portátil previamente mencionado, el cual, si bien cumple con los requerimientos funcionales básicos, no satisface plenamente la demanda operativa ni las expectativas reales de la empresa.

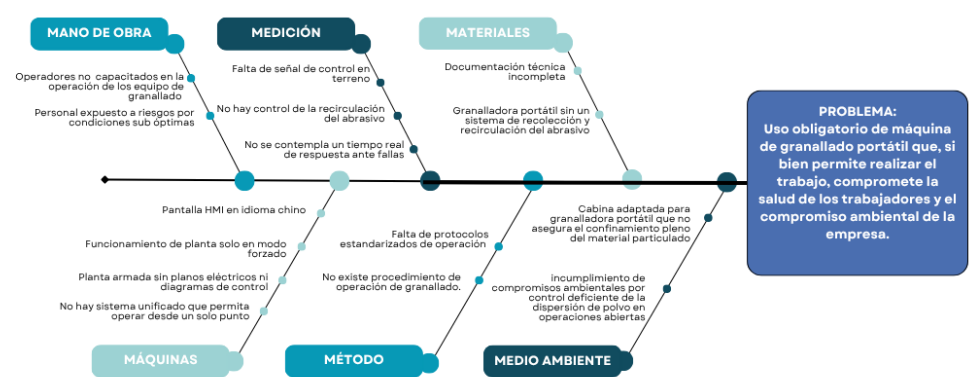
Además, esta alternativa ha evidenciado consecuencias negativas adicionales, dado que el uso prolongado de la máquina portátil implica riesgos directos para la salud de los trabajadores y limita el cumplimiento de los compromisos ambientales asumidos por la organización.

Entre los elementos que afectan el correcto funcionamiento de la planta, se destacan los siguientes:

- La instalación de la planta se realizó sin contar con planos eléctricos ni diagramas de control, motivo por el cual no fue posible lograr su operatividad completa. En consecuencia, solo puede funcionar en modo manual, forzando las señales que deberían ser generadas desde terreno.
- Durante el proceso de granallado, la operación de una pieza requiere obligatoriamente la participación de dos trabajadores; sin embargo, la planta no dispone de una señal de control en terreno que permita habilitar o deshabilitar el flujo de abrasivo de manera segura y coordinada.
- La cabina no cuenta con un procedimiento de operación estandarizado y el idioma del HMI (chino) dificulta significativamente la interacción hombre – máquina, obstaculizando la comprensión y manejo del sistema.

- Para utilizar la cabina y efectuar el granallado de una pieza, es necesario energizar obligatoriamente ambas plantas de forma independiente, con el fin de completar el circuito de recirculación del abrasivo, incluso cuando se requiere operar solo una manguera. Esto, genera tiempos improductivos por los desplazamientos hacia cada extremo de la planta para encender los equipos, además de incrementar el riesgo asociado a una menor capacidad de reacción ante una eventual falla en el extremo opuesto al lugar de trabajo de los operarios.

A continuación, en la figura 1-11, se presenta el Diagrama de Ishikawa, en el cual se identifican y detallan las causas del problema analizado. Para analizar el diagrama a detalle dirigirse al ANEXO A: DIAGRAMA DE ISHIKAWA.



Fuente: Elaboración propia en programa Canva

Figura 1-11 Diagrama de Ishikawa

1.4 **IMPORTANCIA DE RESOLVER EL PROBLEMA**

La habilitación de la planta industrial de granallado contribuiría significativamente a optimizar los tiempos de producción, al permitir el trabajo simultáneo con múltiples mangueras. Asimismo, reforzaría el compromiso de la empresa tanto con el medio ambiente como con la salud y seguridad de sus trabajadores.

La puesta en marcha de esta planta permitiría disminuir y aislar considerablemente el polvo generado por el impacto de la granalla de escoria de cobre sobre las piezas trabajadas, contribuyendo positivamente al entorno y a la salud de todas las personas que circulan en las inmediaciones de las operaciones. Además, la integración de un sistema de recirculación y reutilización del abrasivo generaría un ahorro considerable en consumibles, impactando directamente en la reducción de los costos de producción.

Por último, el uso de la planta profesional eliminaría la necesidad de las barreras improvisadas que se han implementado para mitigar los efectos del proceso, al contar con una cabina diseñada para operar sin riesgos para los operadores y el medio ambiente, asegurando

condiciones laborales óptimas y el cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad industrial.

1.4.1 Involucrados

A continuación, se mencionan los principales involucrados en la problemática planteada y en la importancia del desarrollo de una solución:

- Operarios: Personal directamente afectado por la problemática debido a que se encuentran en la primera línea del proceso.
- Trabajadores en torno al área: Si bien los operarios se encuentran directamente relacionados con el riesgo respiratorio, el personal que se desempeña en torno al área de exposición también tiene probabilidades de contaminar su sistema respiratorio, ya que no siempre cuentan con los elementos de protección personal acordes como los usuarios de la planta.
- Boiler Comp: Referido a posibles soluciones el compromiso de la empresa con el medio ambiente se ve favorecido al mismo tiempo que se ve potenciada la idea de apuntar a la mejora continua.
- El medio ambiente: el entorno es otro afectado por el actual proceso de trabajar. Cada lugar al que llegan los restos del abrasivo se verá afectado en algún momento.
- Los grandes clientes: Debido a que la máquina portátil tiene sus limitaciones de capacidad de proceso. Existen tiempos perdidos producto de la baja optimización.

1.5 SOLUCIÓN AL PROBLEMA

La solución del problema busca reducir los riesgos a los que se expone día a día el personal directo del área y trabajadores que se encuentran cercanos al entorno señalado. Además, se pretende fortalecer también el compromiso con el medio ambiente, disminuyendo la contaminación generada en el proceso de granallado.

Dicha solución planteada debe abordarse de manera estructurada y por etapas, con el fin de asegurar que el diseño del proyecto sea efectivo.

En primer lugar, es fundamental identificar y establecer los requerimientos mínimos y necesarios, lo que permitirá justificar la necesidad del desarrollo e implementación del proyecto.

Posteriormente, se deben definir y analizar tres alternativas de solución, realizar su evaluación comparativa y, finalmente, seleccionar la alternativa más adecuada, la cual servirá como base para el diseño del presente trabajo de título.

1.5.1 Requerimientos

- Requerimientos funcionales:
 - Habilitar cabina hermética con un sistema de recirculación del consumible enfocado en la separación y reutilización de la mayor cantidad de material abrasivo posible.
 - Habilitar un sistema de extracción y filtrado del aire contaminado que se encuentra al interior de la cabina durante el proceso de granallado.
 - Optimizar y mejorar el tiempo de respuesta, además de aumentar la seguridad durante el funcionamiento de las plantas de la cabina, unificando el sistema de control para ser intervenido y configurado desde un solo lugar.
 - Facilitar la utilización del equipo a los operadores utilizando el idioma correcto.
- Requerimientos técnicos
 - Considerar en el diseño el cambio de los controladores PLC S7 200 de las plantas por S7-1200 apuntando a un sistema confiable y funcional.
 - Diseñar nuevo código Ladder de control de las plantas unificando funciones y operación de ambas desde un solo lugar.
 - Conservar componentes funcionales durante el rediseño para disminuir el costo de implementación del proyecto.
 - Diseñar una visualización intuitiva y fácil de usar para el HMI con el que interactuaran los operadores.
 - Considerar en el diseño la cubicación de materiales necesarios.

1.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se presentan tres alternativas de solución a la problemática planteada, con el objetivo de identificar la opción más idónea que permita un desarrollo consistente y exitoso del proyecto:

- Alternativa 1:

Habilitación de planta de granallado mediante el forzado de señales y operación en modalidad manual que, si bien cumple con el trabajo, no favorece la seguridad de los trabajadores involucrados.
- Alternativa 2:

Diseñar una mejora que permita la habilitación efectiva de las plantas de granallado ya instaladas en el sitio con una cabina adecuada para el proceso (ver figura 1-12). El diseño incluirá la actualización del controlador, incorporando uno más confiable y acorde con los estándares y tecnologías vigentes del mercado. Se desarrollará un nuevo código Ladder destinado a unificar el funcionamiento de las plantas, corrigiendo y estableciendo adecuadamente la operatividad de cada sensor y actuador instalado.

Además, mejorar la interacción hombre – máquina a través de un cambio en la disposición de pantallas en el HMI que permitirá una operatividad más intuitiva y funcional por parte de los trabajadores, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo posibles errores humanos.



Fuente: Fotografía propia tomada con fecha 13-10-2025

Figura 1-12 Mejora en la planta industrial de granallado.

- Alternativa 3:

Comprar e importar un equipo nuevo tal como el de la figura 1-13 que cumpla con la capacidad de trabajo y protección que podría llegar a ofrecer la planta ya instalada. Desmontando parte de ella y adaptando lo necesario para conservar el lugar de operación.



Fuente: Fotografía obtenida de proveedor de estaciones de granallado

Figura 1-13 Equipo nuevo de granallado

1.6.1 Evaluación de las alternativas de solución

A partir de las soluciones planteadas anteriormente, se realizará un análisis comparativo utilizando criterios específicos que permitirán evaluar cuál de las alternativas es la más viable de implementar. Cada criterio será calificado según una escala del 1 al 5, donde “1” representa una evaluación “muy deficiente” y “5” indica un desempeño “óptimo”, como se muestra en la tabla 1-6 de evaluación que lleva por nombre “Escala de calificación de alternativas”. La suma de los puntajes obtenidos en cada criterio determinará el resultado final de cada alternativa. Aquella que obtenga la mayor puntuación será considerada como la opción más adecuada para llevar a cabo en la práctica.

Tabla 1-7 Escala de calificación de alternativas

Tabla de Puntuación de Alternativas de Solución				
Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Óptimo
1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia.

1.6.2 Selección de alternativa de solución

Seguidamente, se realiza la evaluación de las tres alternativas de solución planteadas para la problemática, con el propósito de identificar la opción que obtenga la mejor calificación y que guiará el desarrollo adecuado del proyecto. La Tabla 1-7 titulada “Grilla de evaluación de criterios”, refleja las puntuaciones asignadas a cada alternativa, las cuales permiten determinar la opción seleccionada.

Tabla 1-8 Grilla de evaluación de criterios

Característica	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Innovación	1	5	3
Beneficio	3	5	5
Factibilidad	5	5	3
Inversión/Ganancia	3	5	3
Tiempo implementación	4	4	2
Puntuación final	16	24	16

Fuente: Elaboración propia.

1.6.3 Alternativa seleccionada

La alternativa seleccionada para el proyecto es la alternativa 2, la cual obtuvo una calificación de 24 puntos, validando todos los criterios solicitados.

Esta alternativa diseñará lo necesario para la habilitación de las plantas de granallado dispuestas con una cabina hermética. Esto se llevará a cabo proponiendo el cambio de controladores, la creación de un nuevo código de control del proceso y el diseño de una nueva interfaz gráfica de usuario en el HMI que mejore la interacción entre el operador y la máquina.

1.7 VALOR AGREGADO

El valor agregado de este diseño radica en la unificación del sistema de control de ambas plantas, lo que permitirá optimizar los tiempos de operación y reducir los puntos ciegos entre operadores al limitar los desplazamientos dentro de la planta. Esta mejora contribuirá a crear un ambiente de trabajo más seguro y a disminuir la contaminación del entorno.

Adicionalmente, la planta que se habilitará cuenta con cuatro mangueras operativas, lo que posibilita la participación simultánea de hasta cuatro operadores en el proceso de granallado. Esta característica representa un aporte significativo a la optimización de los procesos de fabricación y reparación de la empresa.

1.8 OBJETIVOS

Para el correcto desarrollo del proyecto planteado, se definirá el objetivo general y los objetivos específicos:

- Objetivo general:

Diseñar un sistema de control integrado para la habilitación y unificación operativa de las plantas de granallado existentes, optimizando la seguridad y la eficiencia, mediante la reutilización y correcta configuración de los actuadores y sensores instalados en terreno.

- Objetivos específicos:

1. Reconocer, clasificar y organizar los componentes que conforman la planta, con el fin de facilitar la adecuada configuración y diseño de la lógica de control.
2. Diseñar y desarrollar el código de control necesario para la gestión sincronizada de las plantas, garantizando la correcta operación de los dispositivos de control.
3. Diseñar la interfaz hombre-máquina mediante la definición y reorganización de pantallas en el HMI para facilitar una operación intuitiva y segura por parte de los operadores.
4. Evaluar económicamente la propuesta de actualización del sistema de control, considerando los costos de diseño, materiales y ejecución, con el fin de determinar la inversión requerida y su viabilidad económica.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA
GRANALLADO

2 DISEÑO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA GRANALLADO

El presente capítulo tiene como objetivo presentar los fundamentos teóricos, técnicos y tecnológicos necesarios para el diseño de la actualización del sistema de control en la planta de granallado. Se abordarán en detalle el proceso industrial de granallado, los principios y métodos del control automático aplicados en la industria, la instrumentación específica para ambientes abrasivos y polvorientos, así como los criterios técnicos y estratégicos para la modernización y mejora de sistemas de control.

Este marco conceptual ofrece una base sólida para sustentar las decisiones de diseño planteadas, alineándose con las normativas y exigencias propias de la carrera en Control e Instrumentación Industrial. Todo lo anterior, en comprensión del contexto operativo actual de la planta, sus limitaciones y el potencial de mejora mediante la integración de tecnologías que permitan optimizar el rendimiento, incrementar la seguridad y minimizar los riesgos para el personal y el entorno ambiental.

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE GRANALLADO

Método mecánico de limpieza de superficies en el cual se utiliza la proyección controlada de partículas abrasivas a alta velocidad en contra de una pieza con el objetivo de eliminar corrosión, restos de revestimiento, escoria o rebarbas metálicas. De ese modo preparar la pieza para el proceso de pintura.

La empresa Ervin, especializada en el desarrollo de granalla de acero, presenta en su sitio web una definición del proceso de granallado y del granallado por aire comprimido, la cual se expone a continuación:

“¿Qué es el granallado? El proceso que se utiliza para quitar impurezas o una capa de una superficie. Esto se logra mediante materiales abrasivos que se disparan al objetivo a alta velocidad.

Granallado de aire comprimido: consiste en utilizar aire comprimido para dirigir el tipo elegido de abrasivo de acero a su objetivo. Esto puede ir acompañado de diversas opciones de automatización que ayudan a garantizar los máximos estándares de seguridad, cobertura y calidad. Esta opción se utiliza frecuentemente en piezas especializadas o más grandes, o en aplicaciones de campo” (Ervin Industries, 2023).

En el contexto de Boiler Comp, este proceso resulta crítico para la limpieza de componentes de diferentes tipos de calderas, tanto en fabricación como reparación de piezas específicas.

La planta de origen chino, adquirida en el año 2015 por la empresa Boiler Comp., permite el uso de una amplia variedad de materiales abrasivos como alternativa a la arena de sílice. No obstante, en la actualidad, su lazo cerrado de control se encuentra permanentemente inoperativo, debido a las siguientes limitaciones y causas:

- Controlador PLC SIEMENS S7-200: un dispositivo robusto que en la actualidad se encuentra discontinuado y fue imposible realizar un respaldo del código de control del fabricante. Utiliza software Step 7-Micro/WIN, el cual ya no posee soporte oficial y es incompatible con sistemas operativos actuales.
- Posee un HMI con el texto en idioma chino para toda la operación el cual no es modificable.
- Producto de la falta de planos, desconocimiento del código de control del PLC y pese a que el equipo se encuentra montado completamente no se puede habilitar la recirculación automática del material abrasivo en ninguna de las dos plantas de la cabina, por lo cual el operador debe detener el equipo, despresurizar los tanques de granalla y realizar una recarga manualmente del material abrasivo para volver a utilizar las plantas.

2.1.1 Tipo de planta de granallado industrial instalada:

El sistema de granallado instalado en Boiler Comp, adquirido en 2015 y estructuralmente montado a principios de 2024, consiste en una cabina hermética que integra dos plantas de granallado idénticas, cada una con dimensiones de 13 metros de largo, 6 metros de ancho y 6 metros de alto. Este diseño robusto, con paredes reforzadas de caucho rígido, está concebido para resistir el constante impacto del material abrasivo durante el proceso de granallado, optimizando la recopilación del material durante la limpieza y acabado de piezas industriales de gran tamaño y complejidad, manteniendo casi la totalidad de polución atrapada y filtrada desde el interior de la cabina.

El tipo de planta corresponde a un sistema de granallado por aire a presión, donde el abrasivo es proyectado mediante aire suministrado por compresores de tipo tornillo que cargan a los acumuladores 0.6MPa de presión. Cada estación cuenta con su propio compresor independiente, que proporciona aire a alta presión para impulsar el material abrasivo contra las superficies de las piezas, asegurando el impacto necesario para la remoción eficiente de corrosión, escorias y recubrimientos antiguos. Este método permite un control y una gestión óptima del abrasivo y los residuos.

Las principales variables de operación que garantizan la eficacia y calidad del proceso incluyen:

- Caudal de material abrasivo constante: Gestionado a través de un sistema dividido de harneros que cubren toda la extensión del suelo de la cabina, cuatro cilindros neumáticos de doble efecto por cada lado de la cabina que transportan el abrasivo desgastado y los residuos hacia un sinfín bajo la plataforma, un elevador de capacho que alza el material recolectado hasta un clasificador de material, que mediante una succión de aire separa el residuo más volátil de la granalla más pesada que baja a un acumulador en altura que trabaja como primer almacenamiento, el cual deja caer por gravedad y de manera controlada por una compuerta neumática el material hasta un último estanque de dos niveles que regula la cantidad de abrasivo que se suministra por las mangueras al operador (ver en plano P-001). Esta gestión garantiza un suministro continuo y controlado, vital para lograr una rugosidad superficial uniforme y conforme a estándares internacionales ISO 8501-1 Sa 2.5, cumpliendo con los objetivos de calidad indicados en el Capítulo 1.
- Presión de aire entre 0.4 y 0.7MPa: Provista por compresores de tornillo que mantienen un caudal estable y una presión óptima y controlada para la proyección del abrasivo. Cada estación cuenta con su propio compresor, lo que brinda flexibilidad operativa y un control efectivo del aire comprimido que permite el accionamiento del sistema neumático y la proyección del abrasivo. Mantener la presión adecuada es esencial para asegurar la energía cinética necesaria para permitir la eliminación efectiva de contaminantes de superficie sin dañar las piezas.
- Factor humano, velocidad de manipulación, posicionamiento y preparación de la máquina: La correcta manipulación y posicionamiento de las piezas dentro de la cabina, posterior puesta en marcha del equipo y finalmente el tiempo controlado de exposición al abrasivo, son etapas fundamentales para garantizar una limpieza adecuada previa al pintado, optimizando así la eficiencia y calidad del proceso.

En cuanto a la gestión ambiental, cada estación dispone de un sistema independiente de extracción de aire que cubre las escotillas laterales de la cabina, el cual aspira y conduce la contaminación generada hacia una estación de filtrado. De esta forma, se controla efectivamente la contaminación atmosférica y se protegen las condiciones de trabajo, alineándose con las normativas de salud ocupacional y medioambientales vigentes en Chile y referenciadas en el Capítulo 1.

Finalmente, tratándose de dos plantas de granallado independientes para una misma cabina se permitieron la implementación de tableros de control y compresores independientes para cada estación que si bien permite operaciones individuales de las plantas y facilita intervenciones técnicas, la instalación tan distante uno del otro ralentiza el monitoreo de condiciones y aumenta los tiempos de respuesta tanto en la preparación del equipo como ante fallas del equipo. Estos aspectos serán potenciados con la propuesta de unificación y automatización del sistema de control

mediante tecnología PLC vigente y una interfaz hombre-máquina amigable, solucionando las deficiencias operativas detectadas en el sistema actual.

Estas características y variables operativas fundamentan el diseño de actualización propuesto, que apunta a consolidar un sistema eficiente, seguro y sustentable, capaz de cumplir con los requisitos de producción, salud ocupacional y protección ambiental detallados en el Capítulo 1.

2.2 FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL

El presente apartado tiene por finalidad desarrollar la base a la propuesta de automatización del sistema de recirculación de abrasivo en las plantas de granallado por aire a presión, en respuesta a las deficiencias detectadas en la operación actual. Dichas deficiencias se asocian principalmente a un esquema de control de lazo abierto, caracterizado por la intervención manual, ausencia de retroalimentación y variabilidad en el suministro de material abrasivo, lo que repercute directamente en la estabilidad y eficiencia del proceso.

2.2.1 Lazo abierto y lazo cerrado

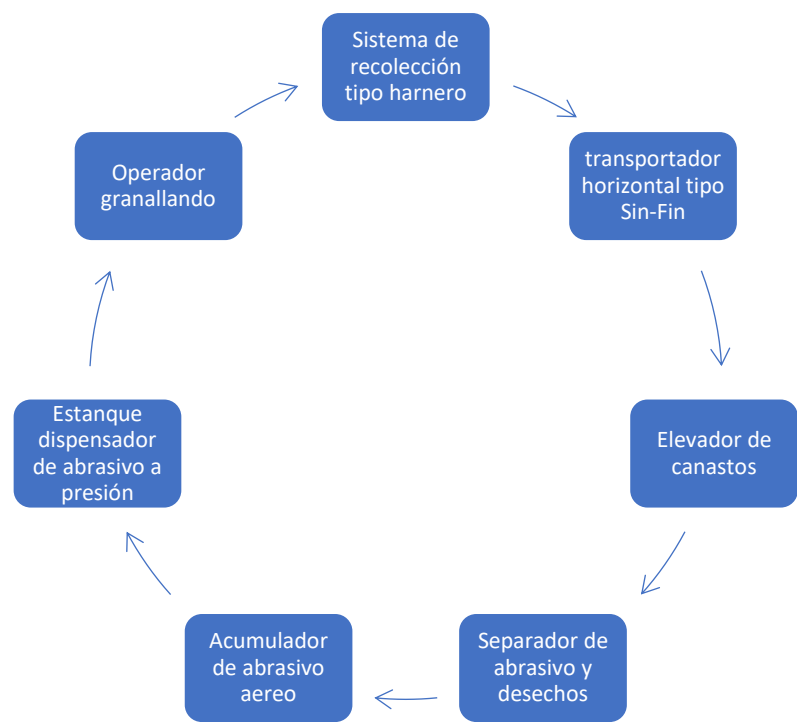
En los sistemas de control de lazo abierto, la salida del proceso no se mide ni compara con la referencia deseada, operando únicamente según comandos preestablecidos sin retroalimentación. Este tipo de control es simple y económico, pero sensible a perturbaciones externas.

En la planta de granallado por aire a presión de Boiler Comp la operación actual corresponde a un lazo abierto, debido a las condiciones antes mencionadas en que los operadores fuerzan manualmente señales desde terreno para activar electroválvulas encargadas de recircular el material abrasivo, sin poseer detalle de límites de nivel de llenado en el estanque principal, generando inestabilidad en la proyección de abrasivo, y riesgos por falta de sincronización entre los operadores.

Por el contrario, los sistemas de control de lazo cerrado incorporan retroalimentación continua, comparando la variable medida (PV) con el valor de referencia (SP) para corregir desviaciones automáticamente.

Este enfoque es esencial para procesos de granallado por aire a presión, donde la actualización propuesta implementará un control de nivel en lazo cerrado tipo ON/OFF mediante dos sensores tipo switch con paleta rotativa, correspondientes a los niveles alto y bajo. Al detectarse el nivel bajo, se iniciará una temporización de 10 segundos, tras la cual el PLC realizará la conmutación de las válvulas. Posteriormente, al detectarse el nivel alto, las válvulas retornarán inmediatamente a su estado correspondiente, sin temporización. De esta manera, los dos puntos de

detección establecen una banda de operación que permite controlar la recirculación del material abrasivo (ver figura 2-1).



Fuente: Diagrama de proceso de creación propia

Figura 2-1 Recirculación de abrasivo en la planta

2.2.2 Variable de proceso (PV), variable manipulada (MV) y setpoint (SP) presentes en la planta:

La variable de proceso (PV) es la magnitud física que se desea controlar y mantener en un rango específico. En las plantas de la cabina de granallado se incluyen el caudal de abrasivo (medido en sus máximo y mínimo por sensores de nivel tipo switch de paleta giratoria en el estanque acumulador dispensador de abrasivo).

La variable manipulada (MV) es la acción ejecutada por el controlador sobre el proceso para corregir la PV. En este caso mediante una electroválvula 5/2 pilotadas eléctricamente por solenoide y retorno por resorte para activar un cilindro neumático de doble efecto encargado de permitir la caída por gravedad del flujo de abrasivo al estanque acumulador dispensador. Actualmente esta última es manipulada manualmente.

Dentro del diseño de este proyecto se crea una secuencia automática totalmente funcional para mantener una operación estable y controlada del flujo recirculante de material abrasivo.

El setpoint (SP) representa el valor deseado de la PV, para este caso establecidos por la posición de los sensores de nivel alto y bajo con roscas fijadas de fábrica en los acumuladores

dispensadores utilizados y por último una válvula manual que define la cantidad de material abrasivo que se mezclará con el aire a alta presión en la manguera del operador).

Las perturbaciones son factores externos que alteran la PV sin control: desgaste abrasivo en separador, humedad en el sistema de aire o contaminantes en línea de recirculación de abrasivo.

Esta fundamentación teórica sustenta el objetivo general de diseñar un sistema integrado que unifique las estaciones de granallado por aire a presión, optimizando lazos abiertos producto de las deficiencias actuales mediante un lazo cerrado de control ON/OFF con retardo para mantener los niveles de abrasivo estables en los acumuladores dispensadores para conseguir un flujo continuo en las 4 mangueras de granallado.

2.2.3 Estructura típica de un sistema de control automático en una de las plantas:

La estructura típica de un sistema de control automático para una de las plantas industriales de granallado por aire a presión (que son idénticas) se compone de los siguientes elementos interconectados:

- **Sensores:** Dispositivos que convierten magnitudes físicas en señales eléctricas. En la planta se incluyen dos sensores de nivel tipo switch de paleta rotatoria (ubicados en el estanque acumulador dispensador zona superior e inferior) y dos sensores inductivos PNP 24VDC (velocidad cero ubicados en eje de sinfín y eje de elevador de canastos). Estos 4 sensores por estación proporcionan la información de estado del proceso al PLC.
- **Actuadores:** Elementos que reciben comandos del controlador para modificar el proceso. La planta posee actuadores intermedios que transformarán la señal enviada desde el controlador a una señal neumática que son: electroválvulas 5/2 pilotadas con doble solenoide de 220VAC para controlar los cilindros del sistema de recolección por arrastre tipo harneros y posee electroválvulas 5/2 con solenoide 220VAC para controlar apertura y cierre de válvulas neumáticas. También contempla actuadores principales que vendrán siendo los cilindros neumáticos de doble efecto y las válvulas neumáticas encargadas de controlar las presiones internas del estanque acumulador dispensador de granalla. Actualmente todos estos actuadores son activados de forma manual mediante HMI y forzados en sus señales en los relés de control para operar.
- **Controlador:** Núcleo lógico que procesa señales de sensores y genera comandos a los actuadores. El controlador actual de la planta es el PLC Siemens S7-200 CN CPU 226 (obsoleto y con un programa irrecuperable, por manual es compatible con el programa STEP7-MicroWIN soportado por Windows XP). La propuesta de mejora que se está planteando refiere un PLC S7-1200 manteniendo la marca Siemens, además de un código

Ladder que permite unificar las secuencias de arranque, detención y la operación para ambas estaciones desde un solo HMI.

- Interfaz HMI: Actualmente es Siemens Smart 1000IE con el programa en idioma chino, lo cual hace muy tediosa la interpretación de su estado. La propuesta que se pretende diseñar reemplaza el HMI y crear un nuevo programa en idioma español, con pantallas intuitivas y explicadas didácticamente para los operadores, el cual contará con monitoreo de condiciones en un tamaño físico mayor para mejor manejo del espacio.
- Red de comunicación: Para el control de mangueras actualmente está enfocada en un control alámbrico desde tableros. En el diseño se propone implementar un control remoto por radio frecuencia que permita habilitar y deshabilitar las mangueras de trabajo.

2.3 TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN Y COMUNICACIÓN USADAS Y A USAR EN LA PLANTA

El presente apartado describe las tecnologías de automatización actualmente instaladas en la planta de granallado y aquellas consideradas para su modernización, con el propósito de asegurar la continuidad operativa, la compatibilidad tecnológica y mejores condiciones de seguridad en el proceso, en cumplimiento de la normativa vigente.

2.3.1 Tipo de PLC

- Estado actual: Cada estación de la planta de granallado opera con un PLC Siemens S7-200 CN CPU 226 AC/DC/RLY, acompañado de módulos de expansión de entradas y salidas digitales EM 223CN DC/RLY, los cuales son modelos obsoletos desde 2017. Los programas son irrecuperables mediante STEP7 MicroWIN en Windows XP debido a incompatibilidades, claves de fábrica forzando a llevar una operación manual del equipo.
- Propuesta: Se propone para este diseño la utilización de un PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY, conservando la disposición de tensión de alimentación, tensión de sus entradas digitales y sus salidas tipo relé que permiten controlar directamente relés y contactores auxiliares a 220V. Este diseño propone además dos módulos de expansión SIEMENS SM1223 DC/RLY (8DI 24VDC / 8DO RLY) lo cual permite:
 - 14 entradas digitales/10 salidas relé integradas en controlador.
 - 8 entradas digitales/8 salidas relé en módulo de expansión.
 - TIA Portal V18: programación moderna compatible con sistemas operativos actuales.

- Adicionar hasta 8 módulos de expansión ante futuras modificaciones enfocando el diseño a la mejora continua (según modelo de PLC).

Esta solución sustenta el objetivo específico 2, denominado código Ladder unificado, resolviendo la obsolescencia china mediante retrofit mínimo, alineando requerimientos técnicos del Capítulo 1 (Retrofit mínimo: Modernización selectiva que conserva la mayor parte de los componentes funcionales existentes, reemplazando principalmente aquellos asociados al sistema de control que presentan obsolescencia o requieren actualización.).

2.3.2 Normas y buenas prácticas generales de seguridad funcional y eléctrica

En el contexto de la actualización del sistema de control de la planta de granallado, se aplican normas chilenas que responden al Plan Nacional para la erradicación de la Silicosis 2009-2030 y al Decreto Supremo N°122/2015 que modifica el Decreto Supremo N°594/1999, prohibiendo chorro de arena con sílice y promoviendo alternativas seguras como escoria de cobre utilizada en la planta.

- Plan Nacional Silicosis 2009-2030 y DS 122/2015: Estas normativas prohíben limpieza por chorro de arena sílice, por lo cual la alternativa implementada en Boiler Comp desde entonces fue reemplazar el abrasivo por escoria de cobre, que si bien cumple con la normativa de igual modo genera una gran cantidad de polución que puede ser dañina para el entorno.
- DS 594/1999 (modificado DS 122/2015): Regula condiciones sanitarias y seguridad en lugares de trabajo. Específicamente en el Artículo 33 dice lo siguiente:

“Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se deberá captar los contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo.” (Ministerio de Salud)

En el presente diseño con las mejoras anteriormente mencionadas se recupera la recirculación del material abrasivo de manera automática para maximizando la eficiencia del proceso, reduciendo dispersión de polvo que podría llegar a incluir PM 2.5 dependiendo de la presión de trabajo y protegiendo a operadores y personal secundario que trabaja en el entorno.

La planta conservaría los extractores de aire forzado (4 motores en total de 15kW con velocidad de 2929 rpm), que actualmente trabajan como 2 plantas independientes y en el diseño son optimizados siendo controlados por la secuencia automática desde el PLC propuesto que coordina su activación de acuerdo con el inicio del proceso, minimiza la exposición al polvo

durante la operación de hasta 4 mangueras simultáneas y al mismo tiempo al ser controlados desde un mismo punto se mitiga el desplazamientos riesgosos entre estaciones de control.

La actualización sustenta los objetivos específicos 1, que especifica clasificar componentes existentes, conservando elementos funcionales mientras se optimiza la seguridad respiratoria vía control centralizado desde solo un PLC moderno y vigente, alineada al DS 594/1999 con modificación en el DS122/2015.

2.4 CRITERIOS DE DISEÑO Y ACTUALIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL

A continuación, se establece los criterios que orientan la modernización del sistema de control de la planta de granallado, considerando la necesidad de actualizar de forma selectiva los elementos críticos de automatización, sin reemplazar innecesariamente los equipos que aún mantienen plena funcionalidad. En este contexto, la propuesta busca mejorar la confiabilidad, la mantenibilidad, la seguridad operativa, la escalabilidad y la compatibilidad con los componentes existentes, asegurando una transición tecnológica coherente con los requerimientos del proceso y con el objetivo de optimizar la operación de ambas plantas bajo una arquitectura de control unificada.

2.4.1 Concepto de modernización de sistemas de control

La modernización de sistemas de control se define como el proceso de actualización tecnológica selectiva de controladores e interfaces en la maquinaria industrial existente, conservando la mayoría de los componentes funcionales para minimizar costos y tiempos, manteniendo la funcionalidad original mientras se incorporan avances en programación y conectividad.

En el contexto de la cabina de granallado de la empresa, la propuesta de actualización se centra en reemplazar los dos PLC Siemens S7-200 CN CPU 226 (obsoletos, programas irrecuperables) por un solo PLC S7-1200 CPU 1214C que permitirá controlar ambas plantas desde una interfaz HMI más grande y en idioma español desplazando las antiguas 2 HMI en idioma chino. Esta pantalla HMI estará dispuesta de manera intuitiva para facilitar la interacción hombre-máquina conservando aproximadamente el 83 % de los componentes eléctricos y de control existentes. Este porcentaje se determina a partir del levantamiento realizado en el Capítulo 1, considerando 96 componentes para ambas plantas, de los cuales 16 serán reemplazados como parte de la propuesta de actualización, manteniéndose 80 componentes existentes.

$$\text{Componentes conservados} = \frac{80}{96} \times 100 = 83,33\% \approx 83\%$$

Esta modernización no modifica compresores tornillo (0.8 MPa autónomos), extractores de humedad de líneas neumáticas, extractores 15kW de ciclo continuo, ni estructura cabina (13x6x6m), enfocándose únicamente en la unificación operativa de las plantas que permite resolver los problemas identificados:

- Desplazamientos riesgosos entre tableros de control independientes durante la operación.
- Operatividad en modo manual con señales forzadas sin sincronización de estaciones para una correcta recirculación del material abrasivo.
- HMI en idioma chino con difícil interpretación
- PLCs obsoletos y sin acceso al código de control.

2.4.2 Criterios técnicos: confiabilidad, mantenibilidad, seguridad, escalabilidad y compatibilidad con equipos existentes

La actualización del sistema de control en la planta se diseña bajo criterios técnicos específicos que garantizan su viabilidad operativa, alineados con los requerimientos funcionales y técnicos del Capítulo 1.

- Confiabilidad: Al migrar a dispositivos vigentes en el mercado se aseguran repuestos, actualizaciones y soporte a largo plazo. Además, se obtiene comunicación PROFINET/ETHERNET integrado en el CPU, lo que facilita la interacción con los equipos permitiendo añadir nuevas entradas y salidas según la disponibilidad física del equipo.
- Mantenibilidad: Un HMI en español que pretende ser intuitivo con un modo mantenimiento que facilita la realización de pruebas de funcionamiento y que reemplaza la interfaz china actual, con un diagnóstico centralizado desde un solo punto. Al utilizar TIA Portal se simplifican las modificaciones de código Ladder vs. STEP7 MicroWIN XP, el cual se encuentra discontinuado, reduciendo el tiempo promedio de interacción con el código ante la falla.
- Seguridad: Al realizar la unificación operacional de las plantas utilizando solo un controlador y HMI se eliminan los desplazamientos del personal de apoyo entre tableros independientes de las plantas que se vuelven riesgosos para el operario que se encuentra granallando dentro de la cabina por la velocidad de respuesta ante una falla. Este diseño de mejora permite la coordinación de 4 mangueras simultáneamente desde el HMI central vs. la operación actual que requiere operar ambas estaciones independientemente.
- Escalabilidad: S7-1200 1214C admite módulos adicionales para sensores, actuadores o inclusive HMI futuros agregando el Switch ethernet correspondiente.

- Compatibilidad con equipos existentes: Conserva aproximadamente el 83% componentes funcionales.

2.5 RIESGOS A LA SALUD DE LAS PERSONAS Y AL MEDIO AMBIENTE

El estudio de los riesgos a la salud de las personas y al medio ambiente constituye un aspecto fundamental para justificar técnica y sanitariamente la actualización del sistema de granallado. En este sentido, se analizan las condiciones actuales de operación y su relación con la exposición ocupacional, las emisiones al entorno y la necesidad de implementar medidas de control acordes con la normativa vigente.

2.5.1 Riesgos ocupacionales

La operación actual con el equipo portátil genera una cantidad importante de material particulado respirable. La evidencia técnica disponible en el artículo “Particulate Emission Factors for Blasting Operations and Other Potential Sources” indica que el granallado con escoria de cobre puede producir emisiones de particulado total y fracciones finas asociadas a polvo inhalable, incluyendo rangos compatibles con PM10 y, en determinadas condiciones, PM2.5, aunque su magnitud depende de la presión de trabajo y las condiciones de ventilación. Esta exposición puede provocar irritación cutánea y respiratoria en operadores y personal secundario. Si bien el uso de escoria de cobre evita la exposición propia del chorro de arena con sílice cristalina prohibido como limpieza abrasiva en seco por el D.S. 122/2015, la dispersión de polvo en la cabina actualmente utilizada sin contención hermética ni ventilación sigue representando un riesgo relevante para los trabajadores.

2.5.2 Impacto ambiental

Emisiones particuladas que podría incluir del rango PM10 y PM2.5 contaminan el aire circundante por una falta de recirculación eficiente del material abrasivo y residual, falta de hermeticidad y nula extracción y filtrado del aire. La maquinaria portátil genera dispersión continua vs. La planta industrial (cabina 13x6x6m hermética) que captura gran parte del abrasivo, pero que en la actualidad no opera correctamente, desperdiciando escoria cobre y aumentando residuos.

2.6 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA MODERNIZACIÓN

Respecto a la seguridad se observa un ahorro multas + bienestar: Por medio de propuesta de mejora para habilitar la planta existente vs. La maquinaria portátil riesgosa para el ambiente y la salud de los trabajadores, se evitan multas DS 122/2015 por incumplimiento del artículo 32, artículo 33, artículo 35, asociados a la ventilación del espacio de trabajo. Lo que genera bienestar en los trabajadores y el cumplimiento normativo, justificando una inversión mínima y conservando la mayoría de los componentes que componen las plantas.

El Capítulo 2 ha establecido los fundamentos teóricos, técnicos y normativos que sustentan la propuesta de actualización del sistema de control en la planta de granallado de Boiler Comp. Comenzando desde la descripción detallada del proceso por aire a presión, pasando por los principios de control en lazo abierto optimizado a un lazo cerrado ON/OFF con retardo, la estructura de sensores y actuadores existentes, hasta la selección del PLC S7-1200 como solución y los criterios técnicos que garantizan confiabilidad, mantenibilidad y seguridad. Como se ha observado se ha logrado construir la base técnica para resolver las limitaciones identificadas en el Capítulo 1.

Esta fundamentación valida la alternativa 2 seleccionada por sobre las otras dos opciones mencionadas, cumpliendo con los requerimientos funcionales y técnicos del Capítulo anterior.

La modernización entrega solución y optimiza la recirculación del material abrasivo, extracción y filtrado del polvo, elimina los riesgos que conllevan los desplazamientos entre tableros de control mientras se opera el equipo y se alinea con la normativa DS 122/2015 y el plan silicosis 2009-2030 mediante lo mencionado anteriormente.

Los riesgos ocupacionales y ambientales identificados justifican económicamente la actualización, ya que evita multas que pueden alcanzar las 1000 UTM, reduce accidentabilidad y prioriza el bienestar de los trabajadores, enfocándose en el objetivo general del Capítulo 1: Diseñar un sistema de control integrado para la habilitación y unificación operativa de las plantas de granallado existentes, optimizando la seguridad y la eficiencia, mediante la reutilización y correcta configuración de los actuadores, y sensores instalados en terreno.

Con estos fundamentos consolidados, el Capítulo 3 desarrollará la solución técnica detallada: diseño código Ladder unificado, diagramas eléctricos PLC S7-1200 + SM1223, HMI en español y cubicaciones materiales, consolidando el diseño de la actualización a sistema de control de granallado.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO TÉCNICO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL
DE PLANTA DE GRANALLADO

3 **DESARROLLO TÉCNICO DE MEJORA AL SISTEMA DE CONTROL DE PLANTA DE GRANALLADO**

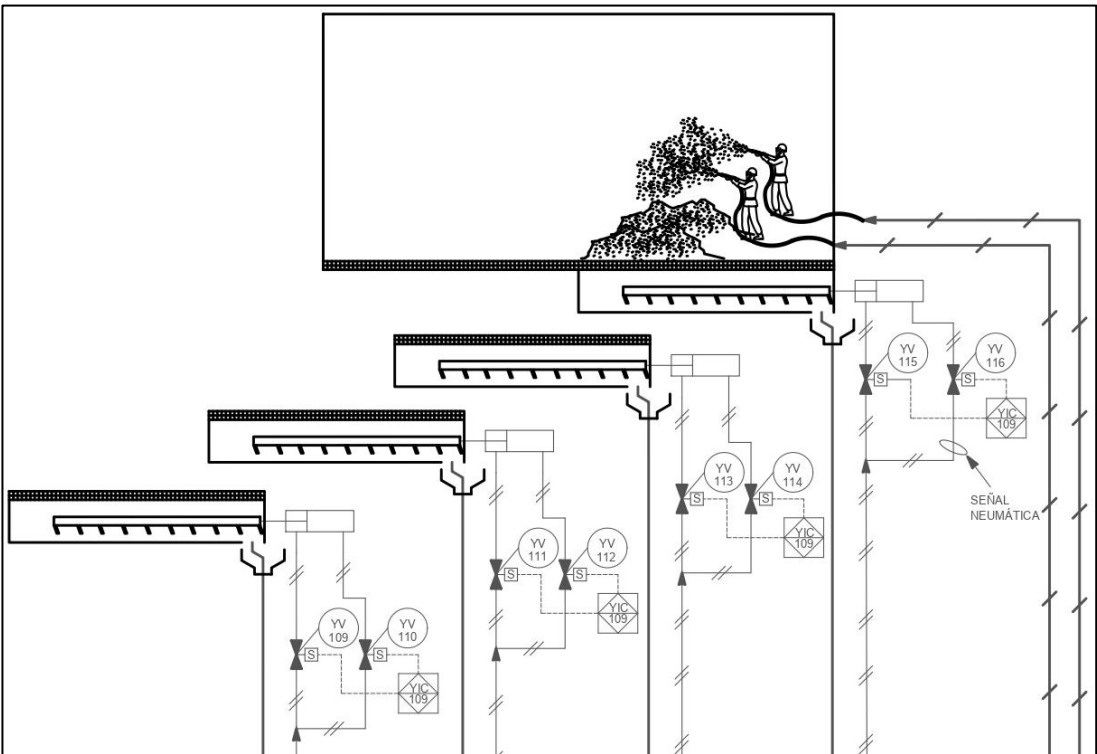
En este capítulo se plasmará el diseño conceptual de la propuesta de mejora al sistema de control de la planta de granallado basado en la alternativa N°2 escogida en el capítulo N°1, cumpliendo con los objetivos definidos en el mismo capítulo y fundamentados en el capítulo N°2.

3.1 **LEVANTAMIENTO DE DATOS Y FUNCIONAMIENTO**

Al momento de evaluar la propuesta de mejora N°2 a la cabina de granallado se realiza el levantamiento de componentes expuesto en el capítulo N°1 y al mismo tiempo se realiza la evaluación del funcionamiento de cada una de las plantas para concluir que ambas poseen el mismo funcionamiento. Para lo cual se crea un diagrama P&ID de una de las plantas (ver plano P-001), que permite realizar una representación gráfica de la interconexión de equipos, tuberías e instrumentación de control asociada a cada parte del proceso.

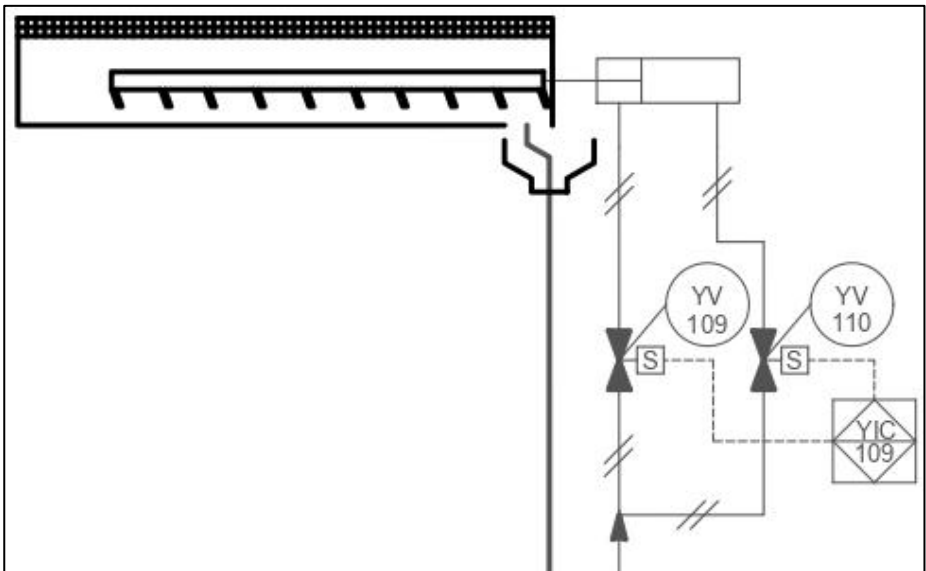
A continuación, se presentan las partes que componen el proceso de granallado con ilustraciones extraídas desde el Anexo N°1:

- Cabina de granallado con sistema de recolección por arrastre tipo harneros (ver figura 3-1 y figura 3-2).



Fuente: Fragmento extraído de plano P&ID N° P-001

Figura 3-1 Cabina y sistema de recolección de abrasivo

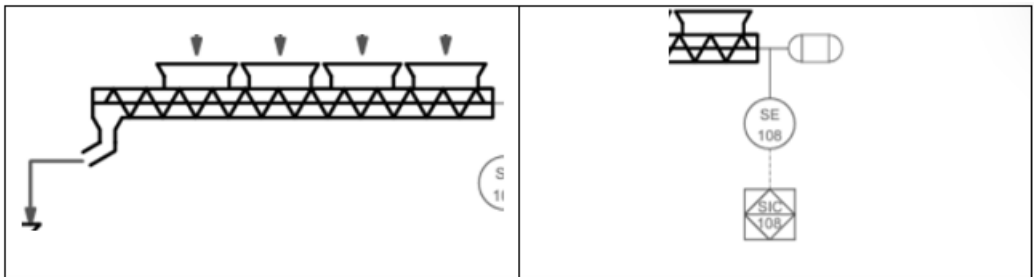


Fuente: Fragmento extraído de plano P&ID N° P-001

Figura 3-2 Sistema de recolección de abrasivo

El suelo de la cabina se compone de 4 cilindros neumáticos de doble efecto por cada lado que corresponden a cuatro por planta (8 cilindros en total). Estos se encargan de mover repetitiva y automáticamente las palas de recolección de material abrasivo.

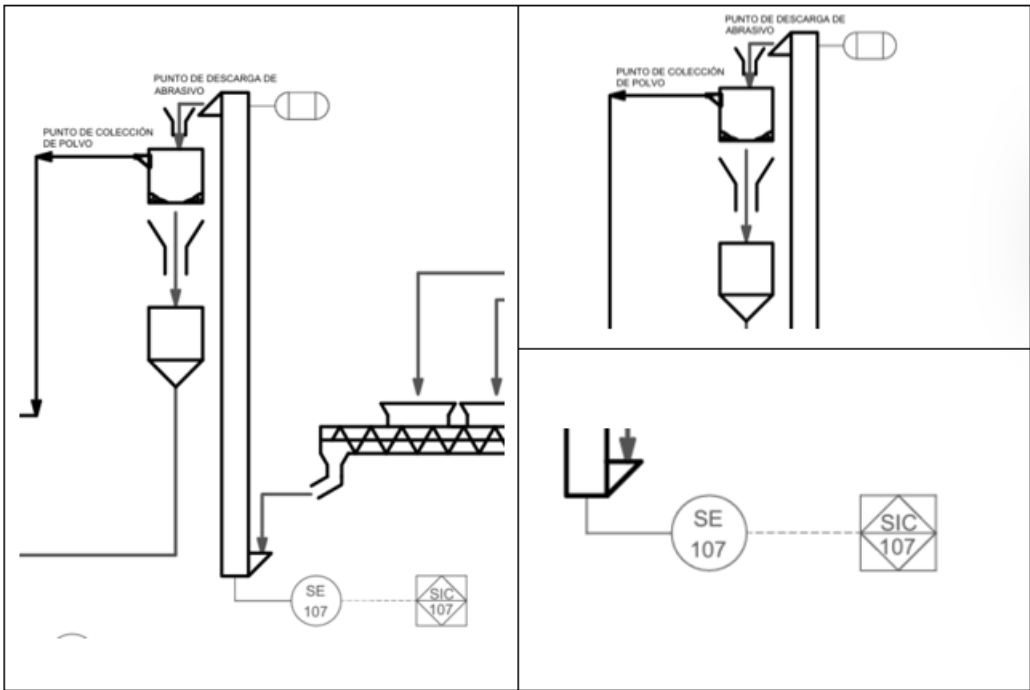
- Transportadores de material abrasivo horizontal y vertical (ver figura 3-3 y figura 3-4).



Fuente: Fragmento extraído de plano P&ID N° P-001

Figura 3-3 Transportador horizontal de abrasivo

El sistema encargado de transportar el material abrasivo de manera horizontal (uno por cada planta) se conforma de un motor eléctrico de 380VAC 4kW que gira a 1435 RPM unido a un reductor que convierte dichas RPM a tan solo 49 RPM y es monitoreado por un sensor inductivo PNP que censa un disco ranurado acoplado al eje sin fin que gira por el movimiento producido por del motor.

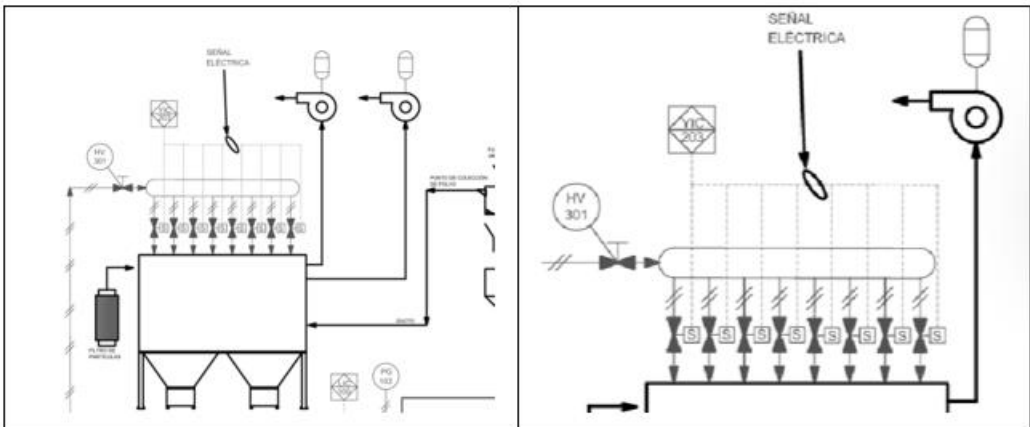


Fuente: Fragmento extraído de plano P&ID N° P-001

Figura 3-4 Elevador de material abrasivo

El sistema de transporte de material abrasivo vertical (uno por cada planta) consiste en un elevador de canastos que toma el material desde la parte inferior desde el eje sin fin y lo eleva hasta un recipiente encargado de clasificar el calibre del material abrasivo entre desechos, polvo y el material que avanza hacia el acumulador ubicado en altura. Este sistema al igual que el transportador de abrasivo horizontal se conforma de componentes eléctricos con las mismas características y disposición.

- Sistema de extracción y filtrado del aire de la cabina (ver figura 3-5).



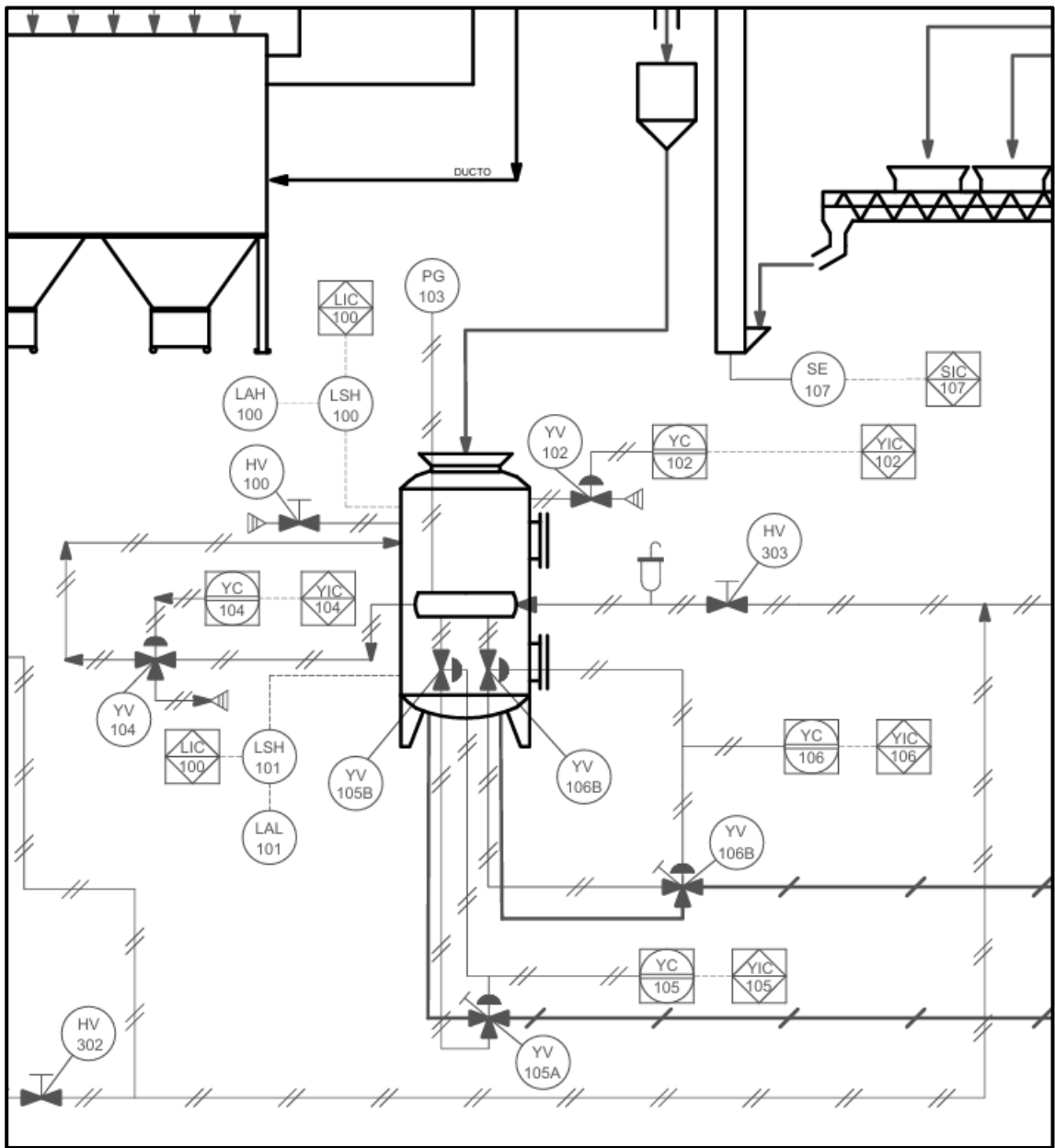
Fuente: Fragmento extraído de plano P&ID N° P-001

Figura 3-5 Sistema de extracción y filtrado de aire

El sistema de extracción y filtrado del aire de la cabina ejecuta 2 funciones importantes en el proceso, la primera es extraer y filtrar el aire con polvo producido por el granallado desde la cabina y en segundo, mediante la succión que genera realiza el clasificado de material por peso en el recipiente posterior al elevador de canastos mencionado en el titulo anterior.

Este proceso contempla para cada uno de los 2 acumuladores de polvo (uno por cada planta) 2 motores extractores de 380VAC 15kW que giran a 2929RPM para generar la succión necesaria y 8 válvulas neumáticas de tipo membrana controladas por selenoide de 24VDC se encargan de quitar la saturación de polvo en los filtros dentro de los acumuladores de polvo.

- Estanque de inyección de granalla (ver figura 3-6)



Fuente: Fragmento extraído de plano P&ID N° P-001

Figura 3-6 Estanque de control de recirculación e inyección de abrasivo

En esta etapa del proceso el material abrasivo que ya avanzo desde la fase de clasificación en el acumulador ubicado en altura es almacenado en la mitad superior del estanque de inyección.

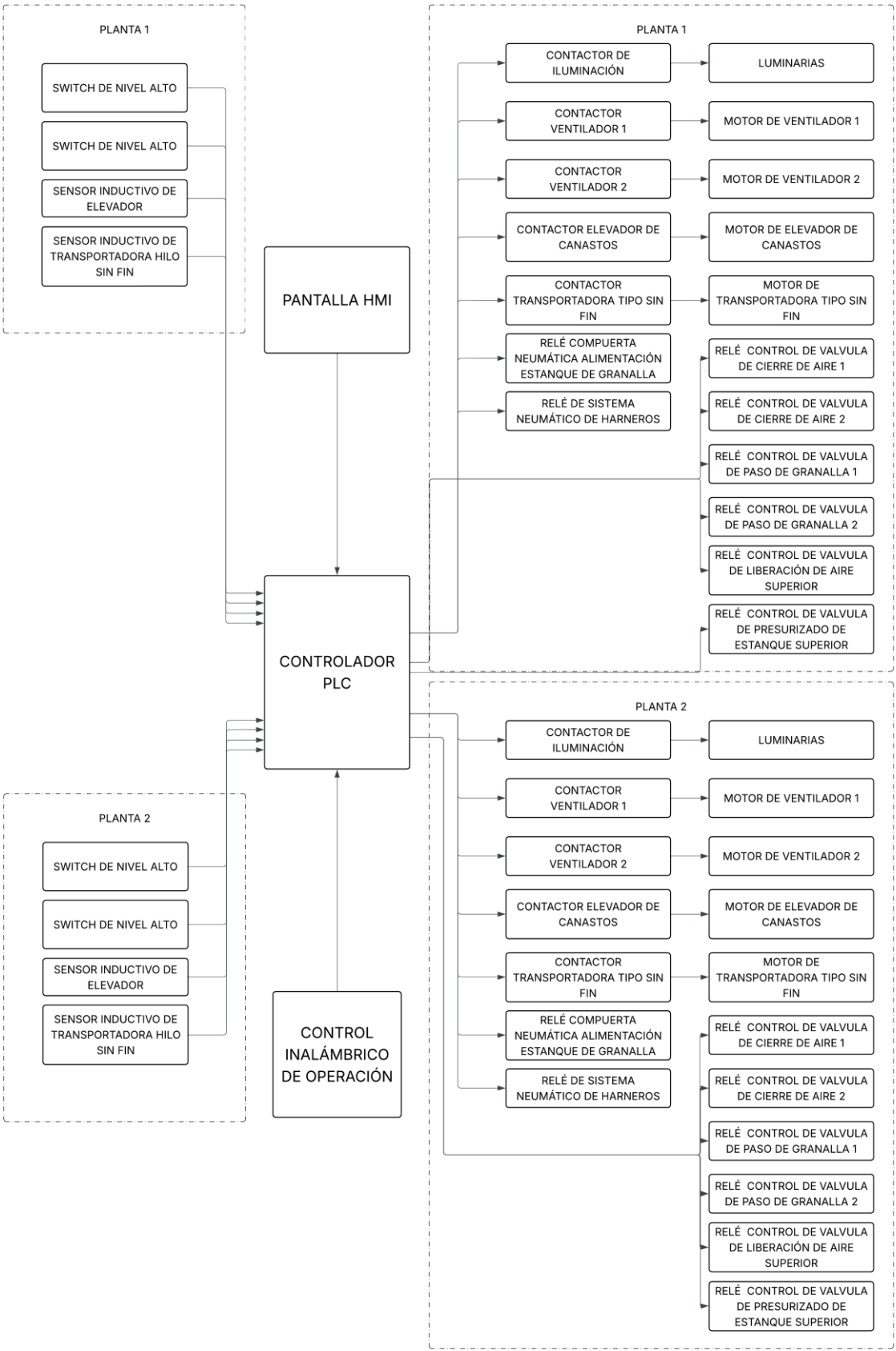
El estanque de inyección idéntico para cada planta se divide en una sección superior y una inferior que se presurizan de manera independiente y son separados por una compuerta flotante encargada de bloquear el paso del material abrasivo desde el nivel superior al inferior mientras no se encuentre presurizada la sección superior cuando la sección inferior si lo esté. también posee una compuerta flotante en la entrada de la sección superior que se cierra cuando es presurizada dicha sección. Además de poseer un cilindro de doble efecto que cierra el paso al ducto que permite la bajada de material abrasivo desde el acumulador ubicado en altura.

En este estanque se produce la recirculación automática mediante sensores de nivel tipo paleta rotativa que cuando van detectando el llenado de las secciones van presurizando y despresurizando las secciones para permitir que baje el material abrasivo y sea dispensado hacia las mangueras de granallado de los operadores y posteriormente ser tomadas por el sistema de recolección por arrastre. Esto utilizando la válvula neumática asociada a cada sección.

Esta etapa también contempla dos válvulas encargadas de controlar el paso del aire y dos válvulas encargadas de limitar el paso de material abrasivo hacia las mangueras de granallado.

3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para desarrollar la propuesta definida en la alternativa N°2 se debe tener en consideración la siguiente representación de diagrama de bloques que esquematiza el objetivo de unificación de las plantas (figura 3-7, dispuesta en la página siguiente). Desde ahí se comprende que en la propuesta ambas plantas de granallado trabajan para una misma cabina hermética y serán controladas desde un solo PLC con un solo HMI.



Fuente: Diagrama de bloques de creación propia

Figura 3-7 Esquema de unificación

Nota: Cada Relé comanda una o un grupo de solenoides de electroválvulas neumáticas.

3.2.1 Elección de equipos de control

En este apartado, se hace una elección de los distintos equipos de control para realizar el control de la planta retomando algunos ya mencionados en el capítulo N°1 para eso, se debe elegir:

- PLC
- HMI (Interfaz Humano Maquina)

3.2.2 Elección de PLC

Tal como fue mencionado en el capítulo N°2 el PLC escogido para la propuesta de mejora es el Siemens s7-1200 1214C AC/DC/RLY (ver Figura 3-8) debido a lo siguiente:

- Se conserva la marca con la cual trabaja el equipo en este caso Siemens el cual posee una alta flexibilidad para reprogramar mediante TIA Portal V18.
- Se mantiene la configuración AC/DC/RLY para la total compatibilidad con los relés y sensores existentes apuntando al mantener la mayor cantidad de componentes de la planta.
- Se escoge el modelo 1214C por sobre los modelos 1211C u 1212C debido a que admite 8 módulos de expansión justo por sobre los 2 que se utilizarán en esta propuesta, dejando la posibilidad de futuras mejoras a la planta que requieran otros puertos.

De acuerdo con la compilación realizada en TIA Portal, el programa utiliza 5.670 bytes de los 150.600 bytes de memoria de trabajo disponibles, equivalente aproximadamente al 4 % de su capacidad. Asimismo, la memoria de carga presenta una utilización del 3 %. Por lo tanto, la CPU dispone de un amplio margen de capacidad para la ejecución del programa y eventuales ampliaciones, no justificándose la selección de una CPU 1215C únicamente por requerimientos de memoria.

- Memoria de carga utilizada: 133.674 bytes (3 %)
- Memoria de trabajo utilizada: 5.670 de 150.600 bytes (4 %)



Fuente: Siemens página oficial

Figura 3-8 PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY

3.2.3 Elección de módulo de expansión

Complementando lo ya mencionado en el capítulo N°2, la elección del módulo de expansión se basa en cumplir con el número de entradas y salidas digitales dispuestas en el código Ladder creado (Anexo 1: Código Ladder). Para ello se consideran 2 módulos de expansión SM1223 DC/RLY (ver figura 3-9), los cuales integran:

- Plena compatibilidad de PLC s7-1200
- 8 entradas digitales 24VDC
- 8 salidas digitales (relé 2A)



Fuente: Siemens página oficial

Figura 3-9 SM1223 DC/RLY

3.2.4 Elección de HMI

Para la elección de HMI se mantiene la línea Siemens específicamente el modelo KTP1200Basic (ver figura 3-10), aumentando solo las dimensiones de la pantalla para una mejor distribución de las pantallas creadas visibles en el anexo 2: Pantallas de HMI.



Fuente: Siemens página oficial

Figura 3-10 HMI KTP 1200 Basic

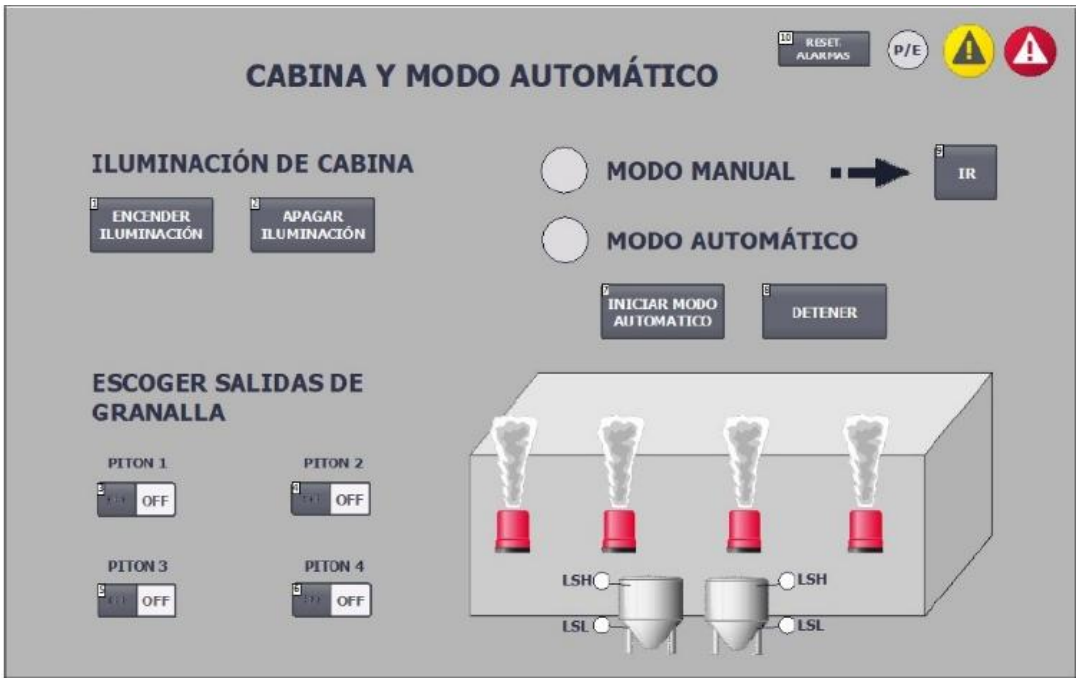
3.2.5 Programa de control del proceso

Mediante la utilización del software TIA Portal se desarrollará el programa de control de la planta, a partir del cual se elaborará el código Ladder correspondiente, presentado en el Anexo N°1. Este programa permitirá definir la lógica de operación del sistema, estableciendo una secuencia ordenada, segura y coherente con las necesidades del proceso de granallado, en función del diseño propuesto. De igual modo se plasma el manual de operación del programa, el cual se encuentra disponible como Anexo E.

En términos operativos, el programa definirá tres modos de trabajo diferenciados, orientados a cubrir las distintas necesidades de funcionamiento de la planta, tales como funcionamiento en modalidad automática, operación manual y un apartado enfocado mantenimiento y pruebas. Cada uno de estos modos contará con condiciones de habilitación específicas, secuencias de operación propias y restricciones de seguridad, con el fin de asegurar un funcionamiento confiable y adaptado a cada etapa del proceso.

3.2.5.1 Modo Automático

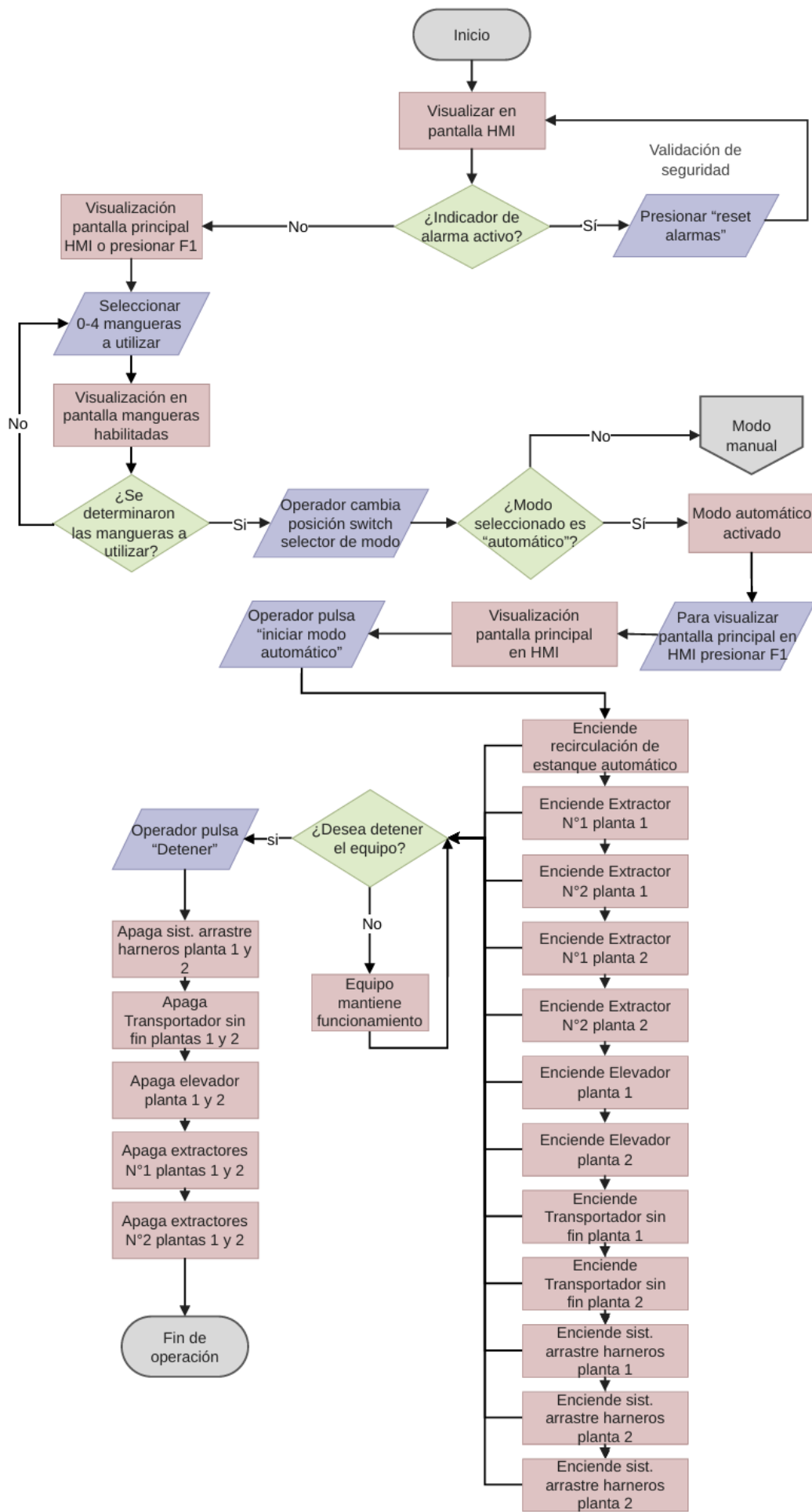
La pantalla del modo automático (Anexo B-1) que al mismo tiempo es la Root Screen del HMI (ver figura 3-11), además de iniciar el funcionamiento en modo automático de la totalidad de equipos incluyendo recirculación de material abrasivo, filtrado y extracción de polvo de la cabina, contempla el apartado para encender la iluminación y habilitación de las mangueras de operación de granallado (Piton 1,2,3 y 4).



Fuente: Creación propia en TIA Portal

Figura 3-11 Screen modo automático

En la figura 3-12 (también dispuesto en anexo C-1) se detalla el diagrama de flujo correspondiente a la operación del modo Automático, desde la selección de modo hasta el inicio y detención del equipo.

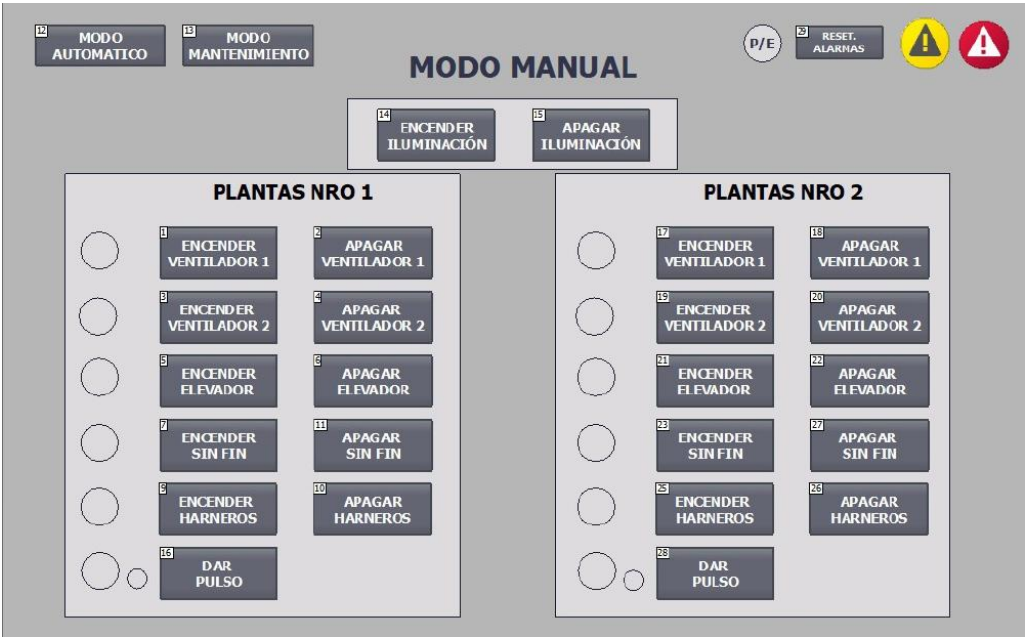


Fuente: Creación propia en Drawio.com

Figura 3-12 Diagrama de flujo para modo automático

3.2.5.2 Modo Manual

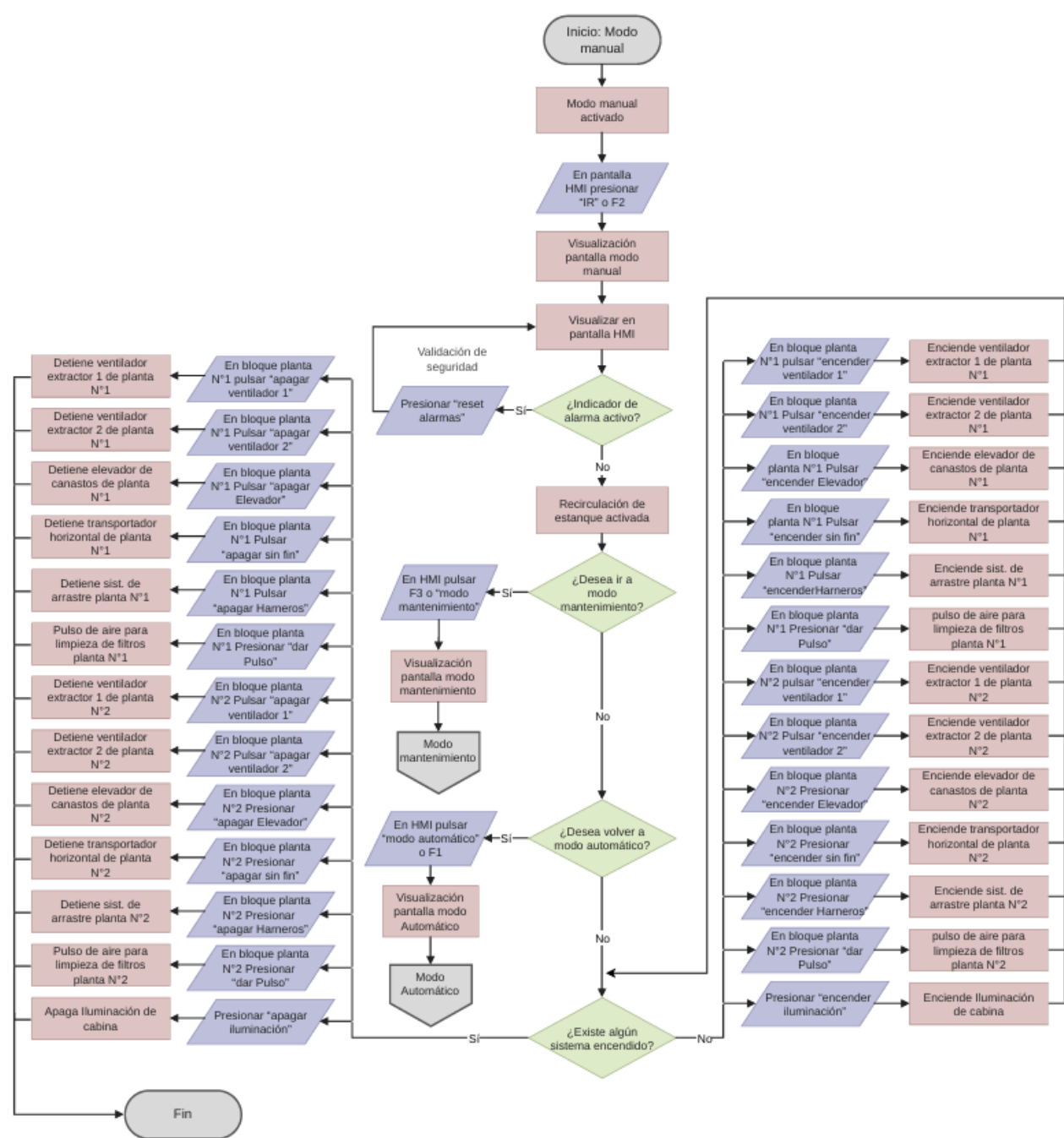
Modalidad de trabajo en la cual el operador podrá arrancar cada equipo de la planta por separado, enfocado en trabajar con la mitad de la cabina, o solo recuperar abrasivo mientras se hace limpieza de la cabina, manteniendo siempre activo el sistema de control de llenado y recirculación del estanque dispensador de abrasivo para no saturar los acumuladores. Esto se trabaja desde la Process Screen (ver figura 3-13) a la cual se puede ingresar presionando F2 en el HMI o pulsando el recuadro “IR” en la Root Screen del modo automático.



Fuente: Creación propia en TIA Portal

Figura 3-13 Screen modo manual

En la figura 3-14 (también dispuesto en anexo C-2) se detalla el diagrama de flujo correspondiente a la operación del modo manual, desde la selección de modo hasta el inicio y detención de cada sección de la planta por separado.

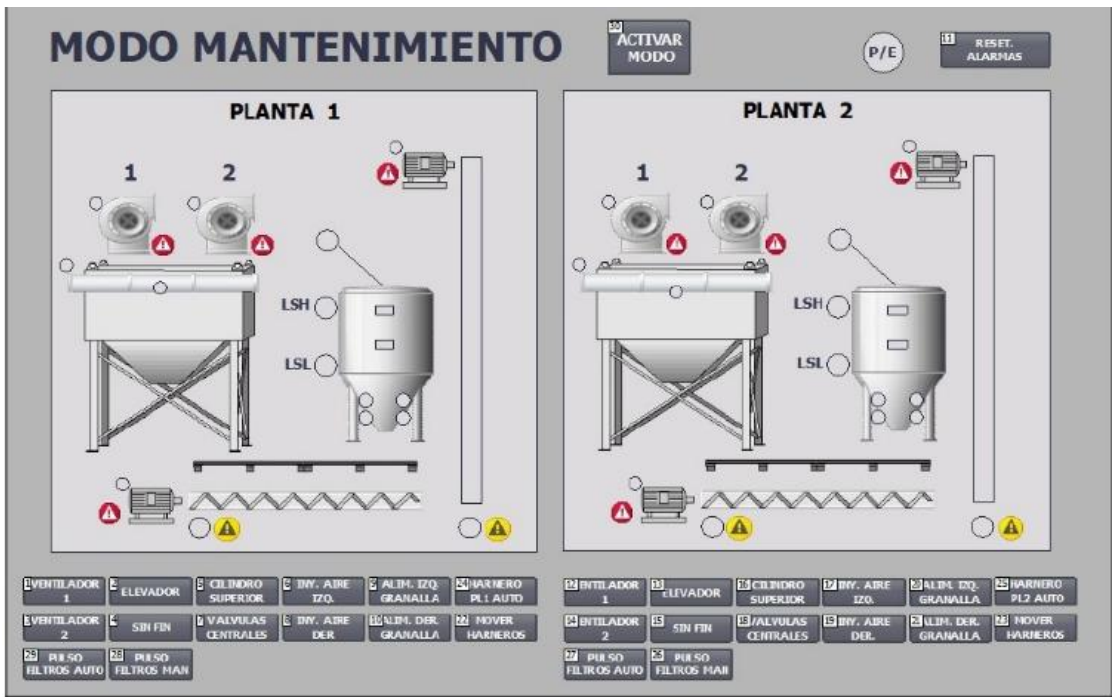


Fuente: Creación propia en Drawio.com

Figura 3-14 Diagrama de flujo para operación de modo manual

3.2.5.3 Modo Mantenimiento

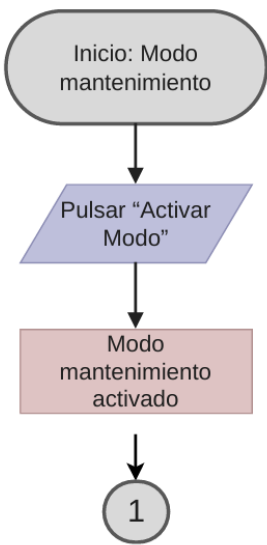
La Process Screen del modo mantenimiento (figura 3-15) está destinada principalmente a operar como un facilitador para el mantenedor al momento de requerir realizar pruebas de operatividad en la planta, ya que enciende y apaga a voluntad de manera independiente cada componente con un indicador lumínico en pantalla del estado de las salidas y entradas del PLC.



Fuente: Creación propia en TIA Portal

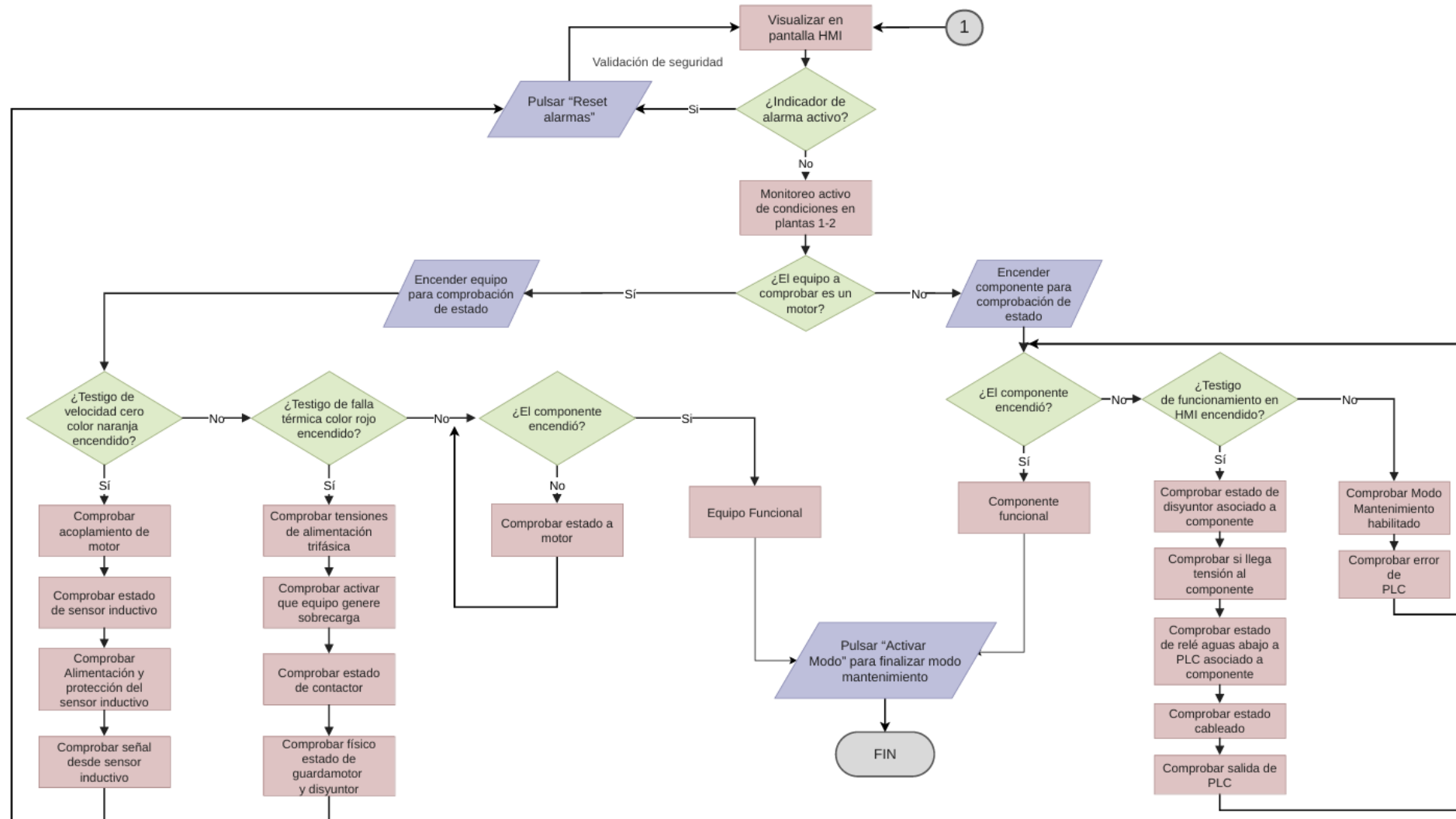
Figura 3-15 Screen modo mantenimiento

En la figura 3-16 (también dispuesto en anexo C-3) se detalla el diagrama de flujo correspondiente a la operación del modo mantenimiento, esta vez enfocado en el análisis de falla, con lo cual el mantenedor especialista podrá ir activando y desactivando componentes al mismo tiempo que analiza y encuentra la condición que requirió utilizar este modo



Fuente: Creación propia en Lucidchart

Figura 3-16 Diagrama de flujo para diagnóstico y mantenimiento



Fuente: Creación propia en Drawio.com

Figura 3-17 Continuación: Diagrama de flujo para diagnóstico y mantenimiento

3.2.5.4 Selección de modos

Físicamente uno de los componentes que se mantiene es un switch encargado de cambiar de modo automático a manual por lo cual en la Root Screen solo se visualiza el indicador lumínico mostrando qué modo está activo. Diferente es para el modo mantenimiento, el cual se activa y desactiva desde la screen de modo mantenimiento y anula por completo la operatividad del switch que escoge el modo de trabajo automático o manual.

3.2.5.5 Alarmas

El código posee alarmas visuales en pantalla ante falla de motores eléctricos o falta de lectura en sensores. En caso se active un guardamotor o algún proceso de traslado de material se detendrá la recirculación de material abrasivo de granallado, por otro lado, si la falla es en un extractor, la alarma estará presente pero el proceso continuará con los extractores restantes. En la tabla 3-1, se detalla el significado de cada uno de los símbolos de alarma presentes en el HMI del proceso:

Tabla 3-1 Tabla de simbología de alarmas en HMI.

Imagen de referencia	Descripción
	Simbología roja indica que al menos una protección guardamotor se encuentra activa
	Simbología amarilla indica perdida de señal de sensor inductivo de velocidad cero.
	Simbología de fondo rojo indica parada de emergencias activada.
	Pulsador para reiniciar condición de alarmas.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.6 Asignación de entradas y salidas (I/O) en PLC

A continuación, se visualizan dos tablas: tabla 3-2 que contempla 22 entradas digitales y tabla 3-3 de 27 salidas digitales, las cuales definen cada conexión al PLC proveniente de sensores dispuestos en la planta o bien dirigidas a relés y contactores de componentes de operación:

Tabla 3-2 Tabla de asignación de entradas en PLC

Nº	ENTRADAS	TIPO DE DATO	I
1	GUARDAMOTOR SIN FIN PL2	Bool	%I2.5
2	GUARDAMOTOR SIN FIN PL1	Bool	%I2.4
3	GUARDAMOTOR ELEVADOR PL2	Bool	%I2.3
4	GUARDAMOTOR ELEVADOR PL1	Bool	%I2.2
5	GUARDAMOTOR VEN 2 PL2	Bool	%I2.1
6	GUARDAMOTOR VEN 1 PL2	Bool	%I2.0
7	GUARDAMOTOR VEN 2 PL1	Bool	%I1.7
8	GUARDAMOTOR VEN 1 PL1	Bool	%I1.6
9	PL2 VELOCIDAD CERO DE SIN FIN	Bool	%I1.5
10	PL2 VELOCIDAD CERO ELEVADOR	Bool	%I1.4
11	HABILITACION REMOTA 4	Bool	%I1.3
12	HABILITACION REMOTA 3	Bool	%I1.2
13	HABILITACION REMOTA 2	Bool	%I1.1
14	HABILITACION REMOTA 1	Bool	%I1.0
15	PL2 SENSOR ACUMULADOR NIVEL BAJO	Bool	%I0.7
16	PL2 SENSOR ACUMULADOR NIVEL ALTO	Bool	%I0.6
17	PL1 SENSOR ACUMULADOR NIVEL ALTO	Bool	%I0.5
18	PL1 SENSOR ACUMULADOR NIVEL BAJO	Bool	%I0.4
19	PL1 VELOCIDAD CERO DE SIN FIN	Bool	%I0.3
20	PL1 VELOCIDAD CERO ELEVADOR	Bool	%I0.2
21	PARADA EMERGENCIA	Bool	%I0.1
22	AUTOMATICO/MANUAL	Bool	%I0.0

Fuente: Elaboración propia.

Nota1: Para tabla de entradas PL1 indica planta 1 y PL2 indica planta 2

Tabla 3-3 Tabla de asignación de Salidas en PLC

Nº	SALIDAS	TIPO DE DATO	Q
1	SALIDA DE PULSO DE LIMPIEZA PL2	Bool	%Q8.3
2	SALIDA DE PULSO DE LIMPIEZA PL1	Bool	%Q8.2
3	ILUMINACION	Bool	%Q8.1
4	PL2 VALVULA DE PASO DE AIRE 2	Bool	%Q8.0
5	PL2 VALVULA DE PASO DE AIRE 1	Bool	%Q2.7
6	PL2 VALVULA DE PASO GRANALLA 2	Bool	%Q2.6
7	PL2 VALVULA DE PASO GRANALLA 1	Bool	%Q2.5
8	PL2 CILINDRO DE LLENADO	Bool	%Q2.4
9	PL2 VALVULAS DE DESPRESURIZADO	Bool	%Q2.3
10	PL2 TRANSPORTADOR SIN FIN	Bool	%Q2.2
11	PL2 ELEVADOR	Bool	%Q2.1
12	PL2 VENTILADOR 1	Bool	%Q2.0
13	PL2 HARNEROS	Bool	%Q1.7
14	PL2 VENTILADOR 2	Bool	%Q1.6
15	PL1 VALVULA DE PASO DE GRANALLA A PITON 2	Bool	%Q1.5
16	PL1 VALVULA DE PASO DE AIRE 2	Bool	%Q1.4
17	PL1 VALVULA DE PASO DE GRANALLA A PITON 1	Bool	%Q1.3

Tabla 3-4 Continuación: Tabla de asignación de Salidas en PLC

Nº	SALIDAS	TIPO DE DATO	Q
18	PL1 VALVULA DE PASO DE AIRE 1	Bool	%Q1.2
19	PL1 VALVULA DE BLOQUEO A ACUMULADOR SUPERIOR	Bool	%Q1.1
20	PL1 VALVULA DE DESPICHE ESTANQUE SUPERIOR	Bool	%Q1.0
21	PL1 CILINDRO DE COMPUERTA	Bool	%Q0.7
22	PL1 LUZ TESTIGO AUTOMATICO DE HARNEROS	Bool	%Q0.6
23	PL1 HARNEROS	Bool	%Q0.5
24	PL1 TRANSPORTADOR SIN FIN	Bool	%Q0.3
25	PL1 ELEVADOR	Bool	%Q0.2
26	PL1 VENTILADOR 2	Bool	%Q0.1
27	PL1 VENTILADOR 1	Bool	%Q0.0

Fuente: Elaboración propia.

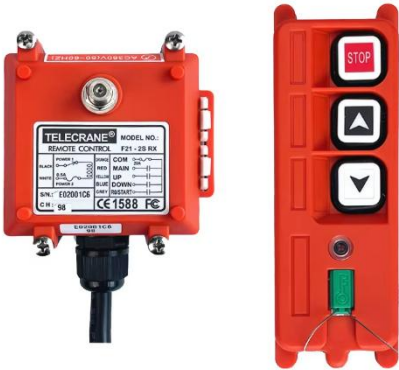
Nota2: para tabla de salidas PL1 indica planta 1 y PL2 indica planta 2

3.2.5.7 Control Remoto

El sistema de habilitación de mangueras de granallado será modificado mediante la sustitución del sistema selector cableado existente por un esquema de control remoto, asignando un dispositivo de control por cada dos mangueras de granallado. Cada unidad de control remoto contará con un pulsador de detención, un interruptor tipo “hombre muerto” y un pulsador independiente para la activación de cada una de las dos mangueras.

Cabe señalar que dichos dispositivos de control remoto ya se encuentran en posesión de la empresa, por lo que la mención se centrará en la inclusión de las entradas digitales I1.0, I1.1, I1.2 e I1.3 correspondientes a habilitación de mangueras de granallado en el diseño propuesto.

Los dispositivos de control remoto corresponden a interruptores telecrane de Radio F21-2S (ver figura 3-17).



Fuente: Imagen de referencia extraída desde mercado en línea Aliexpress.

Figura 3-18 Control Remoto Telecrane F21-2S

3.2.5.8 Alimentación de sistema de control

Para mantener la confiabilidad del equipo propuesto se procede a considerar el cambio de la fuente de poder existente 24VDC 360W, que si bien se encuentra operativa al llevar instalada más de 10 años no asegura un correcto funcionamiento a mediano largo plazo.

Para ello se consideran dos fuentes de poder con funciones específicas (tabla 3-4), una fuente de 60W mínimo destinada a alimentar al PLC, extensiones de este y sensores de la planta, mientras que para alimentación de los solenoides para válvulas neumáticas de limpieza de filtros se requiere una fuente de poder de 260W mínimo. En base a todo lo mencionado se consideran los siguientes componentes:

Tabla 3-5 Fuentes de poder propuestas

Equipo considerado	Potencia	Potencia requerida
Phoenix contact UNO PS/1AC/24DC/100W	100W/220V	60W
WEIDMULLER - PRO ECO3 480W 24VDC 20A	480W/380V	260W

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.9 Dimensionamiento de cableado y protecciones

Dimensionamiento de cableado y protecciones para fuentes de poder según consumo máximo de entrada indicado por fabricante y cargas asociadas:

- Corriente de entrada fuente 3ø 400VAC /24VDC: 1.5A
- Corriente de entrada fuente 1ø 220VAC /24VDC: 0.95A
- Carga conectada a fuente 3ø: 260W ~ 11A
- Carga conectada a fuente 1ø: 60W ~ 2.5A

Utilizando la información suministrada se procede a ubicar los materiales proyectados para la alimentación de los componentes a instalar dentro del gabinete.
Para una correcta elección de conductores en base a las cargas mencionadas anteriormente y considerando una instalación en bandeja ranurada se evalúa según el método de instalación B1 de la normativa RIC 2021 (ver figura 3-18):

CABLES PARA TENDIDO FIJO TEMPERATURA DE SERVICIO 70 °C. Aplica para los conductores H07V, H07Z1, THWN, NYIFY, ACOMETIDA.				
Sección nominal [mm²]	Sección en sistema americano [AWG] o [kcmil]	A1	B1	Method E
		Método de instalación A1. Temp. ambiente 30 °C	Método de instalación B1. Temp. ambiente 30 °C	Método de instalación E. Temp. ambiente 30 °C
1,5	-	14	16	19
2,08	14	16	19	22
2,5	-	18	21	24
3,31	12	21	25	30
4	-	24	28	31
5,26	10	28	34	38

Fuente: Normativa RIC 2021

Figura 3-19 Sección vs corriente en conductores

Se escoge un cable monopolar libre de halógeno de 1.5mm² que soporta hasta 16A según el tipo de montaje evaluado y presentados a continuación en la tabla 3-5 Listado de materiales:

Tabla 3-6 Listado de materiales N°1

Descripción	Cantidad
Cable h07z1-k 1,5mm² azul	5 metros
Cable h07z1-k 1,5mm² negro	50 metros
Cable h07z1-k 1,5mm² rojo	50 metros
Cable h07z1-k 1,5mm² blanco	5 metros
Cable h07z1-k 1,5mm² verde	5 metros
Porta fusibles 8x32	5 Und
Fusibles 8x32 4A	3 Und
Fusible 8x32 6A	2 Und
Terminal ferrul 14awg	200 Und
Terminal de ojo 5/16 16awg	5 Und
Cable utp cat 6 + conectores rj45 x 2 metros	2 Und

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que para asegurar la fiabilidad del sistema se propone en la cubicación el cambio de sensores inductivos y se incluye los cables de control que irán desde el gabinete principal hacia el gabinete de la planta N°2. A través de una bandeja porta conductores que posee una extensión de 26 metros para conseguir realizar la unificación del sistema de control de las plantas (ver tabla 3-6 Listado de materiales N°2)

Tabla 3-7 Listado de Materiales N°2

Descripción	Cantidad
Cable de control 14x1,0mm ²	30 metros
Cable de control 7x14awg	30 metros
Phoenix contact borneras de dos pisos 2.5mm ² st/l mant gr	22 Und.
Tapa final borneras de dos pisos 2.5 mm ² st/l mant gr	2 Und.
Riel din	2 metros
Borne lmant pit 2.5mm gr phoenix contact	22 Und.
Tapa final borne lmant pit 2.5mm gr Phoenix Contact	2 Und.
Autoperforante cabeza de lenteja 8mm x ½ pulgada	10 Und.
Espiral ordenacables 10mm x 2m	1 Und.
Base autoadhesiva 20x20mm	20 Und.
Amarras plasticas 100 x 2,5mm	20 Und.
Tope final para carril din	16 Und.
Sensor inductivo pnp 10-30vdc 4mm m12	4 Und.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Una vez definido el esquema completo de la ingeniería de mejora propuesta en los capítulos anteriores; incluyendo los equipos proyectados, código de control asociado, y materiales necesarios, es posible proceder a la evaluación de los costos del proyecto, así como de los beneficios esperados. Además, se incorpora un plan de actividades que orienta la implementación de la solución propuesta en un plazo real. En este análisis se contemplan costos relacionados con el precio de materiales, valor de la mano de obra, la configuración e implementación de código en equipos, el montaje y la verificación de su correcto funcionamiento.

4.1 MONEDA DE REFERENCIA

La presupuestación estará evaluada en pesos chilenos (CLP), dado que el proyecto se desarrolla para una empresa regional. No obstante, teniendo en consideración las posibles variaciones económicas en la moneda local, los costos se expresarán en Unidad de Fomento (UF), ampliamente utilizada en evaluaciones financieras en Chile.

El uso de la UF permite resguardar el valor del proyecto frente a la inflación, otorgando mayor estabilidad en el tiempo.

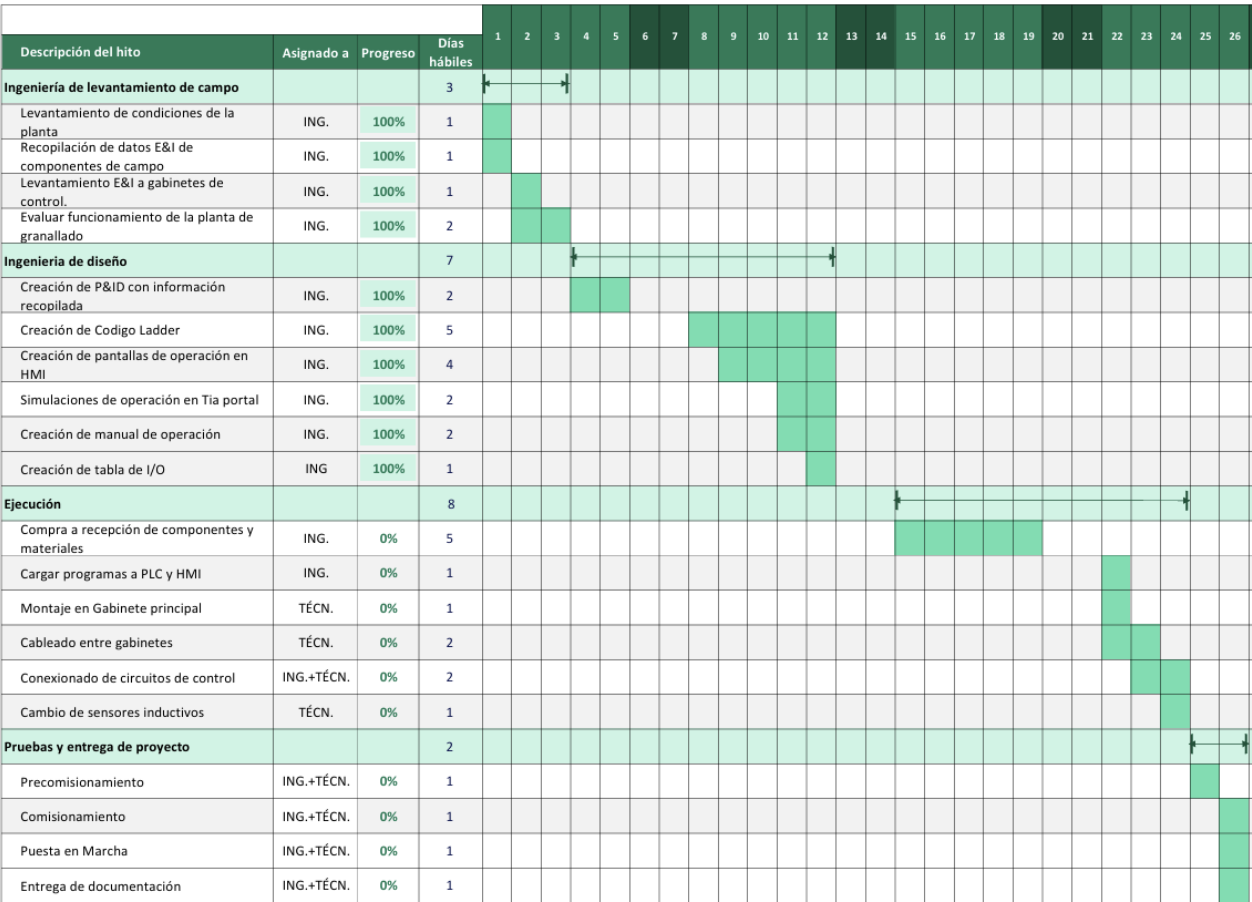
Al 09 de mayo de 2026, el valor de 1 UF corresponde a \$40.226,79 pesos chilenos (CLP), según información oficial del Banco Central de Chile (<https://www.bcentral.cl/inicio>).

4.2 PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

El proyecto propone una carta Gantt (ver figura 4-1) que establece los plazos hábiles que tomó la ingeniería en el diseño de la actualización propuesta (10 días hábiles), e incluye la proyección de la implementación en la planta de granallado, la cual tomaría 1 semana posterior a la compra de materiales. A continuación, se detallan las etapas y actividades necesarias para llevar a cabo la mejora al sistema de control del proceso de la planta de granallado:

- Ingeniería de campo: Etapa inicial en la cual se realiza la recopilación de información necesaria para efectuar el diseño en esta etapa se contempla un ingeniero más un ayudante técnico.
- Ingeniería de diseño: En esta etapa llevada a cabo por el ingeniero se ordena y plasma la información recopilada en un plano P&ID (ver plano P-001) que comprende el proceso actual de la planta y en base al plano se realiza la creación del código, pantallas, asignación de entradas y salidas físicas del PLC dispuesto y creación del manual de operación.

- Ejecución: a partir de esta etapa contemplando un ingeniero apoyado de un técnico se realizarían las actividades necesarias para el montaje de equipos, componentes y cableado entre plantas para unificación.
- Pruebas: idealmente con el mismo personal profesional se realizarían las mediciones de comprobación de estado de circuitos posterior al montaje, pruebas de operación de componentes y finalmente pruebas de funcionamiento y puesta en marcha.



Fuente: Carta Gantt de elaboración propia

Figura 4-1 Carta Gantt

4.3 COSTO DE EVALUACIÓN Y DISEÑO

El proyecto contempla el costo asociado al diseño de la propuesta de mejora, así como algún monto por posible imprevisto. El monto asociado al diseño abarca lo desglosado en la carta Gantt específicamente en la ingeniería de levantamiento de campo y la ingeniería de diseño. Los valores asociados se presentan en la tabla 4-1 a continuación:

Tabla 4-1 Costos de levantamiento y diseño

Descripción	Cantidad	Valor HH	Valor día (UF)	Total (UF)
Ingeniería de levantamiento de campo	3 días hábiles	0,414	3,73	11,19
Ingeniería de diseño	7 días hábiles	0,442	2,49	17,43
Suma parcial de remuneración de profesionales (UF)				28,62
Asignación leyes sociales (UF)	30%			8,586
Total, remuneraciones de profesionales (UF)				37,206
Imprevistos (UF)	10%			3,7206
Costo total de levantamiento y diseño				40,9266

Fuente: Elaboración propia

4.4 COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El costo de ejecución del proyecto corresponde a la valorización económica de todos los recursos necesarios para materializar la solución diseñada, considerando tanto los insumos materiales como la participación del personal técnico y profesional requerido para su implementación. En proyectos de control e instrumentación, este costo no solo depende de la adquisición de equipos y materiales, sino también de la mano de obra especializada encargada del montaje, la conexión, la verificación y la puesta en marcha del sistema. Por esta razón, para obtener una estimación realista y técnicamente fundamentada, es necesario contemplar cada uno de los componentes que intervienen directamente en la ejecución, distinguiendo entre costos de materiales, costos de personal, gastos asociados a la implementación y eventuales contingencias operativas.

4.4.1 Personal profesional requerido

Para estimar el valor de la ejecución del proyecto estudiado y diseñado es necesario contemplar profesionales aptos según las siguientes definiciones:

- Cargo: Ingeniero en control e instrumentación industrial.
 - Vacantes: 1

- Descripción de cargo: El ingeniero será el responsable de liderar la implementación del rediseño propuesto para el sistema de control del proceso, asegurando la correcta comprensión del funcionamiento de la planta mediante la interpretación adecuada de los planos P&ID, de acuerdo con la norma ISA 5.1. Asimismo, supervisará la integración de las soluciones técnicas propuestas, velando por el cumplimiento de los plazos establecidos y por la correcta ejecución de las actividades de ingeniería, montaje y validación del sistema.
- Requisitos:
 - Titulado de Ingeniería en Control e Instrumentación industrial
 - Conocimiento en procesos de granallado industrial
 - Conocimiento en norma ISA 5.1
 - Conocimiento en programación de PLC y HMI de la marca Siemens.
- Tipo de contrato: Faena transitoria
- Duración del contrato: 12 días
- Cargo: Técnico en automatización y control industrial
 - Vacantes: 1
 - Descripción del cargo: El personal técnico será responsable del montaje de la instrumentación, el sistema de control y el cableado correspondiente, además de prestar apoyo en las etapas de precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha. Asimismo, deberá verificar la correcta instalación de los componentes, colaborar en las pruebas funcionales y ejecutar sus actividades respetando en todo momento las medidas de seguridad asociadas a cada tarea.
 - Requisitos:
 - Titulado de técnico nivel superior en control e instrumentación industrial, electricidad o carrera a fin.
 - Al menos 1 año de experiencia en montaje.
 - Tipo de contrato: Faena transitoria
 - Duración del contrato: 5 días

Para efectos de este análisis, se establece un sueldo base mensual de \$2.200.000 para el cargo de Ingeniero en Control e Instrumentación Industrial, y de \$1.400.000 para el cargo de Técnico en Automatización y Control Industrial. Estos valores se toman como referencia a partir

de la información disponible en la página www.mifuturo.cl, la cual entrega estimaciones promedio de remuneración para técnicos y profesionales del país.

En las figuras 4-2 y 4-3 se presenta una liquidación ejemplificadora de la remuneración mensual correspondiente a cada uno de los cargos mencionados, considerando que la extensión del trabajo proyectada en la carta Gantt es inferior a la utilizada en los ejemplos de referencia.

Liquidación de Sueldo			
Empleador:			
Mes: Mayo 2026			
Sr(a):		Tipo de contrato:	Previsión: 10%
Rut:	:	Inicio de contrato:	Salud: 7%
Cargo: Ingeniero en Control e Instrumentación Industrial		Permisos: 0	UF: 40.226,79
Sueldo Base: \$2.200.000		Días trabajados: 30 días	
HABERES IMPONIBLES		DESCUENTOS LEGALES	
\$2.413.354		\$374.000	
Sueldo Base	\$2.200.000	Cotiz. Previ. Obligatoria	\$220.000
Gratificación	\$213.354	Cotiz. Salud Obligatoria	\$154.000
HABERES NO IMPONIBLE		OTROS DESCUENTOS	
\$0		\$0	
TOTAL HABERES: \$ 2.413.354		TOTAL DESCUENTOS: 238.000	
IMP. PREV/SALUD: \$ 2.413.354		IMP. CESANTÍA: \$2.413.354	BASE TRIBUTABLE: \$ 2.200.000
LIQUIDO A RECIBIR: \$2.039.354			

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-2 Liquidación para Ingeniero

Liquidación de Sueldo			
Empleador:			
Mes: Mayo 2026			
Sr(a):		Tipo de contrato:	Previsión: 10%
Rut:	:	Inicio de contrato:	Salud: 7%
Cargo: Técnico en automatización y control industrial		Permisos: 0	UF: 40.226,79
Sueldo Base: \$1.400.000		Días trabajados: 30 días	
HABERES IMPONIBLES		DESCUENTOS LEGALES	
\$1.613.354		\$238.000	
Sueldo Base	\$1.400.000	Cotiz. Previ. Obligatoria	\$140.000
Gratificación	\$213.354	Cotiz. Salud Obligatoria	\$98.000
HABERES NO IMPONIBLE		OTROS DESCUENTOS	
\$0		\$0	
TOTAL HABERES: \$ 1.613.354		TOTAL DESCUENTOS: 238.000	
IMP. PREV/SALUD: \$ 1.613.354		IMP. CESANTÍA: \$1.613.354	BASE TRIBUTABLE: \$ 1.400.000
LIQUIDO A RECIBIR: \$1.375.354			

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3 Liquidación para técnico

Para este proyecto en particular y para efectos de los cálculos correspondientes, se consideran las siguientes condiciones de trabajo:

- jornada laboral de 5 días a la semana
- 42 horas semanales
- 8,4 horas diarias.

A continuación, en la tabla 4-2 se detalla el costo de mano de obra a través de la asignación monetaria a cada profesional según HH involucrada en la ejecución definida en la carta Gantt, considerando 8,4 horas diarias trabajadas, una asignación del 30% a leyes sociales legales, valor HH referenciado a partir de sueldos base acorde al mercado definidos y ejemplificados anteriormente.

Tabla 4-2 Costo asignación monetaria de profesionales

Profesional	Valor HH (UF)	Días	Costo día ≈ CLP	Costo día UF	Costo total HH
Ingeniero en control e instrumentación industrial	0,2170	12	\$ 73.333	1,8230	21,8760
Técnico Instrumentista	0.1381	5	\$ 46.667	1.1601	5,8004

Fuente: Elaboración propia

Justificación de valores:

- Conversión CLP a UF

$$sueldo\ base\ ingeniero\ a\ UF = \frac{\$2.200.000}{40.226,79} = 54,68\ UF$$

$$sueldo\ base\ tecnico\ a\ UF = \frac{\$1.400.000}{40.226,79} = 34,80\ UF$$

- Fórmulas aplicadas para cálculo de hora ordinaria

$$Sueldo\ diario = \frac{(sueldo\ base)}{30}$$

$$valor\ HH = sueldo\ diario * \frac{28}{jornada\ semanal * 4}$$

En conjunto con la tabla de asignación monetaria de profesionales, se presenta la Tabla 4-3, correspondiente a los costos de asignación total para dichos profesionales. En esta tabla se incorpora un 30% adicional destinado a cubrir leyes sociales y obligaciones legales asociadas a la contratación, dentro de las cuales se consideran AFP, previsión de salud, SIS, seguro de cesantía, mutual de seguridad y ley Sanna. Este porcentaje se utiliza como un valor referencial para estimar el costo real de la mano de obra, considerando que a la remuneración base deben sumarse las cotizaciones y aportes previsionales exigidos por la normativa laboral vigente. Además, la tabla contempla un 10% adicional para cubrir eventuales imprevistos o gastos no considerados inicialmente, con el fin de otorgar mayor holgura a la estimación presupuestaria. Cada uno de estos montos se refleja en la siguiente tabla.

Tabla 4-3 Costos de asignación totales a profesionales

Descripción	Costo HH (UF)	Cantidad	Unidad	Total (UF)
Ingeniero en control e instrumentación industrial	0,2170	100.8	HH	21,8736
Técnico instrumentista	0,1381	42	HH	5,8004
Suma parciales remuneraciones de profesionales (UF)				27,6738
Asignación leyes sociales				
		30	%	8,3021
Imprevistos		10	%	2,7674
Costo total de remuneraciones de profesionales + Leyes sociales (UF) + Imprevistos				38,7433

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Costo de materiales

En el listado de materiales se consideran aquellos componentes necesarios para la interconexión del sistema de control y para asegurar su correcta comunicación, incorporando tanto equipamiento eléctrico como electrónico. Dentro de estos elementos se incluyen, entre otros, el controlador lógico programable (PLC), las protecciones eléctricas, el cableado, las fuentes de alimentación y otros componentes asociados al montaje y funcionamiento del sistema.

En la Tabla 4-4 se presentan los equipamientos y materiales de montaje vinculados a la propuesta de mejora planteada. Los valores indicados están expresados en UF y corresponden a cotizaciones realizadas durante el presente año, con IVA incluido. El detalle de dichas cotizaciones será agrupado y presentado en el Anexo D.

Tabla 4-4 Costo de materiales

Categoría	Descripción	Cantidad	Total CLP	Total, UF
Materiales de montaje y protecciones	Cable de control 14x1,0mm²	30 metros	\$279.930	\$6,9750
	Cable de control 7x14awg	30 metros	\$270.990	\$6,7522
	Phoenix Contact borneras de dos pisos 2.5mm² st/l mant gr	22 und	\$50.974	\$1,2701
	Tapa final borneras de dos pisos 2.5 mm² st/l mant gr Phoenix Contact	2 und	\$1.220	\$0,0304
	Riel din	2 metros	\$3.052	\$0,0760
	Borne lmant pit 2.5mm gr Phoenix Contact	22 und	\$10.450	\$0,2604
	Tapa final borne lmant pit 2.5mm gr Phoenix Contact	2 und	\$824	\$0,0205
	Autoperforante cabeza de lenteja 8 x ½”	100 und	\$1.438	\$0,0358
	Espiral ordenables 10mm x 10m	1 und	\$2.707	\$0,0674
	Base autoadhesiva 20x20mm	20 und	\$346	\$0,0086
	Amarras plasticas 200 x 2,5mm	20 und	\$652	\$0,0162
	Tope final para carril din delgado	16 und	\$19.056	\$0,4748
	Cable h07z1-k 1,5mm² azul	10 metros	\$3.342	\$0,0833
	Cable h07z1-k 1,5mm² negro	50 metros	\$14.167	\$0,3530
	Cable h07z1-k 1,5mm² rojo	50 metros	\$14.167	\$0,3530
	Cable h07z1-k 1,5mm² blanco	10 metros	\$3.342	\$0,0833
	Cable h07z1-k 1,5mm² verde	10 metros	\$3.342	\$0,0833
	Porta fusibles 10x38 1P c/Indicador	5 und	\$78.890	\$1,9657
	Fusibles10x38 4A GG	6 und	\$1.080	\$0,0269
	Fusible 10x38 6A GG	4 und	\$720	\$0,0179
	Terminal ferrul 14awg	200 und	\$1.622	\$0,0404
	Terminal de ojo 5/16 16awg	100 und	\$4.318	\$0,1076
	Cable utp cat 6 + conectores rj45 – 2.1 metros	2 und	\$7.616	\$0,1898
componentes y equipamiento de control	Phoenix contact uno-ps/1AC/24DC/100W	1 und	\$158.086	\$3,9390
	Weidmuller - pro eco3 480W 24VDC 20ª	1 und	\$151.321	\$3,7704
	Siemens s7-1200 1214c AC/DC/RLY	1 und	\$300.572	\$7,4893
	Ktp1200 Basic	1 und	\$881.070	\$21,9535
	Siemens sm1223 DC/RLY 8di/8dq	2 und	\$294.278	\$7,3325
	Sensor inductivo PNP 10-30VDC 4mm M12	4 und	\$109.324	\$2,7240
Valor total en UF				\$66,5005

Fuente: Elaboración propia

4.5 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto contempla cada una de las etapas evaluadas anteriormente incluyendo los materiales necesarios, lo cual proporciona una visión económica completa de lo que abarca el diseño de la actualización al sistema de control del proceso a planta de granallado.

A continuación, en la tabla 4-5, se detallan los costos totales trabajados anteriormente:

Tabla 4-5 Costo total del proyecto

Descripción	Total (UF)
Levantamiento y Diseño	40,9266
Ejecución	38,7433
Materiales	66,5005
Utilidades (10%) sobre valor neto	14,6170
Iva (19%)	30,5496
Costo total del Proyecto	191,3371

Fuente: Elaboración propia

4.6 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

La recuperación de la inversión corresponde al período necesario para recuperar el capital inicial desembolsado mediante los flujos generados por la operación del proyecto. Este criterio, conocido también como payback o período de recuperación, permite estimar en cuánto tiempo la mejora implementada devuelve el monto invertido, constituyéndose en un indicador útil para evaluar la conveniencia económica de una inversión.

En el caso de la mejora aplicada a la planta de granallado, la inversión inicial asciende a **194,15 UF**, equivalente a \$7.809.919,3, considerando un valor de la UF de \$40.226,79. Para el análisis se considera una capacidad de procesamiento de 50.000 kg mensuales y un factor de utilización del 50%, equivalente a una operación efectiva de 25.000 kg por mes. Asimismo, se establece un valor de procesamiento de \$150 por kilogramo, con un costo asociado de \$30 por kilogramo destinado a insumos y mantenimiento.

Bajo estas condiciones, el ingreso mensual bruto alcanza un total de **93,22 UF**, mientras que el costo mensual asociado a insumos y mantenimiento asciende a **18,64 UF**, ambos valores convertidos con el mismo tipo de referencia de UF. Adicionalmente, el consumo mensual de granalla esférica de acero corresponde a 40 sacos de 25 kg, lo que equivale a 1.000 kg por mes. Considerando un valor de \$630 por kilogramo, el costo mensual de granalla asciende a **15,66 UF**.

De acuerdo con el criterio definido para esta evaluación, del monto correspondiente a mantenimiento se destina un 60% a la recuperación de la inversión. En consecuencia, el flujo mensual considerado para el recupero asciende a **11,19 UF**, equivalente a \$450.000 mensuales. Aplicando el método de período de recuperación, se obtiene que la inversión inicial de **194,15 UF** se recupera en aproximadamente **17,4 meses**, lo que equivale a cerca de **1,45 años**.

Este resultado indica que, manteniendo las condiciones operacionales consideradas en el análisis, la mejora implementada en la planta de granallado permite recuperar la inversión en un plazo inferior a un año y medio. Por lo tanto, desde la perspectiva del capítulo de costos, la inversión presenta un período de recupero técnicamente aceptable como parte de la evaluación económica del proyecto

4.7 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación de la mejora propuesta para la planta de granallado genera beneficios concretos desde el punto de vista operacional, económico, normativo y de seguridad. En primer lugar, permite recuperar la operatividad de una máquina que actualmente se encuentra detenida, evitando la pérdida de un activo industrial que originalmente tuvo un valor de adquisición de 215.000 dólares en 2015. Desde esa perspectiva, la propuesta no solo habilita nuevamente un equipo existente, sino que también maximiza el aprovechamiento de la inversión histórica realizada en infraestructura y componentes ya instalados.

Otro beneficio relevante es la diferencia de capacidad de proceso respecto de una máquina portátil actualmente disponible en el mercado. Mientras la planta intervenida posee una capacidad significativamente mayor, la alternativa portátil alcanza solo un cuarto de dicha capacidad. Esto implica que la solución propuesta permite procesar un volumen mucho más alto de material en el mismo período, mejorando la productividad, reduciendo tiempos de operación y aumentando la eficiencia global del proceso. En términos operativos, esta diferencia resulta crítica para sostener ritmos de trabajo más estables y responder de mejor manera a las necesidades productivas de la empresa.

CONCLUSIONES

La presente memoria de título permitió desarrollar una propuesta de diseño para la actualización del sistema de control de la planta de granallado, orientada a resolver deficiencias operativas, de seguridad y de control ambiental detectadas en su estado actual. Cabe señalar que el alcance del trabajo corresponde a un diseño en propuesto para una futura ejecución, por lo que no contempla la implementación física de la solución planteada.

Si bien para la empresa esta implementación puede no representar una prioridad inmediata, el estudio realizado demuestra que no avanzar en esta mejora implica mantener condiciones que pueden seguir afectando a los trabajadores, al entorno de trabajo y al desempeño general del proceso. En este sentido, la propuesta desarrollada no solo entrega una alternativa técnicamente viable, sino que también deja una base formal para sustentar decisiones futuras de inversión, modernización y mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Decreto Supremo 122 modifica decreto n° 594, de 1999, reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Disponible en:
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1074203>
2. Decreto Supremo 594/1999 Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Disponible en:
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=167766>
3. Plan nacional para la erradicación de la silicosis. Disponible en:
[https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/4-s%C3%ADlice-\(planesi\)/2-normativa/planesi.pdf?sfvrsn=6fb4e758_2](https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/4-s%C3%ADlice-(planesi)/2-normativa/planesi.pdf?sfvrsn=6fb4e758_2)
4. ERVIN INDUSTRIE, Proceso de granallado a alta presión de aire con abrasivos de acero. Disponible en:
<https://www.ervin.eu/productos/el-proceso-de-granallado/?lang=es>
5. Normas de Salud y seguridad en el trabajo de estados unidos. Abrasive blasting. Disponible en:
<https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.94>.
6. RODRÍGUEZ. Proceso de granallado: método mecánico de limpieza de superficies metálicas. Santiago, Chile: Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, 2013. 180 p.
7. Particulate Emission Factors for Blasting Operations and Other Potential Sources Disponible en:
<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA447602.pdf>
8. SIEMENS SIMATIC S7 CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200 Manual. DISPONIBLE EN:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/241/109797241/att_1066675/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

ANEXOS

ANEXO A: CÓDIGO LADDER

Totally Integrated Automation Portal

PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Main [OB1]

Main Properties

General

Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

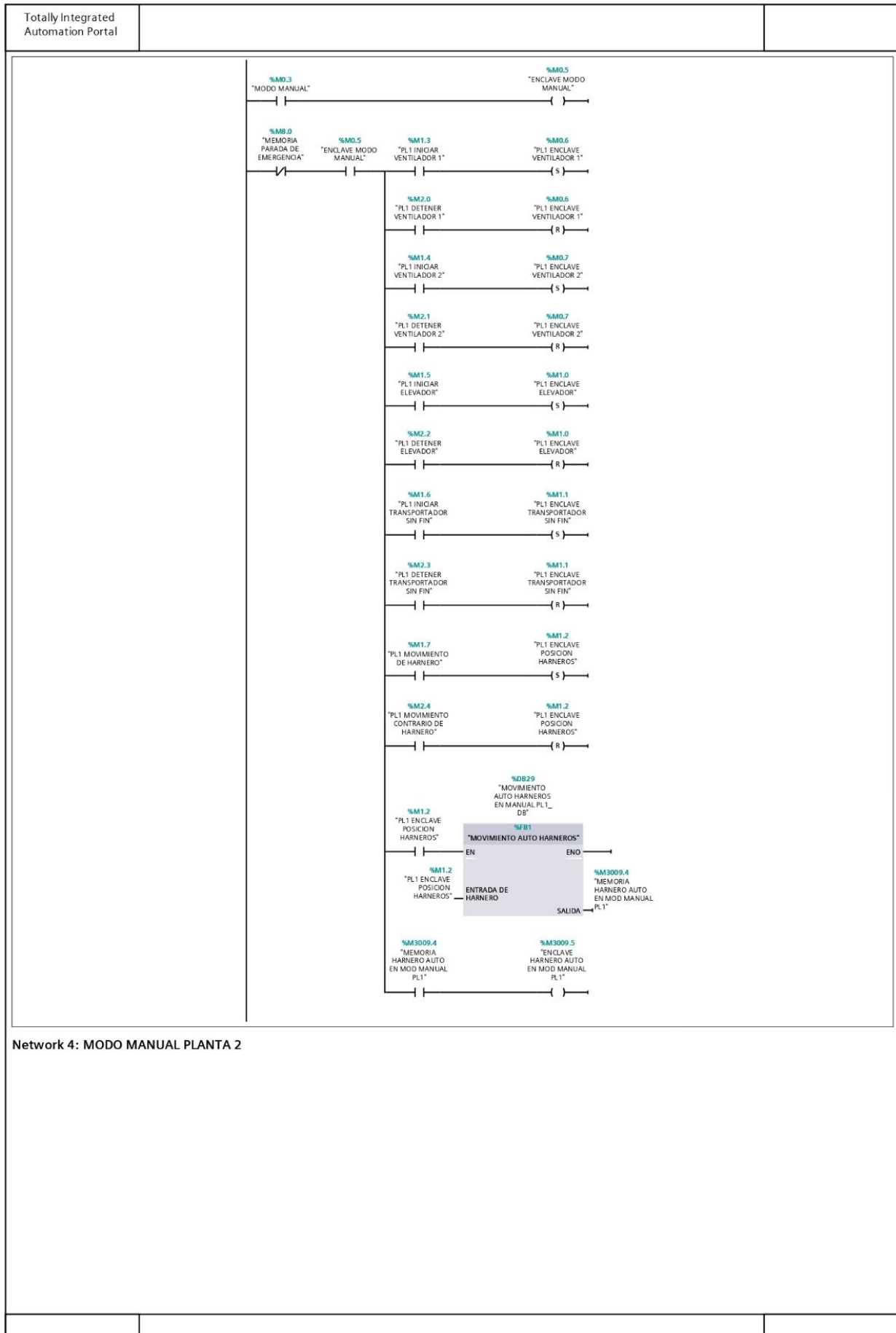
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

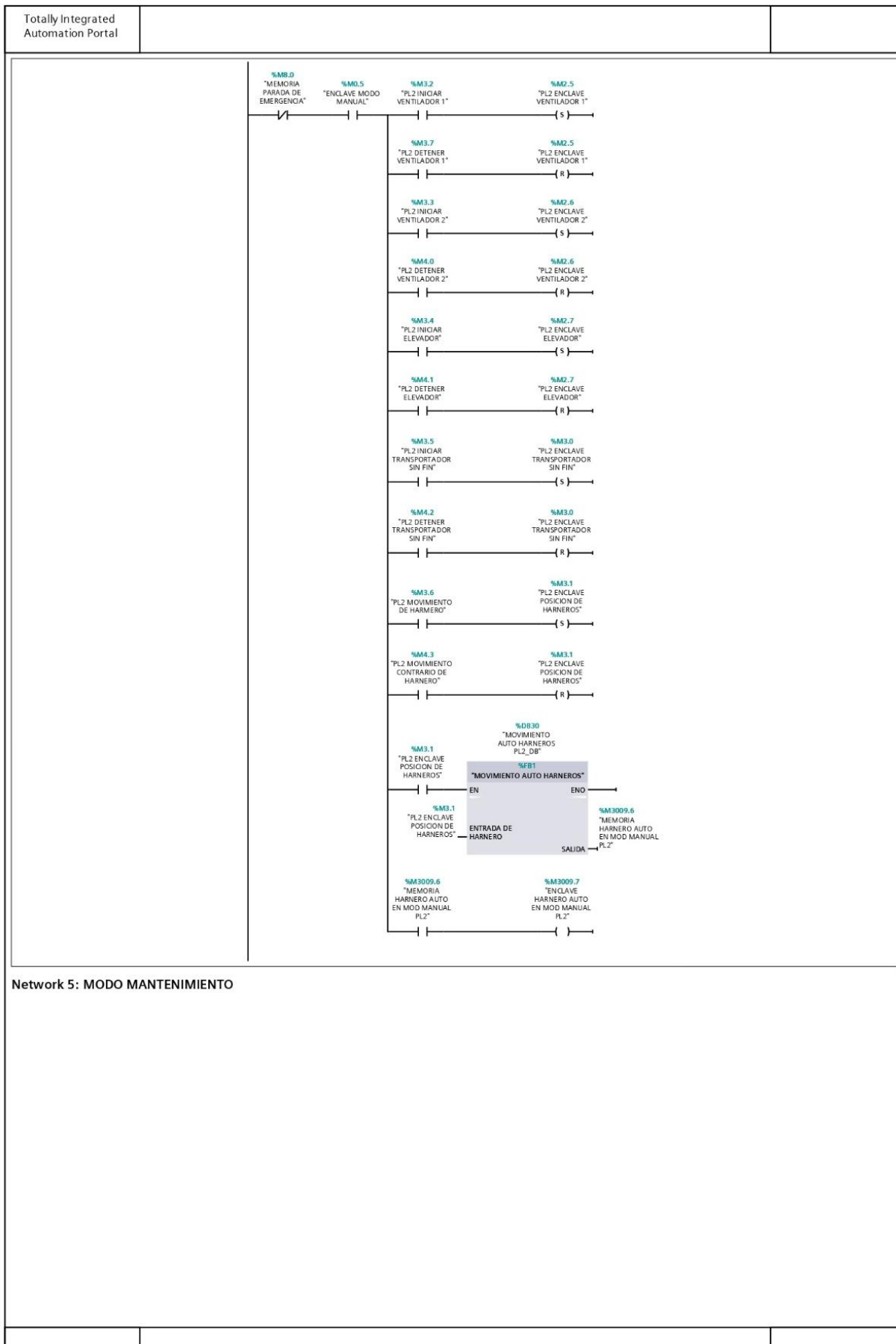
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

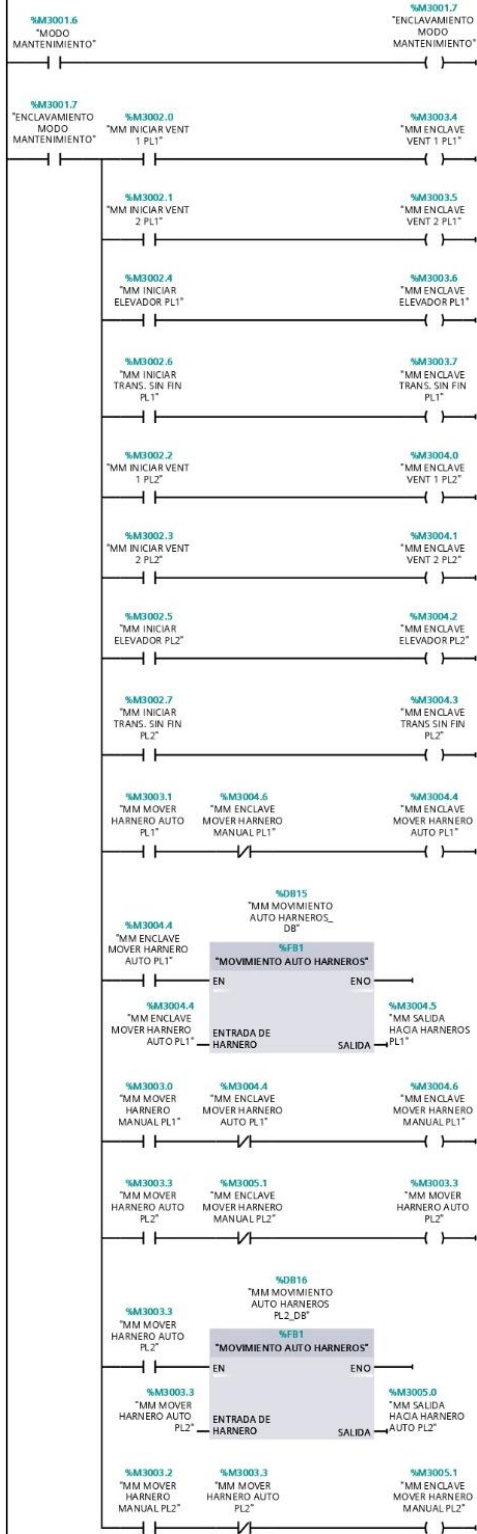
Network 1: PARADA DE EMERGENCIA

Network 2: SELECCIÓN AUTOMÁTICO/MANUAL

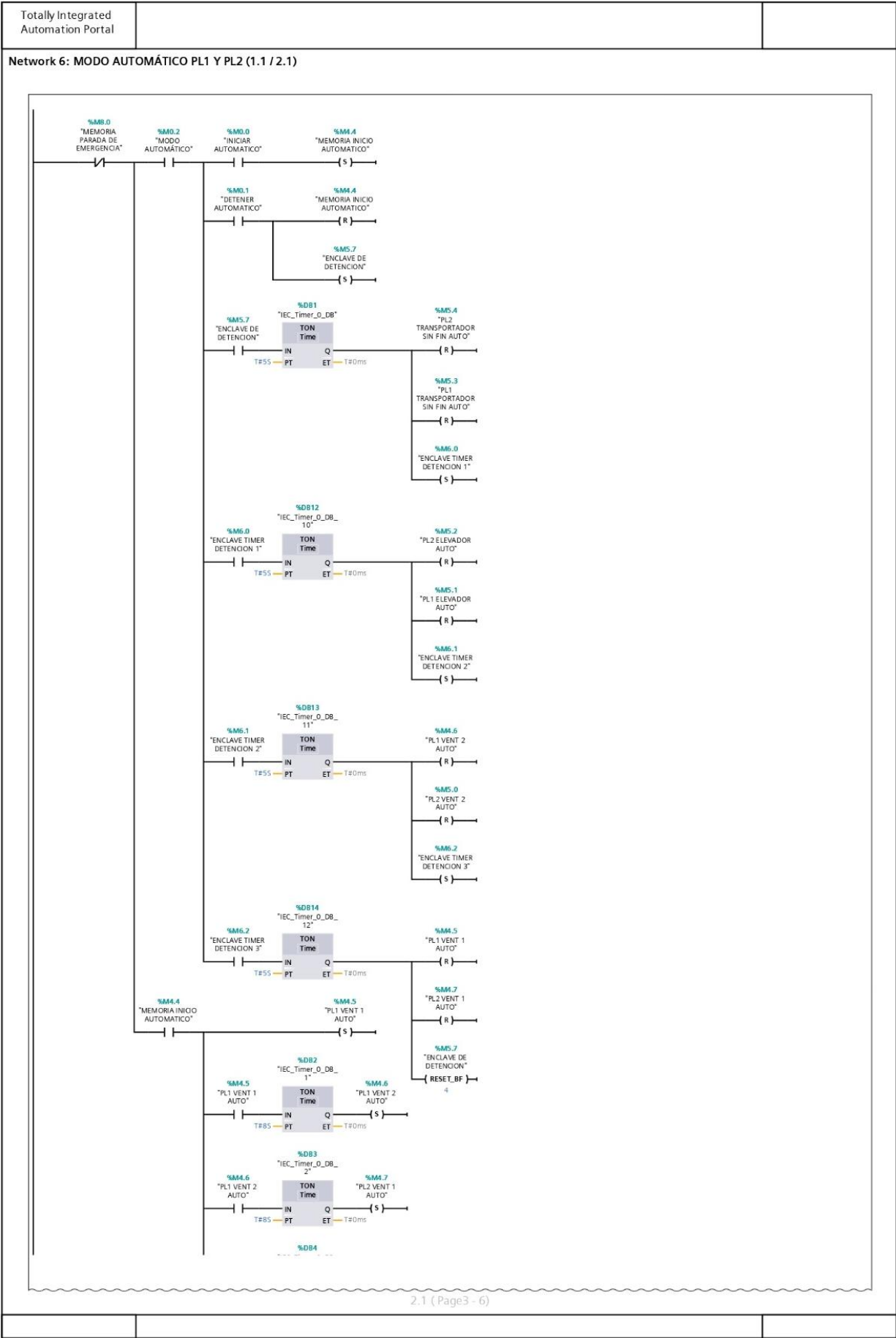
Network 3: MODO MANUAL PLANTA 1

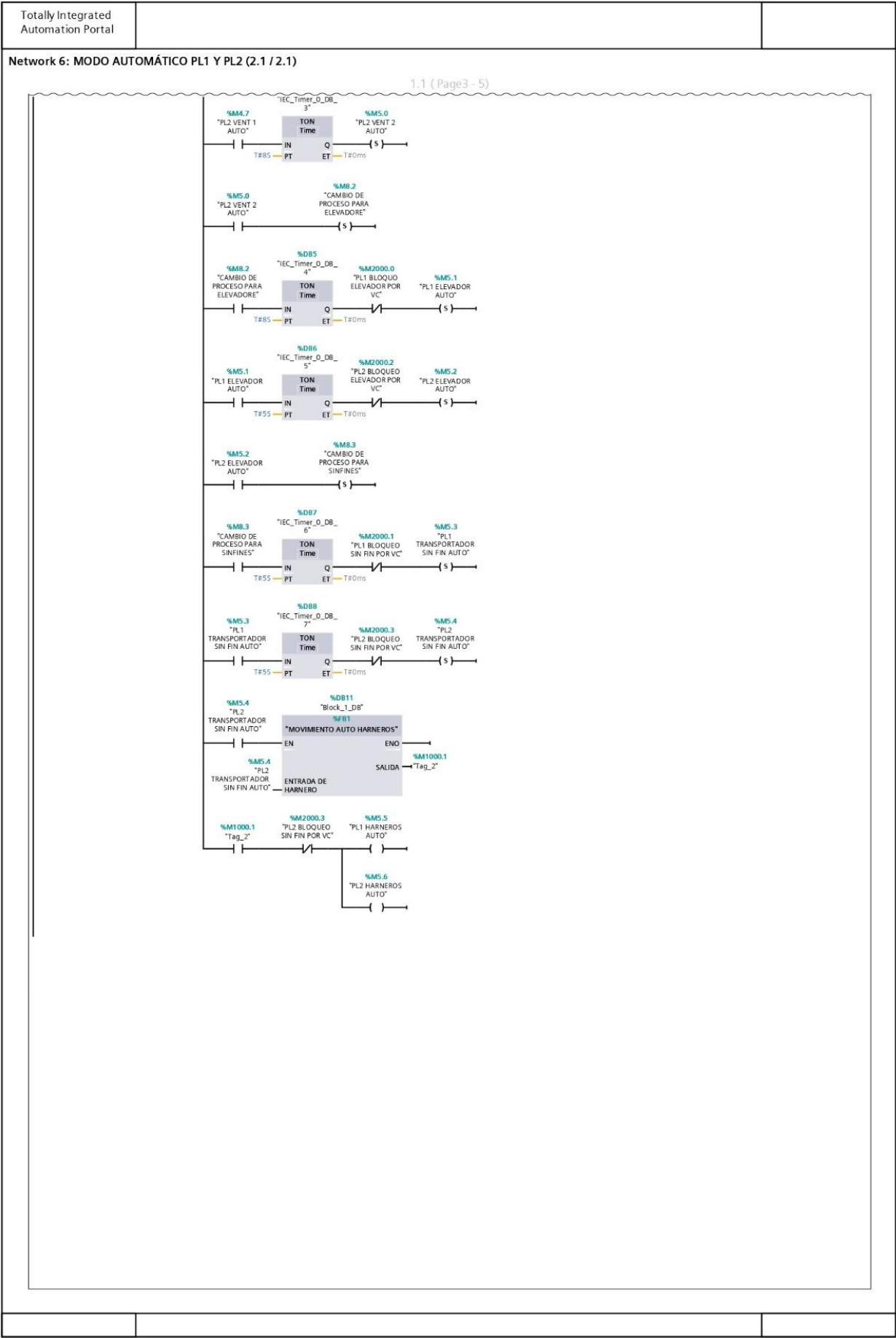




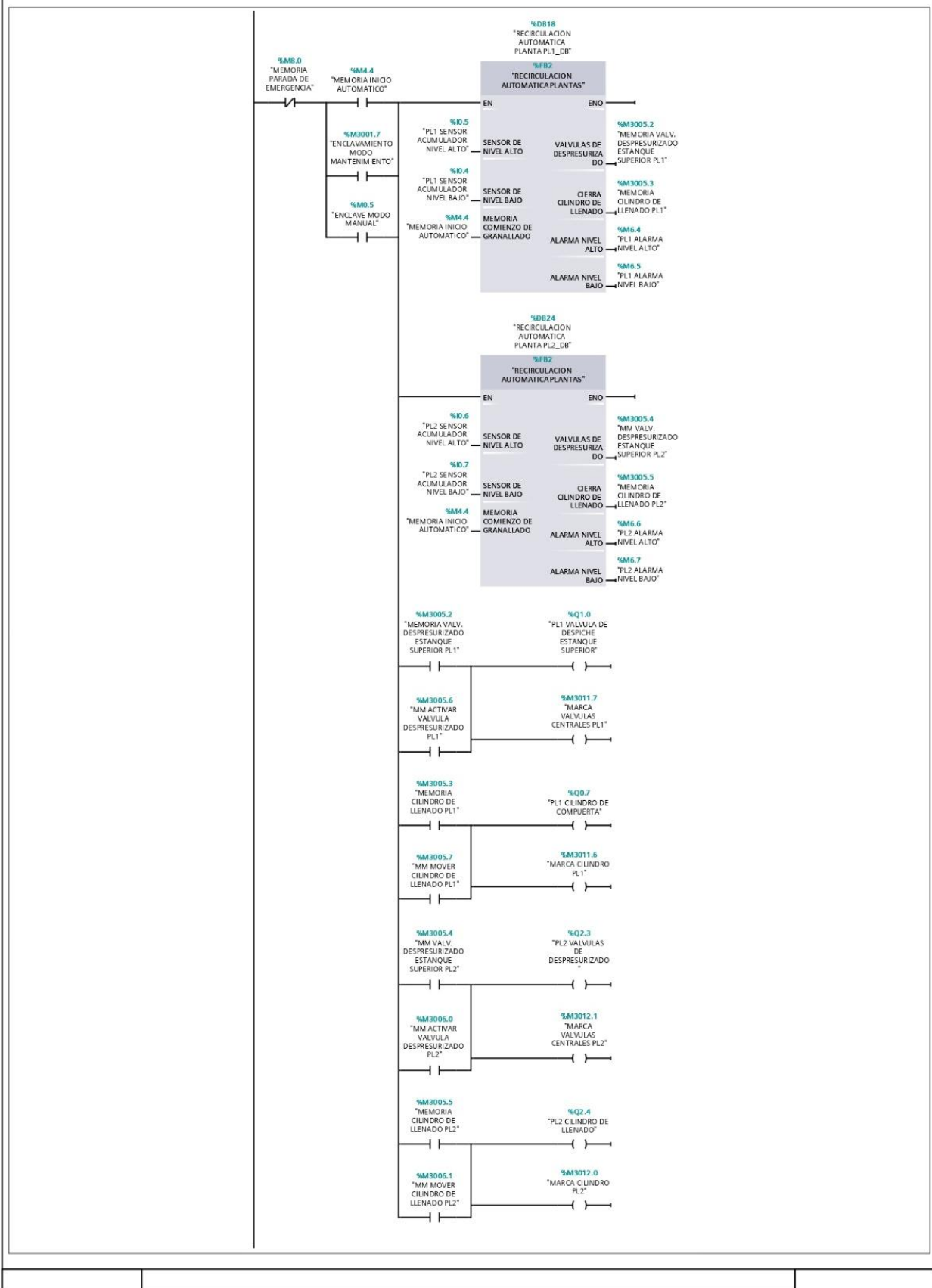


Network 6: MODO AUTOMÁTICO PL1 Y PL2





Network 7: RECIRCULACION MODO AUTO DE PLANTA 1 Y 2



El diagrama de control de velocidad para el elevador se divide en dos secciones principales, una para la planta PL1 y otra para la planta PL2. Ambas secciones utilizan bloques de control similares para gestionar la velocidad y el estado del motor.

Sección PL1 (Velocidad Cero PL1):

- Bloque de Control:** Recibe la señal de velocidad cero (%D832) y genera la salida de velocidad cero (%M3016.0). El bloque incluye un validador (%M3001.1), un inductor (%I0.2), una memoria de flanco de subida (%M3013.4) y un contador (%MW3014).
- Señales de Entrada:**
 - %M3001.1: VALIDADOR VCERO ELEVADOR PL1
 - %I0.2: PL1 VELOCIDAD CERO ELEVADOR
 - %M3013.4: MEMORIA FLANCO SUBIDA PL1 ELEVADOR
 - %MW3014: CONTADOR PL1 ELEVADOR
- Señales de Salida:**
 - %M3016.0: SALIDA VC PL1 ELEVADOR
 - %M2000.0: PL1 BLOQUEO ELEVADOR POR VC
 - %M5.1: PL1 ELEVADOR AUTO
 - %M8.2: CAMBIO DE PROCESO PARA ELEVADOR
- Señales de Reset y Cambio de Proceso:**
 - RESET_BF: 4
 - %M8.2: CAMBIO DE PROCESO PARA ELEVADOR

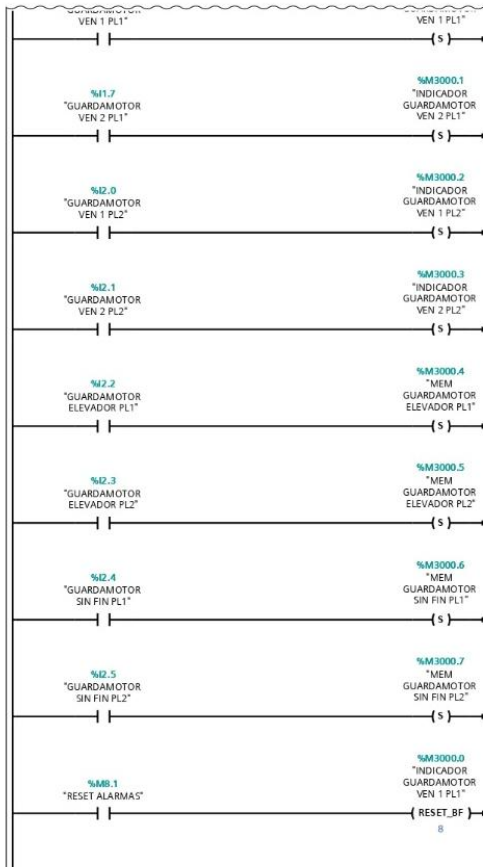
Sección PL2 (Velocidad Cero PL2):

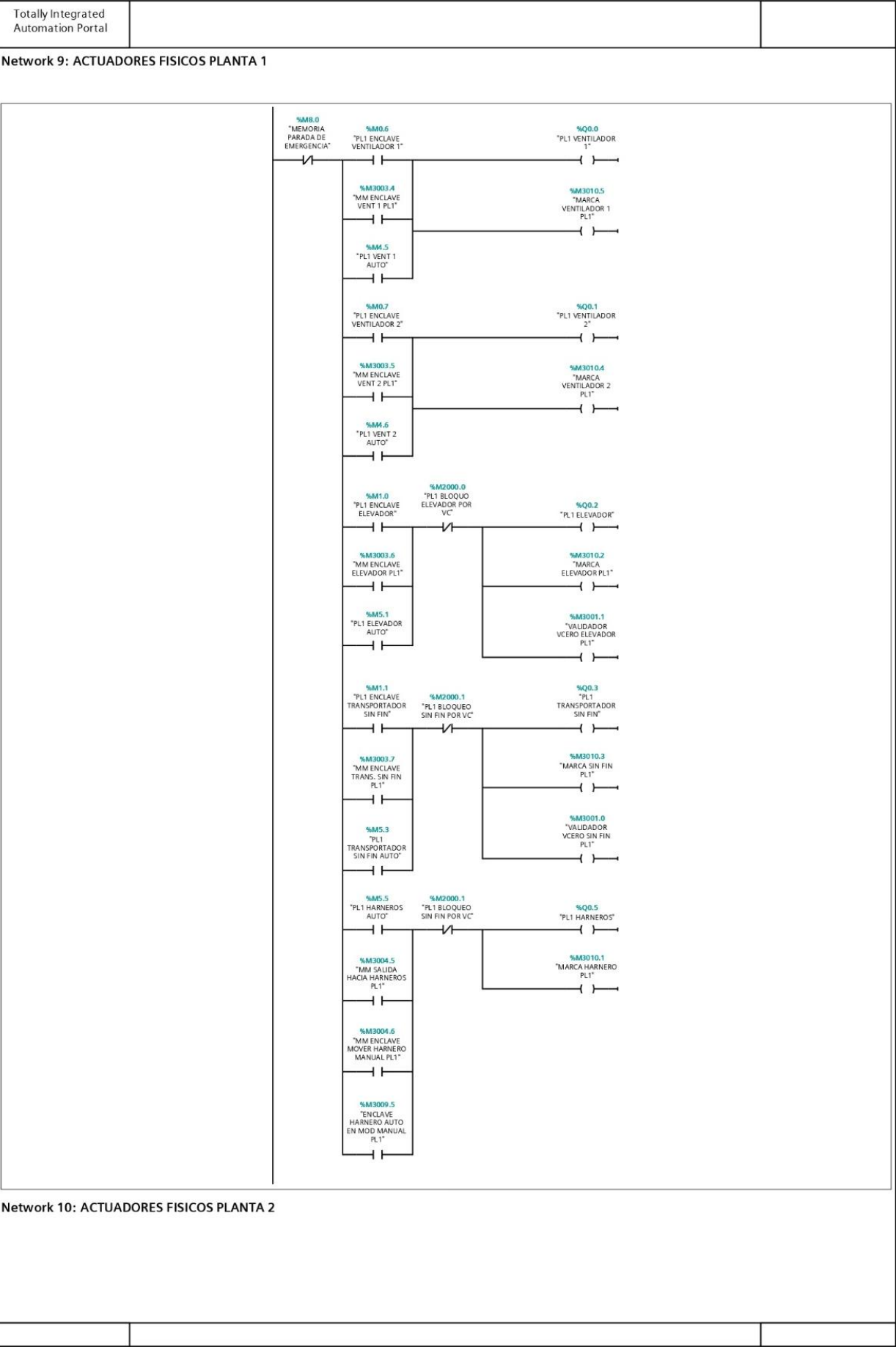
- Bloque de Control:** Recibe la señal de velocidad cero (%D831) y genera la salida de velocidad cero (%M3016.1). El bloque incluye un validador (%M3001.0), un inductor (%I0.3), una memoria de flanco de subida (%M3013.5) y un contador (%MW3018).
- Señales de Entrada:**
 - %M3001.0: VALIDADOR VCERO SIN FIN PL1
 - %I0.3: PL1 VELOCIDAD CERO DE SIN FIN
 - %M3013.5: MEMORIA FLANCO SUBIDA PL1 SIN FIN
 - %MW3018: CONTADOR PL1 SIN FIN
- Señales de Salida:**
 - %M3016.1: SALIDA VC PL1 SIN FIN
 - %M2000.1: PL1 BLOQUEO SIN FIN POR VC
 - %M5.1: PL1 ELEVADOR AUTO
 - %M8.3: CAMBIO DE PROCESO PARA SINFINES
- Señales de Reset y Cambio de Proceso:**
 - RESET_BF: 4
 - %M8.3: CAMBIO DE PROCESO PARA SINFINES

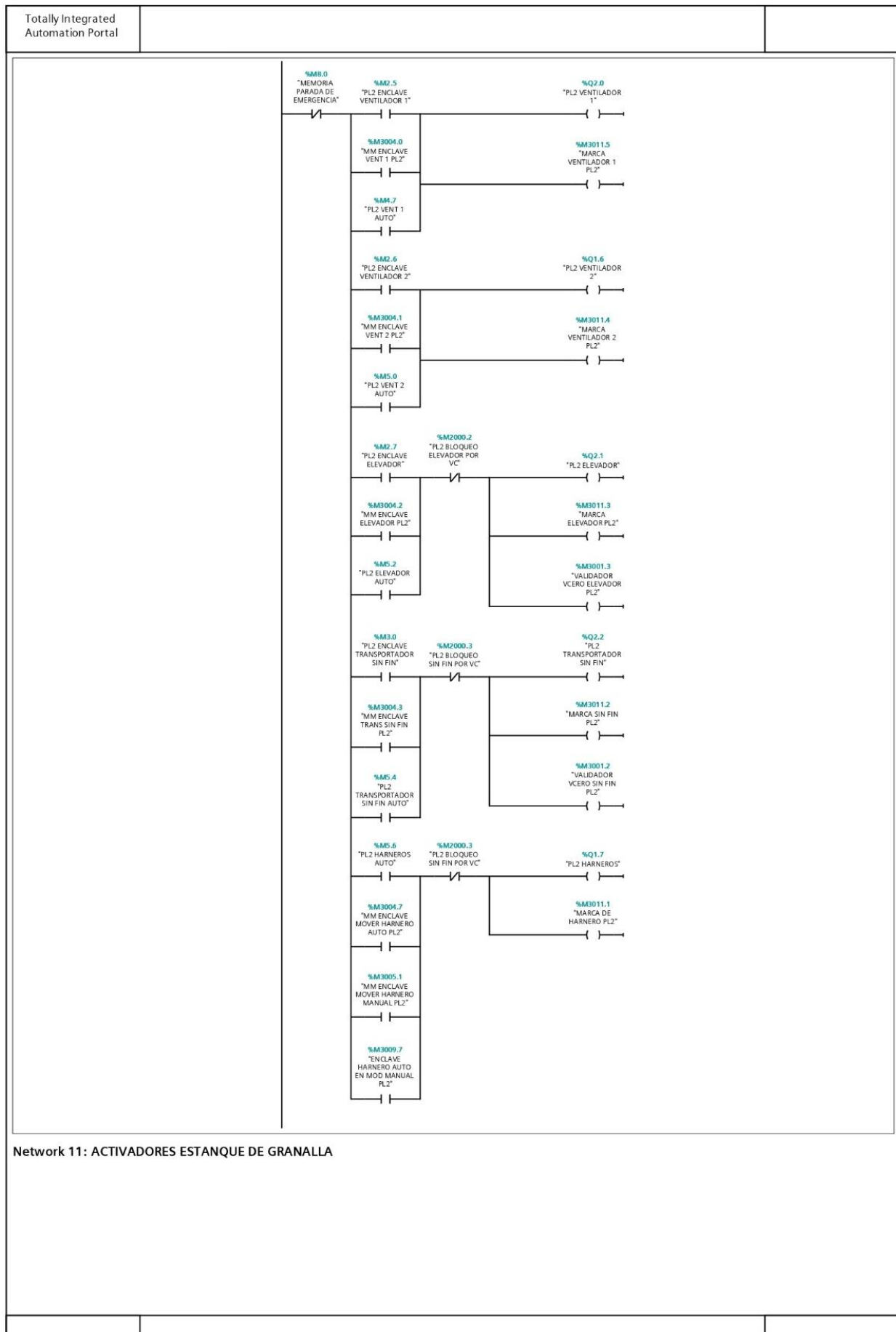
El diagrama también incluye señales de reset y cambio de proceso para el motor, como RESET_BF y CAMBIO DE PROCESO PARA ELEVADOR, y señales de bloqueo y marca de falla en el elevador, como PL1 BLOQUEO ELEVADOR POR VC y PL1 MARCA DE FALLA EN ELEVADOR.

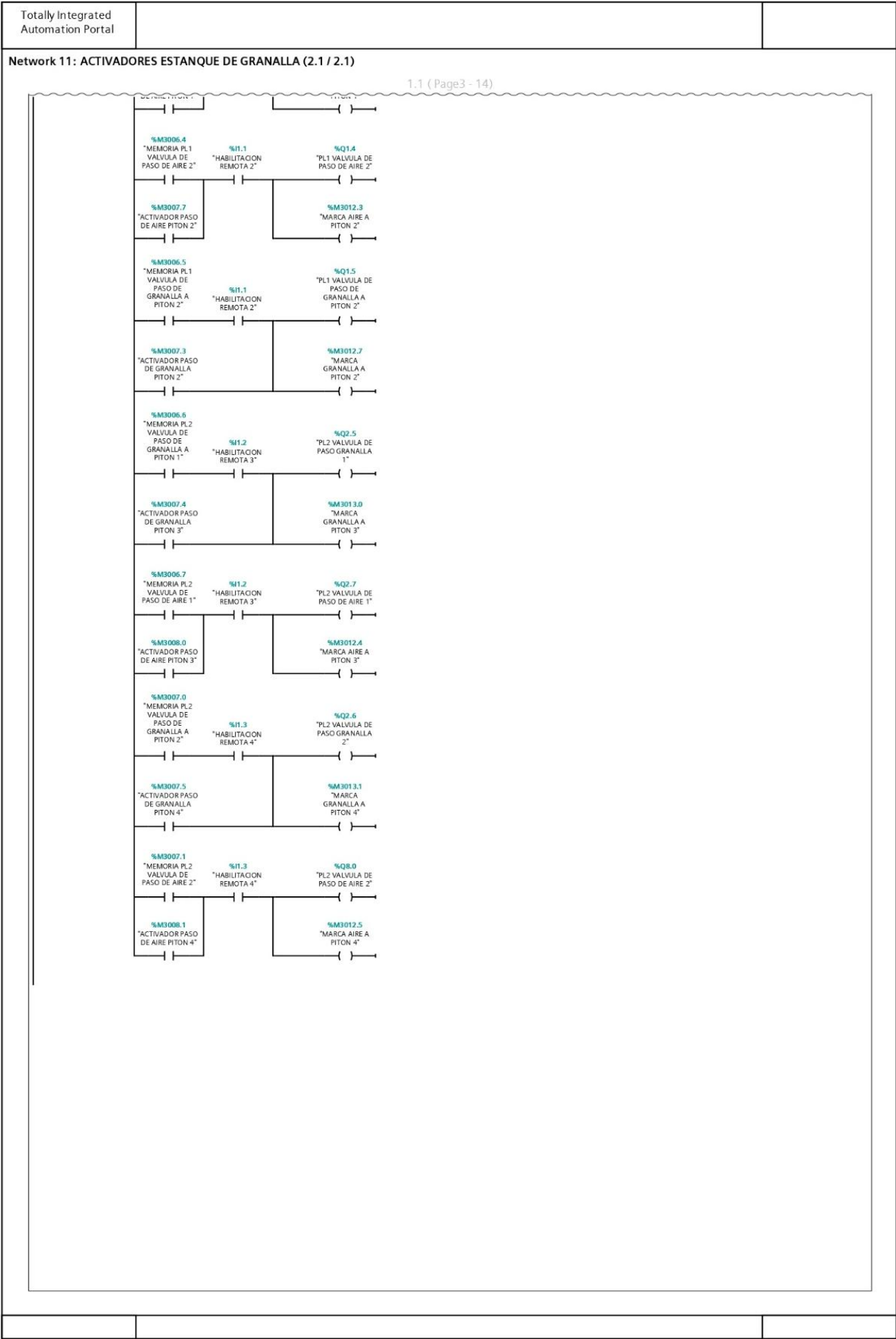
Network 8: SENSORES DE VELOCIDAD CERO Y GUARDAMOTORES (3.1 / 3.1)

2.1 (Page3 - 10)

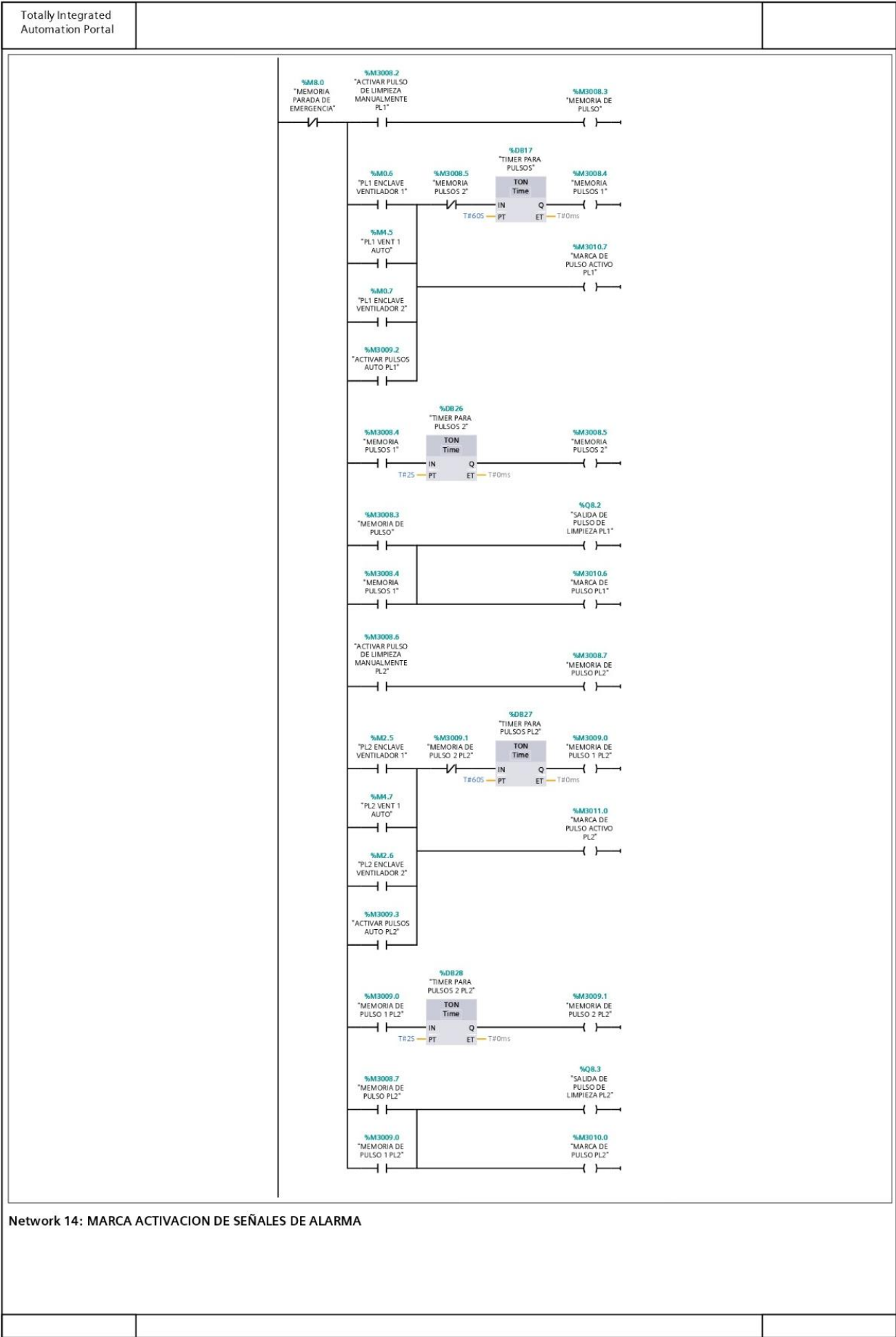


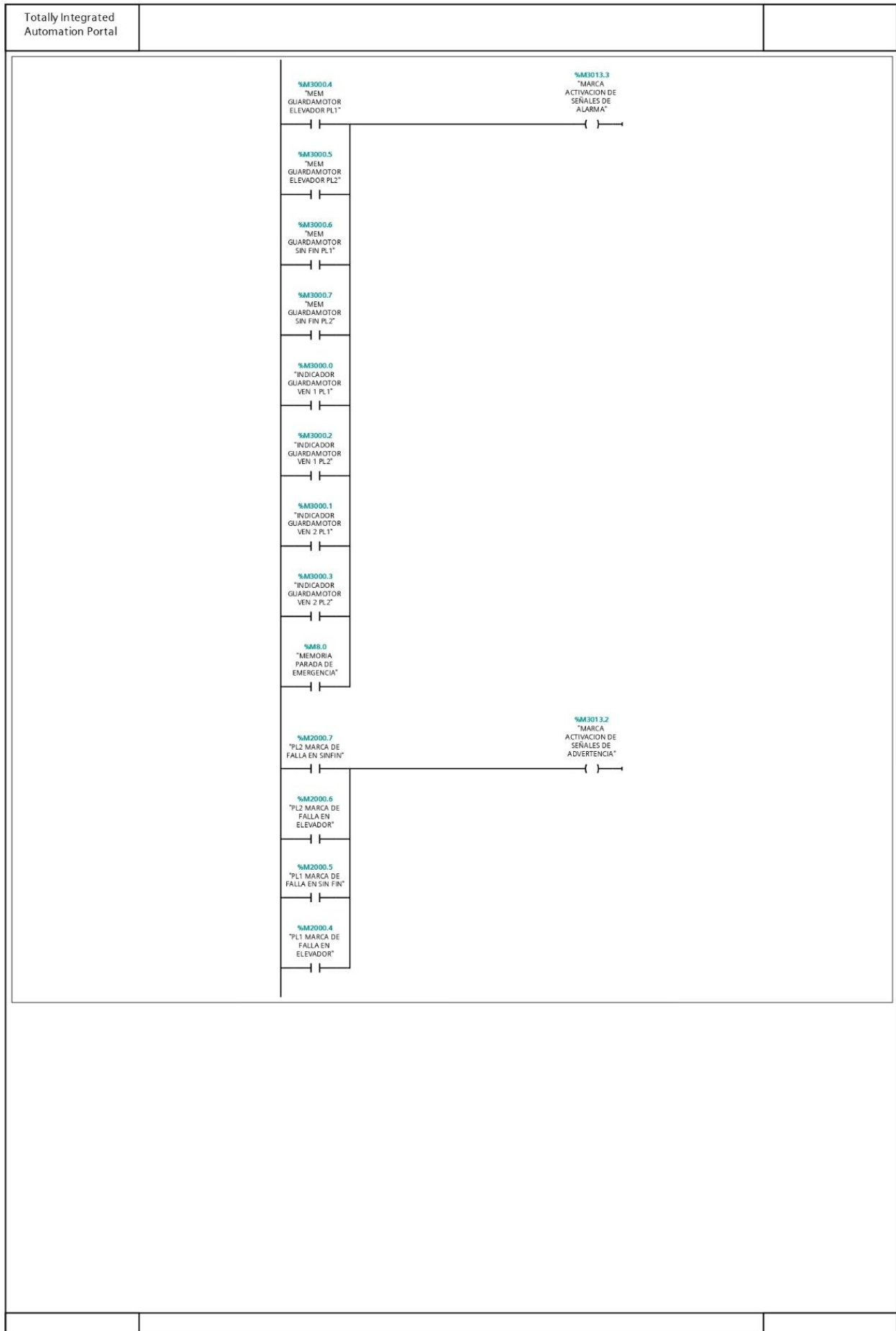






Totally Integrated Automation Portal		
Network 12: ENCENDER Y APAGAR ILUMINACIÓN ;		
<pre>graph LR; M8_0["%M8.0 'MEMORIA PARADA DE EMERGENCIA'"] --- AND1(()); M3001_4["%M3001.4 'ENCENDER ILUMINACION'"] --- AND1; AND1 --- Q8_1_S["%Q8.1 'ILUMINACION' {S}"]; M3001_5["%M3001.5 'APAGAR ILUMINACION'"] --- AND2(()); AND2 --- Q8_1_R["%Q8.1 'ILUMINACION' {R}"];</pre>		
Network 13:		





Totally Integrated Automation Portal

PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

MOVIMIENTO AUTO HARNEROS [FB1]

MOVIMIENTO AUTO HARNEROS Properties

General

Name	MOVIMIENTO AUTO HARNEROS	Number	1	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

Title	Author	Comment	Family
Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-Visible in able HMI eng- from neering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Input								
ENTRADA DE HARNERO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
▼ Output								
SAIDA	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
InOut								
Static								
Temp								
Constant								

Network 1:

#"ENTRADA DE HARNERO"

%M1000.0
"Tag_1"

#SALIDA

%DB9
"IEC_Timer_0_DB_8"

%M1000.0
"Tag_1"

%DB10
"IEC_Timer_0_DB_9"

%M1000.0
"Tag_1"

%M1000.0
"Tag_1"

TON Time

TON Time

IN

IN

Q

Q

Ts10S

PT

ET

Ts0ms

Ts0ms

TS

R

Totally Integrated Automation Portal

PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

RECIRCULACION AUTOMATICA PLANTAS [FB2]

RECIRCULACION AUTOMATICA PLANTAS Properties

General

Name

RECIRCULACION AUTOMATICA PLANTAS

Number

2

Type

FB

Language

LAD

Numbering

Automatic

Information

Title

Version

0.1

Author

User-defined ID

Comment

Family

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writ-Visible in able HMI eng- from neering	Setpoint	Supervi- sion	Comment
▼ Input								
SENSOR DE NIVEL ALTO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
SENSOR DE NIVEL BAJO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
MEMORIA COMIENZO DE GRANALLADO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
▼ Output								
VALVULAS DE DESPRESURIZA- DO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
CIERRA CILINDRO DE LLENADO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
ALARMA NIVEL ALTO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
ALARMA NIVEL BAJO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
InOut								
▼ Static								
▼ IEC_Timer_0_Instance	TON_TIME		Non-retain	True	True	True	True	
PT	Time	T#0ms	Non-retain	True	True	True	False	
ET	Time	T#0ms	Non-retain	True	False	True	False	
IN	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
Q	Bool	false	Non-retain	True	False	True	False	
Temp								
Constant								

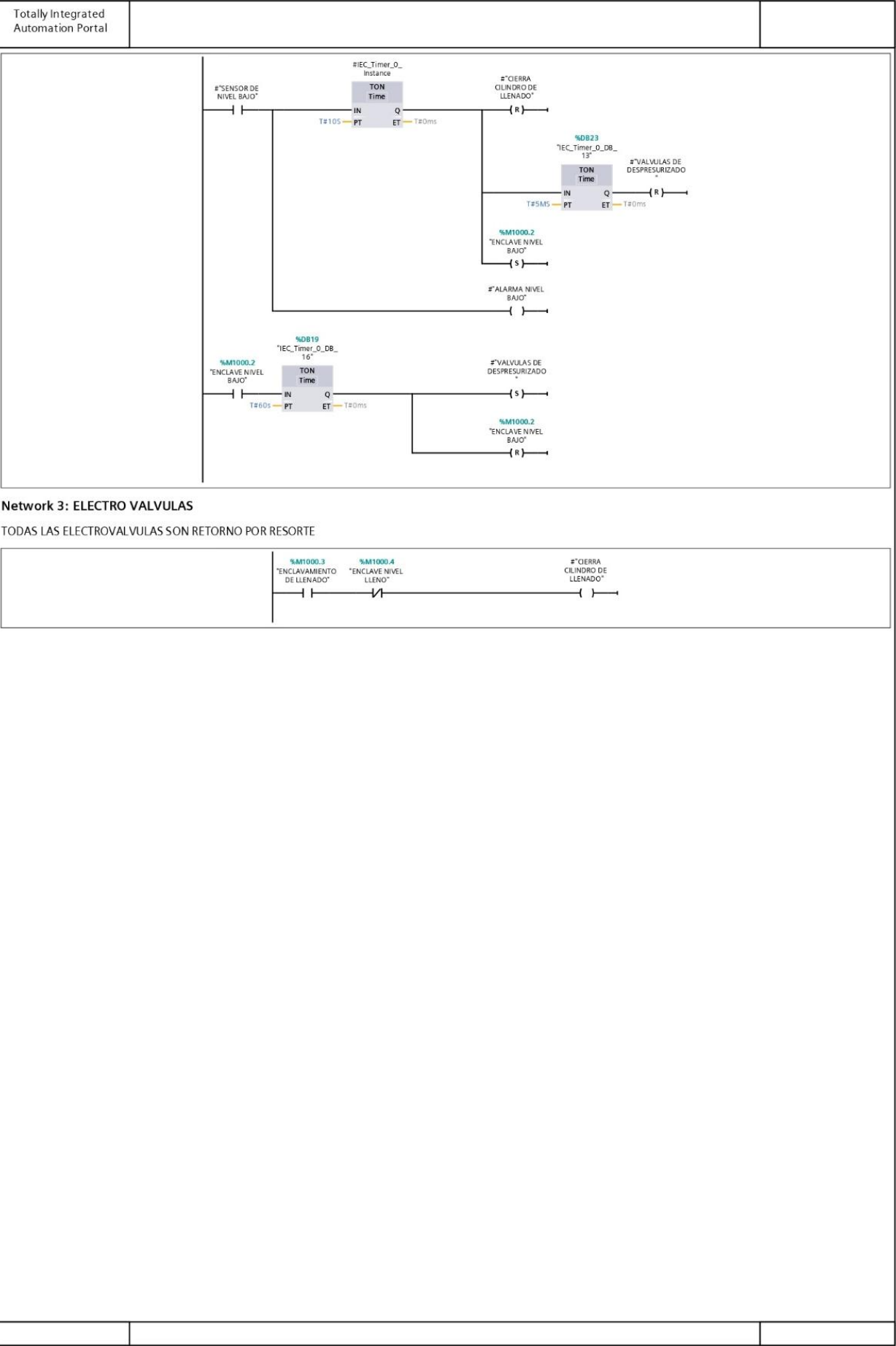
Network 1: NIVEL ALTO

#"SENSOR DE NIVEL ALTO"

#"CIERRA CILINDRO DE LLENADO"

#"ALARMA NIVEL ALTO"

Network 2: NIVEL BAJO



Totally Integrated Automation Portal

PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

VELOCIDAD CERO [FB3]

VELOCIDAD CERO Properties

General

Name	VELOCIDAD CERO	Number	3	Type	FB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

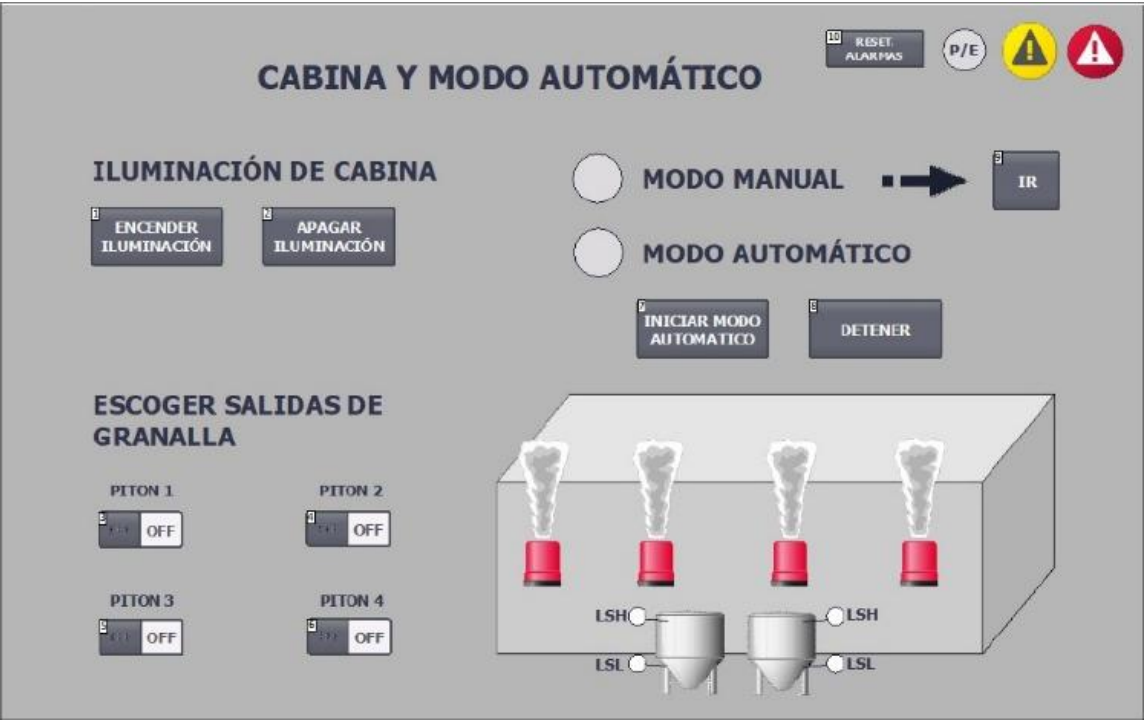
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Write-Visible in HMI/OPC UA/Web API	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Input								
VALIDADOR	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
INDUCTIVO	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
▼ Output								
SALIDA	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
▼ InOut								
FLANCO DE SUBIDA	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
CONTADOR	Int	0	Non-retain	True	True	True	False	
REESET CONTADOR	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False	
Static								
▼ Temp								
CONTADOR_1	Bool							
Constant								

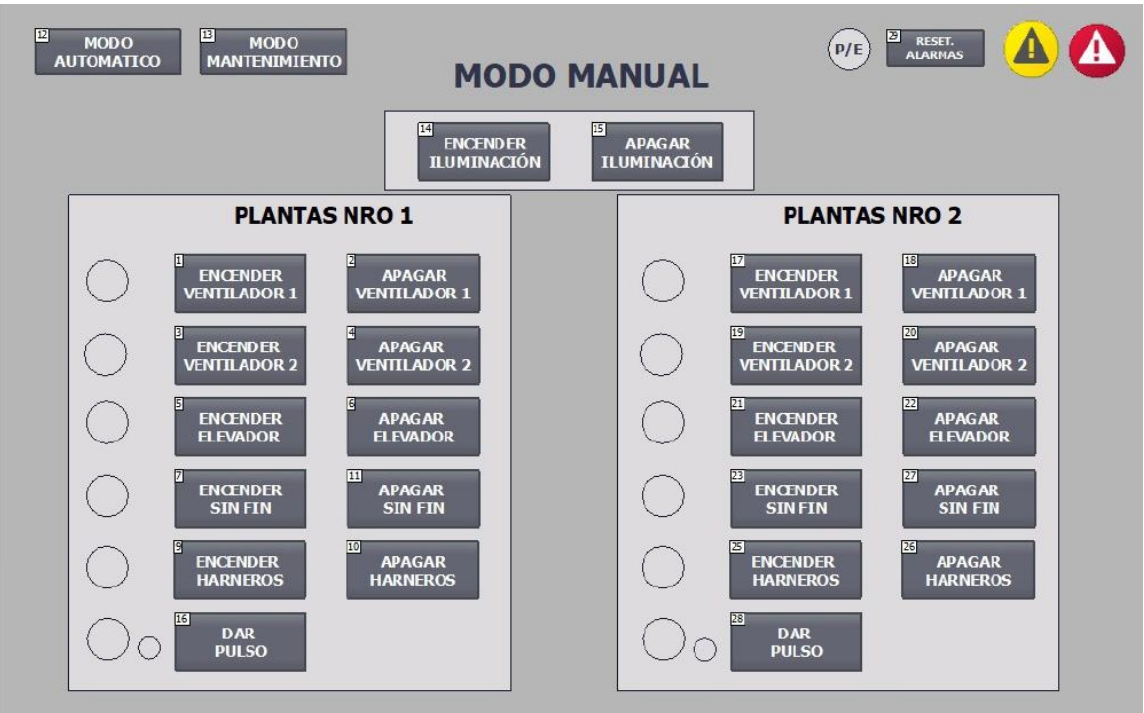
Network 1:

ANEXO B: PANTALLAS DE HMI

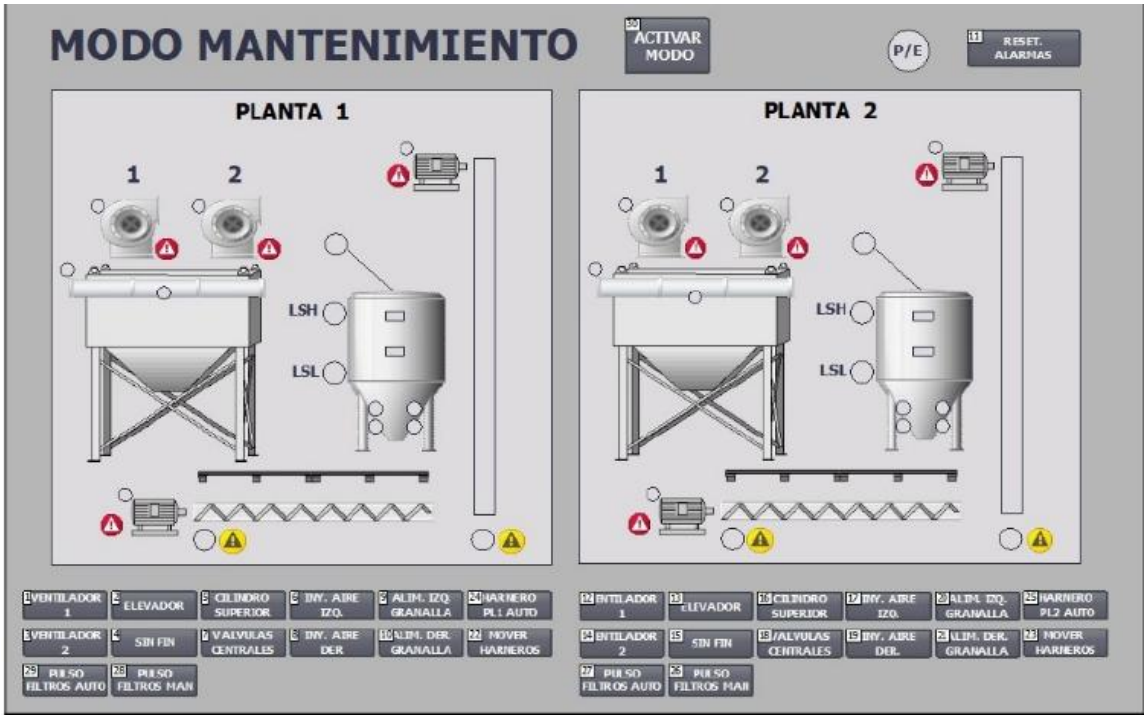
1) Pantalla principal modo Automático



2) Pantalla de Modo manual

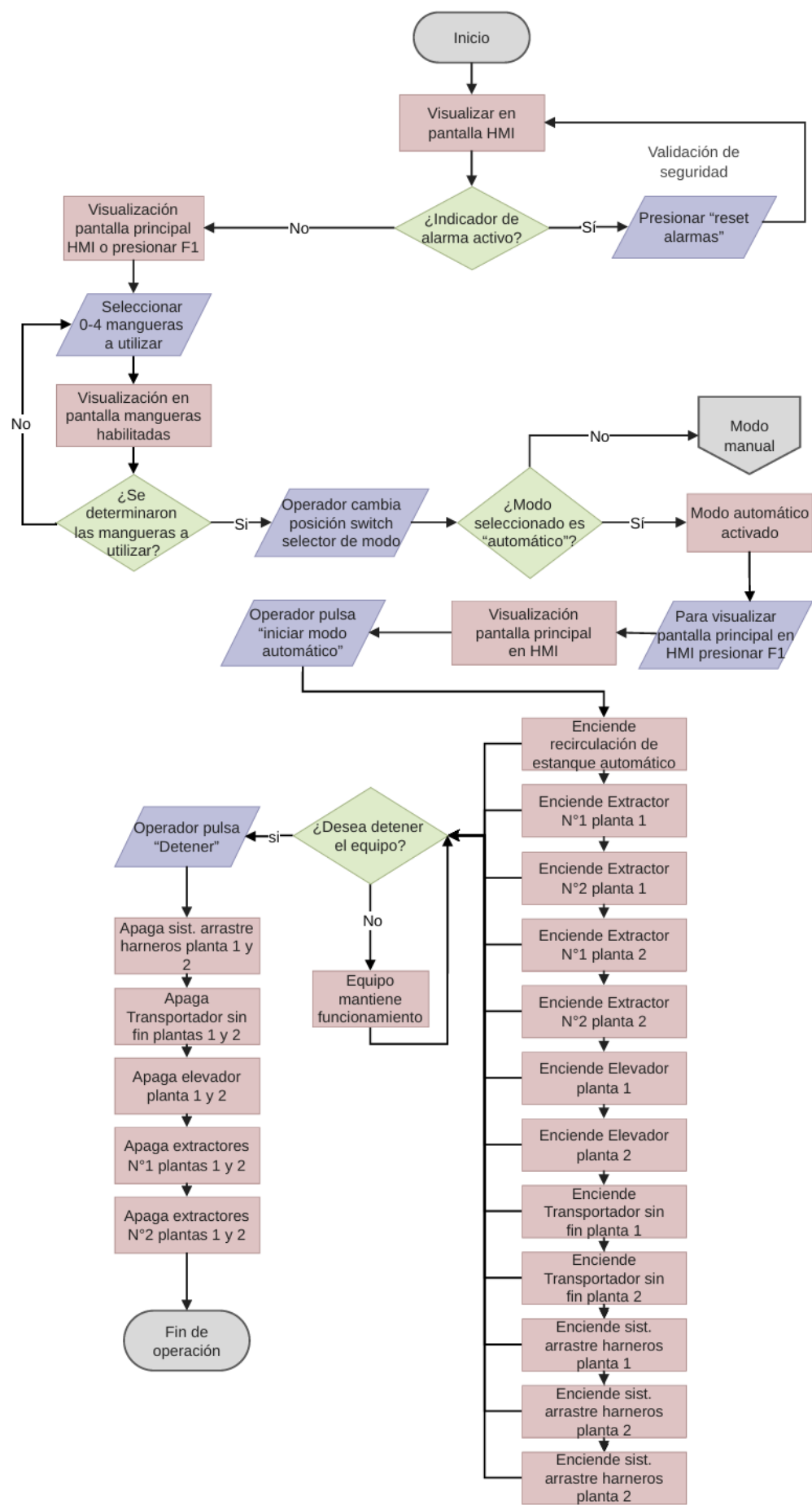


3) Pantalla de modo Mantenimiento



ANEXO C: DIAGRAMAS DE FLUJO

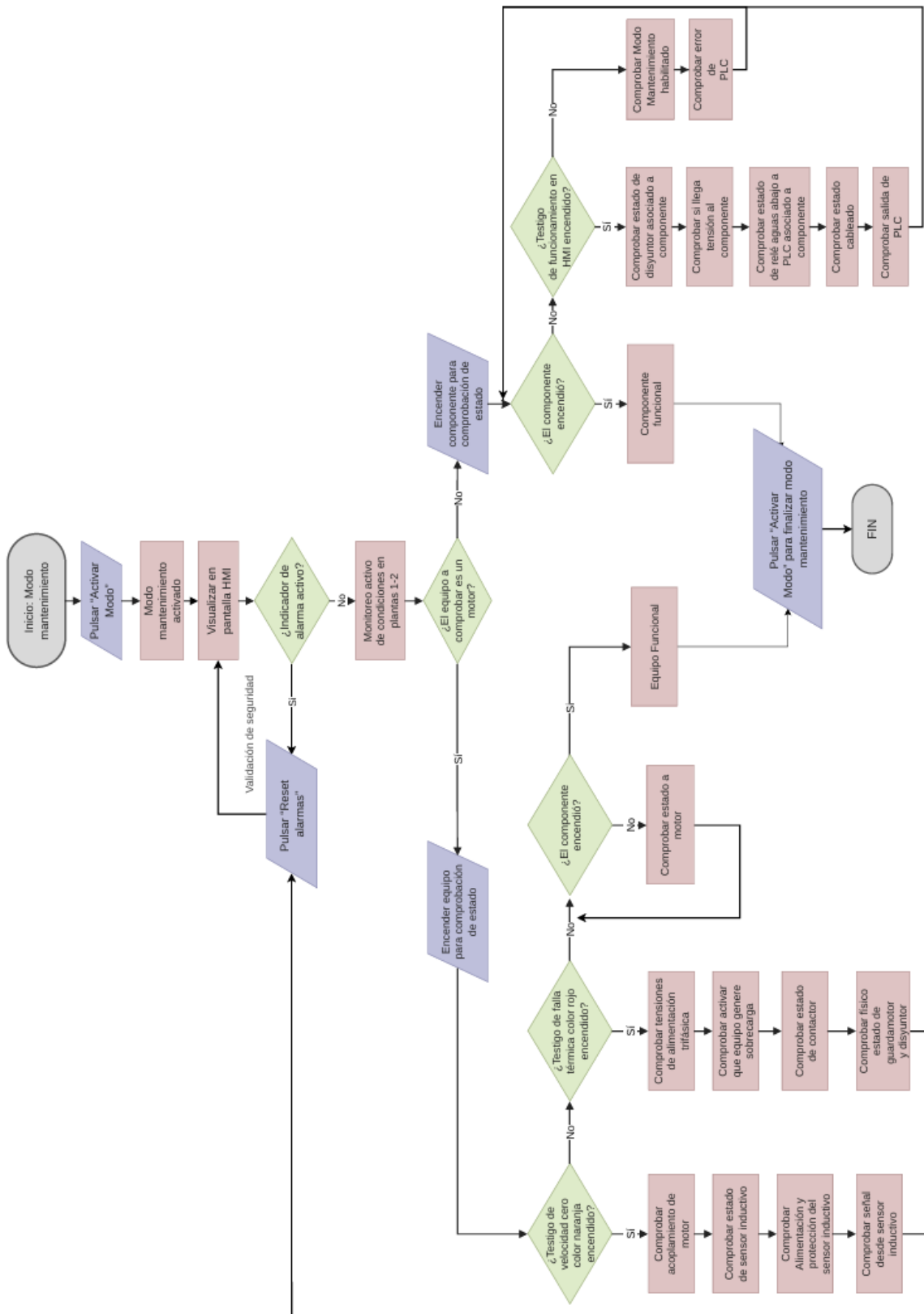
1) Diagrama de flujo para utilizar modo automático:



2) Diagrama de flujo para utilizar modo manual:



3) Diagrama de flujo para utilizar y realizar mantenimiento:



ANEXO D: COTIZACIONES

Cotización Dartel (Valor sin IVA)



Dartel S.A

RUT: 96.806.110-0
Giro: Distribuidora de artículos eléctricos
Casa Matriz: Dirección: Avda. Matía 326
Bodega: Lira 2146, Santiago
Sucursal: Camino Coquimbo 16720, Colina
Sucursal: Gerónimo de Alderete 1253, Vitacura
Sucursal: Av. Errazuriz 2169, Valdivia
Fono/Fax: (2) 757 2200 / (2) 757 2202
dartel@dartel.cl

COTIZACIÓN

N° **54554**

FECHA 18-05-2026

Sres.	Dylan Emerson Forton Donoso	Ciudad	Santiago
Dirección	Av. Manuel Antonio Matía	R.U.T	19393794-2
Forma de Pago	Contado(Generico)	Fono	954746770
Plazo Entrega		V Titular	C. Dartel
N° Cliente	19393794-2	Atendido	Dartel Web

#	Producto	Descripción	Fec. Entrega	Catálogo	Cantidad	Precio Unitario	%Dsto	Total
1	15364479	CABLE CONTROL 7x14 AWG APANTALLADO L/H RZ10Z1-R 06/1KV NE 15364479	Consultar	---	30	\$7.591	---	\$227.730
2	321100394	TAPA FINAL - D-PT 2.5-MT 321100394 Phoenix Contact	Consultar	---	2	\$472	---	\$944
3	337403434	RIEL DIN RANURADO 1000MM ZINCADO FNX 337403434 FNX	Consultar	---	2	\$1.282	---	\$2.564
4	303127094	PC BORNE DOS PISOS 2.5MM2 ST LMANT GR 303127094 Phoenix Contact	Consultar	---	22	\$1.947	---	\$42.834
5	320951094	BORNE LMANT PIT 2.5mm GR Phoenix Contact 320951094 Phoenix Contact	Consultar	---	22	\$399	---	\$8.778
6	310102994	TAPA BORNE MTK 2,5 MM2 GRIS 310102994 Phoenix Contact	Consultar	---	2	\$277	---	\$554
7	2341034	ESPIRAL NEGRO LIBRE HALOGENOS 10 MM ROLLO 10 MTS 2341034 FNX	Consultar	---	1	\$2.352	---	\$2.352
8	1030202034	BASE ADHESIVA 20x20MM 2020/ BLANCA X BOLSA 10 UNIDADES 1030202034 FNX	Consultar	---	2	\$145	---	\$290
9	32252034	AMARRA CABLE NEGRA 200x2.5MM X BOLSA 100 UNIDADES 32252034 FNX	Consultar	---	1	\$1.187	---	\$1.187
10	302227694	TOPE FINAL A PRESION DELGADO Phoenix Contact 302227694 Phoenix Contact	Consultar	---	16	\$1.001	---	\$16.016
11	2520272	PORTAFUSIBLE 1x32A 690VCA P/FUS 10x38mm 1P CON INDICADOR 2520272 Lovato	Consultar	---	5	\$13.259	---	\$66.295
12	2500434	FUSIBLE 10x38 4A Gg FX-2504 2500434 FNX	Consultar	---	6	\$151	---	\$906
13	2500634	FUSIBLE 10x38 6A Gg FX-2506 2500634 FNX	Consultar	---	4	\$151	---	\$604
14	6810034	FERRULE AISLADO AZUL 2.50MM 14AWG X BOLSA 100 UNIDADES 6810034 FNX 6810034 FNX	Consultar	---	2	\$892	---	\$1.784

	Valor mercadería	\$372.838
	Descuento	0
	Sub-Total	0

Cotización Wiautomation

Resumen del pedido

	2902993 Phoenix Contact - UNO-PS/1AC/24DC/100W	✕
-	1	+
		CLP 68,682.00
	1469550000 Weidmuller - PRO ECO3 480W 24V 20A	✕
-	1	+
		CLP 150,625.00
	6ES7214-1BG40-0XB0 Siemens	✕
-	1	+
		CLP 299,190.00
	6AV2123-2MB03-0AX0 Siemens	✕
-	1	+
		CLP 877,020.00
	6ES7223-1BH32-0XB0 Siemens	✕
-	1	+
		CLP 146,462.00

Pago y envío

[MOSTRAR TODO](#)

ENVÍO

☒  Envío express (DHL)

Subtotal CLP 1,541,979.00

Envío CLP 124,632.00

Total CLP 1,666,611.00

☐ He leído y acepto los [Términos y condiciones de venta](#). Al realizar el pedido, confirmo que he leído la Política de [Privacidad](#)

[Confirma tu orden](#)

Cotización PCFactory

Tu carro (1 Producto)

[Editar](#) <



Cable UTP Cat6 + Conectores RJ45 - 2 mts a...

\$3.290

Transferencia / Débito

\$3.490

Otros medios de pago

1 Unid.

Total Transferencia / Débito ?	\$3.290
Total otros medios de pago	\$3.490

Cotización Vitel

Quote # 3000010329					
Quote Date: 18-05-2026					
Enviar a:					
Método de envío:					
(Gastos de envío)					
Productos	SKU	Precio	Cantidad	IVA Chile (19%)	Subtotal
Cable Libre Halógeno 1.5mm2 Negro	0002604923	\$14.167	1	\$2.262	\$14.167
H07Z1-K x Rollo 50MTS					
Cable Libre Halógeno 1.5mm2 Rojo	0002604921	\$14.167	1	\$2.262	\$14.167
H07Z1-K x Rollo 50MTS					
Cable Libre Halógeno 1.5mm2 Blanco	0002604900	\$3.342	1	\$534	\$3.342
H07Z1-K x Rollo 10MTS					
Cable Libre Halógeno 1.5mm2 Verde	0002604904	\$3.342	1	\$534	\$3.342
H07Z1-K x Rollo 10MTS					
Cable Libre Halógeno 1.5mm2 Azul	0002604902	\$3.342	1	\$534	\$3.342
H07Z1-K x Rollo 10MTS					
Cable Control 14G1.0mm ² JZ-500 Gris	0016606129	\$6.007	30	\$28.773	\$180.210
Terminal Redondo Azul 16-14	0730542030	\$6.368	1	\$1.017	\$6.368
Awg(1.5mm ² -2.5mm ²) Diámetro 8 Mm					
Subtotal:					\$224.937
Cargos por manejos y envío:					\$0
IVA Chile (19%):					\$35.914
Total (impuestos no incluidos):					\$224.937

Cotización Rhona



AUTONICS

Sensor inductivo PNP

10-30VDC - 4MM NA

\$ 27.331

-

1

+

Código: 06010130

Eliminar

Resumen de su compra

Subtotal:

\$ 27.331

Costo envío:

\$ 0

Total:

\$ 27.331

ANEXO E: MANUAL DE OPERACIÓN

Manual de operación

Controlador de Planta de granallado

INDICE DE MANUAL

FUNCIONES DE SEGURIDAD.....	100
INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN.....	102
GABINETE PRINCIPAL CON PANEL DE CONTROL.....	102
GABINETE SECUNDARIO SIN PANEL DE CONTROL.....	106
PANEL DE CONTROL TACTIL.....	110
NAVEGACIÓN RAPIDA ENTRE PANTALLAS	111
PANTALLA PRINCIPAL (ROOT SCREEN) Y PRE-AJUSTES	112
PANTALLA DE MODO MANUAL.....	116
PANTALLA DE MODO MANTENIMIENTO	120
IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES EN CONTROLADOR PLC.	123
DIAGNOSTICO DE FALLAS	125

FUNCIONES DE SEGURIDAD

EL USO DE ESTE EQUIPO IMPLICA QUE EL USUARIO ES RESPONSABLE DE ASEGURAR QUE TODAS LAS PERSONAS QUE OPEREN O SE ENCUENTREN EN LAS CERCANÍAS DEL EQUIPO CUMPLAN CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD CORRESPONDIENTES.

ESTAS INDICACIONES COMPLEMENTAN LAS REGULACIONES GENERALES VIGENTES EN EL LUGAR DE TRABAJO.

TODAS LAS TAREAS DEBEN SER EJECUTADAS POR PERSONAL DEBIDAMENTE CAPACITADO Y CON CONOCIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO. UNA OPERACIÓN INADECUADA PUEDE PROVOCAR SITUACIONES DE RIESGO, OCASIONANDO DAÑOS TANTO A LAS PERSONAS COMO A LA MAQUINARIA.

1.1 CAPACITACIÓN DEL OPERADOR

TODA PERSONA QUE OPERE LA MÁQUINA DEBE CONOCER:

- EL FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL EQUIPO.
- LA UBICACIÓN DEL SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA.
- EL USO CORRECTO DE DICHO SISTEMA.
- LAS NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES.

PARA FACILITAR SU IDENTIFICACIÓN, CADA INTERRUPTOR O BOTÓN CUENTA CON UNA ETIQUETA QUE DESCRIBE SU FUNCIÓN.

1.2 SEGURIDAD EN EL ÁREA DE OPERACIÓN

ANTES DE PONER EN MARCHA LA MÁQUINA, EL OPERADOR DEBE VERIFICAR QUE:

- NO HAYA PERSONAS AJENAS O NO AUTORIZADAS DENTRO DE LA ZONA DE TRABAJO.

1.3 CONDICIONES DEL ENTORNO LABORAL

EL ÁREA DE TRABAJO DEBE CUMPLIR CON LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- SER ADECUADA PARA LA OPERACIÓN QUE SE REALIZARÁ.
- MANTENERSE ORDENADA Y LIBRE DE ELEMENTOS INNECESARIOS.

1.4 USO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

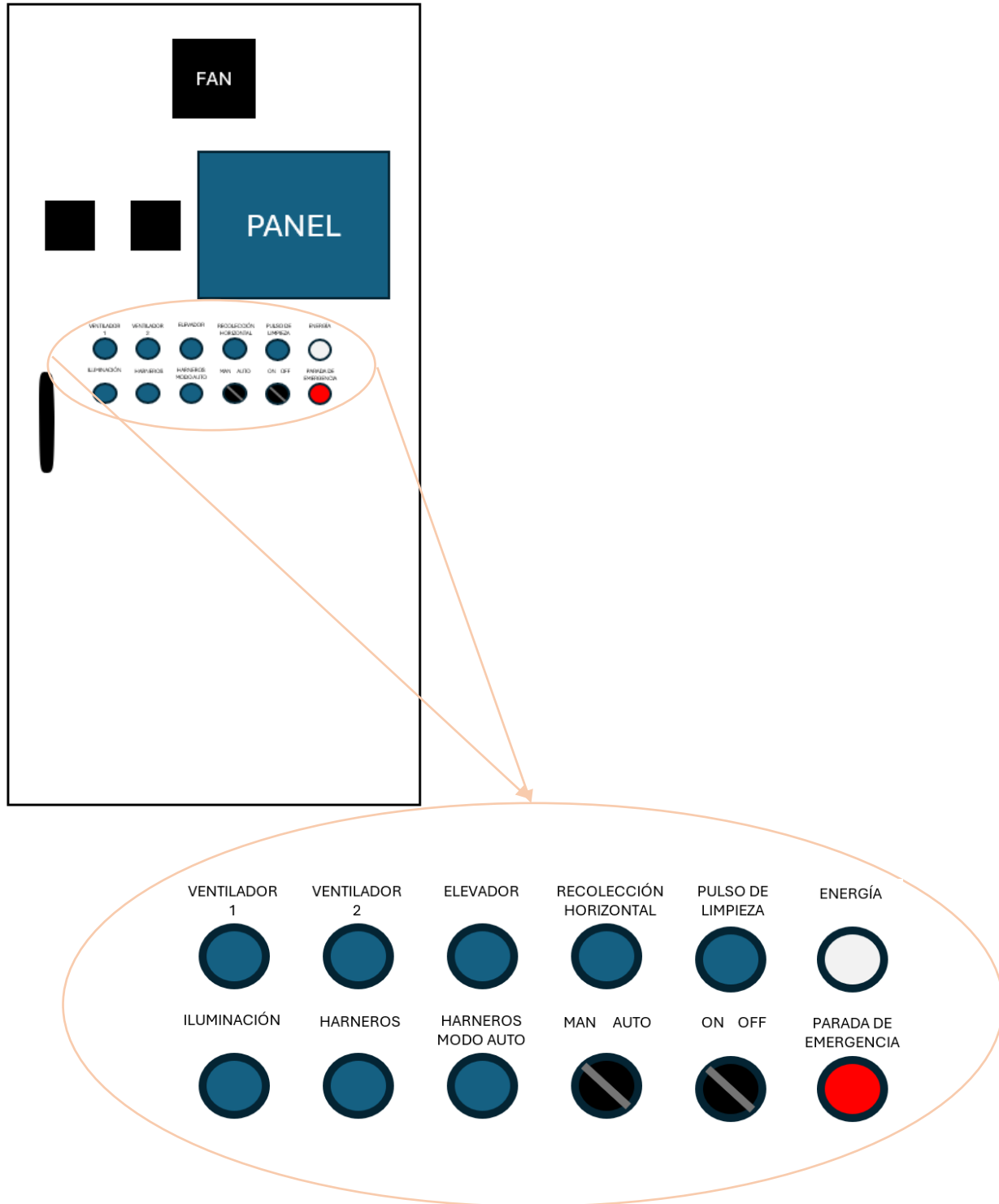
- ES OBLIGATORIO UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADOS, TALES COMO LENTES DE SEGURIDAD, ROPA RESISTENTE AL FUEGO Y GUANTES ADECUADOS.
- SE DEBE EVITAR EL USO DE ROPA O ACCESORIOS SUELTOS, COMO BUFANDAS, PULSERAS O ANILLOS, QUE PUEDAN ENGANCHARSE O GENERAR ACCIDENTES.

1.5 RECOMENDACIONES GENERALES

- LAS INTERVENCIONES EN SISTEMAS DE CON RIESGO ELÉCTRICO DEBEN SER REALIZADAS EXCLUSIVAMENTE POR PERSONAL ELÉCTRICO CALIFICADO.
- NO SE DEBEN REALIZAR TAREAS DE MANTENIMIENTO NI LUBRICACIÓN MIENTRAS LA MÁQUINA ESTÉ EN FUNCIONAMIENTO.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

5 GABINETE PRINCIPAL CON PANEL DE CONTROL



1-

VENTILADOR 1	
VENTILADOR 1 	LUMINARIA INDICADORA DE EXTRACTOR DE POLVO N°1 DE PLANTA 1 EN FUNCIONAMIENTO

2-

VENTILADOR 2	
VENTILADOR 2 	LUMINARIA INDICADORA DE EXTRACTOR DE POLVO N°2 DE PLANTA 1 EN FUNCIONAMIENTO

3-

ELEVADOR	
ELEVADOR 	LUMINARIA INDICADORA DE ELEVADOR N°1 DE PLANTA 1 EN FUNCIONAMIENTO

4-

RECOLECCIÓN HORIZONTAL	
RECOLECCIÓN HORIZONTAL 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE MATERIAL ABRASIVO HORIZONTAL TIPO EJE SIN FIN EN FUNCIONAMIENTO

5-

PULSO DE LIMPIEZA	
PULSO DE LIMPIEZA 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE PULSOS DE LIMPIEZA EN OPERACIÓN.

6-

ENERGÍA	
ENERGÍA 	LUMINARIA INDICADORA DE EQUIPO ENERGIZADO

7-

ILUMINACIÓN	
ILUMINACIÓN 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE CABINA EN OPERACIÓN

8-

HARNEROS	
HARNEROS 	LUMINARIA INDICADORA DE POSICIONAMIENTO DE CILINDROS NEUMÁTICOS DEL SISTEMA DE HARNEROS (POSICIÓN DE REPOSO / POSICIÓN DE TRABAJO)

9-

HARNEROS AUTO	
RESPALDO 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE HARNEROS TRABAJANDO EN MODO AUTOMÁTICO

10-

MAN AUTO	
MAN AUTO 	SELECTOR DEDICADO A ESCOGER LA MODALIDAD DE TRABAJO ENTRE MODO MANUAL Y MODO AUTOMÁTICO.

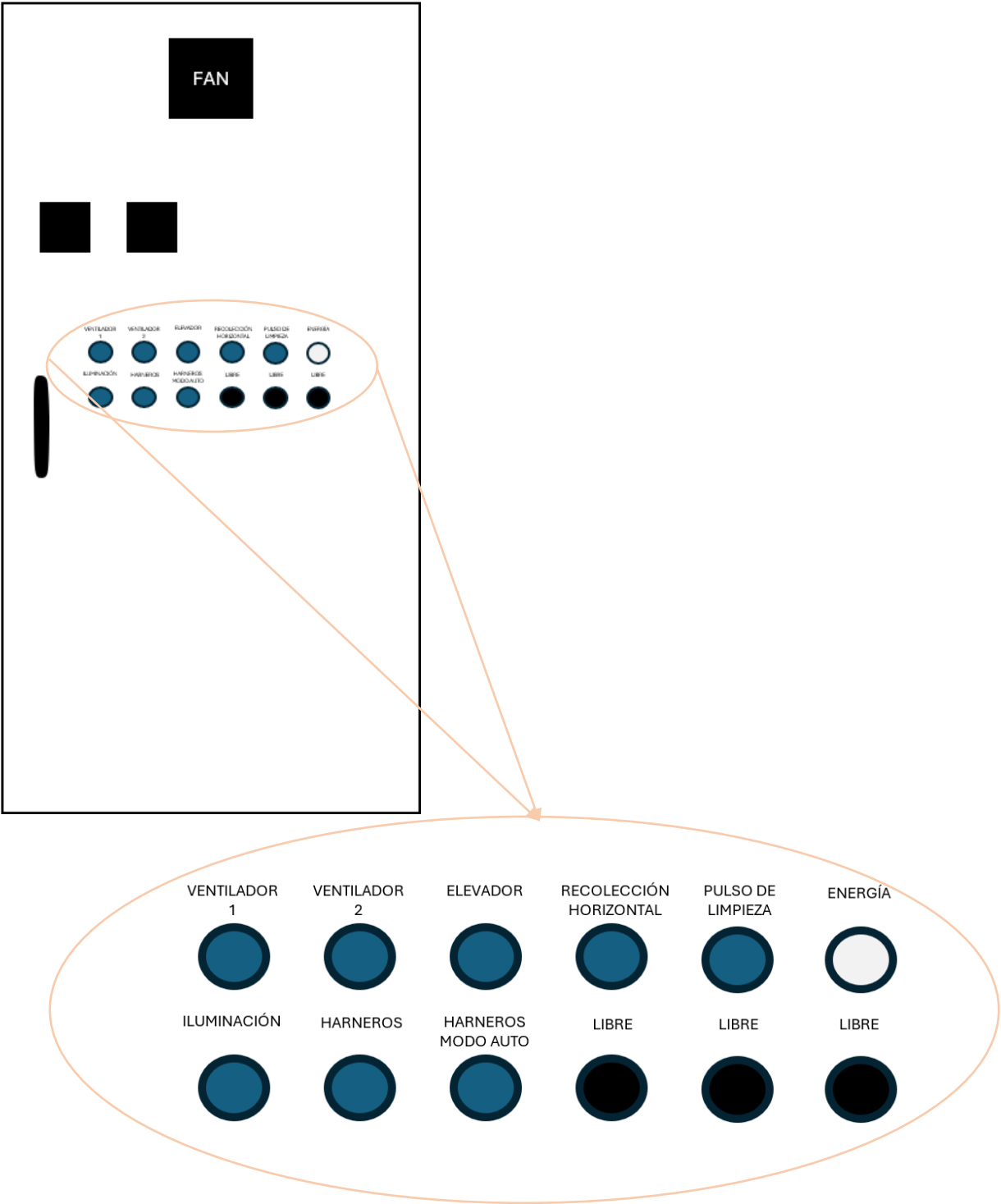
11-

ON – OFF	
ON OFF 	SELECTOR DEDICADO AL ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL EQUIPO

12-

PARADA DE EMERGENCIA	
PARADA DE EMERGENCIA 	PULSADOR AUTOENCLAVABLE TIPO HONGO DEDICADO A DETENER EL EQUIPO DE FORMA DIRECTA Y DEFINITIVA EN SU TOTALIDAD.

6 GABINETE SECUNDARIO SIN PANEL DE CONTROL



1-

VENTILADOR 1	
VENTILADOR 1 	LUMINARIA INDICADORA DE EXTRACTOR DE POLVO N°1 DE PLANTA 1 EN FUNCIONAMIENTO

2-

VENTILADOR 2	
VENTILADOR 2 	LUMINARIA INDICADORA DE EXTRACTOR DE POLVO N°2 DE PLANTA 1 EN FUNCIONAMIENTO

3-

ELEVADOR	
ELEVADOR 	LUMINARIA INDICADORA DE ELEVADOR N°1 DE PLANTA 1 EN FUNCIONAMIENTO

4-

RECOLECCIÓN HORIZONTAL	
RECOLECCIÓN HORIZONTAL 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRASLADO DE MATERIAL ABRASIVO HORIZONTAL TIPO EJE SIN FIN EN FUNCIONAMIENTO

5-

PULSO DE LIMPIEZA	
PULSO DE LIMPIEZA 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE PULSOS DE LIMPIEZA EN OPERACIÓN.

6-

ENERGÍA	
ENERGÍA 	LUMINARIA INDICADORA DE EQUIPO ENERGIZADO

7-

ILUMINACIÓN	
ILUMINACIÓN 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE CABINA EN OPERACIÓN

8-

HARNEROS	
HARNEROS 	LUMINARIA INDICADORA DE POSICIONAMIENTO DE CILINDROS NEUMÁTICOS DEL SISTEMA DE HARNEROS (POSICIÓN DE REPOSO / POSICIÓN DE TRABAJO)

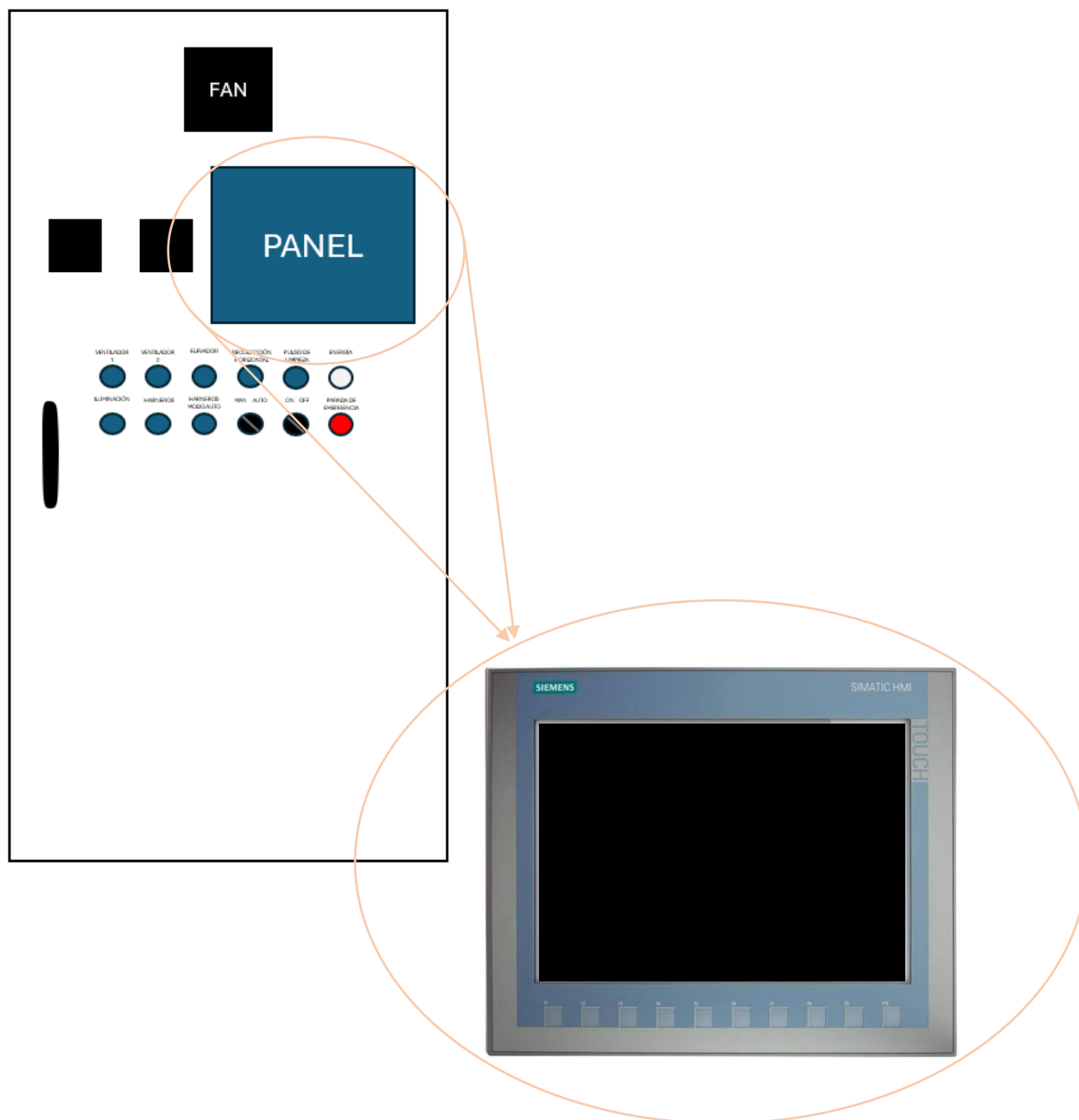
9-

HARNEROS AUTO	
RESPALDO 	LUMINARIA INDICADORA DE SISTEMA DE HARNEROS TRABAJANDO EN MODO AUTOMÁTICO

10-

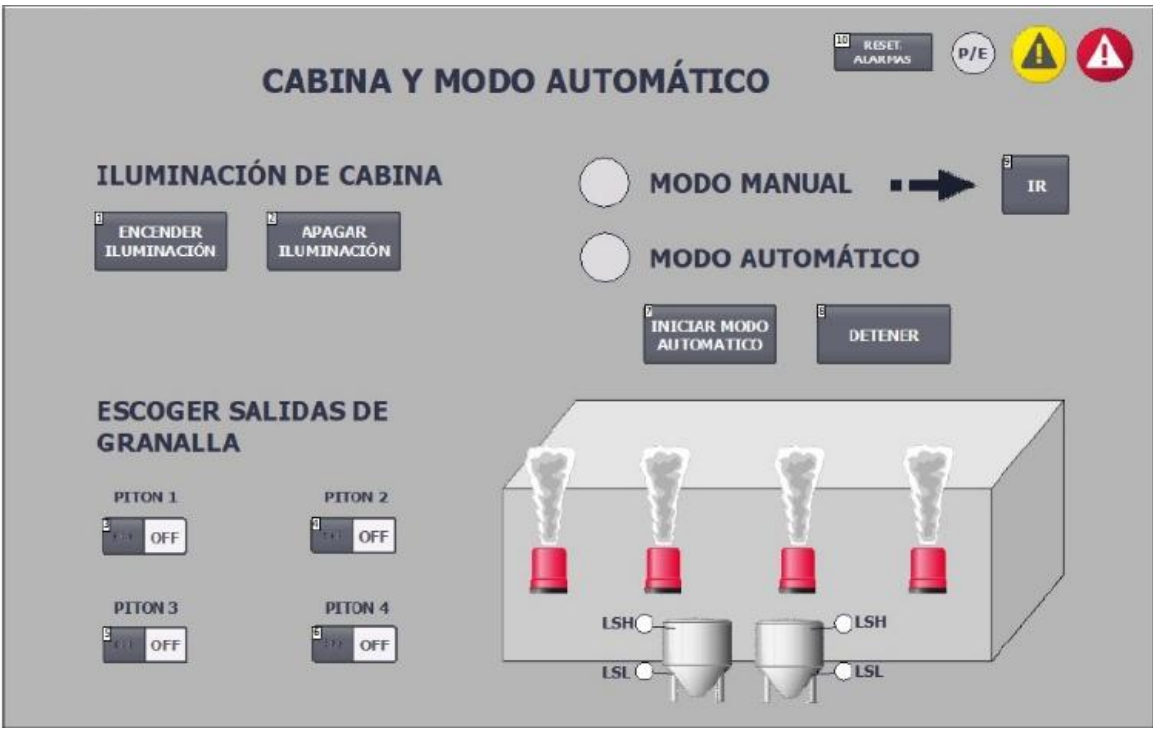
LIBRE	
LIBRE 	ESPACIO DISPONIBLE EN GABINETE

7 PANEL DE CONTROL TACTIL





7.2 PANTALLA PRINCIPAL (ROOT SCREEN) Y PRE-AJUSTES



1- ALARMAS

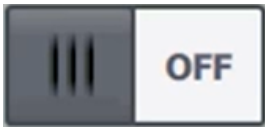
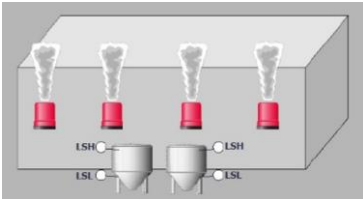
	OK
	PERDIDA DE SEÑAL DE SENSOR INDUCTIVO
	FALLA TÉRMICA
	PARADA DE EMERGENCIAS PRESIONADA
	PULSAR PARA REINICIAR ALARMAS

2- ILUMINACIÓN DE CABINA

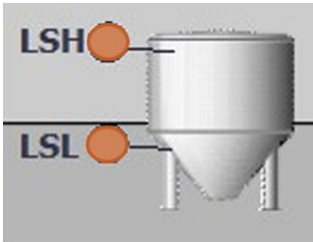
	PULSAR PARA ENCENDER LUMINARIAS DE LA CABINA DE GRANALLADO
	PULSAR PARA APAGAR LUMINARIAS DE LA CABINA DE GRANALLADO

3- ESCOGER MANGUERAS DE GRANALLADO A UTILIZAR

SIEMPRE Y ANTES DE CADA TRABAJO SE ESCOGERAN LAS MANGUERAS DE TRABAJO EN LA ROOT SCREEN.

	PULSAR UNA VEZ PARA QUE SWITCH CAMBIE A POSICIÓN ON INDICANDO PITÓN ACTIVADA .
	PULSAR UNA VEZ PARA QUE SWITCH CAMBIE A POSICIÓN OFF INDICANDO PITÓN DESACTIVADA .
	UN SIMBOLO ROJO SE VUELVE VISIBLE AL HABILITAR CADA UNA DE LAS CUATRO MANGUERAS DE GRANALLADO DESDE UN SWITCH VIRTUAL SIMULANDO SU UBICACIÓN REAL EN LA CABINA.

4- INDICADORES DE NIVEL ALTO DE GRANALLA EN ACUMULADOR DISPENSADOR

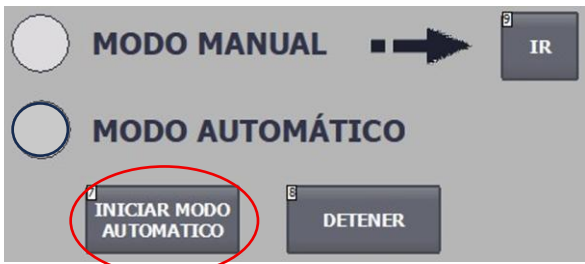
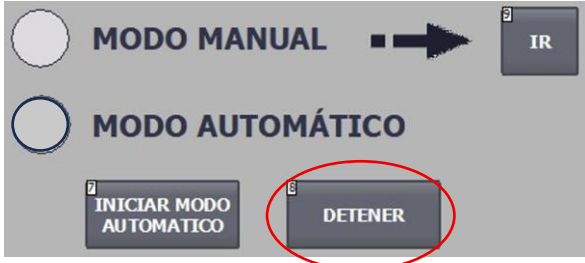
	UN INDICADOR INFORMATIVO DE COLOR NARANJA DARÁ AVISO DE NIVEL ALTO EN ESTANQUE PARTE SUPERIOR Y DE NIVEL BAJO EN LA PARTE INFERIOR PARA LOS DOS ESTANQUE.
---	---

5- SELECCIÓN DE MODO DE TRABAJO

LA SELECCIÓN DEL MODO DE TRABAJO SE REALIZA MEDIANTE EL ACCIONAMIENTO DEL SELECTOR FÍSICO “MANUAL-AUTOMÁTICO” UBICADO EN EL GABINETE PRINCIPAL

	AL SELECCIONAR EL MODO AUTOMÁTICO DESDE EL SELECTOR FÍSICO EN EL GABINETE, UN INDICADOR VERDE CONFIRMARÁ LA ELECCIÓN.
	AL SELECCIONAR EL MODO MANUAL DESDE EL SELECTOR FÍSICO EN EL GABINETE, UN INDICADOR VERDE CONFIRMARÁ LA ELECCIÓN.

6- INICIAR/DETENER MODO AUTOMÁTICO

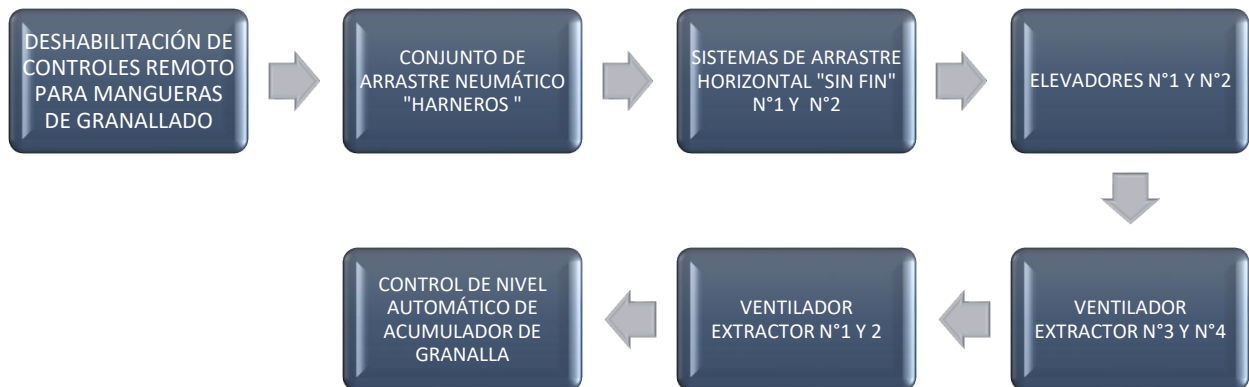
	PARA INICIAR EL ARRANQUE DEL EQUIPO EN MODO AUTOMÁTICO DEBE PULSAR EL RECUADRO “INICIAR MODO AUTOMÁTICO”.
	PARA DETENER EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO EN MODO AUTOMÁTICO DEBE PULSAR EL RECUADRO “DETENER”.

EL INICIO AUTOMÁTICO DE LA PLANTA DE GRANALLADO SE CONFORMA POR LA SIGUIENTE SECUENCIA DE ARRANQUE:



NOTA 1: EL TIEMPO DESFASE ENTRE EL ARRANQUE DE CADA EQUIPO ES APROXIMADAMENTE 8 SEGUNDOS.

LA DETENCIÓN AUTOMÁTICA DE LA PLANTA DE GRANALLADO SE CONFORMA POR LA SIGUIENTE SECUENCIA:



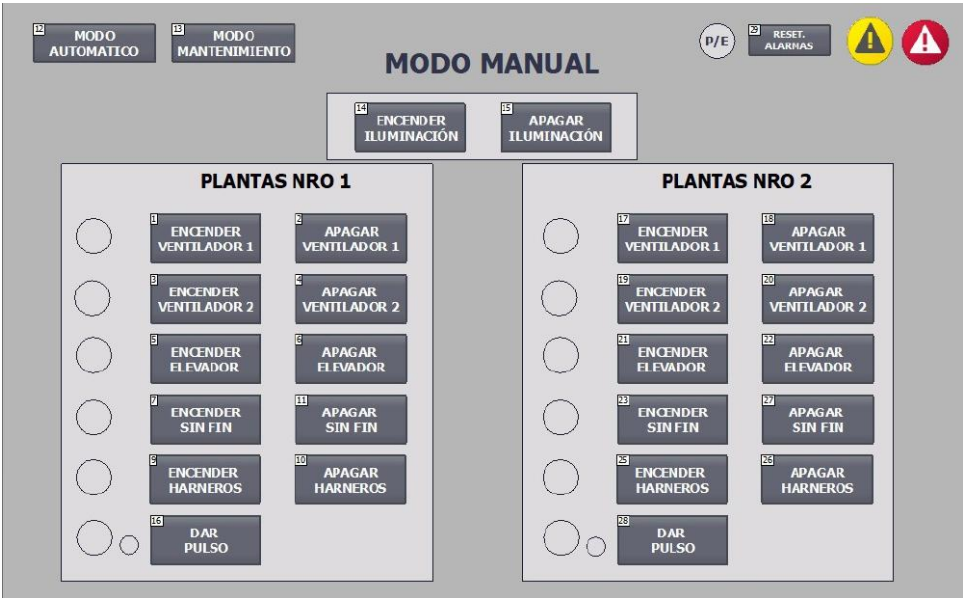
NOTA 2: EL TIEMPO DE DESFASE ENTRE LA DETENCIÓN DE CADA EQUIPO ES DE APROXIMADAMENTE 5 SEGUNDOS.

7.3 PANTALLA DE MODO MANUAL

1- DIRIGIR A PANTALLA DE MODO MANUAL

	LUEGO DE SELECCIONAR EL MODO MANUAL SE DEBE PULSAR EL RECUADRO “IR” PARA CAMBIAR A LA PANTALLA DE MODO DE TRABAJO MANUAL
---	--

YA REALIZADA LA OPERACIÓN “IR” O BIEN PULSADA LA TECLA FÍSICA F2 SE MUESTRA LA SIGUIENTE PANTALLA CORRESPONDIENTE AL MODO DE OPERACIÓN MANUAL DE LA PLANTA:



2- ILUMINACIÓN DE CABINA

	PULSAR PARA ENCENDER LUMINARIAS DE LA CABINA DE GRANALLADO
---	--

	PULSAR PARA APAGAR LUMINARIAS DE LA CABINA DE GRANALLADO
--	---

3- ALARMAS

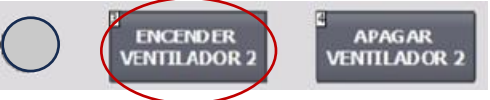
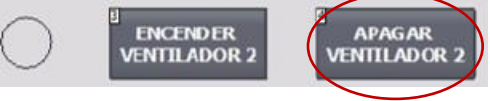
	OK
	PERDIDA DE SEÑAL DE SENSOR INDUCTIVO
	FALLA TÉRMICA
	PARADA DE EMERGENCIAS PRESIONADA
	PULSAR PARA REINICIAR ALARMAS

4- OPERACIÓN GENERAL DE EQUIPOS EN MODO MANUAL

VENTILADOR EXTRACTOR N°1

	PRESIONE “ENCENDER VENTILADOR 1” PARA ACTIVAR EL EXTRACTOR N°1. UN INDICADOR VERDE MOSTRARÁ QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA
	PRESIONE “APAGAR VENTILADOR 1” PARA DESACTIVAR EL EXTRACTOR N°1. EL INDICADOR VERDE DESAPARECERÁ, CONFIRMANDO QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA

VENTILADOR EXTRACTOR N°2

	PRESIONE “ENCENDER VENTILADOR 2” PARA ACTIVAR EL EXTRACTOR N°2. UN INDICADOR VERDE MOSTRARÁ QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA
	PRESIONE “APAGAR VENTILADOR 2” PARA DESACTIVAR EL EXTRACTOR N°2. EL INDICADOR VERDE DESAPARECERÁ, CONFIRMANDO QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA

ELEVADOR

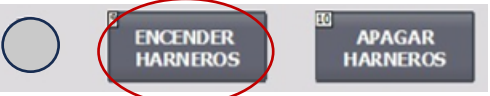
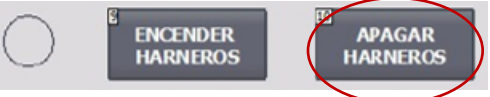
	PRESIONE “ENCENDER ELEVADOR” PARA ACTIVAR EL ELEVADOR DE CANASTOS. UN INDICADOR VERDE MOSTRARÁ QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA
	PRESIONE “APAGAR ELEVADOR” PARA DESACTIVAR EL ELEVADOR DE CANASTOS. EL INDICADOR VERDE DESAPARECERÁ, CONFIRMANDO QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA

SISTEMA DE ARRASTRE HORIZONTAL “SIN FIN”

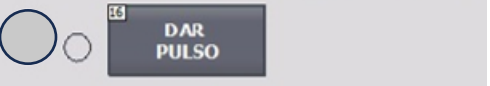
	PRESIONE “ENCENDER SIN FIN” PARA ACTIVAR EL SISTEMA DE ARRASTRE HORIZONTAL “SIN FIN”. UN INDICADOR VERDE MOSTRARÁ QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA
---	--

	PRESIONE “APAGAR SIN FIN” PARA DESACTIVAR EL SISTEMA DE ARRASTRE HORIZONTAL “SIN FIN”. EL INDICADOR VERDE DESAPARECERÁ, CONFIRMANDO QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA
---	--

CONJUNTO DE ARRASTRE NEUMÁTICO “HARNEROS”

	PRESIONE “ENCENDER HARNEROS” PARA ACTIVAR EL CONJUNTO DE ARRASTRE NEUMÁTICO “HARNEROS”. UN INDICADOR VERDE MOSTRARÁ QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA
	PRESIONE “APAGAR HARNEROS” PARA DESACTIVAR CONJUNTO DE ARRASTRE NEUMÁTICO “HARNEROS”. EL INDICADOR VERDE DESAPARECERÁ, CONFIRMANDO QUE LA ACCIÓN FUE REALIZADA

PULSO PARA LIMPIEZA DE FILTROS

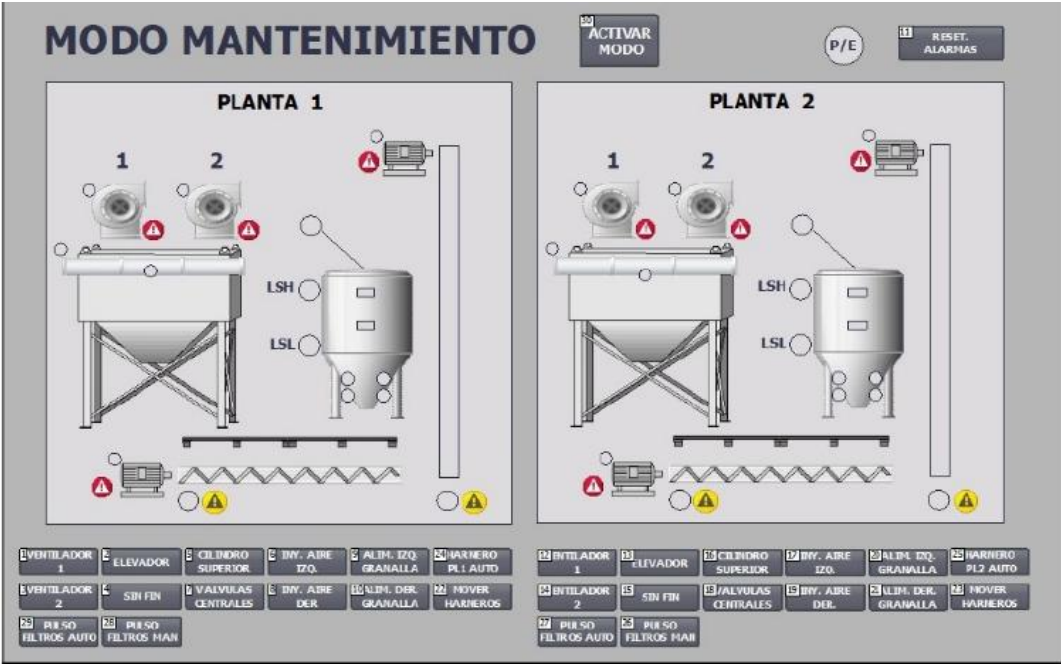
	UN INDICADOR VERDE SEÑALA QUE EL SISTEMA DE LIMPIEZA POR PULSOS DE AIRE ESTÁ ACTIVO DEBIDO A LA HABILITACIÓN DEL VENTILADOR 1 O VENTILADOR 2.
	PRESIONE “DAR PULSO” PARA OTORGAR UN PULSO DE AIRE AL HABITACULO DE FILTROS Y RETIRAR POLVO. UN INDICADOR VERDE PEQUEÑO VALIDARÁ LA ACCIÓN

5- NAVEGACIÓN ENTRE PANTALLAS

	PARA VOLVER A LA PANTALLA DE PRE-AJUSTES PRESIONAR EL RECUDRO “MODO AUTOMÁTICO”
	PARA DIRIGIR A LA PANTALLA DE MODO MANTENIMIENTO PULSAR EL RECUADRO “MODO MANTENIMIENTO”

7.4 PANTALLA DE MODO MANTENIMIENTO

PARA DIRIGIR AL MODO DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO SE PUEDE INGRESAR DESDE EL APARTADO MENCIONADO EN EL MODO MANUAL O BIEN PRESIONANDO EL PULSADOR FÍSICO F3. DESDE AHÍ SE MUESTRA LA SIGUIENTE PANTALLA:



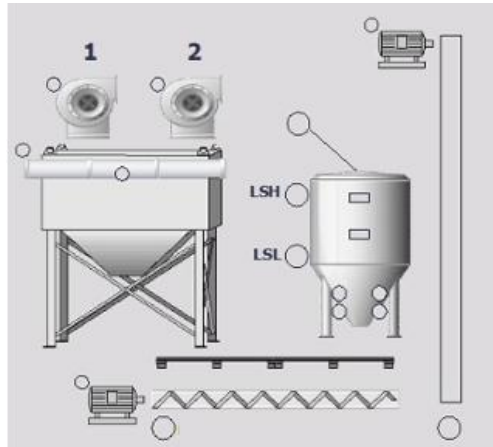
1- ACTIVAR Y DESACTIVAR MODO MANTENIMIENTO

	AL PRESIONAR UNA VEZ EL RECUADRO “ACTIVAR MODO” CAMBIARÁ DE COLOR A UN TONO VERDOSO INDICANDO QUE EL MODO MANTENIMIENTO SE ENCUENTRA ACTIVADO.
	AL PRESIONAR NUEVAMENTE EL RECUADRO “ACTIVAR MODO” VOLVERA A UN COLOR GRIS VALIDANDO QUE EL MODO MANTENIMIENTO SE ENCUENTRA DESACTIVADO.

2- ALARMAS

	PARADA DE EMERGENCIAS OK
	PERDIDA DE SEÑAL DE SENSOR INDUCTIVO. SEGÚN UBICACIÓN EN ESQUEMA ASOCIAR A EQUIPO ESPECIFICO
	FALLA TÉRMICA. SEGÚN UBICACIÓN EN ESQUEMA ASOCIAR A EQUIPO ESPECIFICO
	PARADA DE EMERGENCIAS PRESIONADA
	PULSAR PARA REINICIAR ALARMAS

3- ENCENDER Y APAGAR EQUIPOS



- CADA EQUIPO FUNCIONANDO SE VERÁ REFLEJADO CON UN CIRCULO EN COLOR VERDE PERMANENTE A UN COSTADO DE SU BOSETO.
- CADA SENSOR INDUCTIVO ENCARGADO DE CORROBORAR MOVIMIENTO EN EL SINFIN Y EN EL ELEVADOR CUANDO SE ENCUENTREN TRABAJANDO SE VISUALIZARÁ COMO UN CIRCULO VERDE PARPADEANTE.
- CADA EQUIPO DETENIDO SE VISUALIZARÁ CON UN CIRCULO GRIS A UN COSTADO DEL BOSETO.



- PARA ACTIVAR CADA EQUIPO Y COMPONENTE DEL LISTADO SE DEBE PULSAR UNA VEZ EL RECUADRO CON SU NOMBRE.
- UNA VEZ PULSADO CORROBORAR VISUALMENTE EN PANTALLA EL CIRCULO DE COLOR VERDE QUE VALIDA LA OPERATIVIDAD DEL EQUIPO
- PARA APAGAR BASTA CON PULSAR NUEVAMENTE EL RECUADRO CON SU NOMBRE Y VISUALIZAR QUE EL CIRCULO CORRESPONDIENTE SE VUELVA DE COLOR GRIS.

8 IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES EN CONTROLADOR PLC.

TABLA DE ASIGNACIÓN DE ENTRADAS EN PLC

Nº	ENTRADAS	TIPO DE DATO	I
1	GUARDAMOTOR SIN FIN PL2	Bool	%I2.5
2	GUARDAMOTOR SIN FIN PL1	Bool	%I2.4
3	GUARDAMOTOR ELEVADOR PL2	Bool	%I2.3
4	GUARDAMOTOR ELEVADOR PL1	Bool	%I2.2
5	GUARDAMOTOR VEN 2 PL2	Bool	%I2.1
6	GUARDAMOTOR VEN 1 PL2	Bool	%I2.0
7	GUARDAMOTOR VEN 2 PL1	Bool	%I1.7
8	GUARDAMOTOR VEN 1 PL1	Bool	%I1.6
9	PL2 VELOCIDAD CERO DE SIN FIN	Bool	%I1.5
10	PL2 VELOCIDAD CERO ELEVADOR	Bool	%I1.4
11	HABILITACION REMOTA 4	Bool	%I1.3
12	HABILITACION REMOTA 3	Bool	%I1.2
13	HABILITACION REMOTA 2	Bool	%I1.1
14	HABILITACION REMOTA 1	Bool	%I1.0
15	PL2 SENSOR ACUMULADOR NIVEL BAJO	Bool	%I0.7
16	PL2 SENSOR ACUMULADOR NIVEL ALTO	Bool	%I0.6
17	PL1 SENSOR ACUMULADOR NIVEL ALTO	Bool	%I0.5
18	PL1 SENSOR ACUMULADOR NIVEL BAJO	Bool	%I0.4
19	PL1 VELOCIDAD CERO DE SIN FIN	Bool	%I0.3
20	PL1 VELOCIDAD CERO ELEVADOR	Bool	%I0.2
21	PARADA EMERGENCIA	Bool	%I0.1
22	AUTOMATICO/MANUAL	Bool	%I0.0

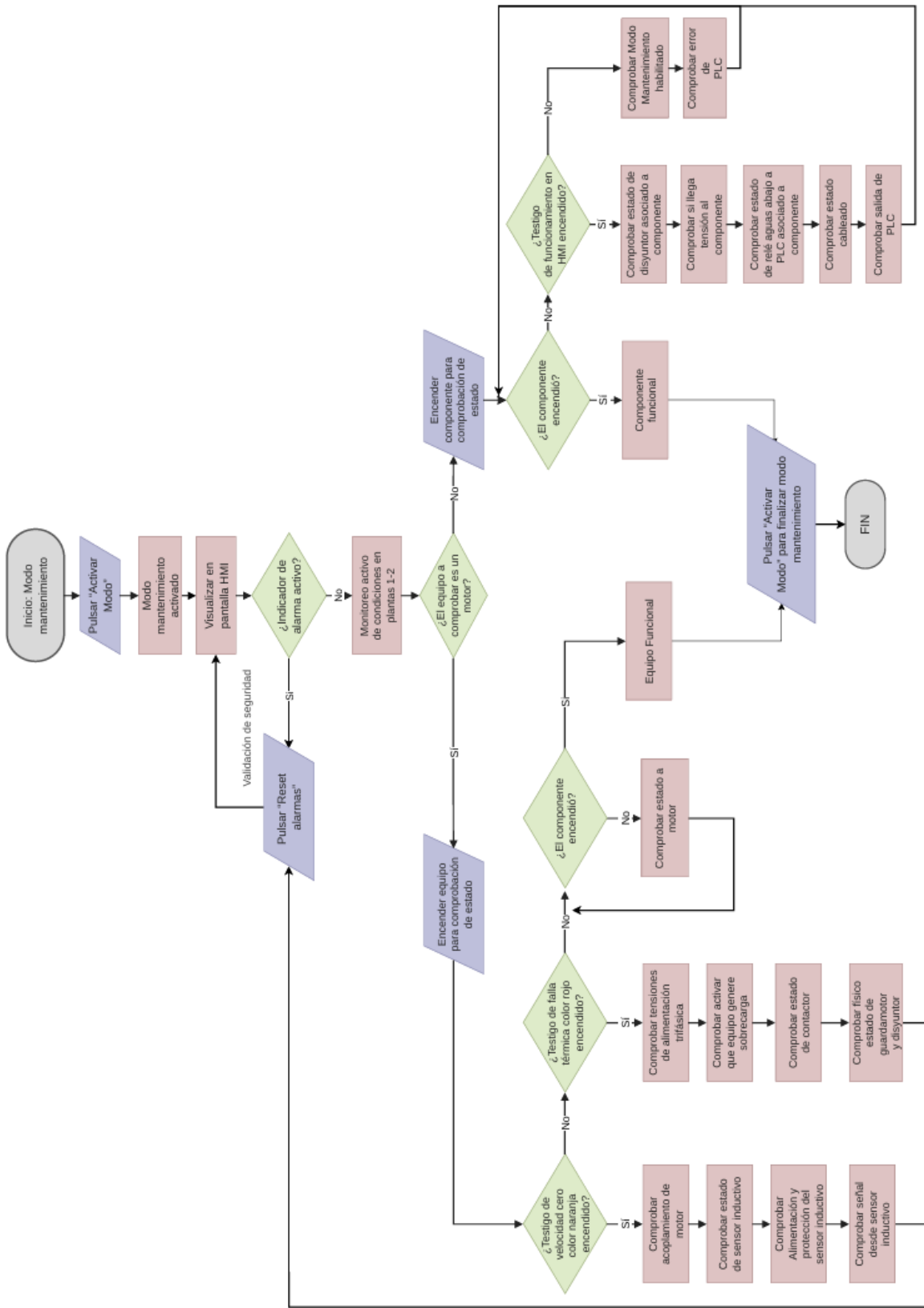
NOTA1: PARA TABLA DE ENTRADAS PL1 INDICA PLANTA 1 Y PL2 INDICA PLANTA 2

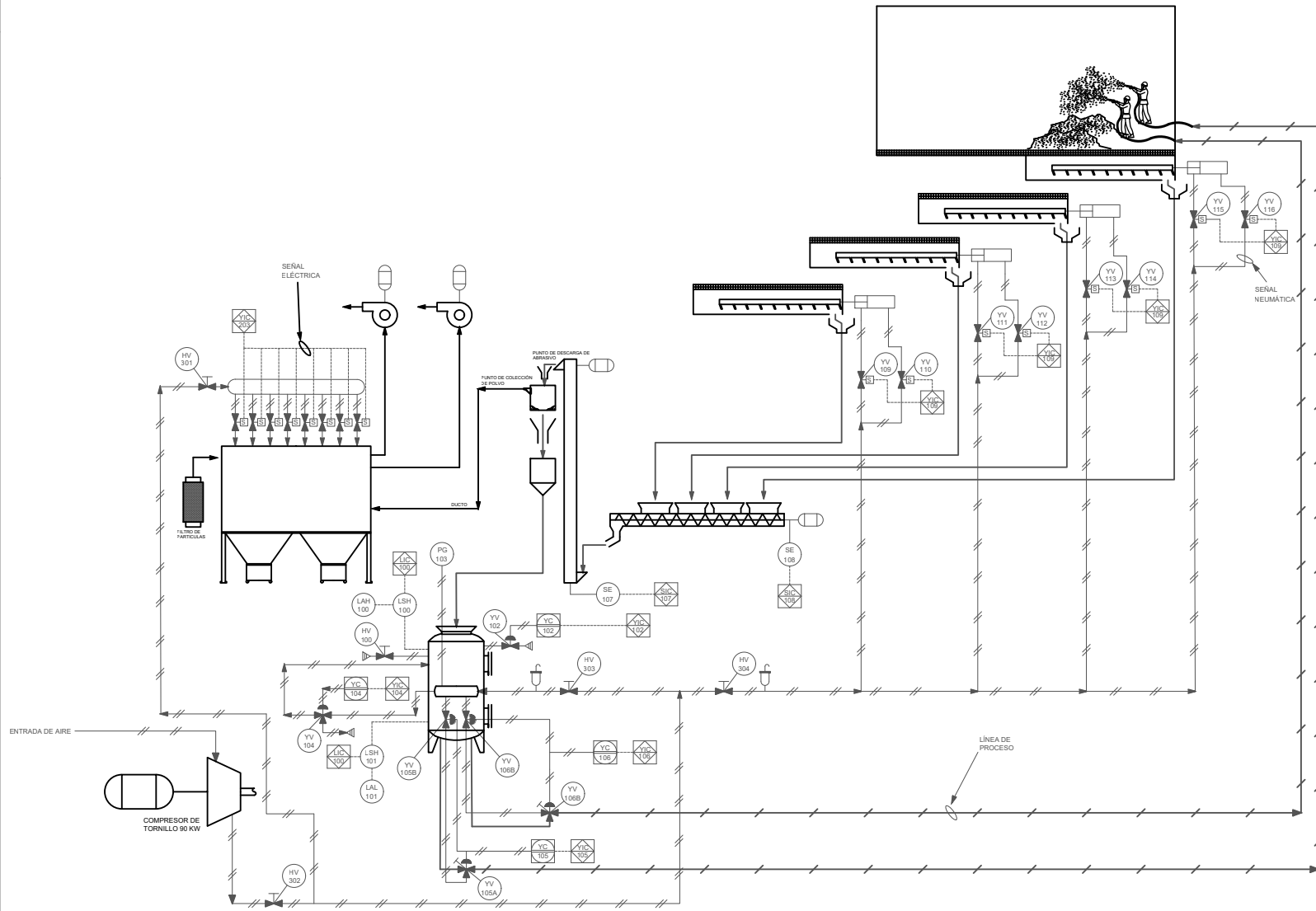
TABLA DE ASIGNACIÓN DE SALIDAS EN PLC

Nº	SALIDAS	TIPO DE DATO	Q
1	SALIDA DE PULSO DE LIMPIEZA PL2	Bool	%Q8.3
2	SALIDA DE PULSO DE LIMPIEZA PL1	Bool	%Q8.2
3	ILUMINACION	Bool	%Q8.1
4	PL2 VALVULA DE PASO DE AIRE 2	Bool	%Q8.0
5	PL2 VALVULA DE PASO DE AIRE 1	Bool	%Q2.7
6	PL2 VALVULA DE PASO GRANALLA 2	Bool	%Q2.6
7	PL2 VALVULA DE PASO GRANALLA 1	Bool	%Q2.5
8	PL2 CILINDRO DE LLENADO	Bool	%Q2.4
9	PL2 VALVULAS DE DESPRESURIZADO	Bool	%Q2.3
10	PL2 TRANSPORTADOR SIN FIN	Bool	%Q2.2
11	PL2 ELEVADOR	Bool	%Q2.1
12	PL2 VENTILADOR 1	Bool	%Q2.0
13	PL2 HARNEROS	Bool	%Q1.7
14	PL2 VENTILADOR 2	Bool	%Q1.6
15	PL1 VALVULA DE PASO DE GRANALLA A PITON 2	Bool	%Q1.5
16	PL1 VALVULA DE PASO DE AIRE 2	Bool	%Q1.4
17	PL1 VALVULA DE PASO DE GRANALLA A PITON 1	Bool	%Q1.3
18	PL1 VALVULA DE PASO DE AIRE 1	Bool	%Q1.2
19	PL1 VALVULA DE BLOQUEO A ACUMULADOR SUPERIOR	Bool	%Q1.1
20	PL1 VALVULA DE DESPICHE ESTANQUE SUPERIOR	Bool	%Q1.0
21	PL1 CILINDRO DE COMPUERTA	Bool	%Q0.7
22	PL1 LUZ TESTIGO AUTOMATICO DE HARNEROS	Bool	%Q0.6
23	PL1 HARNEROS	Bool	%Q0.5
24	PL1 TRANSPORTADOR SIN FIN	Bool	%Q0.3
25	PL1 ELEVADOR	Bool	%Q0.2
26	PL1 VENTILADOR 2	Bool	%Q0.1
27	PL1 VENTILADOR 1	Bool	%Q0.0

NOTA2: PARA TABLA DE SALIDAS PL1 INDICA PLANTA 1 Y PL2 INDICA PLANTA 2

9 DIAGNOSTICO DE FALLAS





CLIENTE: EMPRESA ROLLER COMP.		DESCRIPCIÓN		DISEÑADOR: ING. DYLAN FORTON DONOSO		FECHA APROBACIÓN: 12-12-2023		PROYECTO DE DISEÑO DE LA ACTUALIZACIÓN AL SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO A PLANTA DE GRANALLADO P & ID	
		ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO POR EL ING. DYLAN EMERSON FORTON DONOSO Y SE UTILIZARÁ ÚNICAMENTE PARA LOS FINES CONTEMPLADOS EN EL DOCUMENTO "DISEÑO DE LA ACTUALIZACIÓN AL SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO A PLANTA DE GRANALLADO".		CORRIENTE DE PROYECTO: NM		FECHA APROBACIÓN: 12-12-2023			
				CORRIENTE DE INGENIERÍA: NM		FECHA APROBACIÓN: 12-12-2023			
				CLIENTE: ROLLER COMP.		FECHA APROBACIÓN: 12-12-2023			
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN		FECHA		DESCRIPCIÓN		REVISIÓN	
1	12/11/2021	REVISIÓN GENERAL						1	
				ESCALA: S/E		NÚMERO DE PLANO: P-001			
						PROYECTO N° 1			