

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



PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL LAVADORA INDUSTRIAL

Trabajo de titulación para optar al título de
Ingeniero de ejecución en CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.

Alumno:

Roberto Segundo Vergara Rodríguez

Profesor Guía:

Ing. Martín García Gutiérrez



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: Proyecto de actualización sistema de control de lavadora industrial.

Nombre del candidato(a): Roberto Segundo Vergara Rodríguez

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, Martín García Gutiérrez, 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: 05/01/2026

Firma:

Estudiante o Candidato(a): **Fecha:** 05/01/2026

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: lavadora industrial, recuperación, actualización sistema de control.

El presente trabajo de título aborda la problemática de una lavadora industrial fuera de servicio, proponiendo su recuperación mediante la actualización de su sistema de control. El objetivo es reactivar la capacidad operativa de la máquina e integrarla nuevamente al ciclo productivo de la lavandería industrial.

En la primera parte del documento se presentan los antecedentes de la empresa, el contexto operativo, la identificación del problema, sus consecuencias, la relevancia de su solución y las distintas alternativas evaluadas.

Posteriormente, se describe en detalle la arquitectura funcional de la lavadora y se expone la tecnología seleccionada para su actualización, destacando los criterios técnicos y operativos que fundamentan dicha elección.

Finalmente, se realiza una evaluación económica del proyecto, cuantificando los beneficios financieros derivados de la recuperación de la capacidad productiva, así como el impacto positivo en la continuidad operativa de la lavandería industrial.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	2
1 ANTECEDENTES GENERALES.....	3
1.1 PRINCIPIO BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO.....	4
1.1.1 Diagrama de flujo del proceso de lavado de ropa.....	5
1.2 PROCESO DE TRATAMIENTO DE ROPA.....	6
1.2.1 Recepción y clasificación:.....	6
1.2.2 Lavado:	6
1.2.3 Tratamientos adicionales:.....	7
1.2.4 Secado (implícito):	7
1.2.5 Planchado:.....	7
1.2.6 Entrega:	7
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.3.1 Identificación del problema.	8
1.3.2 Consecuencias.....	9
1.4 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS	9
1.5 IMPORTANCIA DE LA SOLUCIÓN	10
1.6 PARTES INTERESADAS	10
1.7 PROPOSICIÓN DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	11
1.8 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	11
1.8.1 Reemplazo de componentes críticos.....	11
1.8.2 Actualización completa del sistema de control (modernización total).....	12
1.8.3 Renovación parcial del sistema control con microprocesador.....	13
1.9 EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN	13
1.10 ALTERNATIVA SELECCIONADA	16

1.11	VALOR AGREGADO DEL PROYECTO.....	17
1.12	SOFTWARES UTILIZADOS EN EL PROYECTO.	18
1.12.1	TIA Portal V18.....	19
1.12.2	Windows Control Center (WinCC).....	19
1.13	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	19
1.13.1	Objetivo general.....	19
1.13.2	Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....		21
2	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	22
2.1	DISEÑO Y DESARROLLO	22
2.2	ARQUITECTURA DE LA LAVADORA.....	23
2.2.1	Arquitectura del sistema propuesto.....	24
2.3	ETAPAS DEL PROYECTO	25
2.4	DESARME DEL EQUIPO (ETAPA 1)	26
2.4.1	Evaluación de componentes.....	27
2.5	DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES (ETAPA 2)	27
2.5.1	Válvula de descarga.	27
2.5.2	Sensor de bloqueo de puerta.	28
2.5.3	Sensor de nivel.....	29
2.5.4	Electroválvula de agua (fría, caliente).	30
2.5.5	Sensor de temperatura.....	31
2.5.6	Interfaz Hombre-Maquina (HMI).....	32
2.5.7	Control Lógico Programable (PLC).	33
2.5.7.1	Módulo de expansión analógico.	34
2.5.7.2	Módulo de expansión Modbus RTU.....	35
2.5.8	Variador de frecuencia.....	36
2.5.9	Flujómetro electromagnético.	37
2.5.10	Fuente de poder.....	38

2.5.11 Baliza / sirena.....	39
2.6 DESARROLLO DE SOFTWARE. (ETAPA 3)	38
2.6.1 Desarrollo del software.....	40
2.6.2 Configuración de la HMI.	44
2.6.3 Esquema P&ID de la solución.....	51
2.6.4 Integración.	54
2.6.4 Recopilación de información esencial.....	54
2.6.5 Fases de verificación y simulación (posterior a la recopilación).....	55
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	56
3 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	57
3.1 ESTUDIO ECONÓMICO	57
3.2 ANÁLISIS ESTRATÉGICO	57
3.2.1 Análisis FODA.	57
3.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD PRODUCTIVA ACTUAL.....	58
3.4 PROYECCIÓN POST ACTUALIZACIÓN	59
3.5 DETERMINACIÓN DE LA MANO DE OBRA	60
3.5.1 Impacto de la mejora en los costos de mano de obra.....	60
3.6 COSTOS ASOCIADOS POR MÁQUINA	61
3.6.1 Costo de diseño del proyecto.	61
3.6.2 Costo en mano de obra en proceso de actualización.....	62
3.6.3 Inversiones fijas.....	63
3.6.4 Gastos generales del proyecto.....	64
3.6.5 Resumen de la inversión.....	65
3.6.6 Depreciación de activos fijos.....	67
3.6.7 Egresos del proyecto.....	68
3.7 ANÁLISIS PARA EL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	69
3.8 PROYECCIÓN DE ESCENARIOS DIVERSOS PARA EL PROYECTO	70
3.8.2 Escenario óptimo del sistema actualizado.....	71

3.8.3	Escenario moderado del sistema actualizado.....	72
3.8.4	Escenario crítico del sistema actualizado.....	73
3.9	EVALUACIÓN TÉCNICA DEL FINANCIAMIENTO	74
3.10	JUSTIFICACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	74
3.11	ELECCIÓN DEL FINANCIAMIENTO.....	75
3.11.2	Selección estratégica.....	76
3.12	AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO.....	77
3.13	FLUJO DE CAJA PROYECTADO	77
3.13.2	Análisis de sensibilidad del proyecto.....	79
3.13.3	Rentabilidad del proyecto con reinversión estratégica.....	79
CONCLUSIÓN		81
BIBLIOGRAFÍA.....		83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Planta de lavado y secado de ropa.....	3
Figura 1.2	Ubicación geográfica Planta SOCOVAL Spa.....	4
Figura 1.3	Diagrama de bloques del proceso de lavado..	6
Figura 1.4	Fuente de poder y tarjeta procesadora de señales	8
Figura 1.5	Diagrama de Ishikawa	9
Figura 2.1	Vista general de la lavadora industrial con identificación de componentes.	24
Figura 2.2	Sistema de control propuesto	25
Figura 2.3	Diagrama de flujo de las etapas del proyecto.....	26
Figura 2.4	Válvula de control de descarga	28
Figura 2.5	Dispositivo electromecánico final de carrera.....	29
Figura 2.6	Transductor de presión.	30

Figura 2.7 Electroválvula solenoide EV220B 2/2 vías	30
Figura 2.8 Sensor de temperatura Pt 100 de 3 hilos.....	31
Figura 2.9 Transmisor PT 100 (RTD) 4-20mA / -50 -150 °C	32
Figura 2.10 Interfaz Hombre - Máquina.....	33
Figura 2.11 Programador lógico de control S7-1200 1214c DC/DC/DC.....	34
Figura 2.12 Módulo de expansión analógico.	34
Figura 2.13 Módulo de expansión CM 1241 RS -485	35
Figura 2.14 Variador de frecuencia Mitsubishi FR-D720 1,5KW.....	36
Figura 2.15 Medidor de caudal electromagnético.....	38
Figura 2.16 Fuente de poder 24VDC.....	39
Figura 2.17 Baliza torre led sirena 80DB, 3 colores 24VDC.....	39
Figura 2.18 Diagrama de flujo selección de recetas.....	41
Figura 2.19 Diagrama de flujo configuración de recetas.....	43
Figura 2.20 Pantalla principal HMI.....	44
Figura 2.21 Pantalla de variables y contadores.....	45
Figura 2.22 Pantalla de selección de temperatura y nivel de agua.....	46
Figura 2.23 Pantalla de parámetros de prelavado.....	46
Figura 2.24 Pantalla de parámetros de lavado.....	47
Figura 2.25 Pantalla de parámetros de enjuague.....	48
Figura 2.26 Pantalla de parámetros de centrifugado.....	48
Figura 2.27 Pantalla de testeo de entradas.....	49
Figura 2.28 Pantalla de testeo de salidas.....	50
Figura 2.29 Pantalla de alarmas.....	51
Figura 2.30 Diagrama P&ID de la solución.....	52
Figura 2.31 Simbología y nomenclaturas del diagrama P&ID.....	54
Figura 3.1 Análisis FODA del proyecto de actualización.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ponderación de criterios de calificación.....	14
Tabla 1.2 Matriz de diferenciación.....	14
Tabla 1.3 Lista de comparación cuantitativa de la solución.	15
Tabla 2.1 Identificación y características del los componentes del sistema de control.....	23
Tabla 2.2 Entradas y salidas del PLC utilizadas en el sistema de control.....	42
Tabla 2.3 Identificación de instrumentos y equipos.....	53
Tabla 3.1 Capacidad productiva actual.	59
Tabla 3.2 Capacidad productiva post actualización.	59
Tabla 3.3 Ahorro proyectado de costos en mano de obra.	61
Tabla 3.4 Costos de diseño.....	62
Tabla 3.5 Costo mano de obra directa.	63
Tabla 3.6 Inversión inicial del proyecto.....	64
Tabla 3.7 Gastos generales del proyecto	65
Tabla 3.8 Resumen de gastos del proyecto.	66
Tabla 3.9 Gasto total del proyecto de actualización.....	66
Tabla 3.10 Depreciación acelerada de activos fijos según normativa tributaria	67
Tabla 3.11 Costos fijos de evaluación y logística del proyecto.....	68
Tabla 3.12 Rendimiento actual y flujo de caja.....	69
Tabla 3.13 Parámetros financieros para la ejecución del proyecto.....	70
Tabla 3.14 Parámetros financieros y escenario óptimo 100% de rendimiento.....	71
Tabla 3.15 Parámetros financieros y escenario moderado 85% de rendimiento.....	72
Tabla 3.16 Parámetros financieros y escenario crítico 50% de rendimiento.....	73
Tabla 3.17 Tabla comparativa técnico-financiera.....	76
Tabla 3.18 Flujo de caja proyectado a tres años y con inversión adicional.....	78
Tabla 3.19 Indicadores de sensibilidad financiera.....	79

SIGLAS

SOCOVAL	: Sociedad Comercial Valdivia.
Spa	: Sociedad por acciones.
PLC	: Controller logic program.
TIA	: Totally Integrated Automation Portal.
HMI	: Human Machine Interface.
VDF	: Variador de frecuencia.
PT	: Transmisor de presión.
RTD	: Detector de temperatura por resistencia.
DC	: Corriente directa.
VDC	: Voltaje de corriente continua.

SIMBOLOGÍA

kg	: Kilogramo.
mbar	: Milibar.
V	: Voltaje.
A	: Amper.
mA	: Miliamperio.
rpm	: Revoluciones por minuto.
kw	: Kilowatts.

INTRODUCCIÓN

Las empresas enfrentan diversos desafíos, siendo uno de los más críticos la incapacidad de mantener la continuidad operativa debido a las fallas en sus máquinas y a la ausencia de soluciones de mantenimiento efectivas. Este escenario se agrava cuando los proveedores no garantizan la disponibilidad de repuestos para las máquinas que representan, lo que limita las opciones de reparación y prolonga los tiempos de inactividad.

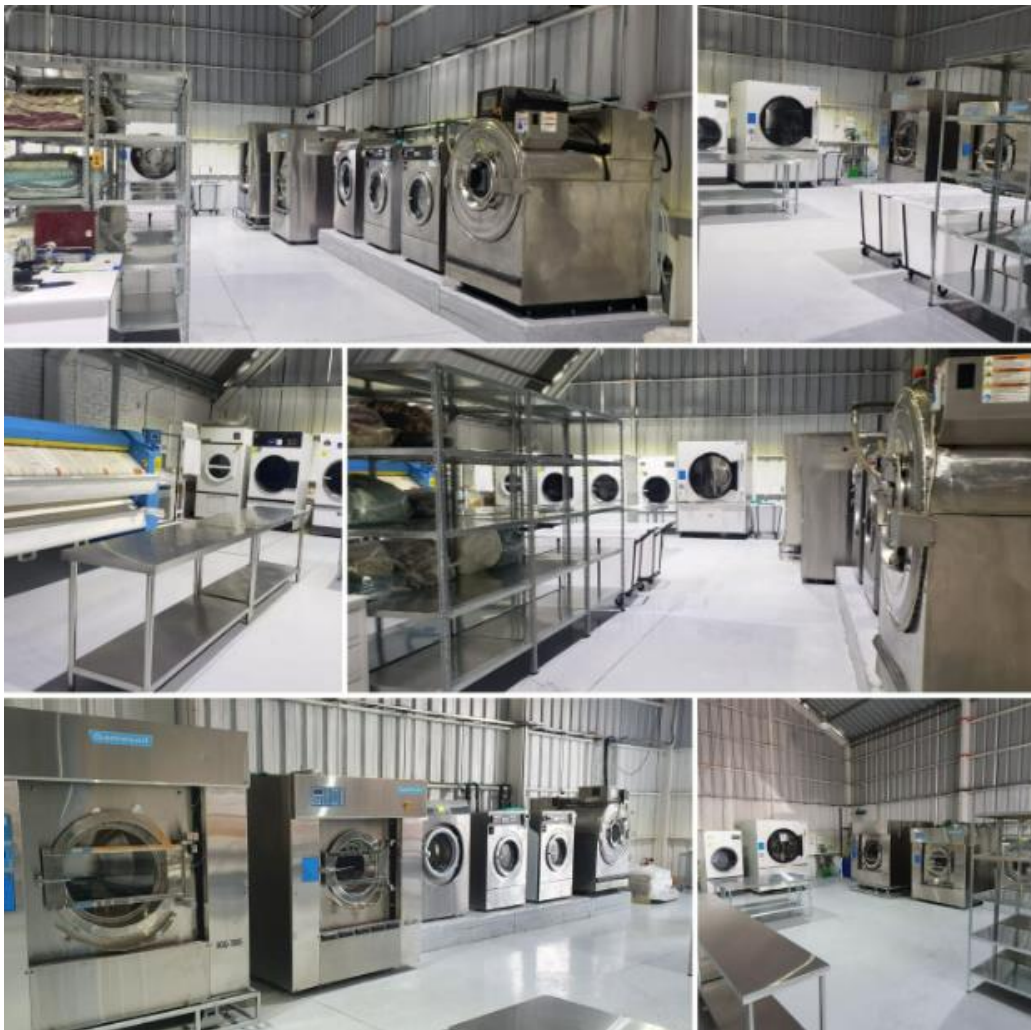
En este contexto, los problemas relacionados con la asesoría técnica adquieren una dimensión estratégica, ya que afectan la productividad, incrementan los costos operativos y generan retrasos en la cadena de producción, disminuyendo la competitividad.

El presente trabajo analiza cómo estas deficiencias en la gestión de repuestos y servicios técnicos impactan a las empresas en el ámbito del control e instrumentación. En consecuencia, se propone una solución técnica que permita posicionarse como proveedor confiable, capaz de ofrecer alternativas que trasciendan las limitaciones impuestas por marcas específicas.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1 ANTECEDENTES GENERALES

SOCOVAL Spa, es una empresa chilena con más de 22 años de experiencia en la industria, especializada en servicios integrales de aseo y lavandería industrial. Su compromiso con la excelencia, profesionalismo y la seguridad se refleja en la calidad de sus servicios y en el desarrollo continuo de sus empleados.



Fuente: <https://scvindustrial.cl/servicio-lavaseco/>

Figura 1.1: Planta de lavado y secado de ropa.

La empresa **Sociedad Comercial Valdivia Spa**, con dirección en Avenida Las Torres 153, Población La Granja, Rancagua, se dedica al lavado de ropa a gran escala, donde la eficiencia en el uso de sus maquinarias es esencial para asegurar el correcto funcionamiento de su cadena de producción.



Fuente: <https://medicosanlucas.cl/scv-industrial-163084875111008552/>

Figura 1.2: Ubicación geográfica Planta SOCOVAL Spa.

1.1 PRINCIPIO BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO

Una lavadora industrial es un equipo especializado diseñado para procesar grandes volúmenes de ropa de manera eficiente y controlada. Su funcionamiento se basa en una combinación de:

- **Acción mecánica:** agitación del tambor para remover la suciedad.
- **Acción química:** dosificación de detergentes, suavizantes y productos de limpieza.
- **Acción térmica:** control de temperatura para mejorar la desinfección.
- **Drenaje y centrifugado:** eliminación de agua sucia y exceso de humedad.

Estas máquinas operan con programas específicos (recetas) adaptados a distintos tipos de tejidos y niveles de suciedad, asegurando una limpieza profunda, desinfección efectiva y uso optimizado de recursos.

1.1.1 Diagrama de bloques del proceso de lavado de ropa.

El proceso de lavado industrial se inicia con la carga de ropa en el tambor, dando el comienzo al ciclo de operación. A continuación, se realiza una dosificación de detergentes para ejecutar la etapa de prelavado, cuyo objetivo es remover la suciedad superficial. Finalizada esta etapa, se efectúa el drenaje del agua residual.

Cabe señalar que, dependiendo del tipo de prenda y la receta de lavado seleccionada, la etapa de prelavado puede ser omitida, ejecutándose únicamente cuando la receta así lo especifique.

Posteriormente, se realiza una nueva dosificación de detergentes correspondiente al lavado principal, etapa en la cual se lleva a cabo la limpieza profunda de las prendas. Este proceso concluye con un nuevo drenaje, asegurando la eliminación de residuos de detergente y suciedad. Tanto el prelavado como el lavado principal, cada etapa puede incorporar un paso complementario de presecado, el cual se ejecuta solo si la receta de lavado lo determina.

A continuación, se dosifica suavizante y se desarrolla la etapa de enjuague, destinada a eliminar restos de detergente y mejorar las condiciones finales de la ropa. Una vez finalizado el enjuague, se realiza un drenaje adicional del agua.

Finalmente, las prendas pasan por un proceso de centrifugado, cuya finalidad es eliminar el exceso de agua retenida, optimizando así las etapas posteriores del proceso productivo. El ciclo concluye con la descarga de la ropa limpia, quedando lista para su secado, planchado y distribución.

En la siguiente figura 1.3, se detalla las etapas del proceso:



Fuente: Elaboración del proceso mediante la evaluación de la máquina operativa.

Figura 1.3: Diagrama de bloques del proceso de lavado.

1.2 PROCESO DE TRATAMIENTO DE ROPA

El proceso de tratamiento general de limpieza de ropa en sus dependencias de la planta de Rancagua incluye:

1.2.1 Recepción y clasificación:

Recogen las prendas en el domicilio del cliente. Una vez en la planta, las prendas se clasifican según tipo de tejido, color y nivel de suciedad.

1.2.2 Lavado:

Utilizan procesos de lavado normados internacionalmente para lavar y descontaminar las prendas. Ofrecen lavado por carga para colores similares, para evitar que la ropa se manche o decolore.

1.2.3 Tratamientos adicionales:

Ofrecen servicios de planchado simple. También mencionan un costo extra por suciedad extrema como orina, vómito, fecas o pelos de animales, lo que sugiere un tratamiento previo o especial para estos casos.

1.2.4 Secado (implícito):

El secado es una etapa habitual después del lavado en una lavandería industrial, ya que garantiza un proceso en línea. Es un servicio inherente del proceso de lavado completo, aunque no se liste como servicio separado.

1.2.5 Planchado:

Ofrecen servicio de planchado con vapor o un sistema de planchado dinámico que sirve para alisar arrugas y pliegues de la ropa que el cliente solicita, como por ejemplo sábanas de hoteles y hospitales.

1.2.6 Entrega:

Una vez procesadas, se envía un correo con el valor total a pagar y luego se entregan las prendas limpias al cliente.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema de control de una lavadora ha sufrido fallas recurrentes que impiden su operación, generando tiempos prolongados de inactividad, aumento de los costos operativos

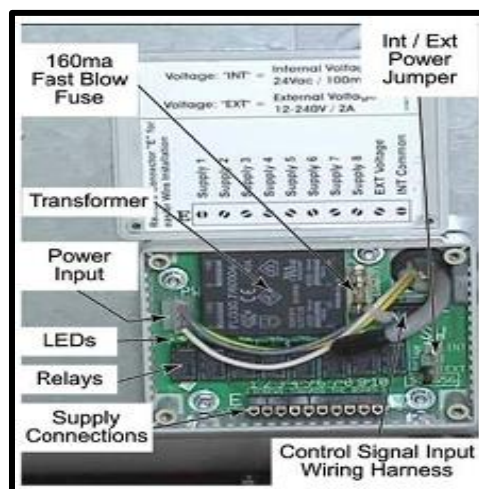
y una disminución significativa en la capacidad productiva.

La empresa encargada del mantenimiento, representante de la marca en Chile, ha informado que los repuestos se encuentran sin stock en fábrica y no ha ofrecido una solución que permita reintegrar la lavadora al proceso operativo.

En respuesta a esta situación, se propone la actualización del sistema de control, reemplazando los componentes por soluciones tecnológicas más avanzadas que disminuyan la varianza en el control e instrumentación de la lavadora y la seguridad de quienes la operan. Se espera que esta modernización no solo permita el retorno del equipo a su capacidad operativa completa, sino que también extienda la vida útil de la máquina, mejorando su rendimiento y reduciendo futuros riesgos de fallas.

1.3.1 Identificación del problema.

La lavadora está fuera de servicio debido a la falla en la placa procesadora de señales (controlador electrónico) y la fuente de poder, lo que impide el funcionamiento lógico del sistema de control.



Fuente https://www.groupdynamics-laundry.com/mans_files/6/W10251143.pdf

Figura 1.4: Fuente de poder y tarjeta procesadora de señales.

1.3.2 Consecuencias.

- La inactividad afecta el flujo de producción y disminuye la capacidad productiva.
- Aumento de costos por reparaciones y mantenimientos fallidos.
- La falta de funcionalidad genera retrasos en la entrega de productos, afectando la competitividad.

1.4 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

A continuación, se analizan las posibles causas que han provocado la falla de la tarjeta procesadora de señales y la fuente de poder. Para facilitar la comprensión, se presenta un diagrama de Ishikawa que clasifica los factores en distintas categorías, permitiendo visualizar las causas que afectan el sistema.



Fuente: Elaboración propia basada en análisis causal de fallas del sistema.

Figura 1.5: Diagrama de Ishikawa.

1.5 IMPORTANCIA DE LA SOLUCIÓN

La importancia estratégica de implementar una solución eficaz para la actualización del sistema de control de la lavadora industrial radica en los múltiples beneficios que aporta tanto en el corto, mediano y largo plazo. Los aspectos claves que refuerzan la relevancia de esta actualización son:

- **Recuperar la productividad:** Retomar el flujo normal de producción.
- **Reducir costos operativos:** Evitar gastos en soluciones temporales y mantenciones fallidas.
- **Mejorar la eficiencia operativa:** Mantener la competitividad en el mercado.
- **Extender la vida útil del equipo:** Evitar adquirir maquinaria nueva.
- **Aumentar confiabilidad y seguridad:** Reducir el riesgo de accidentes y daños.

1.6 PARTES INTERESADAS

La identificación de las partes interesadas es esencial para asegurar el éxito del proyecto. A continuación, se detallan los principales actores involucrados:

- **Equipo de producción:** Depende directamente de la lavadora para cumplir sus funciones. La inactividad afecta su productividad, generando cuellos de botella en la línea de producción.
- **Departamento de mantenimiento:** La actualización mejora la confiabilidad del equipo y reduce futuras demandas de mantenimiento.
- **Gerencia de operaciones:** Este grupo es responsable de la eficiencia global, por tanto, actualizar significa aumentar continuidad, reducir costos y aumentar rentabilidad.
- **Clientes:** Los clientes dependen de la entrega oportuna del producto. Los retrasos afectan las relaciones comerciales.
- **Propietarios o accionistas:** El interés es maximizar la rentabilidad y reducir costos. La

actualización preserva el valor de los activos y mejora el retorno de inversión.

- **Empresa encargada del mantenimiento anterior:** Aunque no han brindado soluciones adecuadas, siguen siendo parte del problema, pues su desempeño anterior ha afectado la situación actual.

1.7 PROPOSICIÓN DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Se propone incorporar un sistema de control que permita operar, programar y trabajar con los procesos que realiza la lavadora, para reintegrarla a la línea de producción. Los requerimientos que se proponen van dirigidos a que el sistema sea confiable y de fácil manejo, que sea favorable en cuanto a la relación precio-calidad y que la inversión obtenga el retorno planteado. A su vez, se considera equiparla con elementos de control que estén presentes en Chile y que cuenten con asesoría post venta de técnicos y/o empresas capacitadas tanto para la instalación y mantención de los equipos.

1.8 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para realizar la actualización del sistema de control, se puede considerar las siguientes alternativas, basadas en los requerimientos del cliente y la situación actual del equipo.

1.8.1 Reemplazo de componentes críticos.

- **Descripción:** Se considera reemplazar la fuente de poder y la tarjeta procesadora de señales.

➤ **Ventajas:**

- Es una solución más rápida y sencilla de implementar.
- Minimiza el tiempo de inactividad.

➤ **Desventajas:**

- Solución a corto plazo si otros componentes están cerca de su vida útil.
- No ofrece mejoras sustanciales, ya que el resto del sistema sigue siendo antiguo.
- No hay stock de repuestos.

1.8.2 Actualización completa del sistema de control (modernización total).

- **Descripción:** Consiste en reemplazar el sistema de control completo por un nuevo sistema de control digital basado en un controlador lógico programable de la marca Siemens modelo S7-1200 y una interfaz hombre-máquina (HMI). La propuesta contempla una arquitectura unificada, diseñada para cumplir con estándares industriales de confiabilidad y seguridad.

➤ **Ventajas:**

- Aumenta la confiabilidad y la capacidad de monitoreo de la lavadora, permitiendo una mayor eficiencia operativa.
- Facilita una operación más intuitiva y fácil de manejar para los operarios, gracias a la incorporación de una interfaz táctil.
- Ofrece una solución más duradera y eficiente a largo plazo.
- Entrega información del proceso, lo que permite adquirir datos que pueden ser evaluados para optimizar estrategias al negocio.
- Dado que los elementos del sistema de control que se consideran son los más utilizados en la industria nacional, existen empresas que poseen stock y servicio de asistencia en caso de necesitar asesorías tanto presenciales como remotas.

➤ **Desventajas:**

- Requiere una inversión inicial alta, aunque se justifica si la lavadora es un activo clave.
- Puede ser ligeramente más invasiva que la solución anterior, aunque se minimizarán los cambios estructurales.

1.8.3 Renovación parcial del sistema control con microprocesador.

➤ **Descripción:** Esta opción involucra realizar una renovación acotada de componentes obsoletos por un sistema de control en base a un microcontrolador, de tal forma de mantener los componentes que siguen siendo funcionales.

➤ **Ventajas:**

- Optimiza el balance entre costo y rendimiento, mejorando los puntos críticos sin necesidad de reemplazar todo el sistema.
- Permite una actualización gradual en el futuro.

➤ **Desventajas:**

- Podría no aprovechar al máximo las capacidades de modernización disponibles.
- La operación podría seguir siendo limitada por componentes que no se han actualizado.
- Esta modernización por microcontrolador sería una opción menos industrial, ya que por lo general no están diseñados para soportar las condiciones adversas típicas de un entorno industrial, que puede incluir vibraciones, humedad, polvo y fluctuaciones eléctricas.

1.9 EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN

A continuación, se presenta la tabla 1.1 de ponderación para las alternativas de solución, categorizadas en las áreas de Beneficio, Innovación y Confiabilidad.

Tabla 1.1 Ponderación de criterios de calificación.

Criterios de calificación	Beneficio	Innovación	Confiabilidad
Ponderación	2	3	5

Fuente: Elaboración propia basada en criterios estratégicos de evaluación de alternativas de solución.

La ponderación asignada a cada criterio refleja su importancia estratégica para la decisión de la inversión.

Confiabilidad (50%): Recibe la ponderación (5) ya que constituye la base fundamental sobre la cual se construye cualquier relación a largo plazo y el funcionamiento consistente.

La **innovación (30%)**: Es valorada con ponderación (3) y se sitúa por debajo de la confiabilidad. Si bien la innovación impulsa el crecimiento y la diferenciación, pero su impacto pleno se maximiza cuando se aplica sobre una base confiable.

Finalmente, el **beneficio (20%)**: Recibe la ponderación más baja (2). Aunque es crucial para la sostenibilidad financiera, recibe una ponderación menor en comparación con la confiabilidad y la innovación, por la razón que un beneficio sin confiabilidad puede ser insostenible y un beneficio sin innovación puede llevar al estancamiento a largo plazo.

Cada alternativa de solución es evaluada en base a la tabla de diferenciación. Esta clasificación permite distinguir qué solución es más efectiva cuando se construye sobre la base de la confiabilidad.

Tabla 1.2 Matriz de diferenciación.

Solución conservadora	Solución corto plazo	Solución mediano plazo	Solución largo plazo
1	2	3	4

Fuente: Elaboración propia según matriz de diferenciación aplicada a alternativas de solución en base a beneficio, innovación y confiabilidad.

Dado que se tienen los **criterios de ponderación** en base a el **beneficio, innovación y confiabilidad**, se utiliza una escala de diferenciación para obtener una comparación cuantitativa de cada alternativa de solución.

Tabla 1.3 Lista de comparación cuantitativa de la solución.

Alternativas de solución	Beneficio (P = 2)	Innovación (P = 3)	Confiabilidad (P = 5)	Total ponderado
Reemplazo de componentes críticos	2	1	3	22
Actualización completa del sistema de control con PLC	4	4	4	40
Renovación parcial del sistema de control con microprocesador	2	3	3	28

Fuente: Elaboración propia basada en ponderación estratégica de criterios de evaluación.

➤ Explicación de la puntuación:

Se asigna una puntuación del 1 al 4 para cada alternativa de solución en base a la tabla de diferenciación. Esta puntuación refleja cual es la opción cuyo criterio pondera por sobre otra opción. Luego, esta puntuación se multiplicó por la ponderación asignada a cada criterio (beneficio por 2, innovación por 3, confiabilidad por 5) para reflejar su importancia relativa.

- **Reemplazo de componentes críticos:** Obtuvo una puntuación de 2 en beneficio (mejora limitada), multiplicado por la ponderación de 2 da un valor de 4. En innovación, obtuvo 1 (poco avance), que multiplicado por 3 da 3. En confiabilidad, obtuvo 3 (certeza moderada), que multiplicado por 5 da 15. La suma de estos valores (4 + 3 + 15) da un total ponderado de 22.
- **Actualización completa con PLC:** Logró una puntuación de 4 en beneficio (altos beneficios), que multiplicado por 2 da 8. En innovación, obtuvo 4 (innovación significativa), que

multiplicado por 3 da 12. En confiabilidad, también obtuvo 4 (elevada confiabilidad), que multiplicado por 5 da 20. La suma ($8 + 12 + 20$) resulta en un total ponderado de 40.

- **Renovación parcial con microprocesador:** Se clasificó con un 2 en beneficio (mejora moderada), dando 4 al multiplicarse por 2. En innovación, obtuvo 3 (modernización parcial), resultando en 9 al multiplicarse por 3. En confiabilidad, obtuvo 3 (nivel aceptable), que multiplicado por 5 da 15. El total ponderado es la suma ($4 + 9 + 15$) que es 28.

En resumen, la modernización total del sistema de control obtiene la puntuación más alta (40 puntos) debido a su capacidad para mejorar significativamente el rendimiento a largo plazo y su alto nivel de innovación.

1.10 ALTERNATIVA SELECCIONADA

A continuación, se presenta y justifica la alternativa seleccionada, la cual fue determinada en base al mayor puntaje obtenido tras el análisis comparativo de criterios como beneficio, innovación y confiabilidad.

➤ **Actualización completa del sistema de control con PLC.**

La modernización total del sistema de control instrumental de la lavadora es una opción integral que no solo resuelve los problemas actuales, sino que también mejora significativamente la eficiencia, confiabilidad y durabilidad del equipo a largo plazo. A diferencia de las alternativas más selectivas que solo buscan reemplazar los componentes defectuosos o la renovación parcial, esta opción permite una actualización completa que incorpora tecnologías de control más utilizadas en la industria actual, logrando que la lavadora funcione con mayor precisión y rendimiento. Los principales beneficios de la modernización total son:

- Confiabilidad y estabilidad operativa:

Reemplazar el sistema total de control garantiza el funcionamiento óptimo sin riesgos a corto plazo.

- Eficiencia operativa:

La modernización permitirá optimizar los procesos de lavado, minimiza el consumo de energía y mejora la calidad del producto, generando ahorros a largo plazo.

- Facilidad de uso:

La nueva interfaz intuitiva reduce errores humanos y mejora la eficiencia operativa diaria.

- Preparación para el futuro:

La solución propuesta considera una arquitectura abierta y componentes compatibles con estándares industriales, lo que permite su integración con futuras tecnologías sin modificar la base del sistema. Esta decisión asegura continuidad operativa, capacidad de adaptación frente a nuevas exigencias técnicas.

- Reducción del mantenimiento:

Componentes más confiables disminuyen los tiempos entre fallas y los costos de reparación.

1.11 VALOR AGREGADO DEL PROYECTO.

El proyecto aporta un valor significativo a **SOCOVAL Spa** al incorporar tecnología moderna, optimizará la eficiencia y los tiempos de ciclos, reduciendo el consumo energético, lo que se traduce en ahorro a largo plazo permitiendo mantener la seguridad y competitividad en el mercado. Además, extiende la vida útil del equipo, evitando inversiones en nueva maquinaria y preparando el sistema para futuras actualizaciones.

Un pilar fundamental de este valor agregado es la capacidad que tiene el nuevo sistema para recolectar y entregar datos e información vital del proceso de lavado. Esta visibilidad sobre cada ciclo permite a **SOCOVAL Spa** a tomar decisiones más acertadas y lo que es más importante, la flexibilidad del sistema permite reestructurarlo y adaptar los componentes existentes para integrar nuevas variables o datos que el cliente necesite en el futuro. Esta información detallada, junto con la adaptabilidad, resultará en una cuantificación de costos más precisa y el logro de mejores resultados económicos y operacionales.

La facilidad de uso del sistema disminuye los errores operativos y mejora la experiencia de los usuarios, mientras que los costos de mantenimiento y fallas se reducen significativamente, beneficiando tanto a los operarios como a la gerencia y accionistas. Estos beneficios fortalecen la capacidad de la empresa para cumplir con plazos de entrega, mejorando la relación con sus clientes y su posición estratégica en el mercado.

En paralelo, el proyecto posiciona al equipo técnico como asesor confiable, creando oportunidades para futuras colaboraciones y consolidando una relación sólida con **SOCOVAL Spa**.

Este enfoque integral asegura que la inversión inicial esté justificada por los retornos económicos, operativos y estratégicos a largo plazo.

1.12 SOFTWARES UTILIZADOS EN EL PROYECTO.

El programa y herramienta que se utiliza en el desarrollo de la programación del PLC de este proyecto son:

1.12.1 TIA Portal .

TIA Portal o **Totally Integrated Automation Portal** de **Siemens**, una plataforma de ingeniería integral que permite diseñar, configurar y programar proyectos de automatización.

Se utiliza este software para la programación del PLC S7-1200 de Siemens, el cual permitirá controlar la secuencia de lavado, gestionar entradas y salidas, implementar la lógica de control y regulación, manejo de alarmas y diagnósticos, comunicación con otros dispositivos.

1.12.2 Windows Control Center (WinCC)

Es un software de Siemens para la interfaz hombre-máquina (HMI) y la supervisión de procesos dentro del programa TIA Portal. Esta herramienta permite obtener la visualización y monitoreo del proceso, interacción y control operacional, gestión de alarmas y eventos, registro y análisis de datos, diagnósticos y mantenimiento del proceso.

1.13 **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

A continuación, se presentan el objetivo general y los objetivos específicos que guían el desarrollo del proyecto:

1.13.1 Objetivo General

Actualizar el sistema de control para reintegrar la lavadora industrial al ciclo operativo, optimizando su rendimiento y funcionalidad.

1.13.2 Objetivos Específicos

- a. Analizar el sistema actual y definir los requerimientos de la actualización.
- b. Seleccionar, justificar y diseñar la tecnología de automatización.
- c. Evaluación económica de los beneficios de la actualización.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

El siguiente capítulo expone el proceso de implementación técnica a través del cual se da cumplimiento a los objetivos planteados, abordando el diseño, configuración y ejecución de la solución seleccionada.

2.1 DISEÑO Y DESARROLLO

La modernización del sistema de control no solo resuelve problemas específicos, sino que también abre oportunidades para atender un mercado más amplio de máquinas en situaciones similares.

Este escenario, es común en diversas industrias y refleja la necesidad de soluciones integrales que prolongan la vida útil de las máquinas y su operación.

La alternativa seleccionada, representa una solución replicable y escalable para máquinas del mismo rubro, pero también a otras máquinas de sectores diferentes. Al reemplazar componentes obsoletos por sistemas ampliamente utilizados en la industria nacional como PLCs, sensores y pantallas HMI, se logra no solo restaurar la operatividad, sino también mejorar la confiabilidad y eficiencia del equipo.

El presente capítulo aborda una descripción del proceso, arquitectura de la máquina y el proceso de estructuración del sistema con los beneficios esperados de esta modernización, destacando cómo esta inversión contribuye al desempeño operativo de la lavadora y a la confianza depositada en el proyecto.

2.2 ARQUITECTURA DE LA LAVADORA

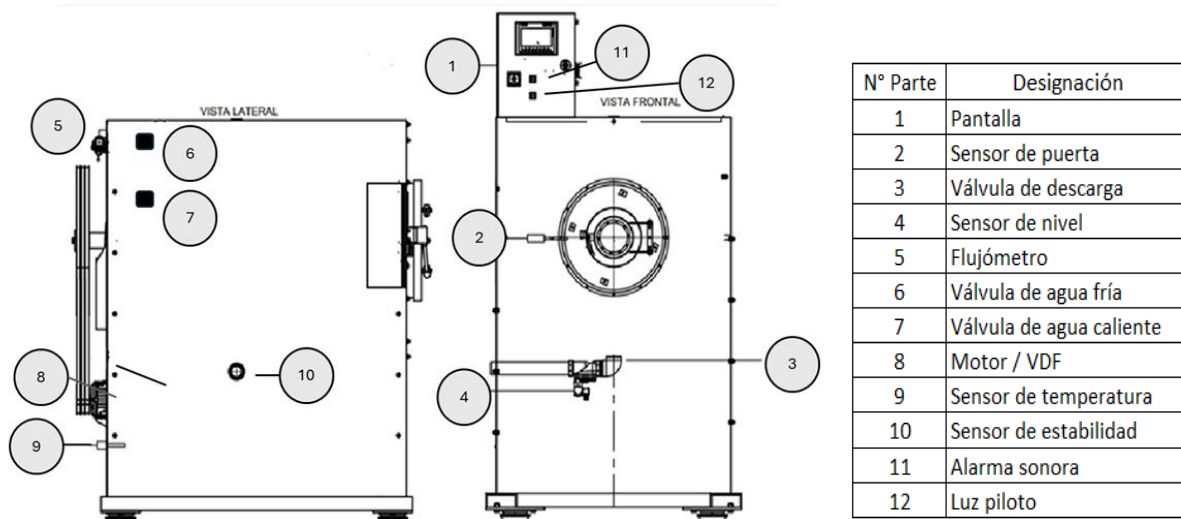
En la tabla 2.1 se detallan las especificaciones técnicas y la identificación de los componentes que integran el sistema de control.

Tabla 2.1: Identificación y características de los componentes del sistema de control.

N° Parte	Componentes	Designación	Tipo de señal	Rango de la variable
1	Pantalla	Interfaz	Dig / bool; Int / float; string	Multi variables
2	Sensor de puerta	Entrada digital (DI)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)
3	Válvula de descarga	Actuador (DO)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)
4	Sensor de nivel	Entrada analógica (AI)	Analógica (4-20mA)	Escalado 0-10 Bar
5	Flujómetro	Entrada analógica (AI)	Analógica (4-20mA)	0-1000 l/min
6	Válvula de agua fría	Actuador (DO)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)
7	Válvula de agua caliente	Actuador (DO)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)
8	Motor / VDF	Actuador (RS-485)	Int / Real	0 a 100 % / 0 a50 Hz
9	Sensor de temperatura	Salida analógica (AO)	Analógica (4-20mA)	-50°C a 150°C
10	Sensor de estabilidad	Entrada digital (DI)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)
11	Alarma sonora	Salida digital (DO)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)
12	Luz piloto	Salida digital (DO)	Digital / booleana	0 (false) ; 1 (true)

Fuente: www.serviceconnections.org/static/media/flipbook/maytag_MFR/mobile/index.html#p=1

La figura 2.1 presenta la vista frontal y lateral de la lavadora industrial marca MAYTAG, modelo MFR35MCAMS de capacidad 25 kg. en la cual se identifican mediante numeración los principales componentes involucrados en el sistema de control.



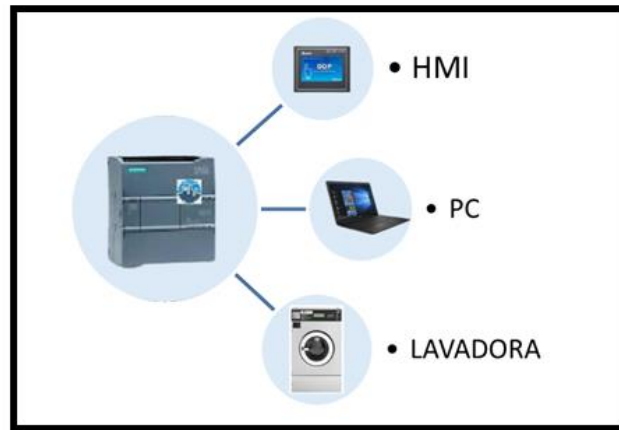
Fuente: www.serviceconnections.org/static/media/flipbook/maytag_MFR/mobile/index.html#p=1

Figura 2.1: Vista general de la lavadora industrial con identificación de componentes.

2.2.1 Arquitectura del sistema propuesto.

La arquitectura del sistema se basa en una estructura centralizada donde el PLC (Controlador Lógico Programable) gestiona de forma integral todas las señales de entrada y salida de la lavadora industrial. Como se observa en la figura 2.2, el sistema se compone de tres interfaces principales:

- HMI (Interfaz Hombre-Máquina): Terminal táctil para la operación local y configuración de recetas por parte del personal de planta.
- PC (Estación de supervisión): Utilizada para la programación del controlador, respaldo de datos y el monitoreo avanzado del rendimiento del equipo.
- Lavadora (actuadores y sensores): Representa la etapa de potencia y campo, donde el PLC ejecuta el control físico sobre válvulas, motor y sensores de la lavadora industrial.

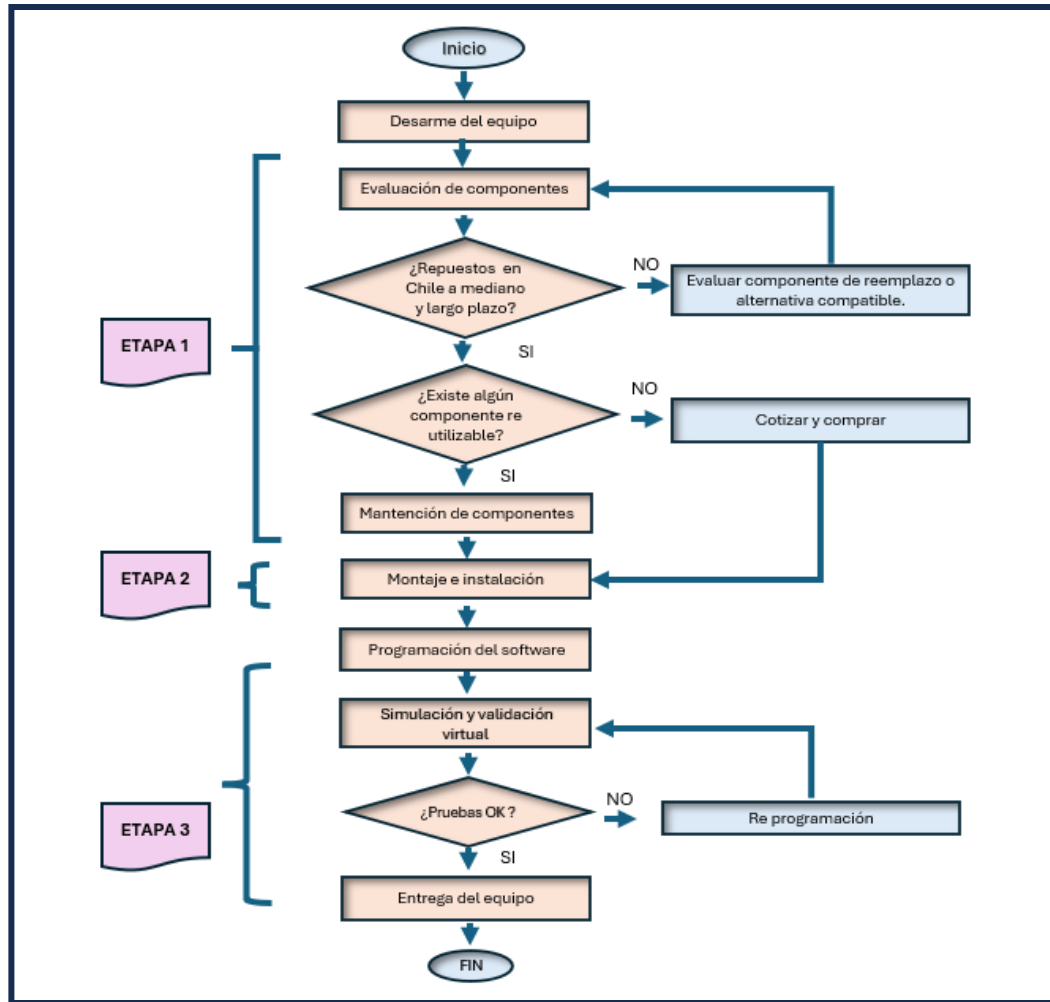


Fuente: https://www.google.com/search?rlz=1C2GCEA_enCL1067CL1077&sca_esv=4

Figura 2.2: Sistema de control propuesto.

2.3 ETAPAS DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se organiza en tres etapas principales, las cuales permiten estructurar de manera ordenada el proceso de actualización, desde el diagnóstico inicial hasta su completo desarrollo.



Fuente: Creación propia mediante Microsoft Office.

Figura 2.3: Diagrama de flujo de las etapas del proyecto.

2.4 DESARME DEL EQUIPO (ETAPA 1)

Como parte del inicio de trabajos en la primera etapa del proyecto, se procede al retiro de piezas, cables y circuitos que no serán considerados en el diseño actualizado. Este proceso es fundamental para garantizar que el sistema cuente con una infraestructura óptima y permita una instalación limpia y ordenada de los nuevos equipos de control.

2.4.1 Evaluación de componentes.

Se considera una inspección técnica a los componentes principales de la lavadora, eso incluye el motor eléctrico y el variador de velocidad, con el fin de determinar su condición para la reutilización en el sistema modernizado. Los componentes que cumplan con los criterios de calidad serán sometidos a una mantención general, con la finalidad que inicien un ciclo de trabajo nuevo al igual que el resto de los componentes.

En caso contrario, se procederá a su sustitución por componentes nuevos presentes en el mercado nacional que cumplan con las especificaciones del diseño actualizado o en caso contrario se reemplazarán por alternativas compatibles con el nuevo sistema.

2.5 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES (ETAPA 2)

2.5.1 Válvula de descarga.

En la figura 2.4, la válvula de descarga cumple dos funciones principales, controla la estanqueidad de la cámara durante el lavado y permite su evacuación al finalizar su ciclo de operación.

Por otra parte, también controla el flujo de agua durante el proceso de centrifugado, asegurando que se extraiga la mayor cantidad de agua posible de la ropa.



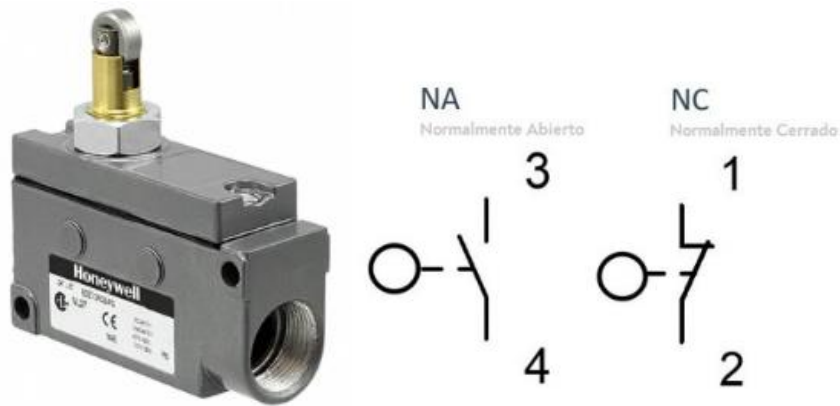
Fuente: <https://altronics.cl/instrumentacion-industrial/actuadores-hvac/teren-da050100>

Figura 2.4: Válvula de control de descarga.

Para el accionamiento, se utiliza un actuador eléctrico que se une al mecanismo del dámper el cual controla el flujo de agua de descarga. Su posición en estado de reposo es normalmente cerrada (NC), cambiando de estado a normalmente abierta (NA) cuando el sistema de control lo indique. Esta señal será interpretado para nuestro sistema como una salida digital (DO).

2.5.2 Sensor de bloqueo de puerta.

La figura 2.5 muestra un final de carrera que se utilizará como señal de entrada digital (DI). Se trata de un dispositivo electromecánico diseñado para detectar la posición de un objeto en movimiento y envía una señal eléctrica cuando alcanza un punto específico. Los finales de carrera desempeñan un papel crucial en la seguridad y el funcionamiento adecuado de la máquina, ya que, permite interrumpir el proceso de operación cuando exista una condición insegura antes de comenzar el ciclo de funcionamiento o cuando exista un desequilibrio durante el proceso de centrifugado.



Fuente: <https://www.gbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/interruptores-de-posicion-finales-de-carrera/>

Figura 2.5: Dispositivo electromecánico final de carrera.

2.5.3 Sensor de nivel.

Un sensor de nivel en esta lavadora (figura 2.5), está compuesto por un transductor de presión, cuya función principal es detectar el nivel de agua en el tambor mediante la medición de presión. Este tipo de sensor es ideal para tanques abiertos, ya que convierte la presión ejercida por la columna de agua en una señal eléctrica analógica, proporcional al nivel detectado.

Este transductor utilizado en este proyecto opera en un rango de 0 a 10 Bar, con una salida de corriente de 4 a 20 mA, adecuada para entornos industriales. Esa señal es enviada al PLC, que interpreta el valor recibido y lo utiliza para controlar el proceso de llenado y vaciado, asegurando que cada receta de lavado se ejecute con la continuidad de agua adecuada.

Este sensor permite evitar tanto el bajo nivel como el sobrellenado, mejorando la eficiencia del lavado y protegiendo el equipo. Su conexión roscada PF 3/8 facilita la instalación en la línea hidráulica de la lavadora.



Fuente: <https://rhona.cl/producto/831/transductor-de-presion-0-10-bar>.

Figura 2.6: Transductor de presión.

2.5.4 Electroválvula de agua (fría, caliente).

Una electroválvula (figura 2.7), es un dispositivo electromecánico utilizado para controlar el flujo de agua que ingresa a la lavadora. En su estado de reposo (NC), este actuador bloquea el paso de agua por medio de un resorte interno. Al aplicar una señal eléctrica la electroválvula cambia de estado (NO), el resorte es comprimido y la válvula se abre, permitiendo el paso de agua. Una vez que la señal eléctrica es interrumpida, el resorte vuelve a su posición original y cierra la válvula.



Fuente: <https://www.vignola.cl/categoria-producto/instrumentacion/electrovalvulas/>

Figura 2.7: Electroválvula solenoide EV220B 2/2 vías.

2.5.5 Sensor de temperatura.

En la figura 2.8, un sensor de temperatura por resistencia (RDT) es un sensor que funciona basándose en el principio de la resistencia eléctrica de un material conductor que varía con la temperatura, es decir, a medida que aumenta la temperatura, la resistencia del material también aumenta.



Fuente: <https://altronics.cl/instrumentacion-industrial/instrumentos-temperatura/pt100-3hilos-50cmcable>

Figura2.8: Sensor de temperatura Pt 100 de 3 hilos.

El material conductor de este sensor generalmente es un alambre fino de platino (Pt), que se encuentra encapsulado dentro de una protección. Cuando este elemento se expone a temperatura, su resistencia eléctrica varía y se convierte en una señal eléctrica proporcional a la temperatura.

Para el procesamiento de la señal (figura 2.9), se utiliza un transmisor que cumple la función de convertir la señal eléctrica débil y variable del sensor en una señal estándar que pueda ser fácilmente procesada y transmitida al sistema de control.



Fuente: <https://altronics.cl/transmisor-pt100-4-20ma-2hilos-menos50-150C?search=TRANSMISOR>

Figura 2.9 Transmisor PT 100 (RTD) 4-20mA/-50 -150°C.

2.5.6 Interfaz Hombre-Maquina (HMI).

Una HMI (figura 2.10) es una herramienta que facilita la comunicación bidireccional entre el operador y la máquina. Entrega información en tiempo real sobre el estado de la máquina, proceso y el sistema en general. Variables como temperatura, presión, nivel, velocidad, entre otras, podrán ser visualizadas por los operadores para el monitoreo continuo del proceso en ejecución.

Otro aspecto importante, es la gestión de alarmas y notificaciones. Para este caso, la interfaz puede registrar datos que permitan analizar el rendimiento, tendencias operacionales y optimizar el funcionamiento del sistema.



Fuente: <https://www.vignola.cl/producto/pantallas-hmi/>

Figura 2.10: Interfaz Hombre-Máquina.

2.5.7 Control lógico programable (PLC).

Un controlador lógico programable (figura 2.11), es un dispositivo electrónico fundamental en los procesos industriales. Se utiliza para automatizar procesos electromecánicos, máquinas industriales y una amplia gama de aplicaciones. Este tipo de controlador otorga la máxima flexibilidad en la configuración de los procesos productivos ya que permiten controlar libremente tareas repetitivas y complejas, capaces de ser adaptados libremente para usos en el entorno industrial.

Para este proyecto es el encargado de ejecutar las instrucciones programadas, controlar las acciones de los actuadores y otros dispositivos. Procesa las señales de los sensores y toma decisiones basadas en la lógica programada enviando la acción de control a los actuadores para regular el proceso. Además, incluye puertos de comunicación permitiendo enlazar una pantalla HMI.



Fuente: <https://www.vignola.cl/producto/cpu-s7-1200-plc/>

Figura 2.11: Programador Lógico de Control S7-1200 1214C DC/DC/DC

2.5.7.1 Módulo de expansión analógico.

Un módulo de expansión (figura 2.12), se utiliza para aumentar las capacidades de entradas/salidas(I/O) o comunicación de un PLC base. Los PLC tienen un número limitado de entradas y salidas integradas. Para este proyecto específico, este se trata de un módulo de expansión de salidas analógicas para controlar dispositivos que requieren una variación continua, así como el motor eléctrico mediante el VDF.



Fuente: Datasheet de equipo suministrado por Siemens

Figura 2.12: Módulo de expansión analógico.

2.5.7.2 Módulo de expansión Modbus RTU.

Un módulo de expansión Modbus RTU (figura 2.13), es un puente de comunicación esencial en la automatización industrial, diseñado para ampliar significativamente la capacidad de un PLC o cualquier otro dispositivo de control y que puede interactuar con una amplia variedad de equipos. Su función principal es permitir que el PLC se comuniquen utilizando un protocolo Modbus RTU a través de una interfaz física RS-485 entre el PLC y el variador de frecuencia (VDF).



Fuente : [modulo-cm-1241-de-comunic-rs485-uss-modbus-siemens/p/MLC32483942](https://www.siemens.com/pt/products/automation/plc-modules/cm-1241-de-comunic-rs485-uss-modbus-siemens/p/MLC32483942)

Figura 2.13: Módulo de expansión CM 1241 RS-485.

Este módulo se utiliza para establecer un enlace digital entre el PLC Siemens S7-1200 y el variador de frecuencia mediante un contacto seco (contacto libre de tensión), facilitando el control dinámico de las revoluciones por minuto (rpm) según la etapa del ciclo de lavado o centrifugado de la lavadora.

Adicionalmente, esta interfaz RS-485 permite la adquisición de datos de diagnóstico y variables eléctricas en tiempo real desde el VDF, optimizando el monitoreo del sistema desde la HMI.

2.5.8 Variador de frecuencia.

Un variador de frecuencia o VDF (figura 2.14), es un dispositivo electrónico que se conecta entre la fuente de alimentación eléctrica y el motor de corriente alterna (CA), permitiendo controlar la velocidad y el torque del motor mediante la regulación de la frecuencia de la energía suministrada.

Su función principal es controlar la velocidad de giro del motor variando la frecuencia y la tensión de la energía que se le suministra. Sin embargo, esta función se traduce en una serie de beneficios y aplicaciones tales como un control más preciso de la velocidad, ahorro de energía dado que se puede ajustar la demanda del motor lo que evita un consumo innecesario, proporciona arranques suaves evitando sobre consumo de energía en las partidas, protección por sobre corriente, sobre tensión, sub tensión, sobrecalentamiento entre otras más, lo que se traduce en un dispositivo muy utilizado en la automatización industrial.



Fuente: <https://rhona.cl/producto/956/vdf-variador-de-frecuencia-fr-d720.html>

Figura 2.14 Variador de frecuencia Mitsubishi FR-D720 1,5KW.

2.5.9 Flujómetro electromagnético.

Un sensor de flujo o caudalímetro (figura 2.15), es un instrumento diseñado para medir la tasa de flujo de líquidos a través de una tubería. En este proyecto se han considerado dos dispositivos específicos: uno para agua y otro para líquidos corrosivos como ácidos, seleccionados según las condiciones del proceso y la compatibilidad química de los materiales.

Ambos sensores operan bajo el principio de inducción electromagnética de Faraday, el cual establece que cuando un fluido conductor atraviesa un campo magnético, se genera un voltaje proporcional a la velocidad del flujo. Este voltaje es convertido en una señal eléctrica medible, que se transmite al PLC para su interpretación y control del proceso.

El flujómetro para agua se instala en la línea de alimentación principal hacia la lavadora, permitiendo controlar con precisión el volumen de agua utilizado en cada receta de lavado.

El flujómetro para ácidos está diseñado con materiales resistentes a la corrosión (como PFA o acero inoxidable sanitario), y se utiliza en las líneas donde se aplican tratamientos especiales, asegurando durabilidad y precisión en ambientes agresivos.

Esta diferenciación permite optimizar el control de insumos, proteger los equipos y garantizar la confiabilidad del sistema en distintas condiciones operativas.



Fuente: <https://www.cpesystems.com/products/izmag-electromagnetic-flowmeter>

Figura 2.15: Medidor de caudal electromagnético.

2.5.10 Fuente de poder.

Una fuente de alimentación (figura 2.16) o “Power Supply”, es un dispositivo electrónico diseñado para convertir la energía eléctrica de la red principal (corriente alterna-AC) en una forma de energía utilizable y estable (corriente continua-DC), a menudo con un voltaje y corriente específico, para alimentar otros componentes electrónicos.

Se utiliza para alimentar el control del sistema de actualización, tales como PLC, módulos de expansión, relés etc.



Fuente: <https://rhona.cl/producto/12087/fuente-de-poder-24vdc-240w.html>

Figura 2.16: Fuente de poder 24VDC.

2.5.11 Baliza/sirena.

Como una manera de entregar una señal de fin de ciclo de lavado de ropa, se considera una torreta de señalización modular con alarma integrada (figura 2.17). Este dispositivo es esencial para la comunicación operador máquina, donde proporciona una indicación visual jerárquica (rojo para falla, amarillo para advertencia, verde para marcha) y una señal sonora para eventos críticos. Su clasificación IP65 garantiza la durabilidad y fiabilidad en el entorno húmedo y potencialmente químico en la lavandería industrial.



Fuente: <https://ndu.cl/torre-baliza/6919-baliza-torre-led-sirena-80db-3-colores-12vdc-o40x275mm.html>

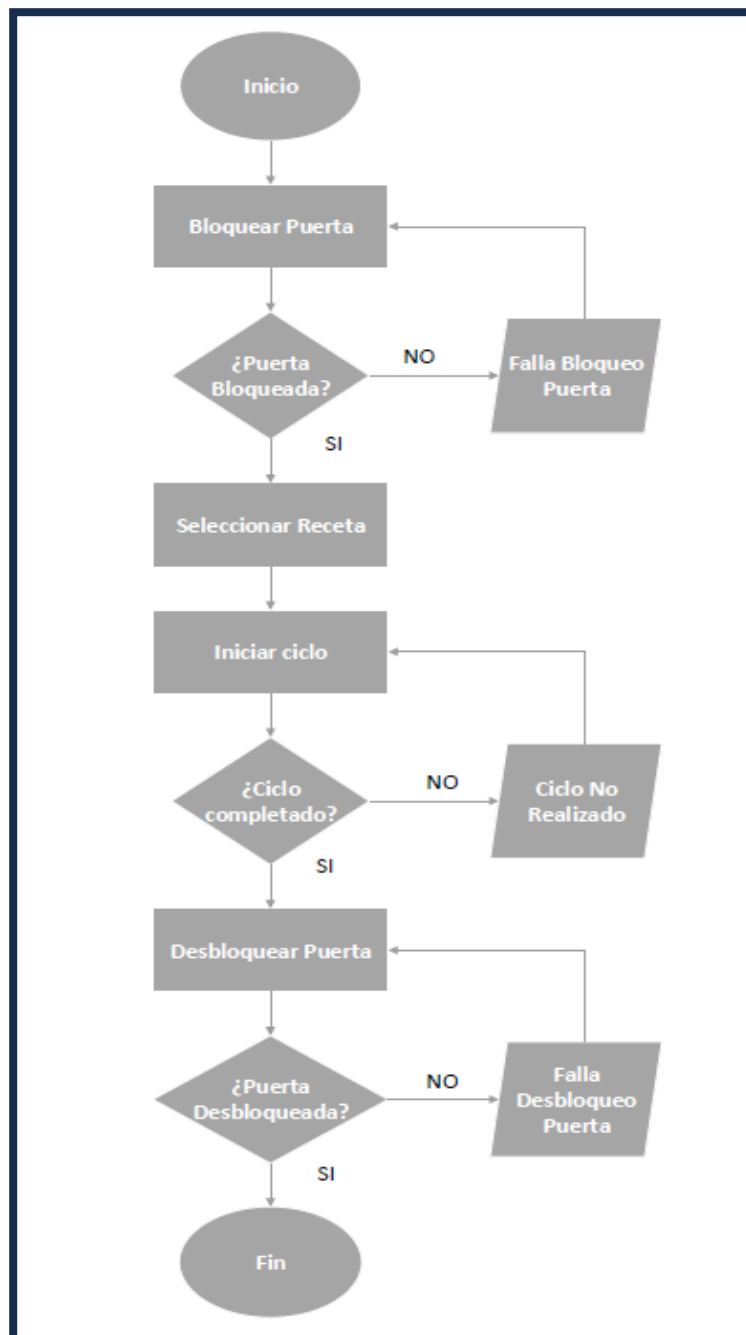
Figura 2.17: Baliza torre led sirena 80DB, 3 colores 24VDC.

2.6 DESARROLLO DE SOFTWARE. (ETAPA 3)

En términos generales la etapa 3, se centra en los siguientes aspectos claves del desarrollo del proyecto:

2.6.1 Desarrollo del software.

Como parte integral del desarrollo del software del sistema, se ha elaborado un diagrama de flujo (figura 2.18) que cumple con estructurar el diseño de la lógica de control del proceso. Este diagrama define la arquitectura secuencial y condicional de las operaciones del sistema, optimizando la comprensión del flujo de ejecución, facilita la detección de puntos críticos y asegura la coherencia funcional del sistema.



Fuente: Elaboración propia en Visio.

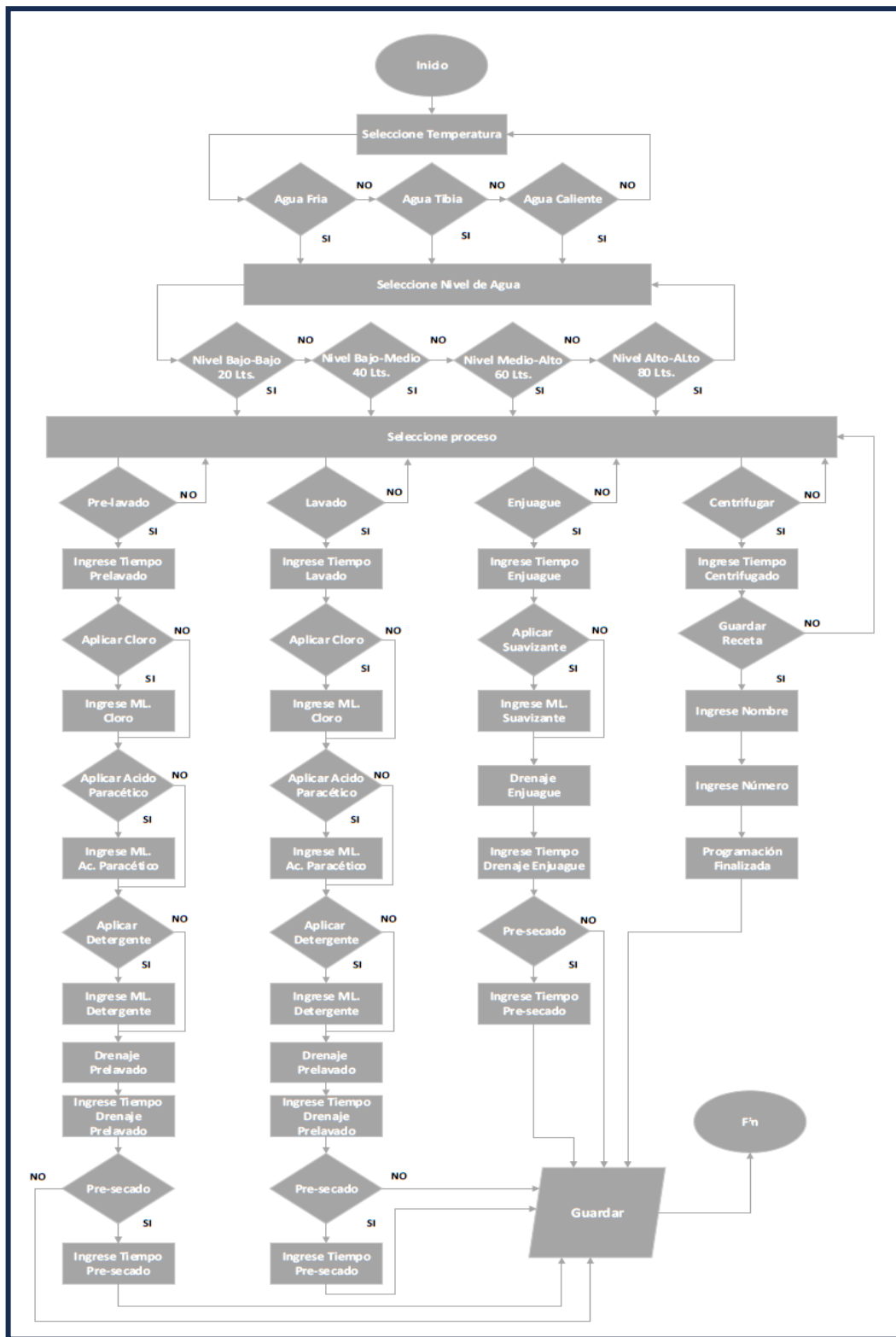
Figura 2.18: Diagrama de flujo selección de recetas.

Como complemento al diseño lógico del sistema, se presenta a continuación la tabla 2.2 de entradas y salidas del PLC, la cual detalla los dispositivos conectados al controlador, sus direcciones, tipos de señal y magnitudes operativas. Esta información es esencial para comprender como se traduce la lógica del diagrama de flujo (figura 2.19) en acciones físicas dentro del sistema, asegurando una correcta interpretación de las señales y una integración coherente entre el software y el hardware.

Tabla 2.2: Entradas y salidas del PLC utilizadas en el sistema de control.

N°	Punto de E / S	Dirección PLC	Tipo de Señal	Magnitud Rango	Comentario funcional
1	Sensor de nivel	AI0	Analógica	4-20 mA 0-10 bar	Mide presión hidráulica para determinar nivel de agua
2	Sensor de temperatura	AI1	Analógica	4-20 mA -50 a 150°C	Controla temperatura de tambor de agua
3	Sensor de puerta	I0.0	Digital	24VDC	Detecta si la puerta está cerrada.
4	Electroválvula de agua fría	Q0.0	Digital	24VDC	Activa ingreso de agua fría
5	Electroválvula de agua caliente	Q0.1	Digital	24VDC	Activa ingreso de agua caliente
6	Válvula de descarga	Q0.2	Digital	24VDC	Permite el vaciado del tambor
7	Variador de frecuencia	CM1241 (Modbus)	Comunicación	RS485 Protocolo Modbus	Controla velocidad del motor
8	Flujómetro electromagnético para agua	AI2	Analógica	4-20 mA 0 100 L/min	Mide caudal de agua hacia la lavadora
9	Flujómetro electromagnético para ácidos	AI3	Analógica	4-20 mA 0-50 L/min	Mide caudal de líquidos corrosivos
10	Baliza / sirena	Q0.3	Digital	24VDC 80 dB	Señal de alarma visual y sonora

Fuente: Elaboración propia en base a diseño funcional del sistema.



Fuente: Elaboración propia en Visio.

Figura 2.19: Diagrama de flujo configuración de recetas.

2.6.2 Configuración de La HMI.

La configuración de la interfaz HMI contempla el diseño de pantallas que permiten visualizar el estado actual del proceso de lavado, ofreciendo información en tiempo real sobre las diferentes etapas y variables relevantes. Se contempla implementar interfaces para la configuración de parámetros del sistema, las cuales brindan flexibilidad para adaptar el proceso a diferentes necesidades. Paralelamente este diseño establece comunicación con el PLC, notificando las alarmas generadas por el sistema al operador sobre cualquier condición anómala detectada.

La figura 2.20 corresponde a la pantalla de inicio del sistema desarrollado para el proyecto de actualización de la lavadora industrial. Desde esta vista principal, el operador puede acceder a información clave del proceso, recetas y sub menus que componen la lógica de control e información de los ciclos y recetas.



Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.20: Pantalla principal HMI.

La figura 2.21 proporciona a los operadores una visibilidad mejorada y en tiempo real de las variables críticas del proceso, incluyendo la velocidad (rpm), la corriente (A) y la temperatura (°C). Adicionalmente, se busca una gestión más eficiente de los contadores de producción y

recursos, como horómetro y los volúmenes de agua fría y caliente (LTS).



Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.21: Pantalla de variables y contadores.

Como parte de la configuración de las recetas, el sistema actualizado permite personalizar los parámetros operativos del sistema (figura 2.22), donde los usuarios seleccionen de manera intuitiva entre diferentes temperaturas de agua (fría, tibia, caliente) y establecer niveles de agua predefinidos (20, 40, 60 y 80 litros). Esta funcionalidad es esencial para adaptar el proceso a diversas necesidades de producción, optimizando la flexibilidad y el control sobre las operaciones.



Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.22 Pantalla de selección de temperatura y nivel de agua.

La figura 2.23 se centra específicamente en los parámetros del “Proceso prelavado”, donde permite a los usuarios definir valores clave como la duración del proceso de prelavado y pre secado respectivamente, así como las cantidades de cloro, ácido peracético y detergentes.



Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.23 Pantalla de parámetros de prelavado.

En la pantalla del proceso de lavado (figura 2.24), se puede ajustar la duración del ciclo de lavado y el drenaje, así como la dosificación precisa de cloro, ácido peracético y detergentes. Esta interfaz es clave para definir las condiciones óptimas del lavado principal.

The screenshot displays a software interface for recipe configuration. At the top, a blue header bar contains the title 'CONFIGURACIÓN DE RECETAS.' flanked by two circular icons. Below this, a section titled 'PROCESO LAVADO' is shown. It contains six input fields arranged in two columns. The left column includes 'LAVADO' (14 min), 'CLORO' (0 ml), 'AC. PARACÉTICO' (0 ml), and 'DETERGENTE' (240 ml). The right column includes 'DRENAJE' (1 min) and 'PRE SECADO' (0 min). Each field consists of a text box with a numerical value and a unit label in parentheses. At the bottom center of the form is a rectangular button labeled 'GUARDAR'.

Parameter	Value	Unit
LAVADO	14	(min)
DRENAJE	1	(min)
CLORO	0	(ml)
PRE SECADO	0	(min)
AC. PARACÉTICO	0	(ml)
DETERGENTE	240	(ml)

Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.24: Pantalla de parámetros de lavado.

En los ajustes del “Proceso enjuague” (figura 2.25), se configura la duración del enjuague, drenaje y pre secado, así como la cantidad de suavizante que se adiciona. Con esta interfaz, se asegura la personalización precisa de la fase del proceso, optimizando la eficiencia y la calidad del enjuague.

CONFIGURACIÓN DE RECETAS.

PROCESO ENJUAGUE

ENDUAGUE	10	(min)
SUAVIZANTE	120	(ml)
DRENAJE	1	(min)
PRE SECADO	0	(min)

GUARDAR

Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.25: Pantalla de parámetros de enjuague.

En el “Proceso centrifugado”(figura 2.26), permite definir la duración tanto del proceso como el tiempo de drenaje de la máquina. Además, ofrece la funcionalidad de ingresar un nombre y un número para dejar guardada la receta correspondiente, ya sea al cliente, al tipo de prenda o al nivel de suciedad que la receta tendrá como destino.

CONFIGURACIÓN DE RECETAS.

PROCESO CENTRIFUGADO.

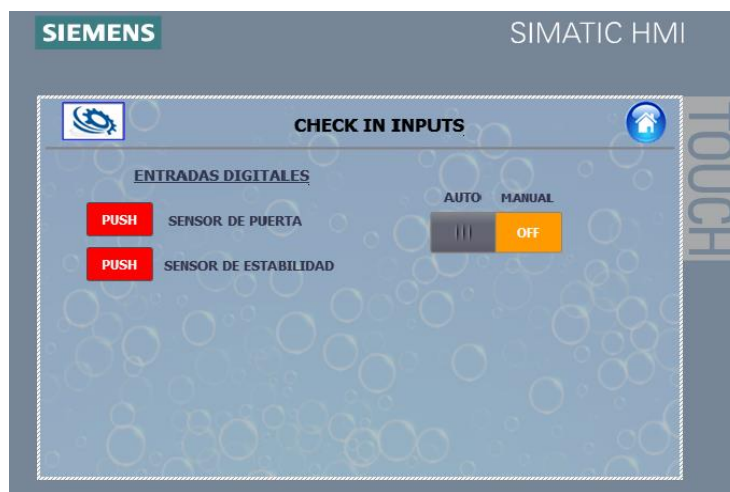
CENTRIFUGADO	5	(min)
DRENAJE	5	(min)
INGRESAR NOMBRE PROGRAMA	MUY SUCIO HOSPITAL	
INGRESAR NUMERO PROGRAMA	8	

GUARDAR

Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.26: Pantalla de parámetros de centrifugado.

En la figura 2.27, presenta una interfaz dedicada a la verificación y prueba de las entradas digitales del sistema. Permite a los operadores monitorear el estado de sensores críticos como el sensor de puerta y sensor estabilidad, incluso simular sus estados mediante botones “PUSH”. Además, incluye un selector para alternar entre modos de operación automático y manual, lo que es fundamental para la depuración, el mantenimiento y la validación de la lógica de control asociada a esas entradas.

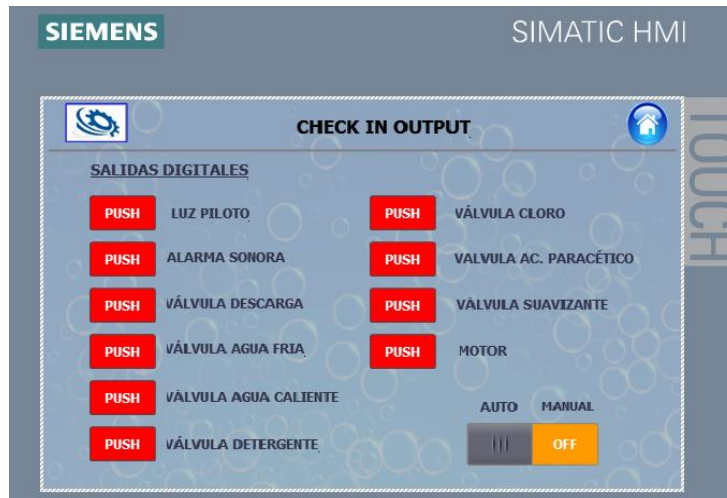


Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.27: Pantalla de testeo de entradas.

Aquí (figura 2.28), se muestra una verificación y control manual de las salidas digitales del sistema. Permite a los operadores activar y desactivar directamente diversos componentes claves, como la luz piloto, la alarma sonora, la válvula de descarga, las válvulas de agua fría y caliente. Así mismo, la válvula de cloro, la válvula de ácido peracético, la válvula de suavizante y

el motor. Esta funcionalidad es esencial para la puesta en marcha, la depuración, el diagnóstico de fallos y las pruebas de los actuadores en modo manual.



Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.28: Pantalla de testeo de salidas.

Por último, en la figura 2.29, la interfaz incluye un despliegue de alarmas que muestran de forma concisa las condiciones anómalas del ciclo de lavado. Esta función permite una rápida identificación de problemas como fallos en temperatura, nivel de agua, entre otras, con el fin de optimizar la detención y respuesta operativa.



Fuente: Elaboración propia en TIA Portal

Figura 2.29: Pantalla de alarmas.

2.6.3 Esquema P&ID de la solución.

La figura 2.30 presenta un diagrama de procesos e instrumentos (P&ID) correspondiente al nuevo sistema de control, diseñado para mejorar la eficiencia operativa, trazabilidad de variables críticas y la seguridad funcional del proceso.

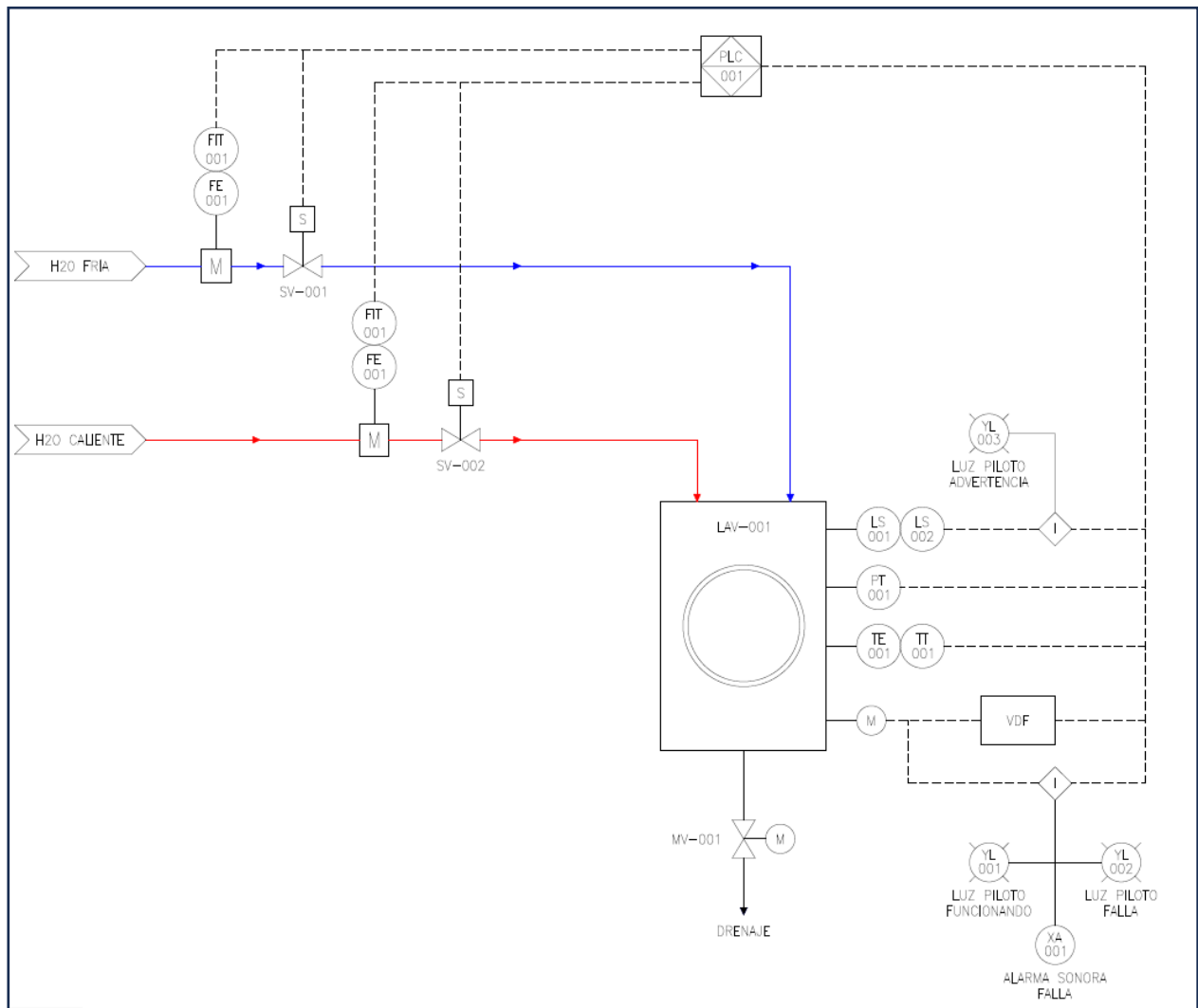


Figura 2.30 Diagrama P&ID del proyecto de actualización.

La tabla 2.3 detalla los instrumentos y equipos que forman parte del sistema de lavado industrial, en el marco del proyecto de actualización. Cada componente se ha seleccionado en base a su funcionabilidad, confiabilidad y compatibilidad con el sistema de automatización basado en PLC, con el objetivo de mejorar el control del proceso, la eficiencia operativa y la seguridad del sistema.

Tabla 2.3 Identificación de instrumentos y equipos.

LISTADO DE INSTRUMENTOS / EQUIPOS	
TAG	DESCRIPCIÓN
FE-001	SENSOR DE FLUJO TIPO MAGNÉTICO H2O FRÍA
FIT-001	TRANSMISOR DE FLUJO CON INDICACIÓN H2O FRÍA
FE-002	SENSOR DE FLUJO TIPO MAGNÉTICO H2O CALIENTE
FIT-002	TRANSMISOR DE FLUJO CON INDICACIÓN H2O CALIENTE
SV-001	VÁLVULA SOLENOIDE LÍNEA DE H2O FRÍA
SV-002	VÁLVULA SOLENOIDE LÍNEA DE H2O CALIENTE
LS-001	SWITCH DE LIMITE APERTURA LAVADORA INDUSTRIAL
LS-002	SWITCH DE LIMITE ESTABILIZACIÓN LAVADORA INDUSTRIAL
PT-001	TRANSMISOR DE PRESIÓN PARA NIVEL DE AGUA EN LAVADORA
TE-001	SENSOR DE TEMPERATURA EN LAVADORA INDUSTRIAL
TT-001	TRANSMISOR DE TEMPERATURA EN LAVADORA INDUSTRIAL
MV-001	VÁLVULA MOTORIZADA EN DESPICHE LAVADORA INDUSTRIAL
LAV-001	LAVADORA INDUSTRIAL

La siguiente simbología (figura 2.31), corresponde a los elementos gráficos utilizados en el diagrama de procesos e instrumentos (P&ID) del sistema de lavado industrial, desarrollado en el proyecto de actualización. Estos símbolos permiten representar de forma estandarizada los componentes físicos, señales eléctricas y funciones de control que intervienen en el proceso, facilitando su interpretación por parte de operadores, técnicos y personal de mantenimiento.

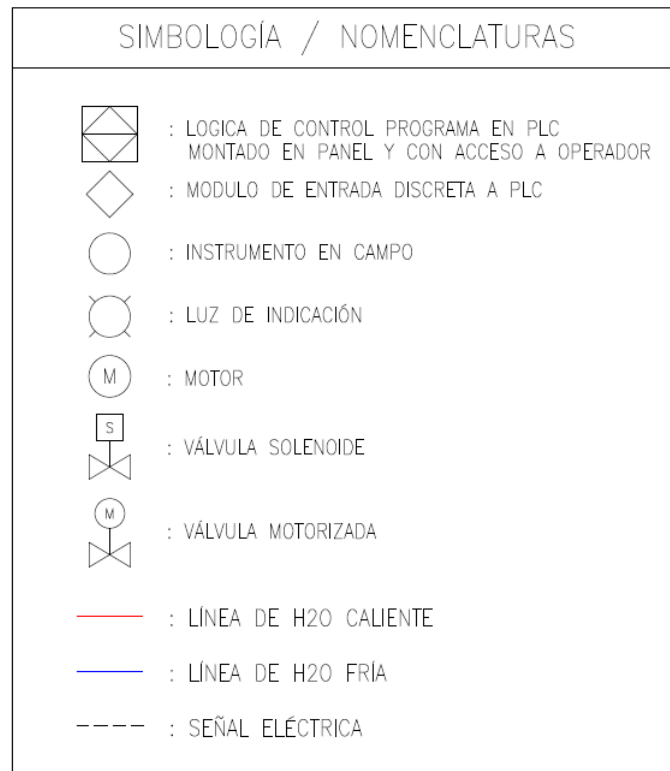


Figura 2.31 Simbología y nomenclatura del diagrama P&ID

2.6.4 Integración.

La integración del proyecto comprende la unión del software desarrollado para el PLC con la configuración previamente establecida para la HMI. Sin embargo, para garantizar que la lógica de control desarrollada sea funcional y represente los requisitos reales del cliente, es fundamental un paso preliminar.

2.6.4 Recopilación de información esencial.

Para poder iniciar el desarrollo de la integración, es imprescindible rescatar y analizar la información detallada sobre las fórmulas de lavado que la empresa SOCOVAL Spa utiliza en la

actualidad. Esta información es la base para definir los parámetros de control, las secuencias de proceso (tiempos, temperaturas, dosificaciones) y la lógica a implementar en el PLC. Sin esa información crucial y con plena autorización de parte de SOCOVAL Spa, la programación queda sujeta a esa condicionante.

2.6.5 Fases de verificación y simulación (posterior a la recopilación).

Una vez que las fórmulas hayan sido documentadas y sirvan como base para el diseño del software, este proceso de integración dará paso a diversas fases virtuales que permitan verificar el correcto funcionamiento del sistema. Así como:

- Las secuencias de lavado, asegurando que el programa avanza correctamente a través de todas las etapas.
- Comprobación de control de tiempos, validando que las fases del proceso funcionen según lo esperado.
- Simulación de entradas y salidas, verificando cómo el PLC responde a las señales de los sensores y como activa los actuadores en el entorno virtual.
- Monitoreo de la HMI, confirmando que las pantallas muestren el estado del proceso de forma precisa, permitan la configuración de parámetros y que las alarmas se activen y notifiquen correctamente ante condiciones simuladas de anomalía.

Se espera que estas simulaciones en TIA Portal, permitan verificar la lógica del programa, validar la secuencia de operaciones y detectar posibles errores funcionales antes de la implementación en terreno. Esta etapa virtual facilita la revisión de entradas, salidas y la comunicación con la pantalla HMI, asegurando que el sistema responda correctamente a condiciones simuladas. Los ajustes relacionados con el rendimiento operativo y la estabilidad del sistema serán abordados posteriormente durante las pruebas físicas en terreno, donde se evaluará el comportamiento real del equipo bajo condiciones de operación.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Este capítulo presenta la evaluación económica de la actualización del sistema de control, considerando su rentabilidad y proyección financiera.

3.1 ESTUDIO ECONÓMICO

La finalidad de este estudio es examinar los aspectos financieros del proyecto, abordando los costos y beneficios proyectados a largo plazo.

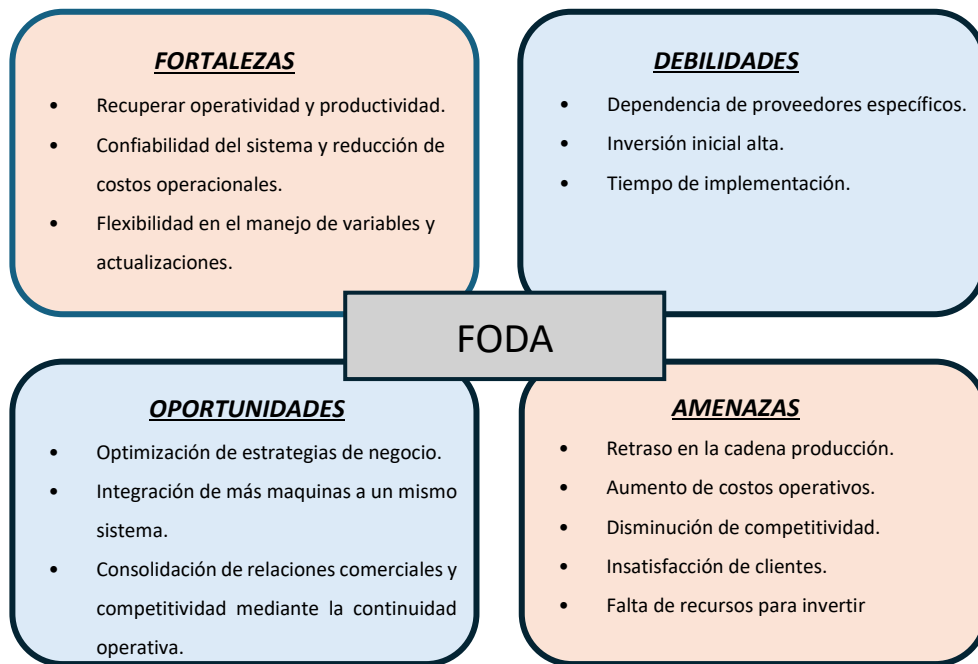
3.2 ANÁLISIS ESTRATÉGICO

Con el objetivo de evaluar el entorno, es necesario el uso de una herramienta de análisis estratégico que permita orientar la toma de decisiones en la realización del proyecto. La herramienta más adecuada y completa para este tipo de trabajo es el análisis FODA.

3.2.1 Análisis FODA.

La matriz FODA es un acrónimo de Fortaleza, Oportunidad, Debilidad, Amenaza. Fue creada por Albert S. Humphrey, es una herramienta de planificación muy utilizada para la toma de decisiones que permite evaluar la situación de un proyecto, empresa o personas, identificando los factores internos y externos que pueden influir en el éxito o fracaso.

En el figura 3.1 se muestra el diagrama del análisis realizado al proyecto de actualización del sistema de control.



Fuente: Desarrollo propio según metodología FODA aplicada al contexto del proyecto.

Figura 3.1: Análisis FODA del proyecto de actualización.

3.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD PRODUCTIVA ACTUAL

En la tabla 3.1, se detalla la capacidad productiva de los distintos equipos de lavado industrial con los que cuenta SOCOVAL Spa, considerando la cantidad de lavadoras operativas, la capacidad por ciclo en kilos, el tiempo promedio de ciclo y el número máximo de ciclos que pueden realizarse en un turno de 8 horas.

Tabla 3.1: Capacidad productiva actual.

CAPACIDAD PRODUCTIVA ACTUAL					
Equipo	Capacidad en Kg.	Cantidad	Minutos ciclo de lavado	Ciclos máximos por turno 8 horas	Kilos máximos de lavado por turnos de 8 horas.
Lavadora Gamesail con volteo automático	100	1	80	6	600
Lavadora Gamesail sin volteo automático	100	1	90	5	500
Lavadora Unimac	50	1	60	8	400
Lavadora Maytag	25	1	45	10	250
CAPACIDAD PRODUCTIVA ACTUAL	275	4			1.750
				TOTAL	1.750

Fuente: Elaboración mediante datos estadísticos de producción.

3.4 PROYECCIÓN POST ACTUALIZACIÓN

Tras la efectiva incorporación de dos lavadoras Maytag adicionales a la línea de producción como lo muestra la tabla 3.2, la capacidad productiva de la lavandería experimentaría un incremento del volumen máximo de kilos lavados por turno de 8 horas de 1.750 kg a 2.250 kg. Por lo tanto, la capacidad productiva post actualización se incrementa en 500 kilogramos por turno, lo que representa una mejora del 28,57 % respecto al escenario anterior.

Tabla 3.2: Capacidad productiva post actualización.

CAPACIDAD PRODUCTIVA TOTAL					
Equipo	Capacidad en Kg.	Cantidad	Minutos ciclo de lavado	Ciclos máximos por turno 8 horas	Kilos máximos de lavado por turnos de 8 horas.
Lavadora Gamesail con volteo automático	100	1	80	6	600
Lavadora Gamesail sin volteo automático	100	1	90	5	500
Lavadora Unimac	50	1	60	8	400
Lavadora Maytag	25	1	45	10	250
Lavadora Maytag	25	1	45	10	250
Lavadora Maytag	25	1	45	10	250
CAPACIDAD PRODUCTIVA TOTAL	325	6			2.250
				TOTAL	2.250

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones de capacidad operativa post actualización.

3.5 DETERMINACIÓN DE LA MANO DE OBRA

La estimación de la mano de obra necesaria para operar el sistema de lavado industrial se basa en el número de turnos requeridos para cubrir la demanda semanal de producción, la duración de cada turno, la cantidad de trabajadores por turno y el costo por hora de trabajo.

3.5.1 Impacto de la mejora en los costos de mano de obra.

La planta de SOCOVAL Spa debe cubrir una demanda semanal de 23.650 kg. de ropa procesada. En el escenario actual, esta demanda se satisface mediante 14 turnos de 8 horas, cada uno conformado por 10 operarios por turno. El valor de la hora hombre por día de trabajo es 0,72 UF, por lo tanto, el costo total por turno es de 7,2 UF.

Con la actualización del sistema y la reincorporación de las lavadoras actualmente fuera de servicio, se proyecta una reducción de 3 turnos, manteniendo el mismo número de trabajadores por turno. Esta mejora en eficiencia operativa se traduce en una disminución directa en los costos de mano de obra, pasando de un gasto semanal de 100,8 UF a 79,2 UF tal como aparece en la tabla 3.3.

Este cambio representa un ahorro semanal de 21,6 UF y un ahorro mensual estimado de 86,4 UF, sin afectar el nivel de producción requerido. La optimización de la capacidad productiva, por tanto, tiene un impacto económico relevante en la sostenibilidad del proyecto.

Tabla 3.3: Ahorro proyectado de costos en mano de obra.

Turnos 8 horas	Costo por turno (UF)	Gasto total semanal (UF)	Gasto total mensual (UF)
14	7,2	100,8	403,2
11	7,2	79,2	316,8

Fuente: Elaboración propia en base a proyección de ahorro por optimización de turnos operativos.

3.6 COSTOS ASOCIADOS POR MÁQUINA

Para la ejecución del proyecto de actualización de cada lavadora industrial de SOCOVAL Spa, considera no solo el costo directo de la intervención técnica, sino también los costos asociados a diseño, mano de obra, insumos, logística y márgenes operativos.

3.6.1 Costos de diseño del proyecto.

El costo de diseño corresponde a la etapa de planificación y elaboración técnica previa a la ejecución del proyecto de actualización. Estos montos considera el desarrollo de planos, especificaciones, cálculos y documentación necesaria para garantizar la correcta implementación de las mejoras. Además incluye la definición de estándares de seguridad, selección de materiales y la coordinación logística, asegurando que la intervención cumpla con los requisitos operativos y normativos del cliente. La tabla 3.4 describe la distribución de los montos asignados a la etapa de diseño, equivalente a 48,67 UF.

Tabla 3.4: Costos de diseño.

DESCRIPCIÓN	COSTO (UF)
Desarrollo de planos, diagramas	14
Cálculos e ingeniería	12
Documentación del proyecto	8
Planificación y coordinación	7
Estándares de seguridad	7,67
Costo total de diseño	48,67

Fuente: Elaboración propia en base a criterios técnicos de planificación, estimaciones y requerimientos normativos.

3.6.2 Costos de mano de obra en proceso de actualización.

La mano de obra considera un monto de 27 UF según muestra la tabla 3.5, correspondiente a las remuneraciones del personal directamente involucrado en la actualización de las máquinas.

Tabla 3.5: Costo mano de obra directa.

DESCRIPCIÓN	COSTO (UF)
Jornada laboral (días)	9
Nº de especialistas	2
Costo H/H diario	1,5
Costo total por máquina	27

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones de jornada laboral y remuneración técnica del personal.

3.6.3 Inversiones fijas.

La inversión de capital (CAPEX) para el proyecto de actualización establece 122,68 UF (tabla 3.6). Este monto se destina a financiar los elementos críticos necesarios para la modernización tecnológica en:

- **Activos fijos:** Corresponde a la adquisición de componentes de larga duración que serán capitalizados e incorporados a la base de depreciación del sistema de actualización.
- **Suministros estratégicos:** Incluye el acopio de materiales y productos consumibles esenciales para la actualización.

Tabla 3.6: Inversión inicial del proyecto.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Sistema hidráulico	Válvulas solenoide 3/4"	2	4,55
Sistema hidráulico	Válvulas solenoide 1/2"	4	13,86
Sistema de evacuación de agua	Válvula motorizada 3"	1	7,85
Sistema control de flujo hidráulico	Flujómetro H2O	2	8,72
Sistema de control de flujo químico	Flujómetro para ácidos	1	12,93
Sistema de rotación	Motor y VDF	1	29,97
Sistema de comunicación	HMI	1	8,95
Sistema de control	PLC	1	5,98
Sistema de expansión de señales	Módulo de expansión	1	4,92
Sistema de señalización y alerta	Baliza y sirena	1	3,45
Canalización de control y poder	Materiales eléctricos	1	15
Insumos	Herramientas	1	6,5
		TOTAL (UF)	122,68

Fuente: Estudio de necesidades requeridas por el cliente para la actualización.

3.6.4 Gastos generales del proyecto.

Los gastos generales (45 UF según tabla 3.7), consideran todos los gastos indirectos asociados a la gestión del proyecto, garantizando una ejecución fluida y sin contratiempos.

- Logística del personal: Movilización, viáticos y alojamiento para el personal técnico especializado requerido para el proyecto.
- Contingencia (imponderables): Esta asignación incorpora un proporcional para imprevistos. Este margen es crucial para mitigar cualquier riesgo que pueda surgir durante el proceso de actualización.

Tabla 3.7: Gastos generales del proyecto.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO (UF)
Logística del personal	Alojamientos, viáticos	28
Transporte de material	Movilización y peajes	7
Imponderables	Contingencias	10
	TOTAL INVERSIÓN	45

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones operativas y logísticas del proceso de actualización.

3.6.5 Resumen de la inversión.

Los costos presentados en las tablas 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 corresponden al cálculo unitario por máquina, considerando diseño, mano de obra, insumos técnicos y gastos generales asociados a la ejecución del proceso de actualización. Si bien el proyecto contempla la intervención de dos lavadoras industriales, la información consolidada en la tabla 3.8 refleja el desglose por unidad, permitiendo una evaluación detallada y replicable del costo por equipo.

Tabla 3.8: Resumen de gastos del proyecto.

DESCRIPCIÓN	COSTO (UF)
Diseño del proyecto	48,67
Mano de obra directa	27
Inversión fija	122,68
Gastos generales	45
Costo total unitario por lavadora	243,35

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones operativas y logísticas del proceso de actualización.

El proyecto de actualización del sistema de control tiene considerado dos lavadoras industriales de SOCOVAL Spa, dado que ambas presentan problemas operativos idénticos en sus sistemas de control. Por esta razón, se ha definido que el alcance del proyecto abarque la actualización completa de ambas unidades, replicando el diseño y la solución técnica. En la tabla 3.9, se presenta el costo total requerido para el financiamiento de ambas lavadoras.

Tabla 3.9: Gasto total del proyecto de actualización

DESCRIPCIÓN	COSTO (UF)
Costo total de actualización de 2 lavadoras	486,7

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones técnicas, costos unitarios por máquina y análisis de replicabilidad del sistema.

3.6.6 Depreciación de activos fijos.

Como parte de los costos asociados a la operación de la lavadora industrial actualizada, se incorpora la depreciación acelerada de activos fijos adquiridos (tabla 3.10). Esta depreciación se calcula en base a la pauta de Servicios de Impuestos Internos (Resolución Exenta N°43), aplicando una vida útil tributaria reducida a la mitad de la estándar. El objetivo es reflejar el desgaste contable anticipado de los componentes críticos y optimizar el impacto tributario del proyecto.

Tabla 3.10: Depreciación acelerada de activos fijos según normativa tributaria.

Descripción	Costo total (UF)	Año 1	Año 2	Año 3
Válvulas solenoide 3/4"	4,55	1,52	1,52	1,51
Válvulas solenoide 1/2"	13,86	4,62	4,62	4,62
Válvula motorizada 3"	7,85	2,62	2,62	2,61
Flujómetro H2O	8,72	2,91	2,91	2,9
Flujómetro para ácidos	12,93	4,31	4,31	4,31
Motor y VDF	29,97	9,99	9,99	9,99
HMI	8,95	2,99	2,98	2,98
PLC	5,98	2	1,99	1,99
Módulo de expansión	4,92	1,64	1,64	1,64
Baliza y sirena	3,45	1,15	1,15	1,15
Materiales eléctricos	15	5	5	5
Herramientas	6,5	2,17	2,17	2,16
TOTAL (UF)	122,68	40,92	40,9	40,86

Fuente: Elaboración propia en base a Resolución Exenta N°43 del SII.

3.6.7 Egresos del proyecto.

Además de los costos asociados a los componentes físicos del sistema de control, el proyecto contempla egresos operativos vinculados a la ejecución técnica y logística de la solución (tabla 3.11). Entre los egresos más relevantes se incluyen:

- **Visita técnica de diagnóstico:** Corresponde a la evaluación en terreno, cuyo objetivo fue levantar los requerimientos funcionales, verificar el estado de la lavadora y definir la arquitectura de control más adecuada. Este servicio implicó gastos en horas hombre, transporte y coordinación técnica.
- **Gestión de compra de componentes:** Incluye el tiempo y recursos destinados a la búsqueda, cotización, validación técnica y adquisición de los elementos de control. Este proceso es clave para asegurar la compatibilidad de los equipos, la disponibilidad local de los repuestos y la calidad de los proveedores seleccionados. Se consideran aquí los costos asociados a la logística, comunicación, transporte y coordinación administrativa.

Tabla 3.11: Costos fijos de evaluación y logística del proyecto.

Ítems	Descripción	Costo unitario (UF)
Visita técnica	Evaluación en terreno, diagnóstico, levantamiento de requerimientos	10
Gestión de compra	Coordinación con proveedores, cotizaciones y logística	10

Fuente: Elaboración propia en base a clasificación y tratamientos de costos de proyectos industriales.

3.7 ANÁLISIS PARA EL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.

Para determinar la factibilidad de financiar la inversión del proyecto, se analiza el escenario actual basado en la capacidad productiva actual. Para ello, se presenta un flujo de caja representativo de los costos reales asociados a la operación vigente, considerando los 14 turnos semanales necesarios para cumplir con la demanda establecida.

Tabla 3.12: Rendimiento actual y flujo de caja.

Rendimiento ACTUAL	Turnos	Costo x turno (UF)	Total semana	Total mes	Total año
	14	7,2	100,8	403,2	3.715,2

Conceptos / periodos	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(+) Gasto mensual		403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2
(-) Egresos													
(=) Gasto actual		403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2
(-) Depreciación													
(-) Intereses													
(=) Gasto antes de impuesto		403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2	403,2
(-) Impuestos (25 %)		-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6	-93,6
(=) Gasto despues de impuesto		309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6
(+) Depreciación													
(+ / -) Capital de trabajo													
(=) Flujo de caja (UF)		309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6
Flujo de caja actualizado (UF)		309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6	309,6
Flujo de caja acumulado (UF)		309,6	619,2	928,8	1238,4	1548,0	1857,6	2167,2	2476,8	2786,4	3096,0	3405,6	3715,2

Fuente: Elaboración propia en base al gasto mensual actual de la Planta SOCOVAL Spa.

Tal como se muestra el flujo de caja actual figura 3.12, el gasto operativo actual de 14 turnos semanales para cumplir con la demanda tiene un costo de 7,2 UF, lo que genera un gasto

mensual de 403,2 UF. Después de impuestos, el flujo neto de salida es de 309,6 UF mensuales, equivalentes a 3.715,2 UF al año.

Este flujo no corresponde a una evaluación del negocio de SOCOVAL Spa, sino que se utiliza únicamente como referencia base para justificar y comparar la producción actual frente a la situación mejorada con el proyecto de actualización del sistema de control.

3.8 PROYECCIÓN DE ESCENARIOS DIVERSOS PARA EL PROYECTO

La tabla 3.13, presenta los principales parámetros financieros considerados para la ejecución del proyecto. Estos valores corresponden a los egresos directos, depreciación anual del equipamiento, capital de trabajo requerido y el costo financiero asociado al crédito, incluyendo la tasa libre de riesgo y la prima por riesgo del proyecto. Estos elementos permiten establecer una base cuantitativa para la evaluación económica del escenario con la actualización propuesta.

Tabla 3.13: Parámetros financieros para la ejecución del proyecto.

Egresos por diagnóstico inicial	20 UF
Depreciación anual	40,89 UF
Capital de trabajo	486,7 UF
Interés del crédito 9 meses	23,72 UF
Tasa libre de riesgo	6,5 UF
Prima por riesgo del proyecto	3,5 UF

Fuente: Elaboración propia en base a los parámetros para financieros entregados por el ente financiador.

3.8.2 Escenario óptimo del sistema actualizado.

Para continuar con el análisis del financiamiento del proyecto, se presenta la siguiente tabla 3.14, que consolida las variables económicas consideradas para construir el escenario óptimo (100%) del sistema actualizado. Este escenario proyecta el comportamiento ideal de operación con la mejora implementada y permite cuantificar comparativamente el impacto del proyecto respecto al costo operativo vigente.

Tabla 3.14: Parámetros financieros y escenario óptimo 100% de rendimiento.

Rendimiento ÓPTIMO	Turnos	Costo x turno (UF)	Total semana	Total mes	Total año	Actual / Óptimo
100%	11	7,2	79,2	316,8	1.403,70	2.311,50

Conceptos / periodos	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(+) Gasto mensual con proyecto		316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8
(-) Egresos		-20											
(=) Gasto actual con proyecto		296,80	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8	316,8
(-) Depreciación (40,89% anual)		-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41
(-) Intereses										-23,72			
(=) Gasto antes de impuesto		293,39	313,39	313,39	313,39	313,39	313,39	313,39	313,39	289,67	313,39	313,39	313,39
(-) Impuestos (25 %)		-66,15	-78,35	-78,35	-78,35	-78,35	-78,35	-78,35	-78,35	-72,42	-78,35	-78,35	-78,35
(=) Gasto despues de impuesto		227,24	235,04	235,04	235,04	235,04	235,04	235,04	235,04	217,25	235,04	235,04	235,04
(+) Depreciación		3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41
(+ / -) Capital de trabajo	-486,7									-486,7			
(=) Flujo de caja (UF)	-486,7	230,65	238,45	238,45	238,45	238,45	238,45	238,45	238,45	-266,04	238,45	238,45	238,45
Flujo de caja actualizado (UF) (tasa +prima=10%)	-486,7	209,68	197,07	179,15	162,87	148,06	134,60	122,36	111,24	-112,83	91,93	83,58	75,98
Flujo de caja acumulado (UF)	-486,7	209,68	406,75	585,90	748,77	896,83	1031,43	1153,79	1265,03	1152,21	1244,14	1327,72	1403,69

Fuente: Elaboración propia en base a simulación de escenario óptimo según gasto mensual.

3.8.3 Escenario moderado del sistema actualizado.

El escenario moderado del proyecto (tabla 3.15), se centra en la optimización de la eficiencia operativa, la cual propone una reducción del 85% en los costos por efectos del proyecto.

Tabla 3.15: Parámetros financieros y escenario moderado 85% de rendimiento.

Reducción MODERADA	Turnos	costo x turno (UF)	Total semana	Total mes	Total año	Act/ moderado
85%	11	7,2	79,2	269,28	1.150,05	2.565,2

Conceptos / periodos	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(+) Gasto mensual con proyecto		269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28
(-) Egresos		-20											
(=) Gasto actual con proyecto		249,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28	269,28
(-) Depreciación (40,89% anual)		-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41
(-) Intereses										-23,72			
(=) Gasto antes de impuesto		245,87	265,87	265,87	265,87	265,87	265,87	265,87	265,87	242,15	265,87	265,87	265,87
(-) Impuestos (25 %)		-66,15	-66,47	-66,47	-66,47	-66,47	-66,47	-66,47	-66,47	-60,54	-66,47	-66,47	-66,47
(=) Gasto despues de impuesto		179,72	199,40	199,40	199,40	199,40	199,40	199,40	199,40	181,61	199,40	199,40	199,40
(+) Depreciación		3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41
(+ / -) Capital de trabajo	-486,7									-486,7			
(=) Flujo de caja (UF)	-486,7	183,13	202,81	202,81	202,81	202,81	202,81	202,81	202,81	-301,68	202,81	202,81	202,81
Flujo de caja actualizado (UF) (tasa +prima=10%)	-486,7	166,48	167,61	152,38	138,52	125,93	114,48	104,07	94,61	-127,94	78,19	71,08	64,62
Flujo de caja acumulado (UF)	-486,7	166,48	334,09	486,47	624,99	750,92	865,41	969,48	1064,09	936,15	1014,35	1085,43	1.150,05

Fuente: Elaboración propia en base a simulación de escenario moderado según variación de gastos mensuales.

3.8.4 Escenario crítico del sistema actualizado.

El escenario crítico (tabla 3.16), evalúa la viabilidad del proyecto asumiendo una reducción del 50% en el rendimiento esperado del gasto operacional. Este análisis de sensibilidad prueba la fortaleza de la inversión ante una caída significativa en la eficiencia o una contracción inesperada del mercado.

Tabla 3.16: Parámetros financieros y escenario crítico 50% de rendimiento.

Reducción CRÍTICA	Turnos	Costo x turno (UF)	Total semana	Total mes	Total año	Act / crítica
50%	11	7,2	79,2	158,4	558,23	3.157,0

Conceptos / periodos	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(+) Gasto mensual con proyecto		158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4	158,4
(-) Egresos		-20											
(=) Gasto actual con proyecto		138,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40	158,40
(-) Depreciación (40,89% anual)		-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41	-3,41
(-) Intereses										-23,72			
(=) Gasto antes de impuesto		134,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	154,99	131,27	154,99	154,99	154,99
(-) Impuestos (25 %)		-66,15	-38,75	-38,75	-38,75	-38,75	-38,75	-38,75	-38,75	-32,82	-38,75	-38,75	-38,75
(=) Gasto despues de impuesto		68,84	116,24	116,24	116,24	116,24	116,24	116,24	116,24	98,45	116,24	116,24	116,24
(+) Depreciación		3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41
(+ / -) Capital de trabajo	-486,7									-486,7			
(=) Flujo de caja (UF)	-486,7	72,25	119,65	119,65	119,65	119,65	119,65	119,65	119,65	-384,84	119,65	119,65	119,65
Flujo de caja actualizado (UF) (tasa +prima=10%)	-486,7	65,68	98,89	89,90	81,72	74,29	67,54	61,40	55,82	-163,21	46,13	41,94	38,12
Flujo de caja acumulado (UF)	-486,7	65,68	164,57	254,46	336,19	410,48	478,02	539,42	595,24	432,03	478,16	520,10	558,23

Fuente: Elaboración propia en base a simulación de escenario crítico según variación de gastos mensuales.

3.9 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL FINANCIAMIENTO

El escenario óptimo permite absorber el crédito a 9 meses, aunque con mayor costo financiero. El flujo acumulado positivo respalda la viabilidad, pero reduce la capacidad de reinversión en el corto plazo.

El escenario moderado también es viable a 9 meses, con menor margen de recuperación, pero suficiente para mantener la continuidad operativa.

El escenario crítico no logra recuperar el crédito en ningún plazo dentro del primer año, lo que lo descarta como base para la decisión financiera sin ajustes adicionales.

3.10 JUSTIFICACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Si bien los escenarios óptimo y moderado presentan flujo acumulado positivo a partir del mes 3 y 4 respectivamente, este comportamiento no implica necesariamente que el proyecto esté en condiciones de absorber el crédito en esos meses. La recuperación efectiva del financiamiento requiere que el flujo acumulado iguale o supere el monto total a pagar, lo que ocurre recién en el mes 9 para ambos escenarios. Por ello, se descartan las alternativas de crédito a 3 y 6 meses, ya que el sistema no alcanza a generar excedentes suficientes para cubrir el pago único sin comprometer la liquidez operativa. En cambio, el crédito a 9 meses permite que el proyecto acumule el flujo necesario para enfrentar el egreso financiero sin afectar su continuidad. Esta decisión se fundamenta en criterios de sostenibilidad financiera, más allá de la rentabilidad inicial, y refuerza la planificación estratégica del proyecto.

3.11 ELECCIÓN DEL FINANCIAMIENTO

La elección del financiamiento se fundamenta en un análisis comparativo entre tres alternativas de crédito de capital de trabajo con vencimiento único, evaluadas frente a distintos escenarios de gasto mensual proyectado. El objetivo es identificar la combinación más eficiente entre plazo, tasa de interés, flujo acumulado y riesgo operativo.

Se consideran los siguientes escenarios de rendimiento:

- Escenario óptimo: Gasto mensual de 316,8 UF.
- Escenario moderado: Gasto mensual de 269,28 UF
- Escenario crítico: Gasto mensual de 158,4 UF.

El monto base solicitado es de 486,7 UF y el interés se calcula mediante la fórmula proporcional simple:

$$\text{Interés} = \text{Capital} * \text{Tasa anual} * \left(\frac{\text{Días}}{360} \right)$$

Según el cálculo realizado a los escenarios correspondientes, se obtiene la tabla 3.17 de viabilidad.

Tabla 3.17: Tabla comparativa técnico – financiera.

Escenario	Plazo	Tasa anual	Monto a pagar (UF)	Flujo acumulado vencimiento (UF)	Viabilidad
Óptimo	3 meses	7,91	494,61	206,87	No viable
Óptimo	6 meses	15,81	502,51	746,66	Marginal
Óptimo	9 meses	23,72	510,42	1.152,21	Viable
Moderado	3 meses	7,91	494,61	494,61	marginal
Moderado	6 meses	15,81	502,51	502,51	Marginal
Moderado	9 meses	23,72	510,42	936,15	Viable
Crítico	3 meses	7,91	494,61	-124,57	No viable
Crítico	6 meses	15,81	502,51	193,25	No viable
Crítico	9 meses	23,72	510,42	432,03	No viable

Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones operativas y contables.

3.11.2 Selección estratégica

Se opta por el escenario moderado con crédito a 9 meses (23,72 % anual), ya que ofrece el mejor equilibrio entre riesgo operativo, liquidez y retorno. Esta combinación permite absorber

el crédito sin comprometer la generación de excedentes, manteniendo la viabilidad financiera del proyecto y habilitando la planificación de reinversión futura.

3.12 AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO

El crédito considerado para el proyecto corresponde a un financiamiento de capital de trabajo con vencimiento único, sin amortización parcial. Esta modalidad es común en operaciones de corto plazo, ya que permite disponer del monto completo desde el inicio y realizar el pago total al vencimiento pactado.

La ausencia de amortización intermedia facilita la planificación operativa, aunque implica un mayor esfuerzo financiero en el mes del vencimiento. Por ello, se evaluó cuidadosamente el comportamiento del flujo de caja para asegurar que el sistema pueda absorber este impacto sin comprometer la continuidad operativa.

3.13 FLUJO DE CAJA PROYECTADO.

La presente sección tiene por objetivo consolidar la viabilidad económica del proyecto de mediante una proyección extendida del flujo de caja a tres años (tabla 3.18), incorporando no solo los beneficios operativos derivados de la actualización del sistema de control, sino también las decisiones estratégicas que fortalecen su continuidad y replicabilidad.

A partir del segundo semestre del primer año, el proyecto comienza a generar excedentes sostenidos, producto del ahorro operativo mensual y la eficiencia del sistema de control implementado. Esta tendencia se mantiene constante durante los años siguientes, consolidando un patrón de rentabilidad estable.

Tabla 3.18: Flujo proyectado a tres años y con inversión adicional.

Conceptos / periodos	Años			
	0	1	2	3
(+) Gasto mensual con proyecto		3.801,6	3.801,6	3.801,6
(-) Egresos		-20		
(=) Gasto actual con proyecto		3.781,6	3.801,6	3.801,6
(-) Depreciación		-40,92	-40,89	-40,89
(-) Intereses		-23,72		
(=) Gasto antes de impuesto		3.716,96	3.760,71	3.760,71
(-) Impuestos (25 %)		-929,24	-940,18	-940,18
(=) Ahorro despues de impuesto		2.787,7	2.820,5	2.820,5
(+) Depreciación		40,86	40,89	40,89
(+ / -) Capital de trabajo	-486,7	-486,70	-180	
(=) Flujo de caja (UF)	-486,7	2.341,9	2.681,4	2.861,4
Flujo de caja actualizado (UF)	-486,7	938,2	465,57	164,95
Flujo de caja acumulado (UF)	-486,7	1403,68	1.869,25	2.034,20

Fuente: Elaboración propia en base a la comparativa técnica- financiera.

Al cierre del tercer año, el flujo acumulado actualizado alcanza los 2.034,20 UF, lo que representa una recuperación holgada de la inversión inicial y una generación de valor económico significativa. Este comportamiento confirma que el proyecto no solo es viable en el corto plazo, sino que también posee capacidad de consolidación financiera en el mediano plazo, habilitando decisiones estratégicas futuras como reinversión, expansión o replicabilidad.

3.13.2 Análisis de sensibilidad del proyecto.

Se realizó un análisis de sensibilidad sobre el flujo anual (tabla 3.19), ajustando únicamente eficiencia el gasto operativo del sistema. Se modelaron tres escenarios, óptimo (100%), el moderado o conservador (85%) y el crítico (50%). Los resultados indican son:

Tabla 3.19 Indicadores de sensibilidad financiera.

Ingresos	Indicador	VAN	TIR	PRI	IVAN
Con financiamiento	100%	874,91	138,77%	6 meses	1,8
	85%	670,67	109,28%	7 meses	1,38
	50%	194,1	39,41%	16 meses	0,4

Fuente: Elaboración propia en base a flujos de caja proyectados.

3.13.3 Rentabilidad del proyecto con reinversión estratégica.

La evolución del flujo de caja proyectado evidencia que el sistema actualizado no solo recupera su inversión final, sino que genera excedentes suficientes para financiar mejoras adicionales sin comprometer su estabilidad operativa. A partir del segundo año, se incorpora una inversión complementaria de 180 UF destinada a fortalecer la infraestructura de control, lo que permite ampliar la funcionalidad del sistema y reducir vulnerabilidades técnicas.

Este desembolso, realizado en el mes 18, es absorbido por el comportamiento sostenido del ahorro operativo, que mantiene su ritmo mensual sin alteraciones. El flujo acumulado al cierre

del segundo año alcanza 1.869,25 UF, lo que representa una rentabilidad superior respecto del capital invertido originalmente. Este resultado confirma que el proyecto no solo es financieramente viable, sino que posee capacidad de expansión y adaptación sin generar tensiones en la liquidez.

La consistencia del modelo, incluso ante nuevas exigencias, valida su potencial como solución replicable en otras unidades productivas, consolidando su aporte estratégico a la eficiencia y resiliencia de la operación.

CONCLUSIÓN

El presente proyecto propone la actualización del sistema de control de dos lavadoras industriales de SOCOVAL Spa, mediante la incorporación de un PLC y una interfaz HMI. Esta solución fue evaluada técnica y económicamente, concluyéndose que representa una alternativa eficiente, confiable y sostenible frente a otras opciones disponibles.

La solución propuesta cumple con los objetivos establecidos, mejora la capacidad de monitoreo y optimiza la operatividad general del sistema. Este avance mejora la productividad, pero también aporta beneficios económicos concretos a través de la eficiencia energética y disminución de costos de mano de obra directa.

El desarrollo abarcó desde el diagnóstico inicial hasta el diseño de un sistema adaptado a las necesidades del cliente, demostrando que esta actualización puede aplicarse transversalmente a otros equipos de la planta.

Desde el punto de vista financiero, la inversión propone ser cubierta mediante un crédito de capital de trabajo con vencimiento único, permitiendo financiar el proyecto sin comprometer la liquidez operativa.

La evaluación mediante el método Payback confirmó que la inversión se recupera en un periodo de 9 meses. A esto se suma una proyección financiera a tres años que contempla una reinversión estratégica en un sistema de respaldo, alcanzando un flujo acumulado actualizado importante, lo que refleja una rentabilidad superior respecto de la inversión inicial.

Desde la perspectiva del control e instrumentación industrial, la actualización representa una migración exitosa de un control obsoleto a un sistema de automatización de grado industrial, garantizando confiabilidad, seguridad y escalabilidad.

En síntesis, esta iniciativa fortalece la infraestructura tecnológica de SOCOVAL Spa, mejora la continuidad operativa y posiciona a la empresa en un camino de evolución estratégica, con capacidad de replicar soluciones y enfrentar nuevos desafíos industriales con mayor solidez.

BIBLIOGRAFÍA

- Perdomo Moreno, D. (2012). Automatización Industrial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1225>
- Blank, L. T., & Tarquin, A. J. (2012). *Ingeniería económica* (7.ª ed.). McGraw-Hill. [Disponible en bibliotecas académicas o en: <https://www.mheducation.com/>]
- Medina, R. (2020). *Evaluación de proyectos: técnicas financieras aplicadas*. Alfaomega. <https://www.alfaomega.com.mx/libros/evaluacion-de-proyectos-tecnicas-financieras-aplicadas-9786075381033.html>
- Pérez, M., & López, J. (2018). *Sistemas de control automático con PLC*. Editorial Trillas. [Disponible en: <https://trillas.mx>]
- Torres, R. (2019). HMI y su aplicación en la industria moderna. *Revista de Tecnología y Automatización*, 27(2), 45–53 (*ejemplo ilustrativo*)
https://revistatecnologiaautomatizacion.org/2019/torres_hmi_aplicacion_industria.pdf
- Elaboración propia en base a antecedentes entregados por SOCOVAL Spa (2025), área técnica y administrativa.
- SCV Industrial · Avenida Las Torres 153 La Granja, 2820000 Rancagua, O'Higgins, Chile. (n.d.). SCV Industrial · Avenida Las Torres 153 La Granja, 2820000 Rancagua, O'Higgins, Chile. https://www.google.com/maps/place/SCV+Industrial/@-34.1853716,-70.7379889,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x966343b78a7c2907:0x24364d4713b0928!8m2!3d-34.1853716!4d-70.7379889!16s%2Fg%2F11hnxkdgdb?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDcyOC4wKXMDSoA SAFQAw%3D%3D
- Servicios Lavaseco | Socoval Ltda. (n.d.). <https://scvindustrial.cl/servicio-lavaseco/>
- groupdynamics-laundry (n.d.) https://www.groupdynamics-laundry.com/mans_files/6/W10251143.pdf
- serviceconnections.org. www.serviceconnections.org/static/media/flipbook/maytag_MFR/mobile/index.html#p=1

- Google. (n.d.).
https://www.google.com/search?rlz=1C2GCEA_enCL1067CL1077&sca_esv=4
- Altronics Chile. (n.d.). <https://altronics.cl/instrumentacion-industrial/actuadores-hvac/teren-da050100>
- Altronics Chile. (n.d.). <https://altronics.cl/instrumentacion-industrial/instrumentos-temperatura/pt100-3hilos-50cmcable>
- Altronics Chile. (n.d.). <https://altronics.cl/transmisor-pt100-4-20ma-2hilos-menos50-150C?search=TRANSMISOR>
- Qbprofe. (n.d.). Interruptores de Posición Finales de Carrera (Limit switch) – QBPROFE Academy.
<https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/interruptores-de-posicion-finales-de-carrera/>
- Rhona s.a. <https://rhona.cl/producto/831/transductor-de-presion-0-10-bar>.
- Electroválvulas – Vignola. (n.d.). <https://www.vignola.cl/categoria/producto/instrumentacion/electrovalvulas/>
- Electroválvulas – Vignola. (n.d.). <https://www.vignola.cl/producto/pantallas-hmi/>
- Tayco.Cl. (n.d.). VDF - Variador de Frecuencia FR-D720. Vdf Variador De Frecuencia Fr D720 - RHONA Un Mundo En Equipamiento Y Soluciones Eléctricas.
<https://rhona.cl/producto/956/vdf-variador-de-frecuencia-fr-d720.html>
- IZMAG Electromagnetic Flowmeter. (n.d.).
<https://www.cpesystems.com/products/izmag-electromagnetic-flowmeter>
- Tayco.Cl. (n.d.-a). Fuente de poder 24VDC - 240W. Fuente De Poder 24Vdc 240W - RHONA Un Mundo En Equipamiento Y Soluciones Eléctricas.
<https://rhona.cl/producto/12087/fuente-de-poder-24vdc-240w.html>