



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE FILTRACIÓN AUTOMATIZADO
PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA LIRIS S.A.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: PEDRO JAVIER CASTRO GANCHOZO
TUTOR: GABRIEL SANTIAGO GARCÍA VÁSQUEZ

Guayaquil - Ecuador

2025

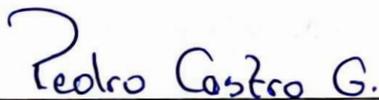
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Pedro Javier Castro Ganchozo** con documento de identificación N° **1205792904** manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la **Universidad Politécnica Salesiana** pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 11 de febrero del año 2025

Atentamente,



Pedro Javier Castro Ganchozo
1205792904

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **Pedro Javier Castro Ganchozo** con documento de identificación N° **1205792904** , expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del **Dispositivo Tecnológico: DISEÑO DE UN SISTEMA DE FILTRACIÓN AUTOMATIZADO PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA LIRIS S.A.**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 11 de febrero del año 2025

Atentamente,



Pedro Javier Castro Ganchozo
1205792904

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Gabriel Santiago García Vásquez**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE FILTRACIÓN AUTOMATIZADO PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA LIRIS S.A.**, realizado por **Pedro Javier Castro Ganchozo** con documento de identificación N° **1205792904** obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ing. Gabriel Santiago García Vásquez
0920256500

DEDICATORIA

A mi familia, cuyo amor incondicional ha sido mi mayor fortaleza. A mis amigos, que siempre me han acompañado en este camino. A mis mentores, quienes me guiaron con sabiduría y paciencia. A todos ellos, dedico este trabajo como un pequeño gesto. de gratitud por su invaluable apoyo.

Pedro Javier Castro Ganchozo

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi padre celestial que nunca me abandono en este caminar y cada día fue motivo de inspiración y fortaleza.

A mis padres Jaime Castro y Letty Ganchozo, quienes son uno de mis pilares fundamentales, ellos han sabido guiarme con un amor incondicional, un apoyo constante en cada decisión de mi vida y hoy más que nunca puedo afirmar que cada logro lleva el esfuerzo de ustedes y el mío.

A mis hijos, quienes son la razón y la fuerza que impulsan mi vida, porque cada día me esfuerzo por ellos, trabajo arduamente por ser ese un buen ejemplo y está es una forma de demostrarles que nunca es tarde para cumplir sus metas y que cada sacrificio al final tiene su recompensa.

A mi tutor Ing. García, gracias por su orientación y conocimientos compartidos en cada etapa de la creación de tesis.

Pedro Javier Castro Ganchozo

RESUMEN

Este estudio se centra en desarrollar un sistema de filtración automatizado que permitirá a LIRIS S.A. con el propósito de optimizar la calidad del agua tratada, disminuir los costos operativos y reducir el impacto ambiental. La iniciativa responde a la necesidad de satisfacer la demanda un abastecimiento de agua apta para el consumo que cumpla con las normas de calidad establecidas requeridos para el consumo humano y procesos industriales.

Posteriormente, se realiza una simulación del sistema de filtración automatizado que incluirá componentes como bombas, válvulas, sensores y un sistema de control programable (PLC) y un HMI para gestionar las diferentes etapas del proceso, en donde el primer tanque posee un filtro de arena, el segundo tanque un filtro compuesto de arena y carbón activado y el último tanque de solo carbón activado.

Palabras claves: potabilización, filtración, carbón activado, automatización, PLC, P&ID.

ABSTRACT

This study focuses on developing an automated filtration system that will enable LIRIS S.A. to optimize the quality of treated water, reduce operational costs, and minimize environmental impact. The initiative addresses the need to meet the demand for a potable water supply that complies with the quality standards required for human consumption and industrial processes.

Subsequently, a simulation of the automated filtration system will be carried out, which will include components such as pumps, valves, sensors, and a programmable logic controller (PLC) along with a Human-Machine Interface (HMI) to manage the different stages of the process. In this system, the first tank will have a sand filter, the second tank will contain a composite filter of sand and activated carbon, and the last tank will consist solely of activated carbon.

Keywords: potabilization, filtration, activated carbon, automation, PLC, P&ID.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PROBLEMA	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
IV-A.	Objetivo General	4
IV-B.	Objetivos Específicos	4
V.	MARCO TEÓRICO	5
V-A.	Potabilización del agua	5
V-A1.	Etapas del proceso de potabilización del agua	5
V-B.	Materiales de efecto filtrante	6
V-B1.	Grava	6
V-B2.	Piedra caliza	6
V-B3.	Arena	6
V-B4.	Carbón Vegetal	7
V-C.	Tecnologías utilizadas en el filtrado del agua	7
V-C1.	Filtros por Carbón activado	7
V-C2.	Ósmosis Inversa	8
V-C3.	Filtro Luz ultravioleta	8
V-C4.	Intercambio iónico	9
V-C5.	Ultrafiltración	9
V-C6.	Filtros con Zeolita	10
V-D.	Automatización Industrial	10
V-E.	Características Generales de las Tecnologías Convencionales de potabilización de agua. .	11
V-F.	Beneficios y limitaciones de los sistemas de filtración automatizados para potabilización de agua	11
V-G.	Selección de componentes eléctricos	12
V-G1.	Selección del PLC	12
V-G2.	Selección de la pantalla HMI KTP SIEMENS	13
V-H.	Componentes eléctricos	13
V-H1.	PLC	13
V-H2.	HMI KTP SIEMENS	14
V-I.	Software	15
V-I1.	AutoCAD Plant 3D	15
V-I2.	TIA Portal	15
V-I3.	WinCC	15
V-J.	Norma técnica del agua	16
VI.	METODOLOGÍA	22
VI-A.	Diagrama P&ID del sistema de filtración automatizado para potabilización de agua. . .	23
VI-B.	Programación Ladder para PLC S7 1200	25
VI-B1.	Tipos de Datos y direcciones en TIA Portal	38
VI-C.	Diseño de la interfaz HMI	40
VI-C1.	Visualización del PH en la interfaz HMI	43
VII.	RESULTADOS	45

VIII. CRONOGRAMA	47
IX. PRESUPUESTO	48
X. CONCLUSIONES	49
XI. RECOMENDACIONES	50
XII. ANEXOS	54
XII-A. Anexo 1 Hoja Técnica SIMATIC HMI KTP700 BASIC	54
XII-B. Anexo 2 Datos Técnicos S7-1200 CPU 1516-3 PN/DP	56

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Grava. Fuente: [10]	6
2.	Piedra caliza. Fuente: [11]	6
3.	Arena. Fuente: [12]	6
4.	Carbón Vegetal. Fuente: [14]	7
5.	Filtro Carbón activado. Fuente: [18]	7
6.	Ósmosis Inversa. Fuente: [21]	8
7.	Filtro UV. Fuente: [22]	8
8.	Intercambio iónico. Fuente: [24]	9
9.	Ultrafiltración. Fuente: [27]	9
10.	Filtros con Zeolita. Fuente: [29]	10
11.	PLC S7 1200 CPU1516 3PN/DP. Fuente: [43]	14
12.	HMI KTP 700. Fuente: [46]	14
13.	Software AutoCAD Plant 3D. Fuente: [48]	15
14.	Software TIA PORTAL. Fuente: [50].	15
15.	WinCC. Fuente: [52].	15
16.	Metodología para el proceso del sistema de filtración automatizado para potabilización de agua. Fuente: P. Castro	22
17.	Esquema PI&D del sistema de filtración automatizado de agua. Fuente: P. Castro	23
18.	Inicio del sistema de filtración automatizado para potabilización de agua. Fuente: P. Castro	25
19.	Arranque de la bomba CW y el blower. Fuente: P. Castro	25
20.	Arranque de la bomba en CCW y activación de la válvula 11. Fuente: P. Castro	26
21.	Activación de válvulas 2, 3, 4, 5, 6, 9 y 10 según las condiciones. Fuente: P. Castro	27
22.	Tiempo de proceso e inicio de retrolavado. Fuente: P. Castro	28
23.	Tiempo de retrolavado e inicio de lavado del tanque 1. Fuente: P. Castro	28
24.	Activación de válvula 1 según el lavado. Fuente: P. Castro	28
25.	Tiempo de lavado 1 e inicio de lavado del tanque 2. Fuente: P. Castro	29
26.	Activación de válvulas 7 y 8 según sus condiciones. Fuente: P. Castro	29
27.	Tiempo de lavado tanque 2 e inicio de lavado del tanque 3. Fuente: P. Castro	30
28.	Tiempo de retrolavado de tanque 3 y reset del sistema. Fuente: P. Castro	30
29.	Lectura del flujo de ingreso. Fuente: P. Castro	30
30.	Lectura del flujo de rechazo. Fuente: P. Castro	31
31.	Color de animación de intersecciones de válvulas. Fuente: P. Castro	31
32.	Color de animación de intersecciones de válvulas 6, 7, 10. Fuente: P. Castro	32
33.	Color de animación de intersecciones de válvulas 7 y 9. Fuente: P. Castro	32
34.	Lectura del sensor en V3. Fuente: P. Castro	32
35.	Lectura del sensor en V6. Fuente: P. Castro	33
36.	Lectura del sensor en VP. Fuente: P. Castro	33
37.	Pulso para contador de intentos al poner en marcha el proceso. Fuente: P. Castro	34
38.	Contador para bloquear el sistema si se excede el número de intentos. Fuente: P. Castro	35
39.	Activación de notificaciones de error para cada tanque. Fuente: P. Castro	35
40.	Pull down del pulso para contador. Fuente: P. Castro	36
41.	Lectura del sensor PH. Fuente: P. Castro	36
42.	Verificación del PH en estado alto: P. Castro	37
43.	Verificación del PH en estado bajo: P. Castro	37
44.	Arranque del proceso. Fuente: P. Castro	40
45.	Retrolavado del primer tanque. Fuente: P. Castro	41
46.	Retrolavado del segundo tanque. Fuente: P. Castro	41
47.	Retrolavado del tercer tanque. Fuente: P. Castro	42
48.	Mantenimiento a los tanques. Fuente: P. Castro	42

49.	Parte final del mantenimiento de los tanques. Fuente: P. Castro	43
50.	Nivel de Ph bajo mostrado en el HMI. Fuente: P. Castro	43
51.	Nivel de Ph adecuado mostrado en el HMI. Fuente: P. Castro	44
52.	Nivel de Ph alto mostrado en el HMI. Fuente: P. Castro	44
53.	Tanques reales. Fuente: P. Castro	45
54.	Diseño del sistema de filtración. Fuente: P. Castro	46

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Tecnologías Tradicionales para la Potabilización del Agua y sus restricciones. Fuente: P. Castro.	11
II.	Comparación de los beneficios y limitaciones de los sistemas de filtración automatizado. Fuente: P. Castro.	11
III.	Especificaciones técnicas de los PLCs. Fuente: [37].	12
IV.	Criterios para la elección de los PLCs. Fuente: [38].	12
V.	Especificaciones técnicas de los HMI KTP. Fuente: [39].	13
VI.	Parámetros para la elección de las pantallas HMI KTP. Fuente: [40].	13
VII.	Datos y dirección predeterminados 1. Fuente: P. Castro	38
VIII.	Datos y dirección predeterminados 2. Fuente: P. Castro	39
IX.	Cronograma de Actividades. Fuente: P. Castro.	47
X.	Presupuesto de tesis. Fuente: P. Castro	48

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la preocupación por la carencia de agua potable y la contaminación de las fuentes hídricas ha llevado a muchas empresas a buscar soluciones innovadoras para tratar el agua. Tener acceso a agua potable de calidad es un derecho esencial y una urgencia primordial para la salud y el bienestar de las personas. En este marco, la implementación de un sistema de filtración automatizado surge como una solución efectiva para asegurar la potabilización del agua en LIRIS S.A.

Este sistema no solo abordará los problemas asociados con la calidad del agua, sino que también facilitará un manejo de manera más eficiente y sustentable en el uso de los recursos hídricos.

La implementación de tecnologías avanzadas en el tratamiento del agua permite una mayor capacidad para eliminar contaminantes y microorganismos, garantizando que el agua tratada cumpla con las regulaciones y normas. Además, al automatizar el proceso, se reducirá la intervención manual, lo que disminuirá errores humanos y mejorará la seguridad operativa.

Este proyecto no solo tiene implicaciones técnicas, sino que también contribuirá a la responsabilidad social empresarial al promover prácticas sostenibles y responsables en el uso del agua.

II. PROBLEMA

Los sistemas manuales o semiautomatizados son propensos a errores humanos y pueden no ser lo suficientemente eficientes para manejar las variaciones en la calidad del agua de entrada [1]. Esto puede resultar en la presencia de contaminantes o desequilibrios en la composición química del agua, lo que es perjudicial tanto para los procesos productivos como para la calidad del producto final. Para garantizar un control adecuado de los distintos parámetros que se evalúan en la calidad del agua, es necesario optimizar los procesos de tratamiento.

La industria alimentaria enfrenta desafíos significativos relacionados con la calidad y aprovechamiento del agua empleada en sus procesos productivos. El agua, como insumo clave en la producción de alimentos, debe cumplir con estrictos estándares de calidad para prevenir la contaminación y asegurar la calidad del producto final [2]. Sin embargo, muchas empresas alimentaria carecen de procesos y sistemas para el tratamiento de agua, la empresa LIRIS S.A. donde se ha identificado el problema, cumple de manera parcial los lineamientos establecidos por los estándares de calidad del agua, lo que puede comprometer consecuentemente a los alimentos y la conformidad con las normativas sanitarias [3].

Un problema a tener en cuenta será la sostenibilidad y el impacto ambiental que pueda generar el sistema automatizado de filtración. Es fundamental gestionar correctamente los residuos generados durante el proceso, así como optimizar el consumo energético. Estos desafíos son claves para garantizar el éxito del proyecto, considerando que un sistema que no contemple estas variables podría comprometer tanto su eficiencia como su viabilidad a largo plazo [4].

III. JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema automatizado permitirá un control más preciso y eficiente de los procesos de filtración y purificación, minimizando el riesgo de contaminación y asegurando que el agua tratada sea adecuada para su uso en la producción de alimentos. Este proyecto no solo contribuirá a la mejora de la calidad de los productos alimenticios de la empresa LIRIS S.A., sino que también promoverá la sostenibilidad en el uso de recursos hídricos al optimizar los procesos de filtración y tratamiento de agua dentro de la empresa.

La calidad del agua es un factor crítico en la industria alimentaria, ya que influye directamente en la seguridad y la calidad de los productos alimenticios. Bajo esta premisa, el diseño de un sistema automatizado de filtración para una planta de tratamiento de agua en la empresa LIRIS S.A., es esencial para garantizar que el agua utilizada en los procesos productivos cumpla con los estándares sanitarios y de calidad exigidos por las normativas internacionales.

La automatización del sistema de filtración permitirá reducir costos operativos al mejorar la eficiencia del proceso, disminuir el consumo energético y minimizar el desperdicio de agua. Al proporcionar un control preciso sobre el pH y la concentración de sólidos no disueltos, se garantiza un suministro continuo de agua de alta calidad, lo que es crucial en la industria alimentaria. Este proyecto no solo asegura el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales de seguridad alimentaria, sino que también fortalece la capacidad de LIRIS S.A. para mantenerse competitiva en el mercado, aportando una solución innovadora que optimiza tanto los recursos como el impacto ambiental.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado de filtración de agua aplicada al proceso de faenado de pollos para la reducción de tiempos.

IV-B. Objetivos Específicos

- Determinar las bases teóricas que rigen el tratamiento de agua en la industria alimentaria en Ecuador.
- Diseñar un sistema automatizado que integre las tecnologías necesarias para la filtración y purificación del agua asegurando la conformidad de los estándares de calidad en la empresa LIRIS S.A.
- Simular el proceso del sistema para la verificación de su eficacia y efectividad en la filtración de agua utilizada en la empresa LIRIS S.A.

V. MARCO TEÓRICO

En este apartado se reúne información mediante una investigación bibliográfica que facilita la exploración de asuntos relacionados con el proyecto, como los sistemas automatizados de filtración para la potabilización del agua, los componentes eléctricos y todo lo referente al software requerido para llevar a cabo esta labor.

V-A. Potabilización del agua

Es un procedimiento fundamental que implica la purificación del agua para garantizar que sea apta para el consumo tanto de personas como de animales, reduciendo así cualquier riesgo que pueda afectar la salud. Este procedimiento transforma el agua sin tratar en agua potable, buscando erradicar toda clase de residuos, agentes nocivos, bacterias y microorganismos que puedan amenazar la vida. Se considera que el agua es potable cuando es apta tanto para la alimentación como para su uso en el hogar [5].

Un dato importante es que esta tecnología permite que permite, con total confianza, consumir agua que anteriormente no era apta para beber. Cabe destacar que únicamente el 0,4% del agua en la Tierra es naturalmente potable y no requiere ser tratada [6].

V-A1. *Etapas del proceso de potabilización del agua:* Este método de potabilización del agua se compone de seis etapas que hacen posible su purificación, las cuales se detallarán a continuación:

1. Pretratamiento del agua:

Para iniciar el proceso, se instalan rejillas que impiden la entrada de sólidos de gran tamaño, como ramas y objetos grandes, protegiendo también a los peces para evitar que sean absorbidos por el sistema. Posteriormente, se emplea un desarenador con el fin de eliminar la arena del agua, lo que contribuye a prevenir posibles daños a las bombas de la planta de potabilización. Además, en esta fase se lleva a cabo un proceso de pre-desinfección con el objetivo de eliminar ciertos compuestos orgánicos [7].

2. Coagulación-Floculación:

Durante esta fase, se utilizan productos químicos que facilitan que las partículas suspendidas en el agua se agrupen en floculantes más grandes, lo que permite eliminarlas más fácilmente [7].

3. Decantación:

Mediante el uso de la gravedad, el decantador permite la separación de las partículas en suspensión más densas que el agua [6]. Los sedimentos perjudiciales más pesados se acumulan en el fondo, donde son eliminadas, mientras que las menos densas permanecen en el agua decantada [8].

4. Filtración:

El agua atraviesa filtros que retienen las partículas restantes, incluyendo bacterias y sedimentos más ligeros, para remover impurezas. Hay varios tipos de filtros disponibles, que pueden ser abiertos y funcionar por gravedad, o cerrados y operados a presión [7].

5. Desinfección:

Para garantizar que el agua sea adecuada para el consumo humano, se incorpora cloro con el fin de eliminar cualquier bacteria o virus presentes. Asimismo, al excluir agentes patógenos presentes en aguas subterráneas o de manantial, también se puede emplear radiación ultravioleta o tratamiento con ozono [8].

6. Ajuste de pH:

Se ajusta el pH del agua y se incorporan productos químicos como flúor para reforzar la salud dental [7].

V-B. *Materiales de efecto filtrante*

El sistema de filtrado natural de agua purifica utilizando solamente elementos naturales como rocas, arena y carbón. La naturaleza limpia el agua a través de capas filtrantes.

A continuación, se detallan los elementos naturales empleados en el proceso de filtración del agua.

V-B1. *Grava*: Es un material filtrante eficaz para retener partículas grandes en sistemas de filtración de agua, mejorando su calidad [9].



Figura 1: Grava. Fuente: [10]

V-B2. *Piedra caliza*: Se usa para ajustar el pH y eliminar iones de hierro y manganeso, también reduce la dureza del agua [11].



Figura 2: Piedra caliza. Fuente: [11]

V-B3. *Arena*: Es un material frecuente en sistemas de purificación de agua que tiene la habilidad de quitar partículas pequeñas, materia orgánica biodegradable disuelta y microorganismos dañinos [9].



Figura 3: Arena. Fuente: [12]

V-B4. *Carbón Vegetal*: Es un material poroso y combustible que ha concentrado altos niveles de carbono debido a la falta de aire durante el proceso de calcinación de materiales orgánicos a altas temperaturas [13].



Figura 4: Carbón Vegetal. Fuente: [14]

V-C. *Tecnologías utilizadas en el filtrado del agua*

La filtración es una técnica común para separar sólidos de un líquido utilizando un lecho filtrante que atrapa sólidos grandes y permite el paso de partículas pequeñas. Es ampliamente utilizado en la vida diaria y en diversas industrias con dispositivos mecánicos de precisión variable controlados por sensores y transductores [15].

V-C1. *Filtros por Carbón activado*: Es un material poroso que se emplea para purificar el agua al eliminar contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos. Creado con materias primas naturales como la madera y activado a través de un calentamiento sin presencia de oxígeno [16].

El carbón activado es capaz de capturar una amplia variedad de productos tóxicos gracias al proceso de adsorción, en el cual este material atrapa las sustancias nocivas. La eficacia del carbón activado está determinada por el tamaño de sus microporos y la extensión de su superficie de contacto [17].



Figura 5: Filtro Carbón activado. Fuente: [18]

V-C2. *Ósmosis Inversa*: La filtración de agua por ósmosis inversa (OI) es un sistema popular que se utiliza a menudo junto con los filtros de carbón activado. Las membranas con microporos actúan como un tamiz que bloquea los sólidos en el agua impura.

El líquido puro se transfiere a un tanque fresco al tiempo que las impurezas son eliminadas. Al invertir en equipos de ósmosis inversa de alta calidad se evita que se pierda agua [19].

Esta tecnología hace uso de una membrana semipermeable para purificar sustancias impuras tales como sales, metales pesados y compuestos orgánicos [20].

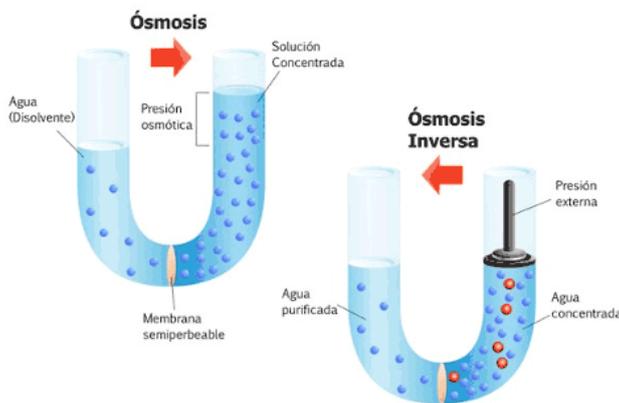


Figura 6: Ósmosis Inversa. Fuente: [21]

V-C3. *Filtro Luz ultravioleta*: La filtración de agua emplea pulsos de luz para remover las bacterias que podrían estar en el líquido [19].



Figura 7: Filtro UV. Fuente: [22]

V-C4. *Intercambio iónico*: Consiste en intercambiar iones entre especies en el agua, usando intercambiadores iónicos como los iones H^+ y OH^- , tal como su nombre indica.

El proceso es capaz de ser invertido, permitiendo restaurar la columna mediante la eliminación del exceso de iones [23].



Figura 8: Intercambio iónico. Fuente: [24]

V-C5. *Ultrafiltración*: La ultrafiltración (UF) consiste en filtrar partículas de 0.01 a 0.1 micras mediante presión a través de una membrana semipermeable [25].

Este método resulta eficaz para concentrar proteínas y desinfectar agua, usado en tratamiento de aguas residuales y procesos industriales [26].

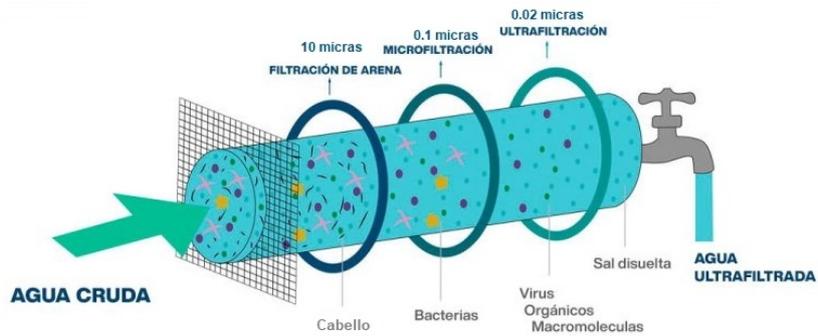


Figura 9: Ultrafiltración. Fuente: [27]

V-C6. *Filtros con Zeolita*: Son minerales porosos de origen volcánico formados por una estructura de tetraedros de silicio y aluminio, dispuestos y unidos por átomos de oxígeno que sirven de columna vertebral de su estructura cristalina [28].



Figura 10: Filtros con Zeolita. Fuente: [29]

V-D. *Automatización Industrial*

La automatización aprovecha la tecnología para completar tareas con mínima participación de las personas [30]. La automatización se emplea para garantizar la calidad de los análisis y evidencias, lo cual es crucial dada la creciente proporción y dificultad de los sistemas de software [31].

La automatización brinda una serie de beneficios, tales como incrementar la productividad, eficiencia y precisión, asegurar resultados excelencia y disminuir los gastos operativos, aun así, es esencial tener en cuenta ciertas desventajas, como la posible disminución de la creatividad y el coste de implementación [32].

V-E. *Características Generales de las Tecnologías Convencionales de potabilización de agua.*

En la tabla I se describen las fortalezas y restricciones de las tecnologías previamente mencionadas. Se puede observar que el método de filtración tradicional es fácil de operar, moderadamente rentable y moderadamente eficiente.

Se especifican limitaciones para cada categoría, pero en general se engloban en las siguientes categorías: producción de residuos que podrían considerarse peligrosos, degradación de las membranas debido a bacterias presentes, pérdida o rechazo de agua.

Tabla I: Tecnologías Tradicionales para la Potabilización del Agua y sus restricciones. Fuente: P. Castro.

<i>Tecnología</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Manejo</i>	<i>Costo</i>	<i>Límitantes</i>
<i>Filtros de Carbón activado</i>	Eliminación de materia orgánica y bacterias	Simple	Escaso desembolso inicial y gastos de mantenimiento regulares	Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias
<i>Ósmosis Inversa</i>	Elimina virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica	Nivel medio	Alto costo de instalación y funcionamiento	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
<i>Luz ultravioleta</i>	Desinfección de bacterias, virus y otros microorganismos patógenos	Operación y mantenimiento sencillo	Gasto moderado en inversión y gestión	No genera poder residual y necesita energía eléctrica para funcionar
<i>Intercambio iónico</i>	Eliminación de residuos inorgánicos	Nivel medio	Costos operativos pueden ser variables	Capacidad limitada para eliminar materia orgánica
<i>Ultrafiltración</i>	Remueve virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo y automatizado	Costo elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
<i>Filtros de arena</i>	Sedimentos suspendidos, eliminación media de bacterias	Simple	Bajo costo de construcción y gestión, pero elevado precio del terreno	Eliminación de 85%–90% de bacterias

V-F. *Beneficios y limitaciones de los sistemas de filtración automatizados para potabilización de agua*

En la tabla II que se muestra más adelante presenta los diferentes beneficios y limitaciones de los sistemas de filtración automatizados.

Tabla II: Comparación de los beneficios y limitaciones de los sistemas de filtración automatizado. Fuente: P. Castro.

Beneficios	Limitaciones
Eficiencia en el proceso: Al controlar con precisión variables operativos como el pH, la turbidez y la presión mejorando la efectividad [33].	Impacto ambiental: La gestión inadecuada de residuos generados puede causar daños considerables al medio ambiente [33].
Reducción de costos operativos: La automatización reduce los gastos y optimiza el consumo energético [34].	Riesgo de subproductos nocivos: Algunos métodos pueden generar subproductos perjudiciales si no se controlan [34].
Monitoreo en tiempo real: Facilita la detección temprana de fallas y mejora la respuesta ante emergencias [35].	Dependencia tecnológica: Puede generar problemas en caso de fallos técnicos o falta de mantenimiento [36].
Mejora en la calidad del agua: Elimina contaminantes difíciles de tratar con métodos convencionales [36].	Requerimientos técnicos: Necesita personal capacitado para su operación y mantenimiento [33].
Flexibilidad y escalabilidad: Se adapta a diferentes capacidades de producción y tipos de agua a tratar.	Costos iniciales elevados: Requiere una inversión significativa en tecnología y capacitación [35].

V-G. Selección de componentes eléctricos

Esta sección presenta una matriz que relaciona y evalúa las capacidades de diversos elementos que conforman el sistema automatizado de filtración. Esta herramienta permite estudiar las ventajas y desventajas de cada alternativa, facilitando así la selección de los componentes más adecuados:

- PLC S7 1200
- HMI KTP BASIC SIEMENS

V-G1. Selección del PLC: Dado que el enfoque principal de este trabajo está en la automatización y el uso de PLC S7 1200, que emplea materiales y componentes de alta calidad para controlar la tecnología, se resalta el intercambio de conocimiento. Este hardware tiene gran demanda y es ampliamente adoptado por la comunidad de desarrolladores, quienes generan de manera continua documentación técnica tanto para software como para hardware.

La Tabla III se muestran las Especificaciones técnicas de los principales PLC.

Tabla III: Especificaciones técnicas de los PLCs. Fuente: [37].

Características	PLC S7 1200 CPU 1516-3 PN/DP	PLC S7 1200 CPU 1515-2 PN	PLC S7 1200 CPU 1513-1 PN	PLC S7 1200 CPU 1511-1 PN
Velocidad de procesamiento	10 ns	15 ns	20 ns	30 ns
Memoria de programa	1 MB	500 KB	300 KB	150 KB
Memoria de datos	5 MB	3 MB	1.5 MB	1 MB
Número máximo de E/S	256 dispositivos	128 dispositivos	64 dispositivos	32 dispositivos
Interfaces PROFINET	2 (IRT y RT)	2 (IRT y RT)	1 (RT)	1 (RT)
Interfaz PROFIBUS	Sí	Sí	No	No
Tensión de alimentación	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC
Corriente de entrada	Hasta 2 A	Hasta 2 A	Hasta 2 A	Hasta 2 A

De acuerdo con la Tabla IV se detalla que la alternativa más acorde con los criterios necesarios es el **PLC S7 1200 CPU 1516-3 PN/DP**. Esta alternativa obtuvo una puntuación de 80, siendo la más destacada entre las evaluadas, aunque otras opciones del PLC S7 1500 presentaron calificaciones similares.

Tabla IV: Criterios para la elección de los PLCs. Fuente: [38].

Criterio	PLC S7 1200 CPU 1516-3 PN/DP	PLC S7 1200 CPU 1515-2 PN	PLC S7 1200 CPU 1513-1 PN	PLC S7 1200 CPU 1511-1 PN
Potencia de procesamiento	9	7	5	2
Velocidad de procesamiento	9	7	4	3
Memoria (KB)	10	7	5	4
Capacidad de E/S	10	10	5	5
Comunicaciones	10	7	7	5
Funciones avanzadas	10	9	4	4
Escalabilidad	10	8	5	3
Precio	2	4	7	10
Aplicación	10	6	4	2
Total	80	65	46	38

V-G2. Selección de la pantalla HMI KTP SIEMENS: Se efectuó una investigación exhaustiva con el objetivo de seleccionar la pantalla táctil HMI Siemens KTP más apropiada para incorporar el sistema de filtración. En este análisis se consideraron los factores más relevantes que suelen utilizarse en aplicaciones de nivel intermedio o avanzado, a cada uno de los cuales se le asignó una puntuación. Posteriormente, dichos valores se analizaron mediante la Tabla V con el objetivo de obtener resultados que permitieran realizar comparaciones.

Tabla V: Especificaciones técnicas de los HMI KTP. Fuente: [39].

Características	KTP 400	KTP 600	KTP 700	KTP 900
Tamaño de pantalla	4"	6"	7"	9"
Resolución	480 x 272 px	800 x 480 px	800 x 480 px	800 x 480 px
Colores	65536	65536	65536	65536
Memoria Flash	512 KB	1 MB	2 MB	4 MB
RAM	64 kB	64 kB	128 kB	256 kB
(RTC)	Sí	Sí	Sí	Sí
Entradas Digitales	4	6	8	10
Salidas Digitales	4	6	8	10
Voltaje de Alimentación	24 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC
Corriente de Consumo	125 mA	150 mA	200 mA	250 mA
Peso	1 kg	1.5 kg	2 kg	2.5 kg
Temperatura de operación	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C
Puertos	Ethernet	Ethernet	RS422, RS485, USB	RS422, RS485, USB
Interfaz de conexión	PROFINET	PROFINET	PROFIBUS	PROFIBUS

Después del análisis de factibilidad de las distintas pantallas consideradas para el proyecto, se determinó que la pantalla HMI KTP 700 es la opción más adecuada para el control del sistema en cuestión, tal como se detalla en la Tabla VI alcanzó una puntuación de 84 en la evaluación, lo que confirma que cumple plenamente con las condiciones y objetivos establecidos para el proyecto.

Tabla VI: Parámetros para la elección de las pantallas HMI KTP. Fuente: [40].

Criterio	HMI KTP 400	HMI KTP 600	HMI KTP 700	HMI KTP 900
Tamaño de pantalla	4	6	8	9
Resolución	5	9	9	9
Tipo de pantalla	10	10	10	10
Interfaz táctil	7	7	10	10
Entradas/Salidas	4	6	8	9
Memoria Integrada	5	5	8	9
Protocolo soportado	6	6	9	9
Aplicación típica	3	5	8	9
Precio	9	8	7	3
Peso	9	8	7	5
Total	62	70	84	82

V-H. Componentes eléctricos

V-H1. PLC: Conocido también como autómatas programables, este dispositivo electrónico se encarga de supervisar procesos electromecánicos, electropneumáticos y electrohidráulicos en automatización industrial [41].

■ PLC S7 1200 CPU 1516 3PN/DP SIMATEC

La CPU 1516-3 PN/DP es una unidad con amplia memoria para aplicaciones exigentes, con periferia centralizada y descentralizada. Puede funcionar como PROFINET IO Controller o I-Device de PROFINET. Incluye interfaz PROFINET IO IRT integrada y un conmutador de 2 puertos. También cuenta con interfaz PROFINET con dirección IP propia y conexión a periferia descentralizada a través de PROFIBUS [42].



Figura 11: PLC S7 1200 CPU1516 3PN/DP. Fuente: [43]

V-H2. HMI KTP SIEMENS: Es una Interfaz Hombre-Máquina que permite la comunicación entre usuarios y máquinas. Presenta datos en tiempo real y facilita el control de sistemas industriales mediante una interfaz gráfica intuitiva [44].

- **Modelos de pantallas HMI KTP SIEMENS**

Las categorías de pantallas HMI son las siguientes:

- ◇ HMI KTP Basic
- ◇ HMI KTP Comfort
- ◇ HMI KTP Advanced

- **HMI KTP 700:**

El panel SIMATIC KTP700 Basic dispone de una pantalla LCD color de 7" con una resolución de color de 65536 tonos, que puede controlarse mediante los botones físicos o su pantalla táctil. La comunicación con el PLC se lleva a cabo a través del protocolo Profinet.

Para configurar el panel KTP700 Basic se puede configurar empleando los softwares WinCC Basic V13 o STEP7 BASIC V13 [45].



Figura 12: HMI KTP 700. Fuente: [46]

V-I. Software

V-I1. *AutoCAD Plant 3D*: Es un programa informático especializado en el diseño asistido por computadora que simplifica la creación de modelos tridimensionales, simulaciones, gestión de equipos industriales y el diseño de líneas de producción [47].

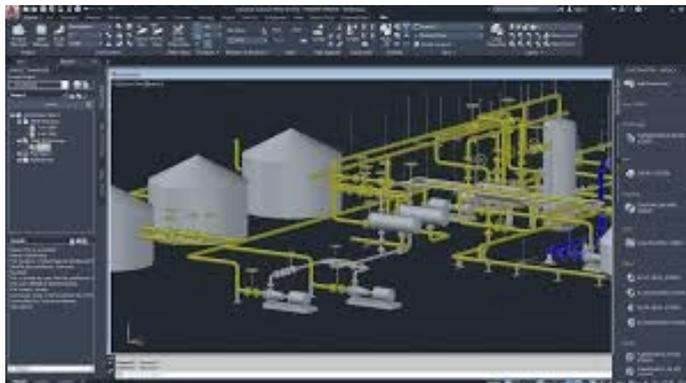


Figura 13: Software AutoCAD Plant 3D. Fuente: [48]

V-I2. *TIA Portal*: Es una plataforma de ingeniería desarrollada por Siemens que ofrece una solución completa para la automatización, diseñado mejorar las etapas de diseño en ingeniería y la producción de equipos [49].

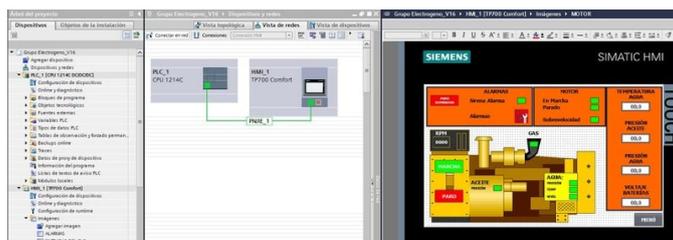


Figura 14: Software TIA PORTAL. Fuente: [50].

V-I3. *WinCC*: Es una herramienta clave para la automatización industrial, desarrollada por Siemens, que posibilita la recopilación de datos instantáneamente lo cual simplifica la gestión y el monitoreo de las operaciones de producción [51].

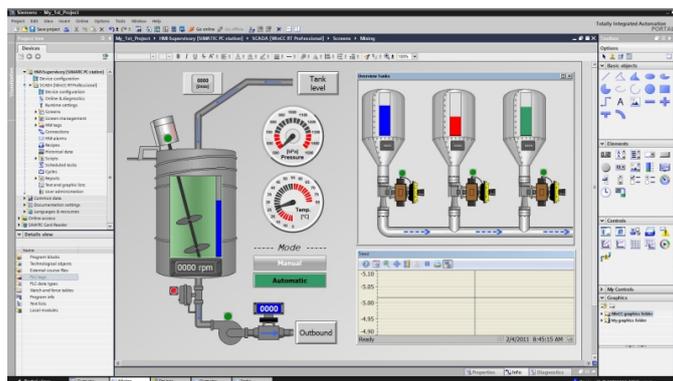


Figura 15: WinCC. Fuente: [52].

Expedir la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022, denominada “Norma técnica para el control a la Calidad del agua de consumo humano”

**CAPÍTULO I
OBJETO Y DISPOSICIONES PRELIMINARES**

Artículo 1.- Objeto. Establecer los criterios técnicos para el control a la calidad del agua destinada al consumo humano en sus diferentes fases, que proveen los prestadores del servicio de agua potable en todo el territorio ecuatoriano.

Artículo 2.- Ámbito de Aplicación. La presente norma técnica se aplica a todos los prestadores del servicio de agua potable existentes en el territorio ecuatoriano y sus disposiciones son de cumplimiento obligatorio.

Artículo 3.- Prestadores del servicio de agua para consumo humano. Para efectos de la presente norma técnica, los prestadores del servicio de agua potable son:

- Prestadores Públicos: Son los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales - GADM quienes prestan el servicio de agua para consumo humano de manera directa, a través de las direcciones de obras públicas, direcciones de agua potable, jefaturas de agua potable, unidades de agua potable, entre otras; y, las Empresas Públicas de agua potable que por delegación oficial de los GADM prestan dicho servicio; y,
- Prestadores Comunitarios: Son las Juntas Administradoras de Agua Potable - JAAP; y, las organizaciones comunitarias.

Artículo 4.- Principios. El control a la calidad de agua para consumo humano responderá a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

Artículo 5.- Definiciones. Para efectos y aplicación de esta norma técnica, se deben considerar las siguientes definiciones:

Agua cruda: El agua cruda o agua bruta es aquella proveniente de fuentes subterráneas o superficiales, que no ha recibido ningún tratamiento y que no ha sido introducida en la red distribución del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Agua para consumo humano: Es el agua utilizada para beber, preparar y cocinar alimentos u otros usos domésticos, independiente del origen y suministro, con características físicas, químicas y microbiológicas que garanticen su inocuidad y aceptabilidad para el consumo humano. Debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 y la presente norma técnica.

Calibración: Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas, obtenidas a partir de los patrones de medida y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas, y en una segunda etapa, utiliza esta información para instaurar una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Consumidor: Son personas naturales, y/o jurídicas que demandan bienes o servicios relacionados con el agua y que sean proporcionados por el prestador del servicio de agua potable.

Control normativo: Es el conjunto de actividades que la Agencia de Regulación y Control del Agua debe realizar para que los prestadores del servicio de agua para consumo humano cumplan con lo establecido en la presente norma técnica.

Control operativo: Es el conjunto de actividades que el prestador del servicio de agua potable debe realizar de manera planificada para asegurar que la calidad del agua distribuida a la población sea apta para el consumo humano, con el fin de cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 y la presente norma técnica.

Control preventivo: Es el conjunto de actividades que el prestador debe realizar para determinar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda, con el fin de prevenir posibles problemas posteriores en la calidad del agua distribuida para consumo humano.

Junta administradora de agua potable - JAAP: Es una organización comunitaria sin fines de lucro, que tiene la finalidad de prestar el servicio público de agua potable.

Laboratorio acreditado: Laboratorio de ensayo público, privado o mixto acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano – SAE, o por organismos de acreditación homólogos.

NTE INEN 1108: Norma Técnica Ecuatoriana en la que se establecen los requisitos que debe cumplir el agua para consumo humano. Aplica también al agua proveniente de sistemas de abastecimiento, suministrada a través de sistemas de distribución.

Organizaciones comunitarias: Son comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, pueblo afro-ecuatoriano y pueblo montubio, en sus distintas formas colectivas y tradicionales de organización y manejo del agua, propias de estas entidades integradas por titulares de derechos colectivos.

Parámetro: Características físicas, químicas y microbiológicas que son sometidas a medición para determinar condiciones de calidad e inocuidad en el agua.

Plan de Acción: Es una herramienta de planificación empleada para la gestión y control de actividades o proyectos. Funciona como una hoja de ruta que establece la manera en que se organizará, orientará e implementará el conjunto de actividades necesarias para la consecución de objetivos y metas del prestador.

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten la entrega del agua desde el tanque de reserva hasta la vivienda de los consumidores.

Requisitos de calidad del agua para consumo humano: Exigencias en términos cuantitativos (valor o concentración) aplicadas al agua para consumo humano, cuya observación la califica como adecuada para dicho consumo. Tales requisitos son expresados en unidades de medida en una escala de cuantificación.

Riesgo por mala calidad del agua: Probabilidad de ocasionar daño a la salud de los consumidores debido a un defecto físico, químico, microbiológico, o a una operación defectuosa en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Servicio de Acreditación Ecuatoriano - SAE: Organismo público ecuatoriano que se encarga de acreditar la competencia técnica de las entidades que operan en materia de evaluación de la conformidad.

Sistema de abastecimiento: Sistema que incluye la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares, construidos para el funcionamiento de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y red de distribución del agua para consumo humano.

Tanque de almacenamiento: Depósito destinado a almacenar el agua resultante del proceso de potabilización en las plantas o sistemas de tratamiento.

Trazabilidad: Es la capacidad de relacionar los resultados de una medición individual a patrones nacionales o internacionales mediante una cadena ininterrumpida de comparaciones metrológicas.

Verificación: Aportación de evidencia objetiva de que un elemento dado satisface los requisitos especificados.

Por ser necesario, en el ejercicio de mis competencias, atribuciones constitucionales y legales vigentes:

RESUELVO

Emitir los lineamientos para la implementación progresiva de la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022, considerando los parámetros y frecuencia de monitoreo para el control a la calidad del agua de consumo humano, al tenor de los siguientes artículos:

CAPITULO I PARÁMETROS DE CONTROL

Artículo 1. Parámetros de Calidad del Agua. En referencia a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108, los parámetros de calidad del agua para consumo humano que deben controlar y monitorear los prestadores del servicio de agua potable se clasifican de acuerdo a la aceptabilidad, riesgo para la salud e inocuidad en los siguientes grupos: Control Obligatorio, Control Básico, Control Complementario y Control Especial. Para el registro de resultados de control a la calidad de agua de consumo humano se puede utilizar el formato de referencia que se detalla en el Anexo A, de la presente resolución.

Artículo 2. Parámetros de Control Obligatorio. Son aquellos que permiten caracterizar y evaluar la calidad del agua, dando una referencia inicial de su aptitud para consumo humano. Los parámetros Obligatorios se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Parámetros de Control Obligatorio

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Color aparente	Pt-Co	15
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia ⁽²⁾
pH ⁽¹⁾	Unidades de pH	6,5 – 8,0
Turbiedad	NTU	5

Fuente: Norma NTE INEN 1108 sexta revisión, 2020

Elaborado por: Agencia de Regulación y Control del Agua - ARCA, 2022

(1) Parámetro importante de control operativo.

(2) La ausencia corresponde a < 1,1 NMP/100 mL para el Método de Fermentación de tubos múltiples, o 1 UFC/100 mL para el Método de Filtración por Membrana

LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

TITULO III DERECHOS, GARANTIAS Y OBLIGACIONES

CAPITULO I DERECHO HUMANO AL AGUA

Art. 57.- Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano.

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho.

El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Unica del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo humano de las presentes y futuras generaciones y será responsable de la ejecución de las políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua.

Art. 58.- Exigibilidad del derecho humano al agua. Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos y comunas podrán exigir a las autoridades correspondientes el cumplimiento y observancia del derecho humano al agua, las mismas que atenderán de manera prioritaria y progresiva sus pedidos. Las autoridades que incumplan con el ejercicio de este derecho estarán sujetas a sanción de acuerdo con la ley.

Art. 59.- Cantidad vital y tarifa mínima. La Autoridad Unica del Agua establecerá de conformidad con las normas y directrices nacionales e internacionales, la cantidad vital de agua por persona, para satisfacer sus necesidades básicas y de uso doméstico, cuyo acceso configura el contenido esencial del derecho humano al agua.

La cantidad vital de agua cruda destinada al procesamiento para el consumo humano es gratuita en garantía del derecho humano al agua. Cuando exceda la cantidad mínima vital establecida, se aplicará la tarifa correspondiente.

La cantidad vital del agua procesada por persona tendrá una tarifa que garantice la sostenibilidad de la provisión del servicio.

Art. 60.- Libre acceso y uso del agua. El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Unica del Agua. La Autoridad Unica del Agua mantendrá un registro del uso para consumo humano del agua subterránea.

Sección Segunda
De los Usos del Agua

Art. 86.- Agua y su prelación. De conformidad con la disposición constitucional, el orden de prelación entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

- a) Consumo humano;
- b) Riego que garantice la soberanía alimentaria;
- c) Caudal ecológico; y,
- d) Actividades productivas.

El agua para riego que garantice la soberanía alimentaria comprende el abrevadero de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria alimentaria doméstica; de conformidad con el Reglamento de esta Ley.

Art. 87.- Tipos y plazos de autorizaciones. El otorgamiento, suspensión o cancelación de las autorizaciones es competencia de la Autoridad Unica del Agua. Las autorizaciones según la naturaleza de su destino se clasifican en:

1. Autorizaciones para uso de agua. Es el acto administrativo expedido por la Autoridad Unica del Agua por medio del cual atiende favorablemente una solicitud presentada por personas naturales o jurídicas, para el uso de un caudal del agua, destinado al consumo humano o riego que garantice la soberanía alimentaria, incluyendo también el abrevadero de animales y actividades de producción acuícola en la forma y condiciones previstas en esta Ley.
2. Autorizaciones para el aprovechamiento productivo del agua. Es el acto administrativo expedido por la Autoridad única del Agua, por medio del cual atiende favorablemente una solicitud presentada por personas naturales o jurídicas para el aprovechamiento productivo de un caudal de agua destinada a cualquiera de los aprovechamientos económicos en la forma y condiciones previstas en esta Ley.

Las autorizaciones por su duración se clasifican en:

- a) Autorizaciones para consumo humano: el plazo será de veinte años renovable por períodos sucesivos iguales. Estas autorizaciones podrán modificarse en relación con las variaciones demográficas y de caudales;
- b) Autorización para riego, acuicultura y abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria: estas se otorgarán por un plazo no mayor de diez años, renovables por igual periodo;
- c) Autorizaciones de plazo determinado para actividades productivas no consideradas en la soberanía alimentaria: éstas se otorgarán por un plazo de hasta diez años, renovables por igual o más periodos dependiendo del tiempo de inversión de la actividad productiva, siempre que conste en el Plan Nacional de Desarrollo. La Autoridad Unica del Agua podrá de conformidad con la planificación hídrica e interés nacional, modificar motivadamente los plazos determinados en este artículo; y,
- d) Autorizaciones ocasionales otorgadas por un plazo no mayor de dos años no renovables, sobre recursos sobrantes o remanentes.

Las citadas autorizaciones se normarán en el Reglamento a esta Ley.

Art. 88.- Uso. Se entiende por uso del agua su utilización en actividades básicas indispensables para la vida, como el consumo humano, el riego, la acuicultura y el abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria en los términos establecidos en la Ley.

Art. 89.- Autorización de uso. El uso del agua de acuerdo con la definición del artículo anterior contará con la respectiva autorización otorgada de conformidad con esta Ley, su Reglamento y la planificación hídrica.

La autorización para el uso del agua para consumo humano y riego para soberanía alimentaria, abrevadero de animales y acuicultura, confiere al usuario de esta, de manera exclusiva, la capacidad para la captación, tratamiento, conducción y utilización del caudal al que se refiera la autorización.

Art. 90.- Condiciones para el otorgamiento de autorizaciones de uso del agua. Previo al otorgamiento de autorizaciones para el uso del agua, la Autoridad Unica del Agua verificará el cumplimiento de las siguientes condiciones:

TITULO IV
APROVECHAMIENTO DEL AGUA

CAPITULO I
DE LOS TIPOS DE APROVECHAMIENTO PRODUCTIVO

Sección Primera
Agua Envasada

Art. 105.- Del aprovechamiento del agua para envasarla. El envasado de agua para consumo humano es un aprovechamiento productivo consistente en el procesamiento, tratamiento de potabilización o purificación de las aguas captadas de fuentes naturales superficiales o subterráneas, realizada mediante procedimientos técnicos certificados.

La autorización de uso para aprovechamiento de agua para envasado, captada directamente de la fuente natural superficial o subterránea, tendrá una tarifa diferenciada que será determinada por la Autoridad Unica del Agua, de acuerdo con el volumen de agua captada. Esta autorización otorgada por la Autoridad Unica del Agua, deberá ser requisito obligatorio para realizar las actividades de envasamiento, producción y comercialización del producto.

Este aprovechamiento puede ser realizado por personas naturales, jurídicas, públicas, privadas, comunitarias y mixtas, así como también por las organizaciones de la economía popular y solidaria, por sí mismas o en alianza con los Gobiernos Autónomos Descentralizados o los sistemas comunitarios de gestión de agua.

Las solicitudes que presenten las entidades comunitarias o de la economía popular y solidaria, titulares de derechos colectivos, para el aprovechamiento del agua en sus territorios o tierras comunitarias, tendrán derecho preferente en el otorgamiento de nuevas autorizaciones.

Se prohíbe el envasamiento de todo tipo de agua proveniente de sistemas de abastecimiento públicos o comunitarios. Por excepción, sólo podrá realizarse, previo autorización de la Autoridad Unica del Agua, de la Autoridad Sanitaria Nacional correspondiente y del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, siempre que se garantice que se ha sometido al proceso de tratamiento, purificación o enriquecimiento de acuerdo a las normas técnicas. La entidad que administre el sistema de abastecimiento, establecerá una tarifa diferenciada de acuerdo al volumen de agua procesada.

VI. METODOLOGÍA

La finalidad de este apartado consiste es especificar los pasos y metodologías necesarios para desarrollar un sistema de filtración automatizado destinado a purificar el agua en la compañía Liris S.A. de manera efectiva y eficiente.

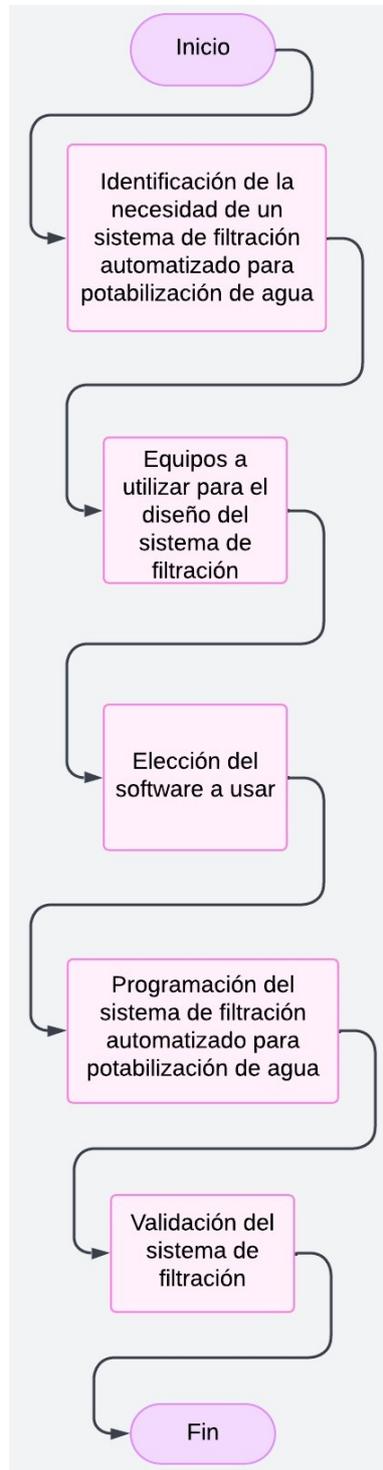


Figura 16: Metodología para el proceso del sistema de filtración automatizado para potabilización de agua.
Fuente: P. Castro

Descripción del diseño de un sistema de filtración automatizado para potabilización de agua en la empresa Liris S.A.

En el inicio de esta etapa se identifica la necesidad de realizar el diseño del sistema de filtración automatizado de agua aplicada al faenado de pollos para el cumplimiento de la normativa del uso de agua en su producción.

En esta etapa se dimensiona los equipos a usar como un PLC, Pantalla HMI, contactores, etc.

Luego se procede con la programación en el cual se usa el programa TIA PORTAL que sería en el lenguaje Ladder y además la programación de un HMI para la visualización del proceso de filtración, Autocad Plant 3D del diseño de tanques de filtración, y WinCC como un complemento para la simulación en tiempo real del sistema.

En esta última etapa se procede con la validación del sistema responde adecuadamente a las entradas y las salidas se comportan como se espera.

VI-A. Diagrama P&ID del sistema de filtración automatizado para potabilización de agua.

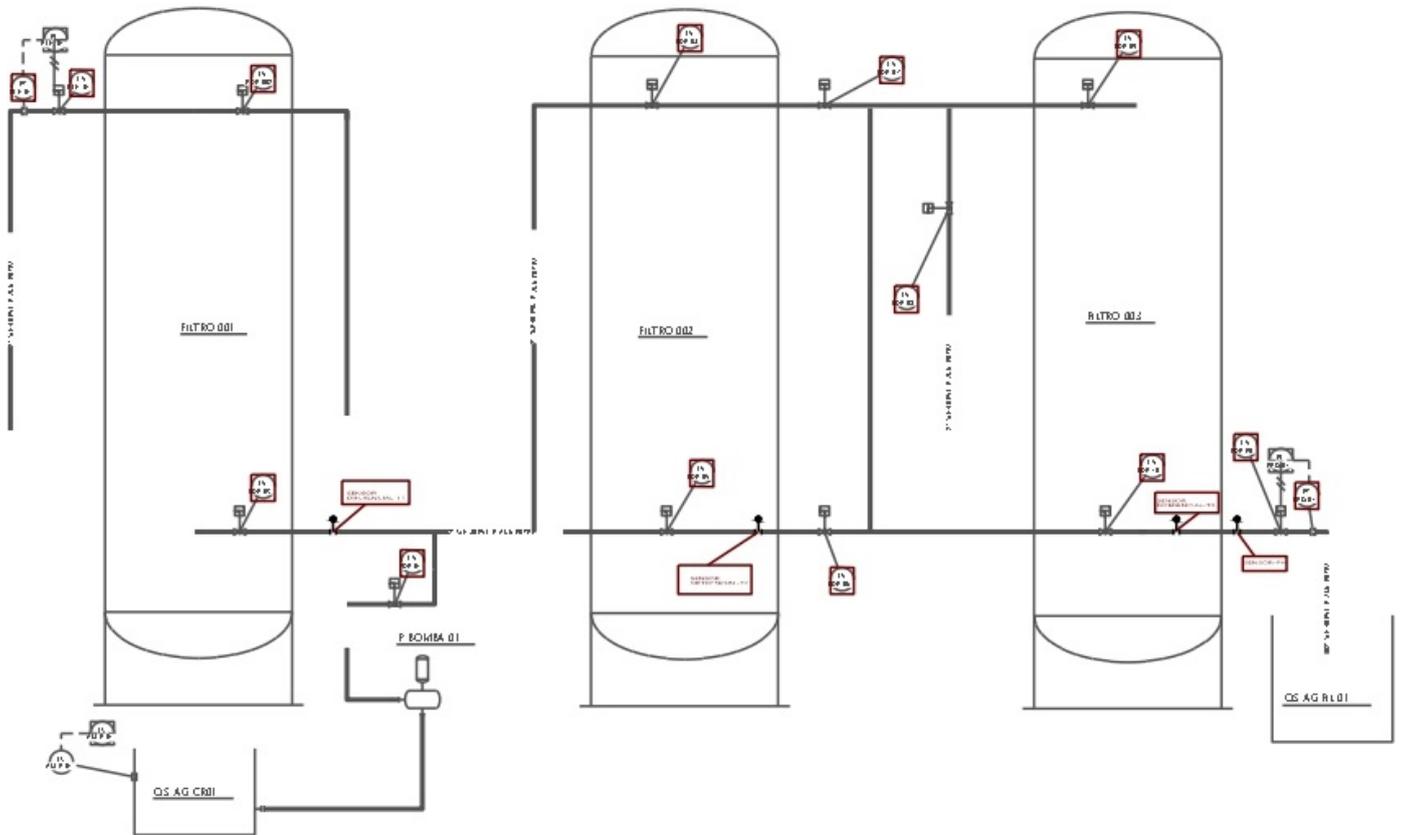


Figura 17: Esquema P&ID del sistema de filtración automatizado de agua. Fuente: P. Castro

En el diagrama P&ID se muestra el funcionamiento manual del sistema de filtración, el cual incluye una cisterna de agua pura equipada con un sensor de nivel. Un operador acciona manualmente el sistema de filtrado, lo que hace que primero se encienda la bomba de agua, permitiendo que el agua suba por la tubería. Posteriormente, se abre la válvula 1, y el agua desciende a través de los filtros de arena y carbón activado. Luego, pasa por la válvula 2, mientras que la válvula 3 permanece cerrada. El agua sube hacia el tanque y baja nuevamente a través del filtro de arena y carbón. En este punto, se abre la válvula 6, y el agua sube, mientras que la válvula 8, que es de rechazo, sigue cerrada. A continuación, se abre la válvula 9, y la válvula 10 permanece cerrada.

El agua desciende únicamente a través del filtro 3, que es de carbón, y la válvula de producto, que está abierta, permite que el agua filtrada llegue a la cisterna. Este proceso tiene una duración aproximada de entre 1 y 2 horas.

Para el lavado de cada filtro se realiza lo siguiente:

Para el lavado del filtro 1, se enciende la bomba y se abre la válvula 1, mientras que las válvulas 2 y 3 permanecen cerradas. Luego, se enciende la bomba del filtro 3, se abre la válvula 1 y el agua avanza por la tubería. Posteriormente, se abre la válvula 3, el agua sube y se abre la válvula de rechazo, asumiendo que se ha completado la limpieza.

Para el lavado del filtro 2, se cierran todas las válvulas del filtro 1, incluyendo la válvula de rechazo, mientras la bomba permanece encendida. Se abre la válvula del filtro 1, el agua sube y se abre la válvula 5, mientras que la válvula 4 permanece cerrada. El agua continúa subiendo, se abre la válvula 7 y la válvula 6 permanece cerrada. Finalmente, se abre la válvula 8, mientras que las válvulas 9, 10 y la válvula de producto deben permanecer cerradas para evitar el paso del agua, permitiendo que esta sea desechada.

Para el lavado del filtro 3, se cierra la válvula 7 y se abren las válvulas 5 y 6. El agua pasa a través de la válvula 9 hacia el último filtro.

VI-B. Programación Ladder para PLC S7 1200

El lenguaje de programación utilizado en TIA PORTAL es el lenguaje de programación de contactos (LADDER) orientado al PLC S7 1200 CPU 1516 3PN/DP SIMATEC.

Cuando se activa el pulsador de MARCHA, el proceso inicia o también al presionar el botón de marcha en el HMI, o cuando el sensor detecta la presencia de agua en el tanque. El proceso se interrumpe al oprimir el botón de paro en la interfaz del usuario o el pulsador físico de paro.

También el sensor CAPACITIVO puede ayudar a mantener el proceso encendido mientras detecta algo de agua. Además, es posible reiniciar el proceso una vez que ha culminado.

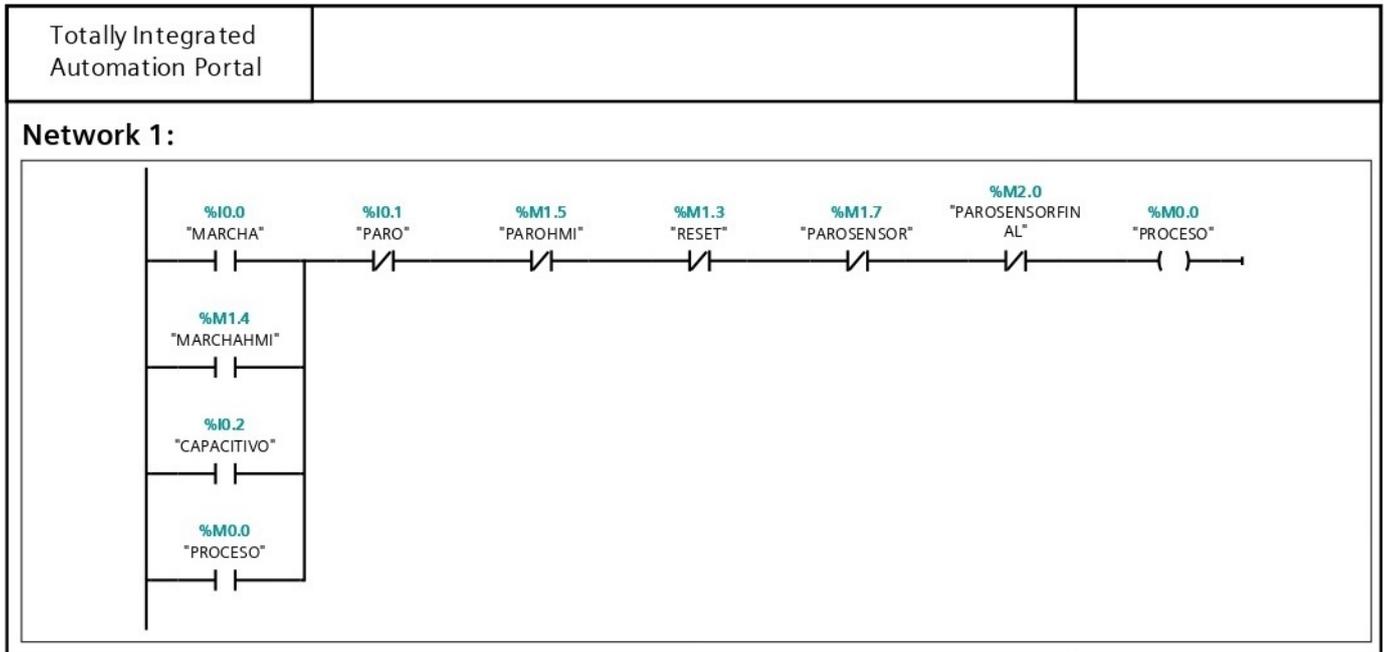


Figura 18: Inicio del sistema de filtración automatizado para potabilización de agua. Fuente: P. Castro

Cuando se activa la variable "PROCESO", se inicia el proceso de lavado. Posteriormente, se procede al arranque de la bomba de agua y del blower para que comience el lavado del tanque 1.

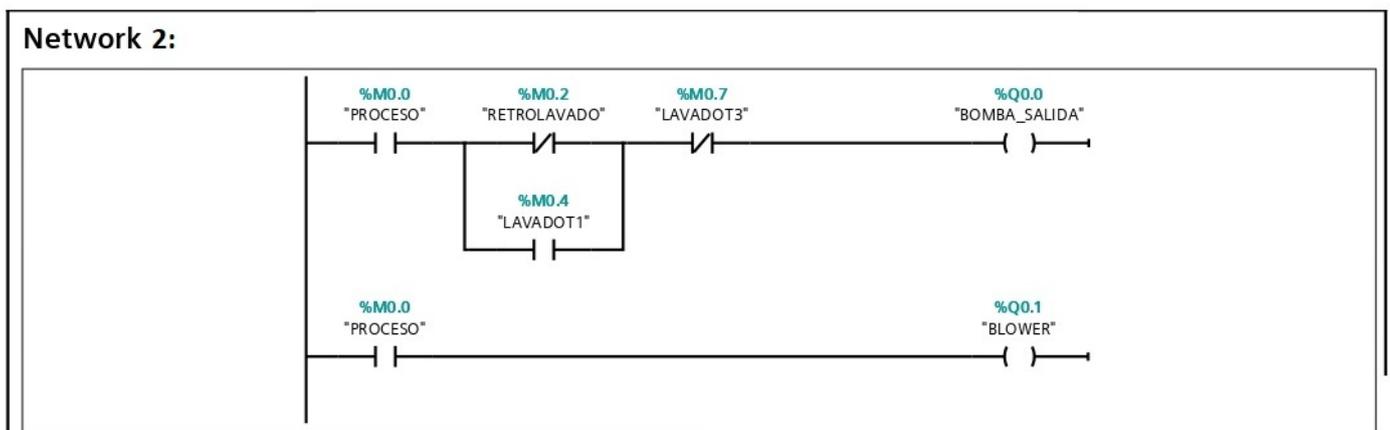


Figura 19: Arranque de la bomba CW y el blower. Fuente: P. Castro

1. Si las condiciones del proceso permiten el retro-lavado y las etapas están en el estado adecuado, se activa la BOMBA_RETROLAVADO.
2. Dependiendo del estado de la bomba y las etapas de lavado (T1 o T2), se abre la VALVULA11.

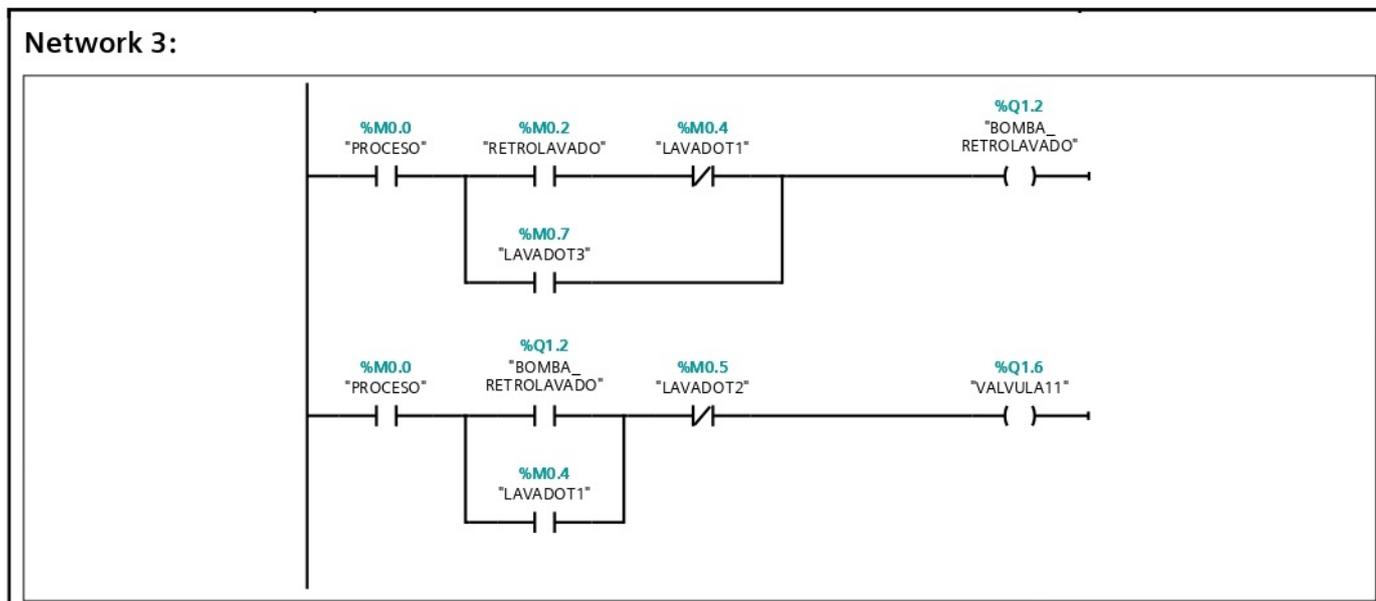


Figura 20: Arranque de la bomba en CCW y activación de la válvula 11. Fuente: P. Castro

Funcionamiento básico:

1. Si la condición PROCESO está activa, se evalúan varias combinaciones de condiciones de lavado (T1, T2 y T3).
2. Cada combinación activa una válvula específica (2, 3, 4, 5, 6, 9 y 10).

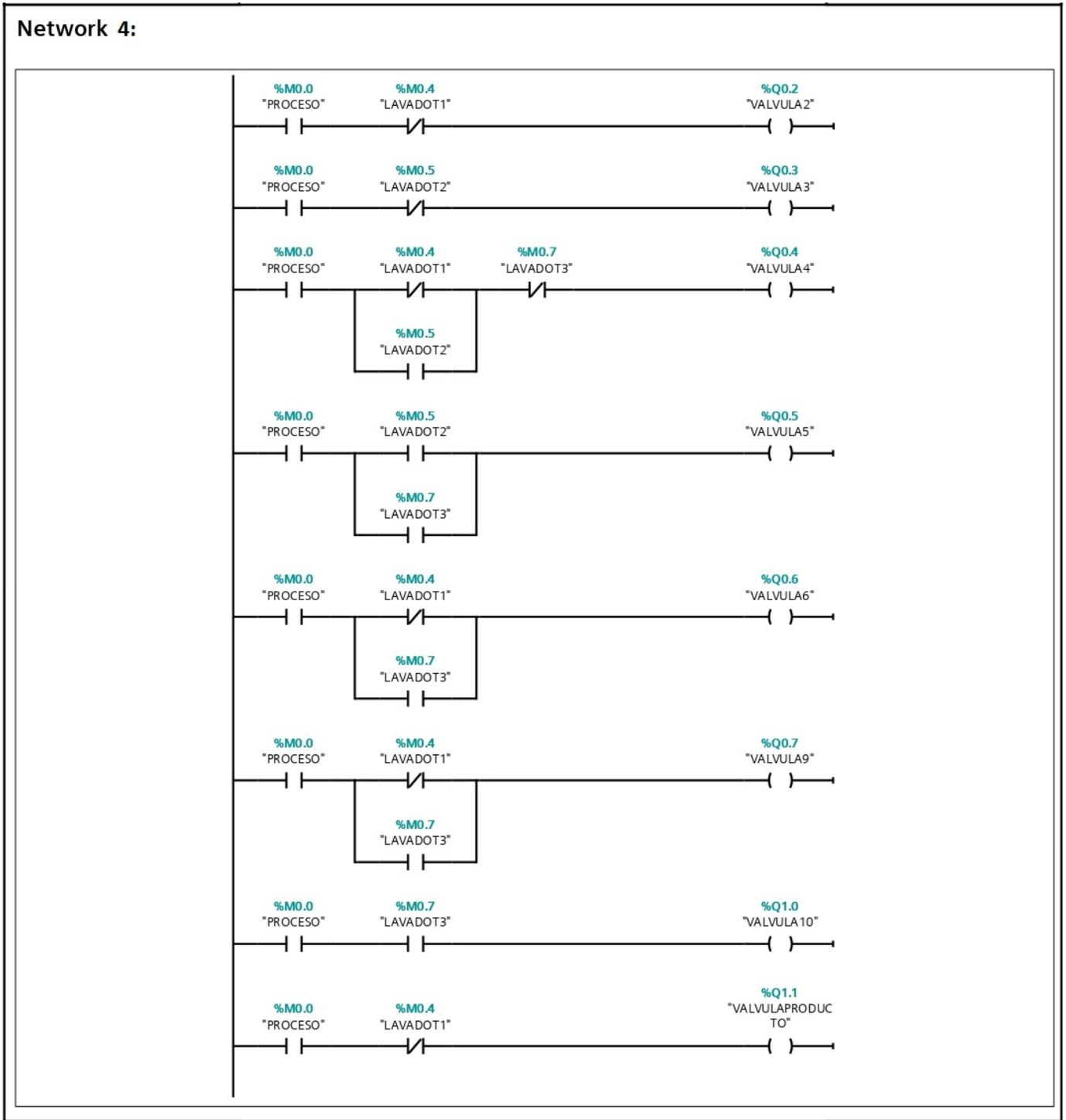


Figura 21: Activación de válvulas 2, 3, 4, 5, 6, 9 y 10 según las condiciones. Fuente: P. Castro

1. Cuando la entrada PROCESO está activa, se habilita el temporizador de 2 minutos.
2. Durante los siguientes 2 minutos, no se activa la salida.
3. Una vez transcurridos los 2 minutos, el temporizador activa su salida (Q), lo que hace que se active RETROLAVADO.

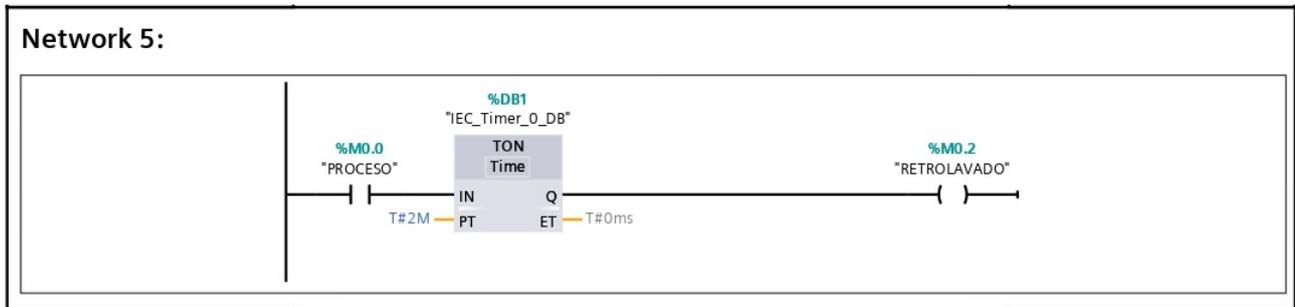


Figura 22: Tiempo de proceso e inicio de retrolavado. Fuente: P. Castro

- Hay dos señales de entrada, PROCESO y RETROLAVADO. Ambas deben estar activadas al mismo tiempo, el temporizador (TON) espera 40 segundos. Luego de ese tiempo, se activa la señal LAVADOT1.
- Mientras el temporizador cuenta, la salida Q está apagada.
- Una vez que se completan los 40 segundos, la salida Q del temporizador se activa.
- Cuando la salida del temporizador (Q) se activa después de los 40 segundos, esto activa LAVADOT1(Lavado Tanque 1).

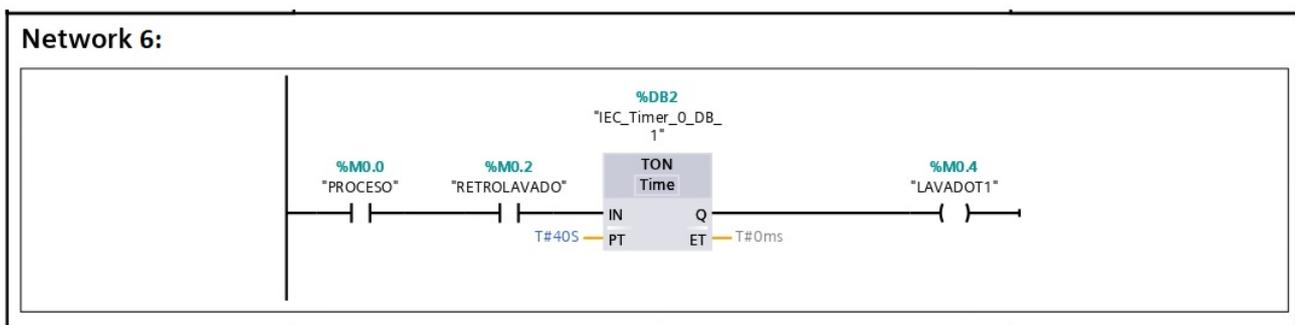


Figura 23: Tiempo de retrolavado e inicio de lavado del tanque 1. Fuente: P. Castro

Cuando se inicia el proceso principal, se activa la etapa LAVADOT1, se abre la válvula 1. Posteriormente, se inicia la etapa LAVADOT3.

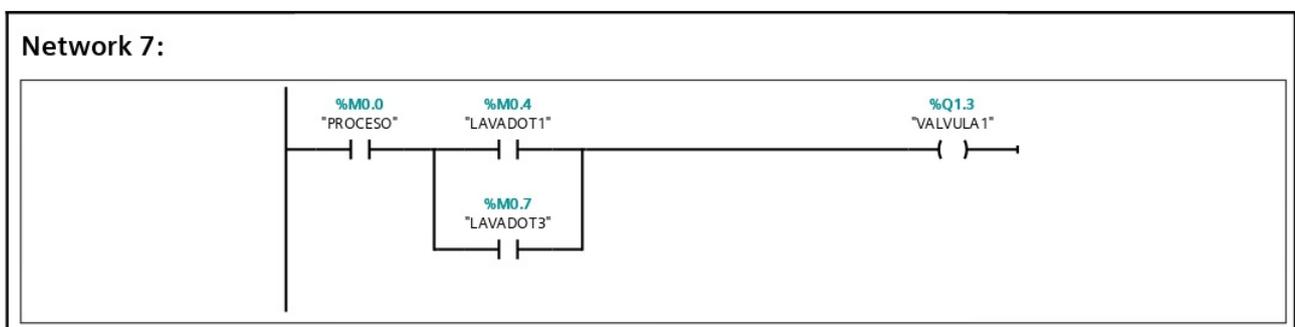


Figura 24: Activación de válvula 1 según el lavado. Fuente: P. Castro

Cuando la etapa LAVADOT1 se activa, el temporizador TON comienza a contar, después una espera de 5 segundos, el temporizador activa la marca LAVADOT2, iniciando así la siguiente etapa del proceso.

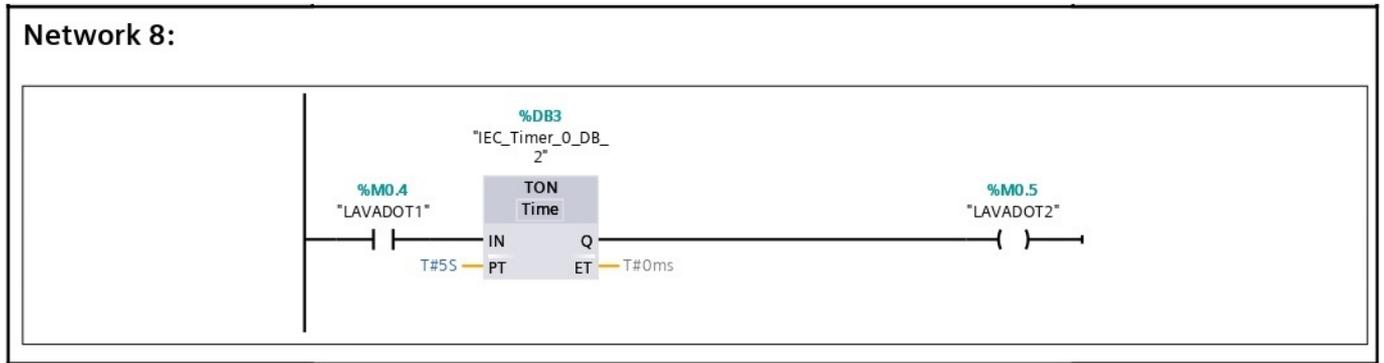


Figura 25: Tiempo de lavado 1 e inicio de lavado del tanque 2. Fuente: P. Castro

1. Primera rama (arriba):

- Verifica tres condiciones:
 - a) Si PROCESO está activo
 - b) Si LAVADOT2 está activo.
 - c) Si LAVADOT3 NO está activo, es decir, está apagado.
- Si se cumplen estas condiciones, activa VÁLVULA7.

2. Segunda rama (abajo):

- Verifica dos condiciones:
 - a) Si PROCESO está activo
 - b) Si LAVADOT2 está activo.
- Si se cumplen estas condiciones, activa VÁLVULA8.

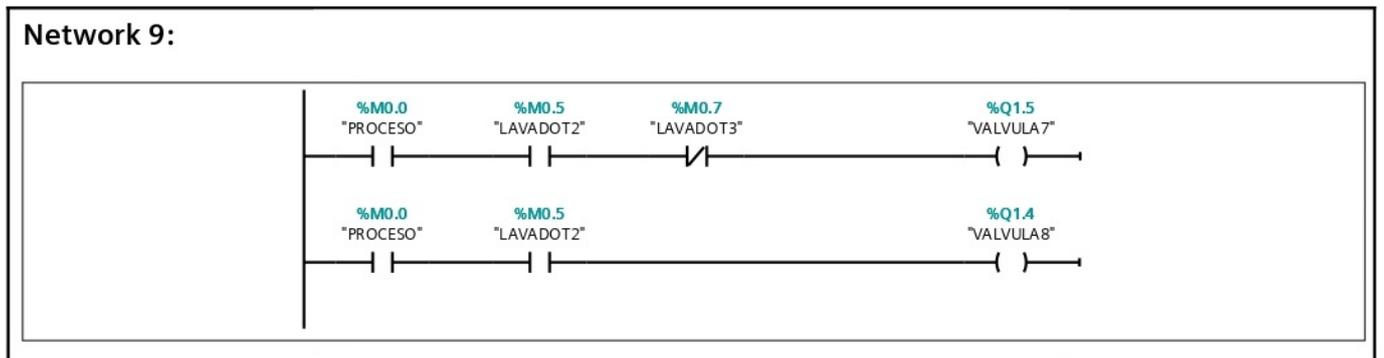


Figura 26: Activación de válvulas 7 y 8 según sus condiciones. Fuente: P. Castro

Cuando la etapa LAVADOT2 (tanque 2) se activa, el temporizador TON comienza a contar durante 5 segundos. Al finalizar los 5 segundos, el temporizador activa la marca LAVADOT3 (tanque 3), iniciando así la siguiente etapa del proceso.

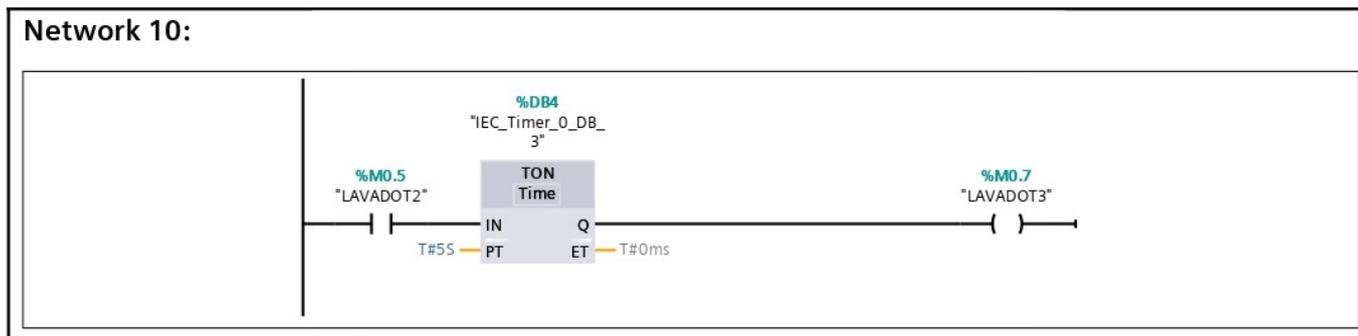


Figura 27: Tiempo de lavado tanque 2 e inicio de lavado del tanque 3. Fuente: P. Castro

Cuando se activa la etapa LAVADOT3, el temporizador empieza a contar un tiempo de 40 segundos. Al completarse ese tiempo, se activa la salida RESET.

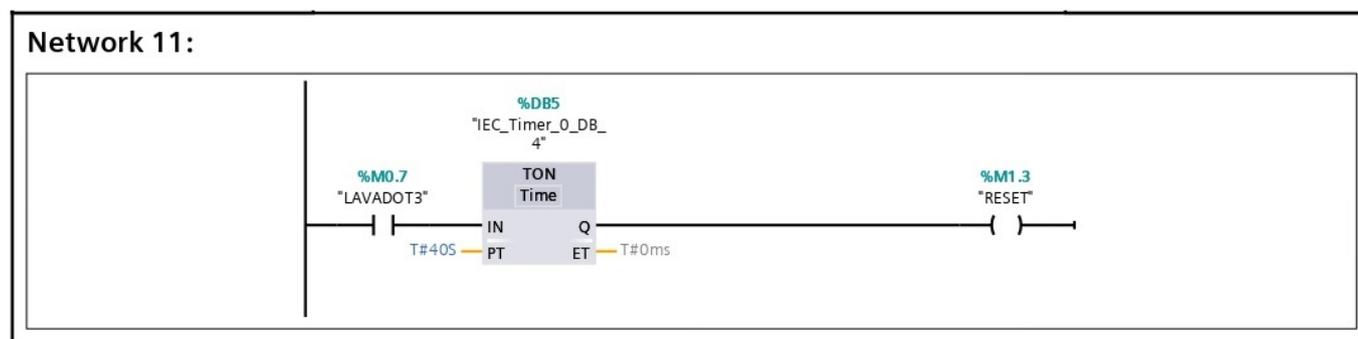


Figura 28: Tiempo de retrolavado de tanque 3 y reset del sistema. Fuente: P. Castro

Se toma un valor entero desde la entrada analógica FLUJO1, cuyo rango va de 0 a 27648, con el Bloque NORM_X que normaliza el valor de la entrada a un rango de 0.0 a 1.0 y guarda el resultado en la variable FLUJONORM1. Luego con el Bloque SCALE_X escala el valor normalizado a un rango de 0.0 a 1000.0, y guarda el resultado en la variable FLUJOINGRESO.

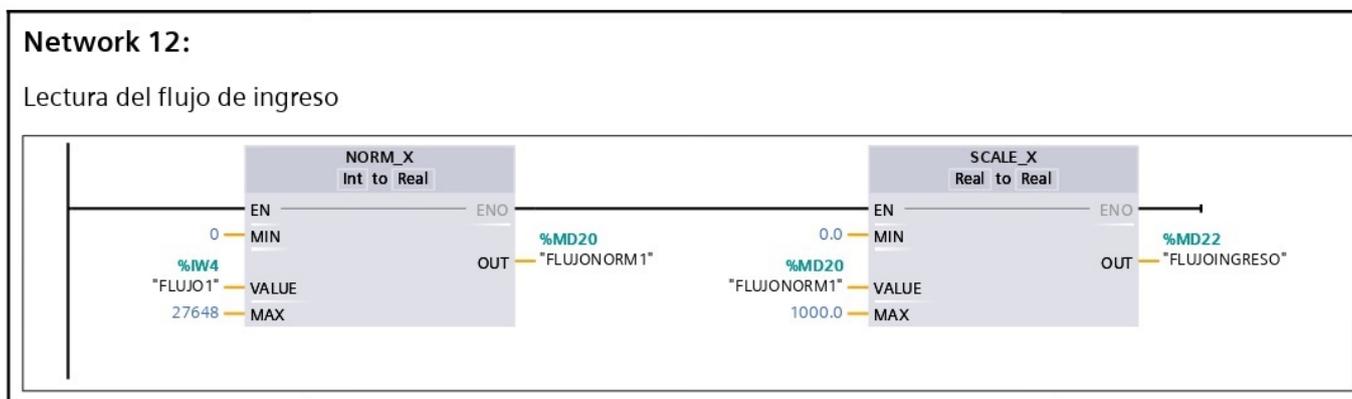


Figura 29: Lectura del flujo de ingreso. Fuente: P. Castro

Se toma un valor entero desde la entrada analógica que se le asigna el nombre de FLUJO2, cuyo rango es de 0 a 27648, con el bloque NORM_X se encarga de normalizar el valor de la entrada a un número decimal y lo almacena en la variable FLUJONORM2. Finalmente, el bloque SCALE_X toma el valor decimal de FLUJONORM2 que se obtuvo en la etapa anterior y lo ajusta a un rango de 0 a 1000, guardando el resultado en la variable FLUJODERECHAZO.

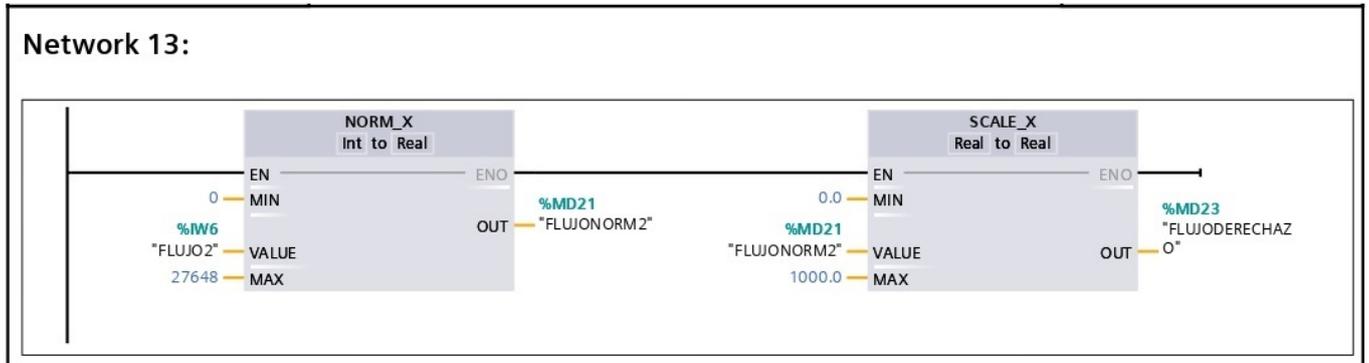


Figura 30: Lectura del flujo de rechazo. Fuente: P. Castro

En esta parte explica la manera que se finaliza el lavado del tanque 2.

La salida LAVADOT2END se activa cuando las tres válvulas (VALVULA3, VALVULA1 y VALVULA4) están abiertas al mismo tiempo.

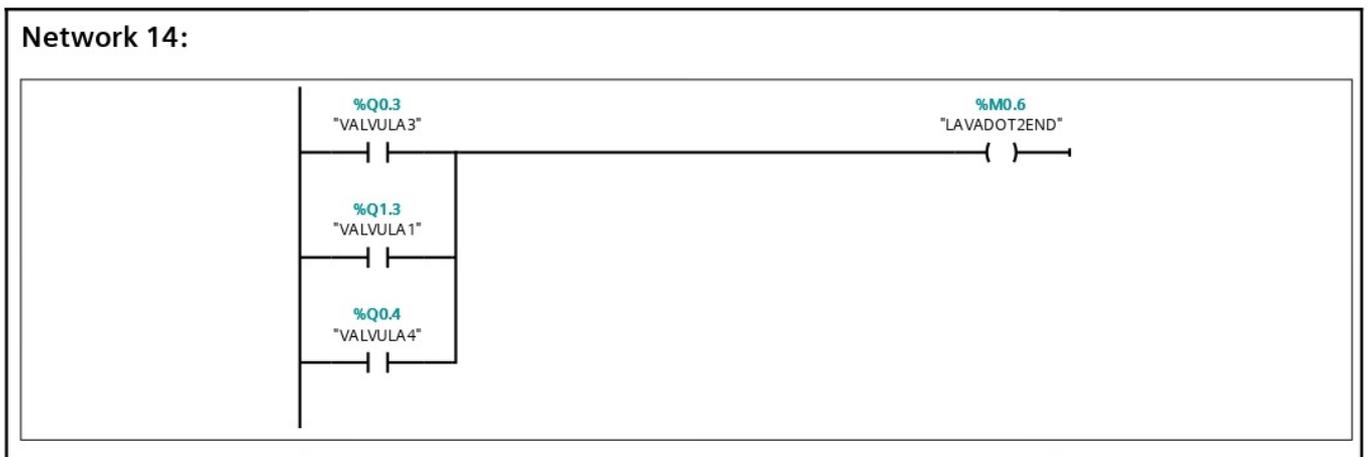


Figura 31: Color de animación de intersecciones de válvulas. Fuente: P. Castro

En este segmento se explica la finalización del lavado del tanque 3. La salida LAVADOT3FINAL se activa cuando las tres válvulas (VALVULA6, VALVULA7 y VALVULA10) están abiertas al mismo tiempo.

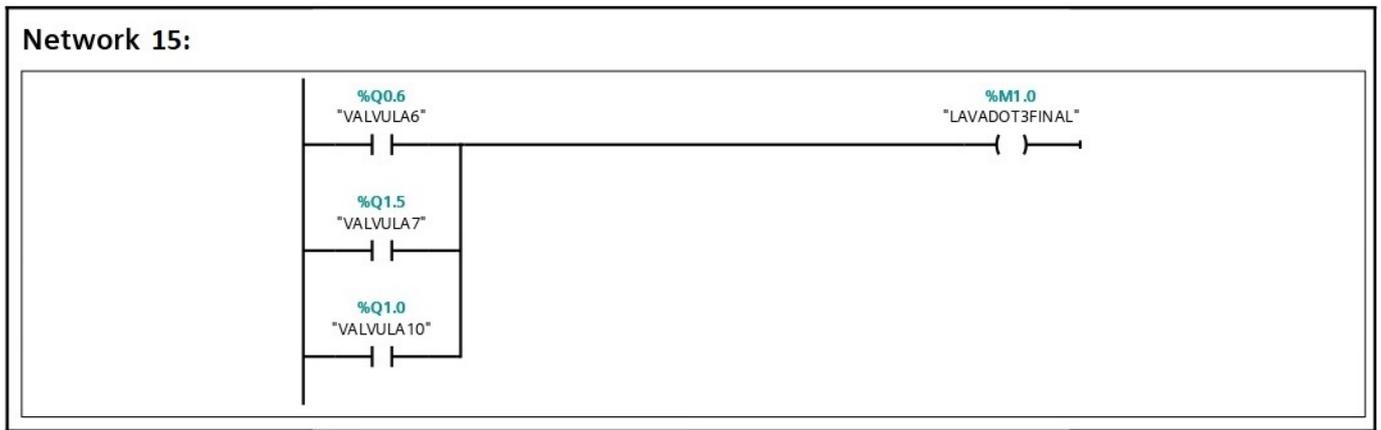


Figura 32: Color de animación de intersecciones de válvulas 6, 7, 10. Fuente: P. Castro

En términos simples, la variable ÚLTIMA se enciende si cualquiera de las dos válvulas, VÁLVULA7 o VÁLVULA9, está encendida.

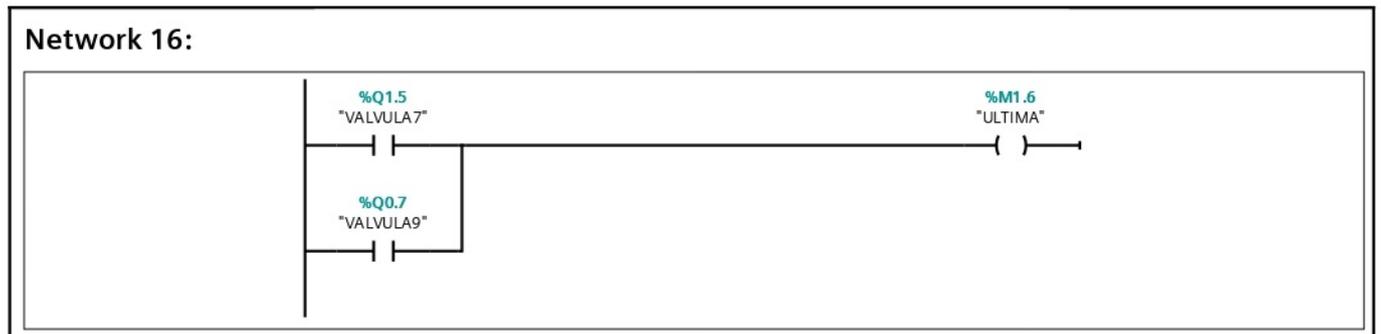


Figura 33: Color de animación de intersecciones de válvulas 7 y 9. Fuente: P. Castro

El Bloque NORM_X Recibe un valor entero (int) de un sensor, llamado SENSORV3. Este valor se convierte a un número real y se escala a un rango específico entre -100 y 200. Este nuevo valor se almacena en una variable llamada SENSORV3NORM y se utiliza como entrada para la siguiente etapa. Por último, Bloque SCALE_X recibe el valor normalizado SENSORV3NORM para ser escalado nuevamente, pero esta vez a un rango diferente. El resultado final se almacena en una variable llamada SENSORV3FINAL.

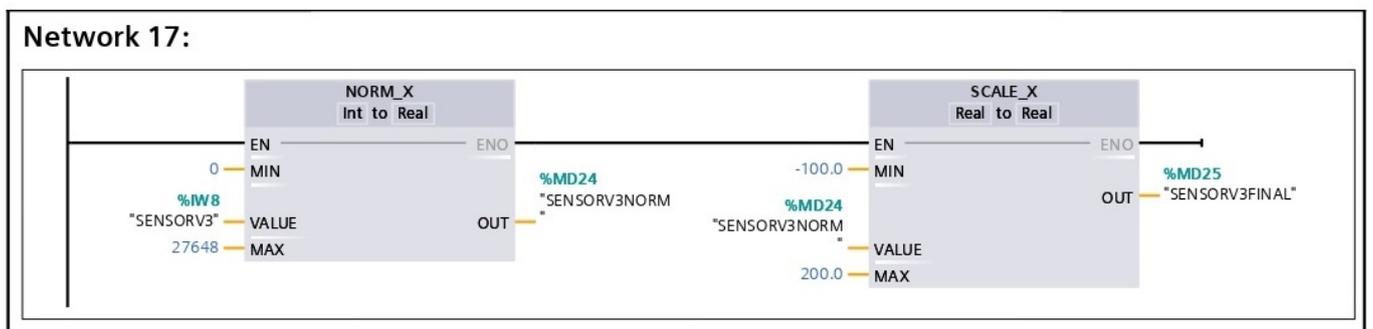


Figura 34: Lectura del sensor en V3. Fuente: P. Castro

La variable SENSORV6 lee un valor analógico en un rango de 0 a 27648. El bloque NORM_X toma el valor del sensor y lo escala a un rango entre 0 a 1 y almacena el resultado en la variable SENSORV6NORM. El bloque SCALE_X toma el valor normalizado y lo escala a un rango de -100.0 a 200.0, almacenándolo en SENSORV6FINAL

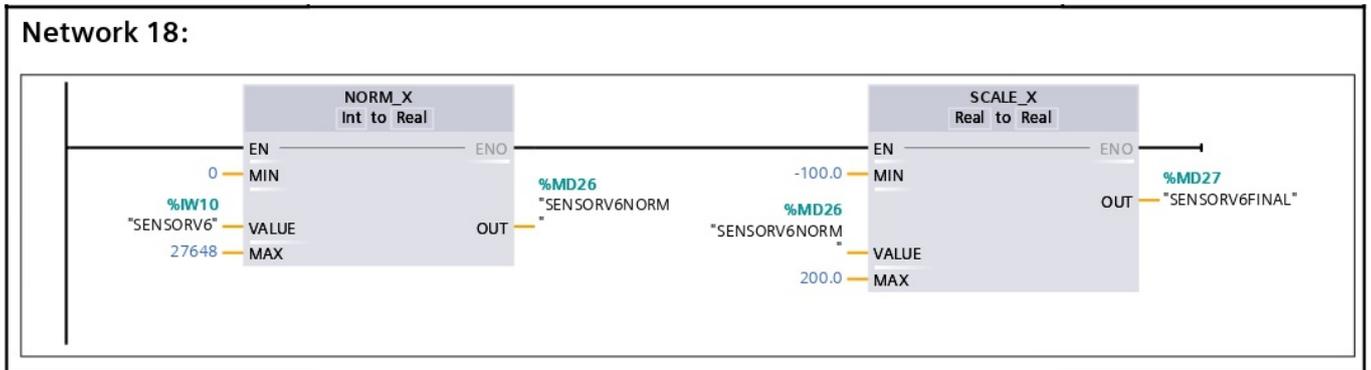


Figura 35: Lectura del sensor en V6. Fuente: P. Castro

Al inicio del segmento, se recibe un valor de un sensor llamado "SENSORVP"(valor de presión). Este valor se encuentra en un rango de 0 a 27648.

El primer bloque, llamado NORM_X, toma este valor y lo convierte a un número decimal entre 0 y 1.

El segundo bloque, llamado SCALE_X, toma el valor normalizado y lo escala a un rango de -100 a 200. Finalmente, el valor escalado se almacena en una variable llamada SENSORVPFINAL.

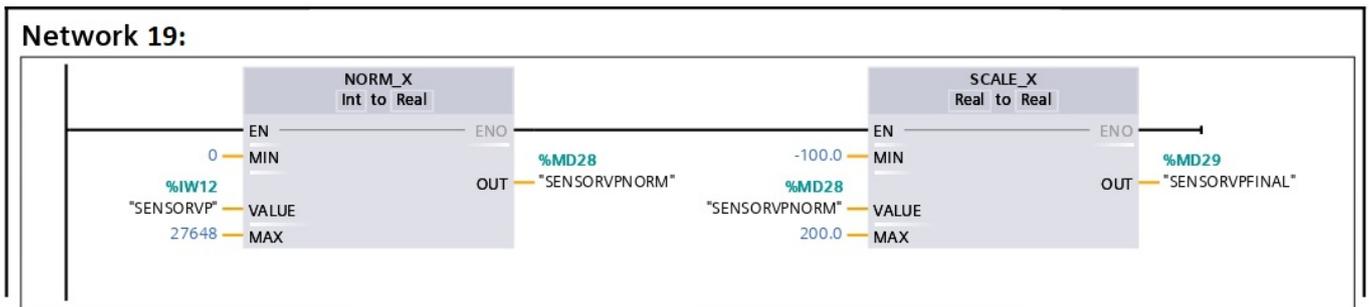


Figura 36: Lectura del sensor en VP. Fuente: P. Castro

En la figura 37, se observa que cada una de estas variables se compara con un valor numérico 5.0. Esto sugiere que:

1. **Condiciones de comparación:**

- Verifica si los valores finales de tres sensores (SENSORV3FINAL, SENSORV6FINAL y SENSORVPFINAL) son menores a 5.0.

2. **Activación de señales:**

- Si todos los sensores tienen valores menores a 5.0, activa la señal PAROSENSOR.
- Si cualquier sensor tiene un valor menor a 5.0, activa la señal CONTADOR.

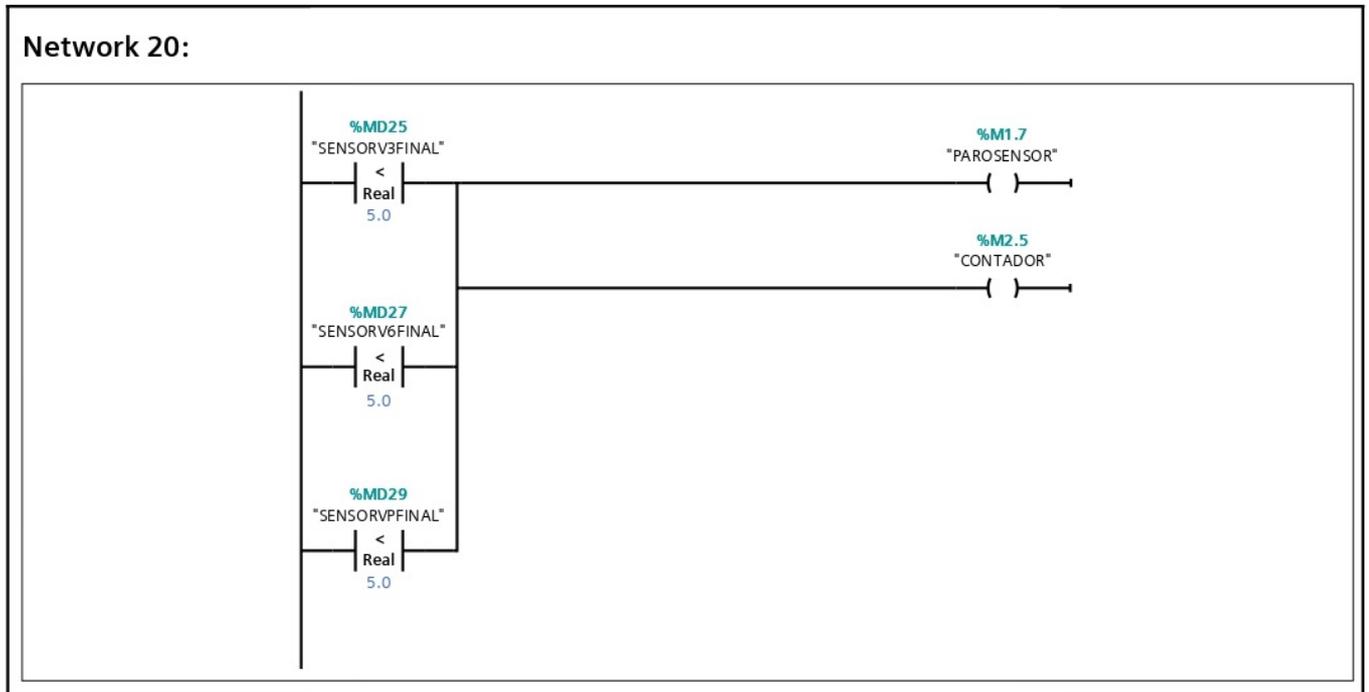


Figura 37: Pulso para contador de intentos al poner en marcha el proceso. Fuente: P. Castro

Esta parte del segmento controla un contador basado en varias condiciones.

1. **Condiciones de activación del contador:**

o Comprueba si se cumplen las siguientes condiciones:

- APAGADO_CONTADOR, PAROSENSOR y PAROHMI están activados.
- PARO no está activado.

2. **Incremento del contador:**

o Si todas las condiciones anteriores se cumplen, incrementa el contador IEC_Counter_0_DB en 1.

3. **Reinicio manual del contador:**

o Si se activa RESETMANUAL, el contador se reinicia a 0.

4. **Generación de una señal final:**

o Cuando el contador alcanza un valor preestablecido de 3, se activa la señal PAROSENSORFINAL.

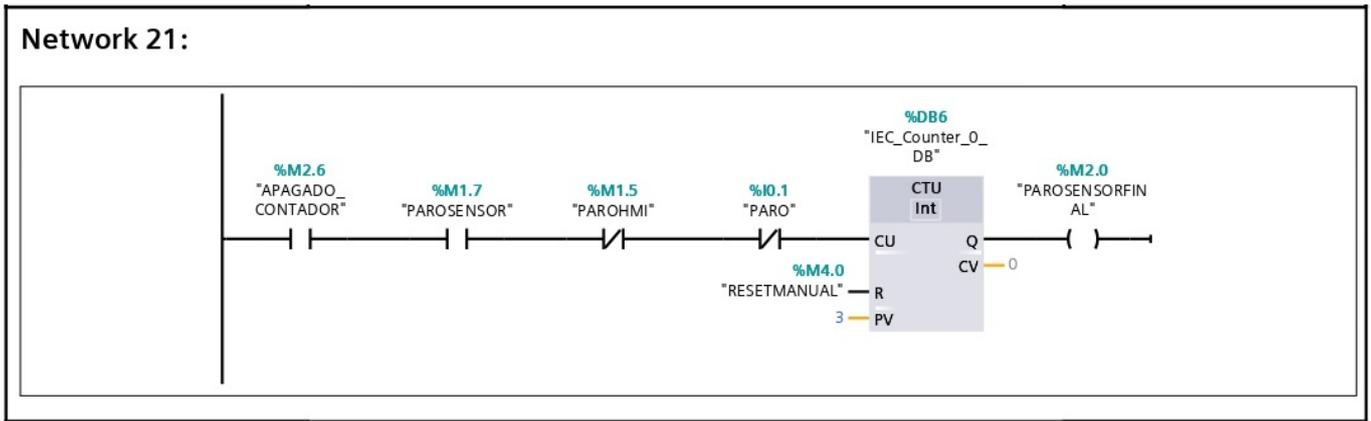


Figura 38: Contador para bloquear el sistema si se excede el número de intentos. Fuente: P. Castro

Este bloque genera alertas de mantenimiento específicas (MANTENIMIENTO 1, 2 y 3) si alguno de los sensores tiene un valor por debajo del límite establecido (5.0). Esto ayuda a identificar fallos o condiciones críticas en los sensores.

- o Si el valor de SENSORV3FINAL es menor a 5.0, se activa la señal MANTENIMIENTO 1.
- o Si el valor de SENSORV6FINAL es menor a 5.0, se activa la señal MANTENIMIENTO 2.
- o Si el valor de SENSORVPFINAL es menor a 5.0, se activa la señal MANTENIMIENTO 3.

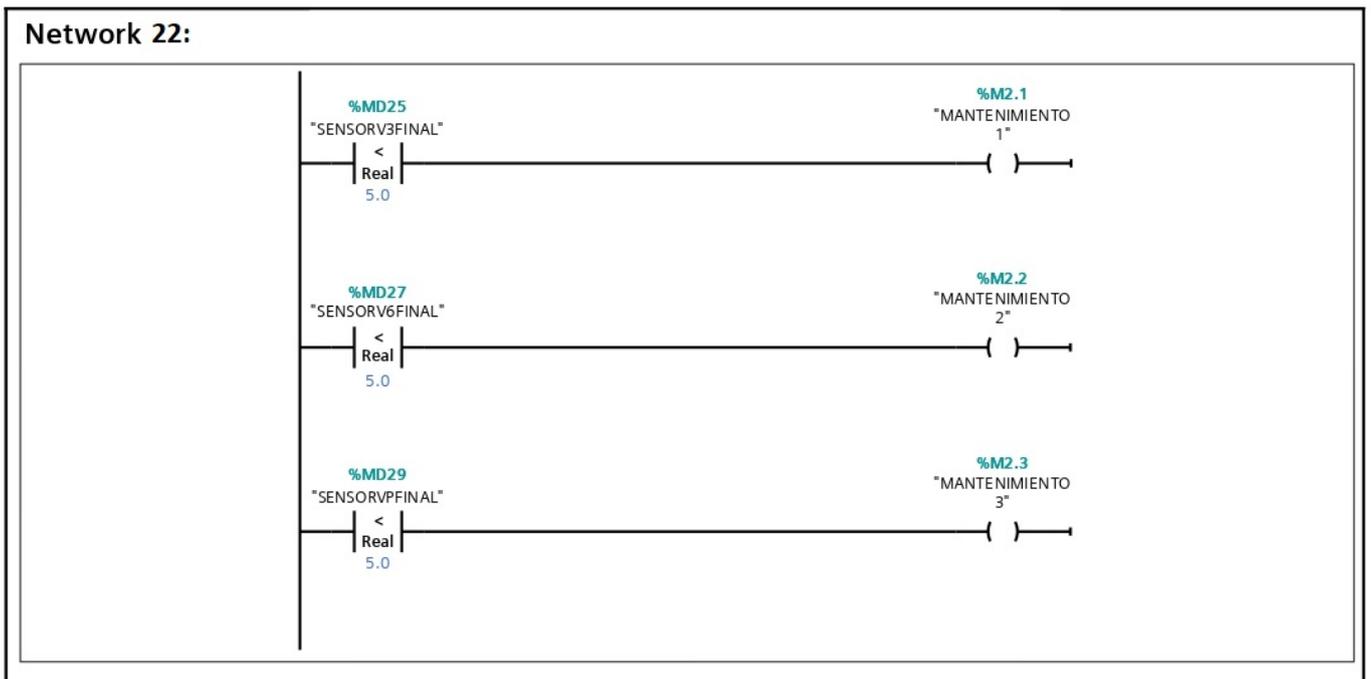


Figura 39: Activación de notificaciones de error para cada tanque. Fuente: P. Castro

Este bloque apaga el contador cuando el sistema detecta que el contador llamado APAGADO_CONTADOR está activo y alguna de las señales relacionadas con el funcionamiento (MARCHA, MARCHAHMI, CAPACITIVO o PROCESO) está habilitada.

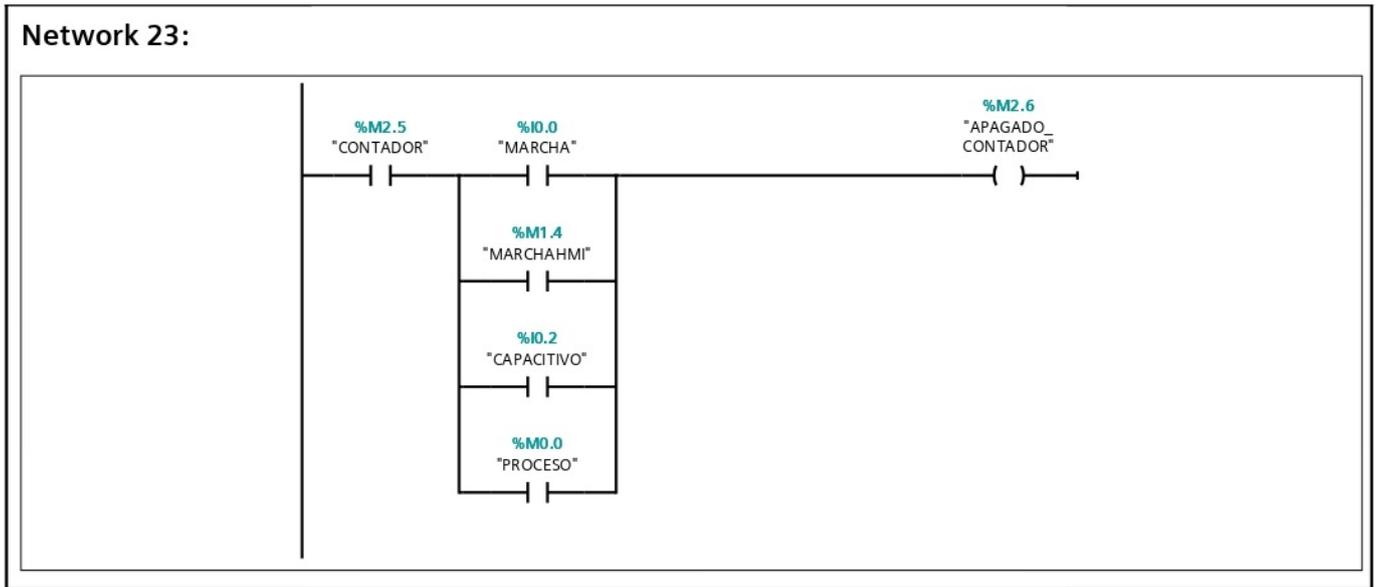


Figura 40: Pull down del pulso para contador. Fuente: P. Castro

Este código toma la señal del sensor de pH mediante el Bloque NORM_X lo ajusta a un formato utilizable y con la ayuda del Bloque SCALE_X devuelve el valor real de pH en una escala de 0 a 10.

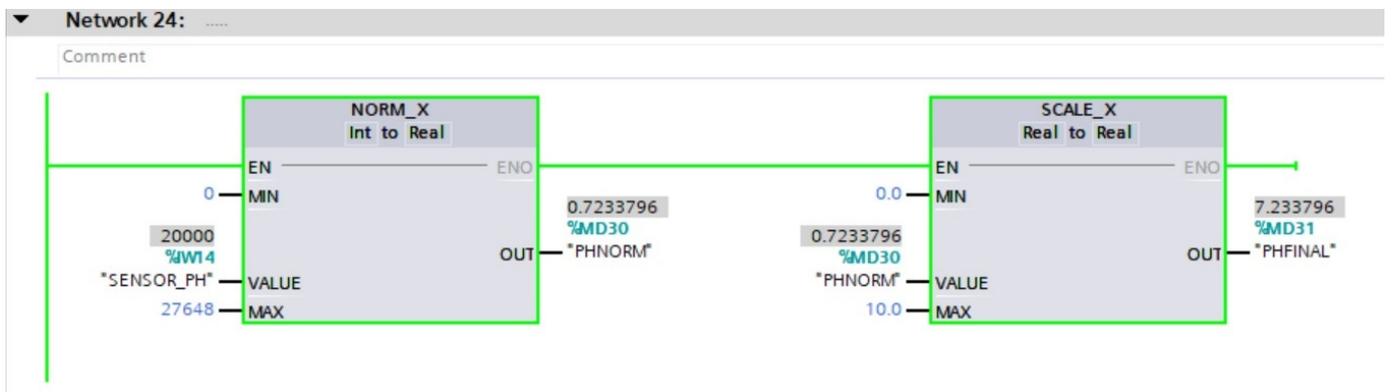


Figura 41: Lectura del sensor PH. Fuente: P. Castro

En la figura 42 se ve como el sensor detecta si el pH es demasiado alto cuando es mayor a 8.5.



Figura 42: Verificación del PH en estado alto: P. Castro

El sensor detecta si el pH es bajo cuando es menor a 6 como se puede ver en la figura 43.



Figura 43: Verificación del PH en estado bajo: P. Castro

VI-B1. *Tipos de Datos y direcciones en TIA Portal*: Las direcciones en TIA Portal presentan un formato particular que señala el área de memoria, el tipo de dato y la ubicación específica dentro de esa área. En las tablas VII y VIII, se pueden observar diversas clases de direcciones.

En ambas tablas se observan las variables, las cuales presentan diferentes tipos de datos, como BOOL, REAL e INT, junto con sus respectivas direcciones.

- %IWx: Indica una palabra de entrada entera (Integer Word). Se utiliza para almacenar valores numéricos enteros provenientes de módulos de entrada digital o analógica. La “x” representa el número de la palabra.
- %MDx: Indica una palabra de datos de memoria. Se utiliza para almacenar variables internas del programa, como contadores, temporizadores, o valores calculados. La "x" representa el número de la palabra.
- %QW: Indica una palabra de salida entera. Se utiliza para enviar valores numéricos enteros a módulos de salida digital o analógica.
- %MW: Indica una palabra de memoria de salida. Similar a %MD, pero se utiliza para almacenar valores que se van a escribir en módulos de salida.
- %M: Indica una marca o bit de memoria. Se utiliza para almacenar valores booleanos (verdadero o falso) y se emplea en operaciones lógicas y de control.

Tabla VII: Datos y dirección predeterminados 1. Fuente: P. Castro

Default tag table									
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	
1	PROCESO	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	MARCHA	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	PARO	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	BOMBA_SALIDA	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	BLOWER	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	VALVULA2	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	VALVULA3	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	VALVULA4	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	VALVULA5	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	VALVULA6	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	VALVULA9	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	VALVULA10	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	VALVULAPRODUCTO	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	ESPERA1H	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	BOMBA_RETROLAVADO	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	RETROLAVADO	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	APAGARBOMBA	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	VALVULA1	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	LAVADOT1	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	LAVADOT2	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	VALVULA8	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	LAVADOT2END	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	LAVADOT3	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	VALVULA7	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
25	LAVADOT3FINAL	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
26	RETROLAVADOFINAL	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
27	TIEMPORETROLAVADOFINAL	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
28	RESET	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

La columna Data type indica el tipo de dato asociado a cada etiqueta. Los tipos de datos más comunes en esta tabla son:

- Int: Entero. Representa números enteros, tanto positivos como negativos.
- Real: Real. Representa números de punto flotante, es decir, números con decimales.
- Bool: Booleano. Representa valores lógicos, verdadero (TRUE) o falso (FALSE).
- Word: Palabra. Representa un número entero sin signo de 16 bits.

Tabla VIII: Datos y dirección predeterminados 2. Fuente: P. Castro

Default tag table								
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision
29	FLUJO1	Int	%IW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	FLUJO2	Word	%IW6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	FLUJONORM1	Real	%MD20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	FLUJONORM2	Real	%MD21	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	FLUJOINGRESO	Real	%MD22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	FLUJODERECHAZO	Real	%MD23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	MARCHAHMI	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	PAROHMI	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37	CAPACITIVO	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	VALVULA11	Bool	%Q1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	ULTIMA	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	SENSORV3	Int	%IW8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41	SENSORV3NORM	Real	%MD24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
42	SENSORV3FINAL	Real	%MD25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
43	SENSORV6	Int	%IW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
44	SENSORV6NORM	Real	%MD26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
45	SENSORV6FINAL	Real	%MD27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
46	SENSORVP	Int	%IW12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
47	SENSORVPNORM	Real	%MD28	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
48	SENSORVPFINAL	Real	%MD29	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
49	PAROSENSOR	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
50	PAROSENSORFINAL	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
51	MANTENIMIENTO1	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
52	MANTENIMIENTO2	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
53	MANTENIMIENTO3	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
54	RESETMANUAL	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
55	CONTADOR	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
56	APAGADO_CONTADOR	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
57	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

VI-C. Diseño de la interfaz HMI

Se trata de una interfaz diseñada para operar y monitorear el proceso de filtrado automatizado de agua potable en la empresa Liris S.A. Esta herramienta permite realizar dichas tareas de manera sencilla y práctica, facilitando la gestión del tratamiento del agua en la organización.

Una breve descripción de los elementos que se puede visualizar en el HMI realizado con el programa WinCC de TIA PORTAL.

1. Flujo y presiones:
 - o Los datos arriba muestran los flujos de entrada, rechazo y las presiones en los tanques (T1, T2, y T3).
2. Filtros y tanques:
 - o Cada tanque filtra líquidos. Las flechas azules representan cómo fluye el líquido a través de las tuberías y los filtros
3. Válvulas (V1, V2, V3, etc.):
 - o Las válvulas controlan el flujo de líquido. Los círculos verdes significan que están abiertas, y los grises que están cerradas.
4. Retro-lavado (RETRO1 y RETRO2):
 - o Este proceso limpia los filtros usando flujo inverso. Es controlado por las válvulas y el "blower"(ventilador).
5. Marcha/Paro/Reset:
 - o Permite iniciar, detener o reiniciar el sistema manualmente.

En la figura 44 se puede apreciar el arranque del proceso (CW) que comienza con la puesta en marcha de la bomba de agua que traslada el fluido por las tuberías hacia el tanque 1 ubicado en la parte izquierda, el cual se puede ver la activación de las válvulas V2, V3, V4, V6, V9 y VPROD1.

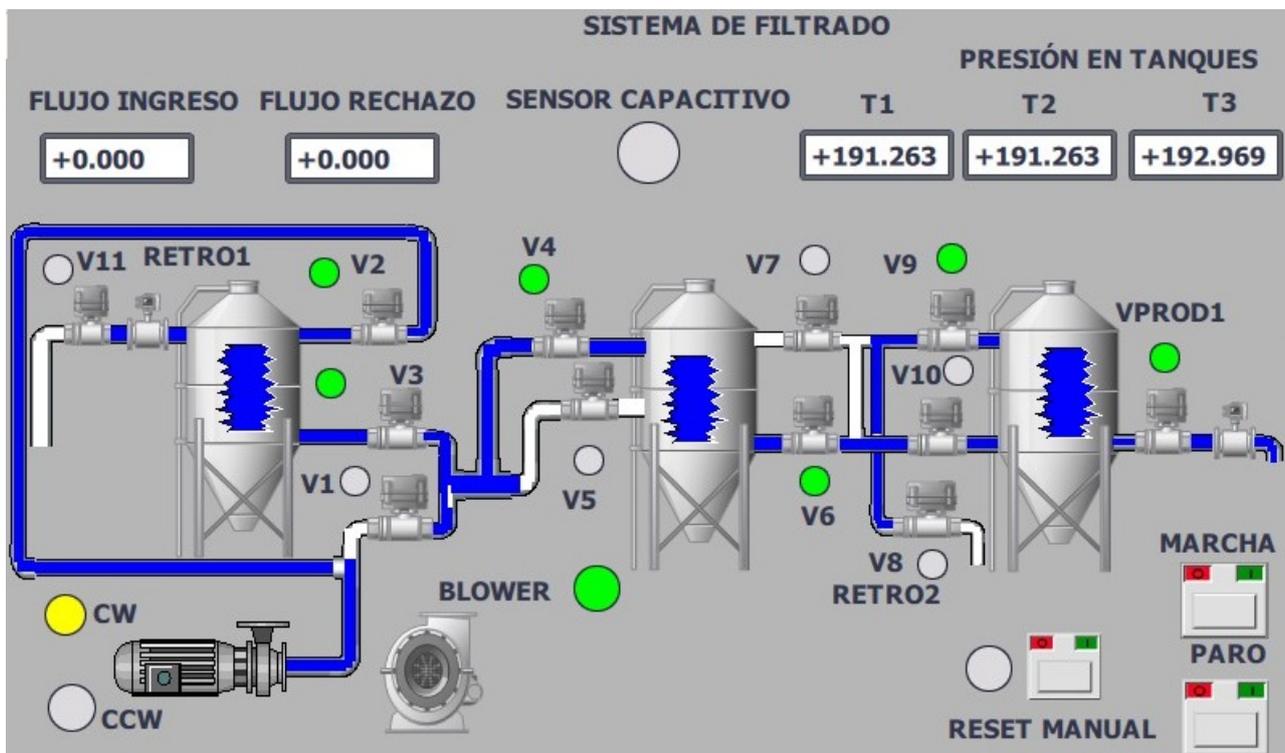


Figura 44: Arranque del proceso. Fuente: P. Castro

En la figura 45 se ilustra el proceso de retrolavado del primer tanque, que implica invertir sentido de la corriente de agua a lo largo de un medio filtrante, en este caso, arena. Las válvulas V1, V3 y V11 están en funcionamiento para facilitar el paso del agua.

Las presiones registradas en los tres tanques son de 191.263 psi, 191.263 psi y 192.969 psi, respectivamente.

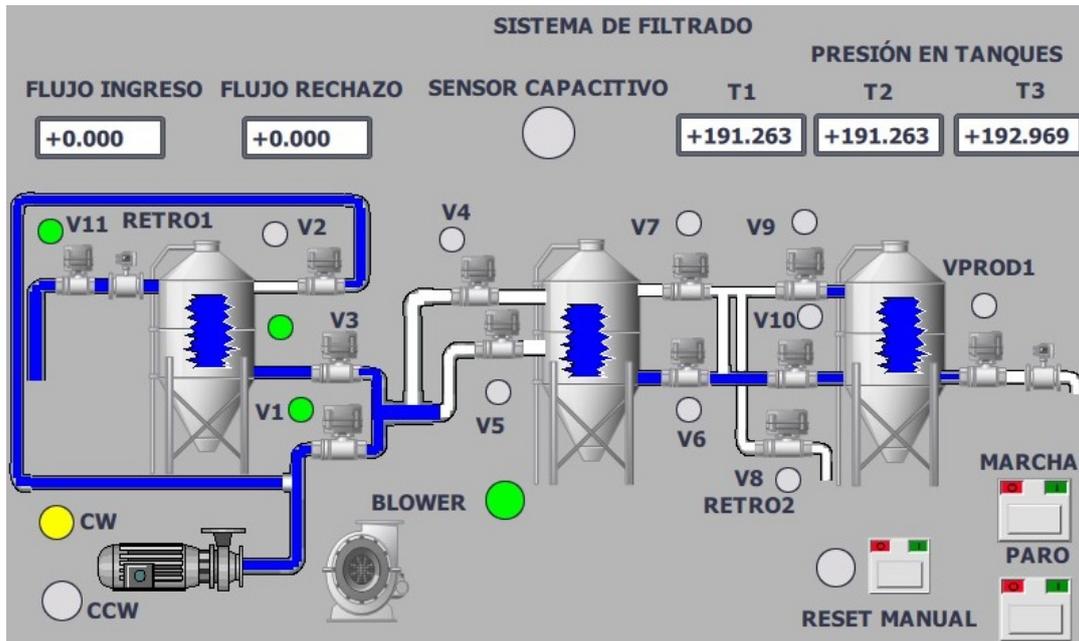


Figura 45: Retrolavado del primer tanque. Fuente: P. Castro

En la figura 46 se ilustra el proceso de retrolavado del segundo tanque, que implica invertir el flujo del agua a través de un medio filtrante, en este caso, arena y carbón activado. Las válvulas V1, V4, V5, V7 y V8 están en posición activa para facilitar el paso del agua. Es importante destacar que el fluido que circula por la válvula V8 corresponde al agua de rechazo del tanque 2.

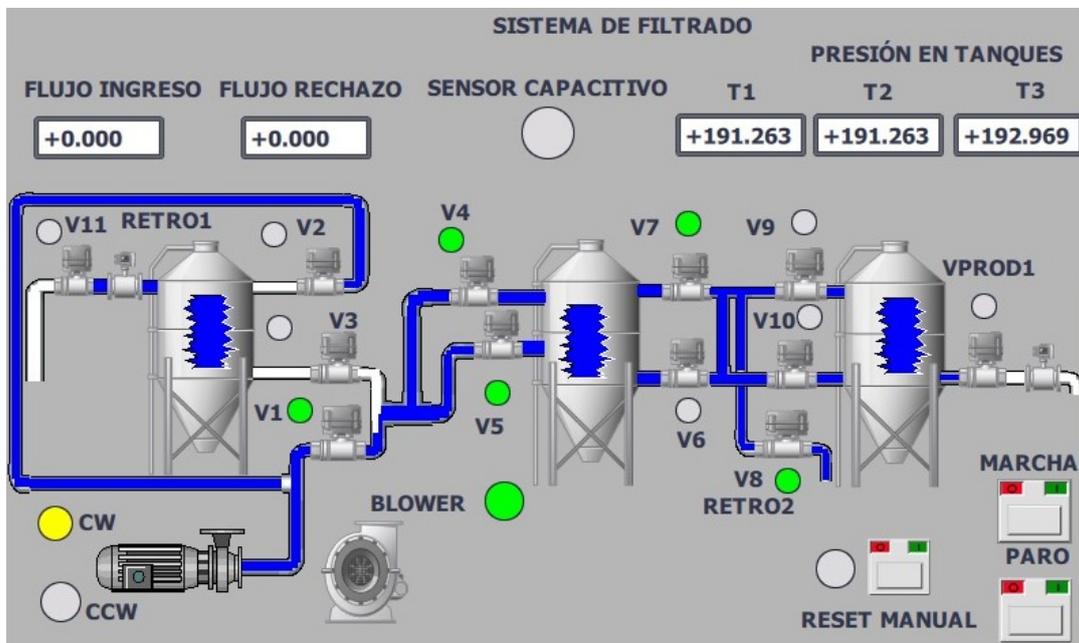


Figura 46: Retrolavado del segundo tanque. Fuente: P. Castro

En la figura 47 se puede observar el procedimiento de retrolavado del tercer tanque, que consiste en invertir el flujo del agua a través de un medio filtrante, específicamente carbón activado. Las válvulas V1, V5, V6, V8, V9 y V10 están en posición activa para permitir el paso del agua. Cabe resaltar que el fluido que circula por la válvula V8 proviene del agua de rechazo del tanque 3.

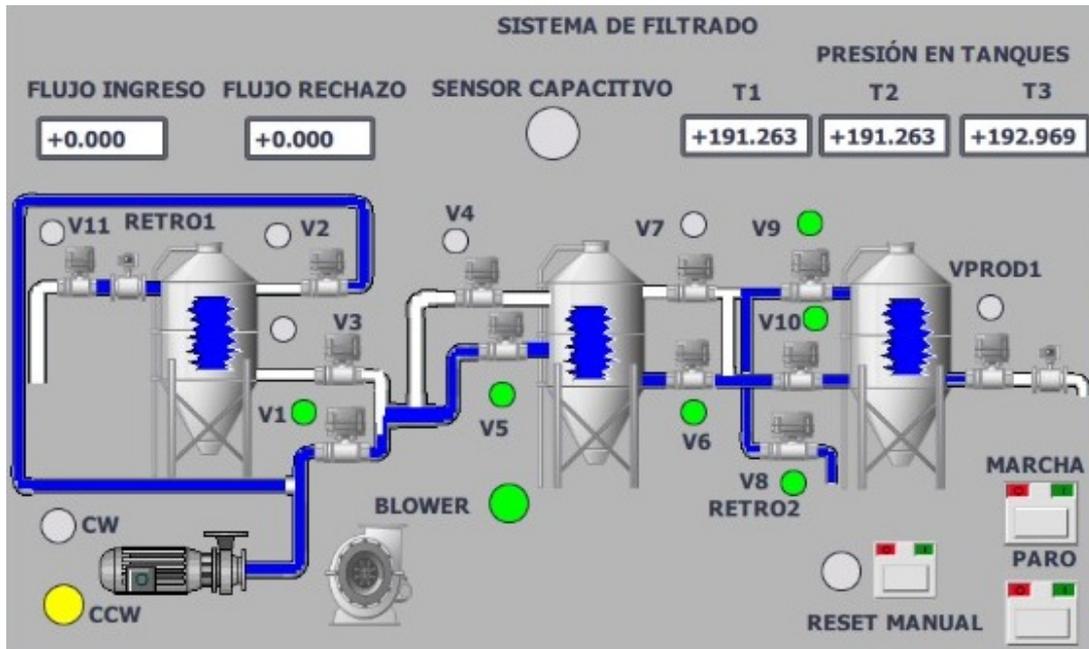


Figura 47: Retrolavado del tercer tanque. Fuente: P. Castro

En la figura 48 se muestra el mantenimiento realizado en los tanques de agua. Por lo tanto, todas las válvulas están desactivadas. Al iniciar el mantenimiento, las presiones registradas en los tres tanques cambian a los siguientes valores: -47.816 psi, 187.761 psi y -98.698 psi, respectivamente.

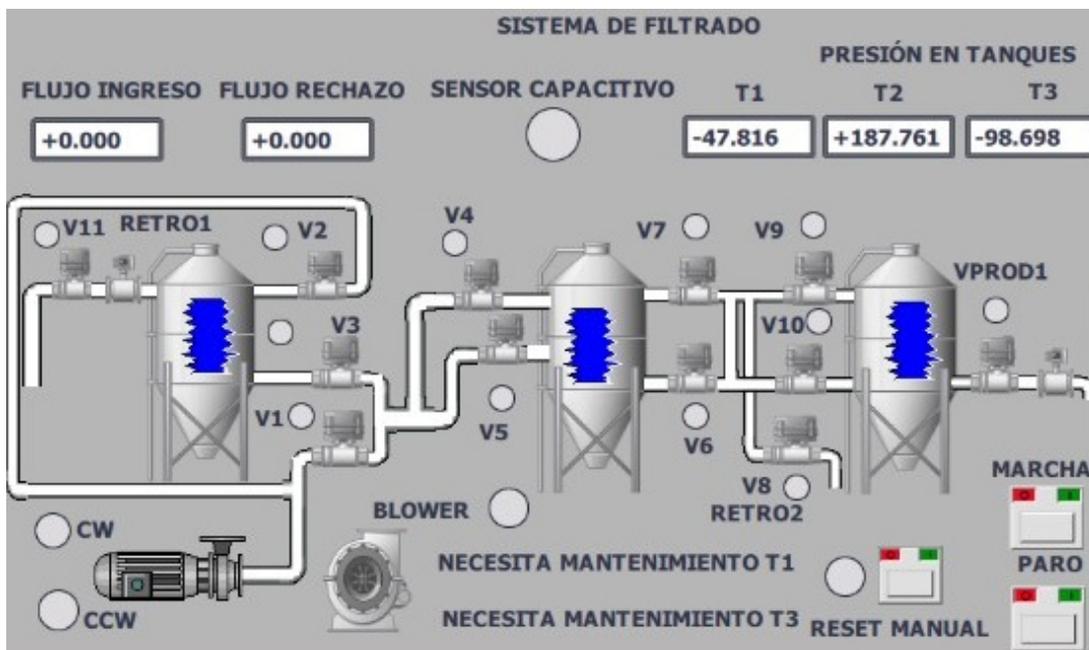


Figura 48: Mantenimiento a los tanques. Fuente: P. Castro

La figura 49 muestra el estado final del sistema de filtrado, indicando una alerta visual, 'SYS BLOCKED' que sugiere una falla o interrupción en el proceso.

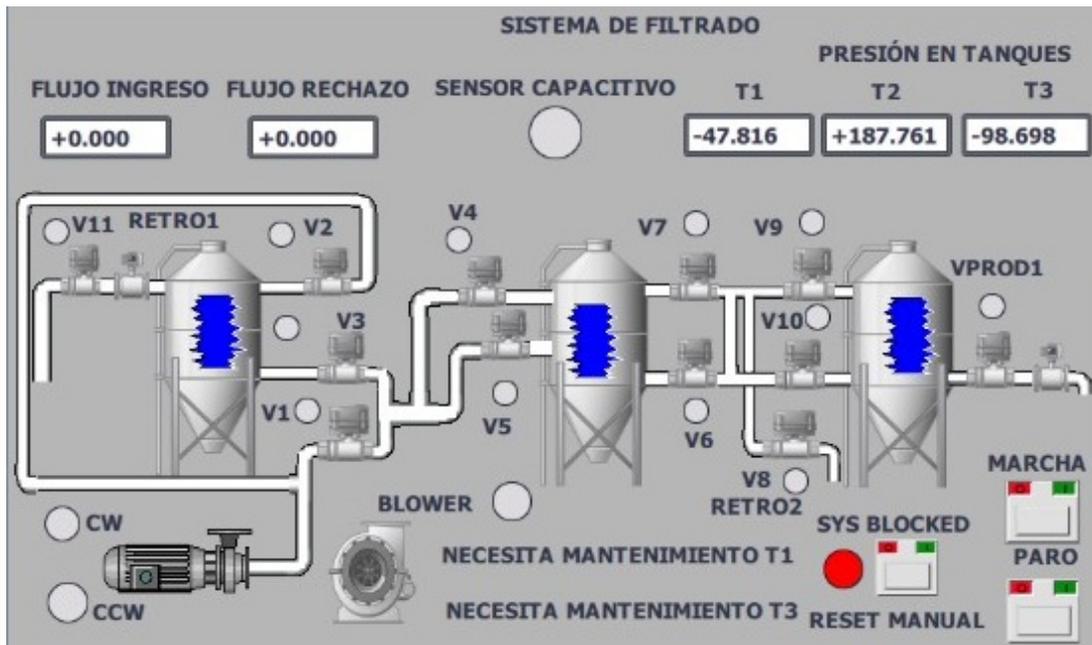


Figura 49: Parte final del mantenimiento de los tanques. Fuente: P. Castro

VI-C1. *Visualización del PH en la interfaz HMI:* Un parámetro importante en el agua potable es el pH, que indica si es ácida o alcalina. Su medición se realiza en una escala que va de 0 a 14, con excepciones.

El nivel de pH del agua en el HMI, es de 5.425, lo cual indica un pH bajo (menor a 6), ver figura 50.

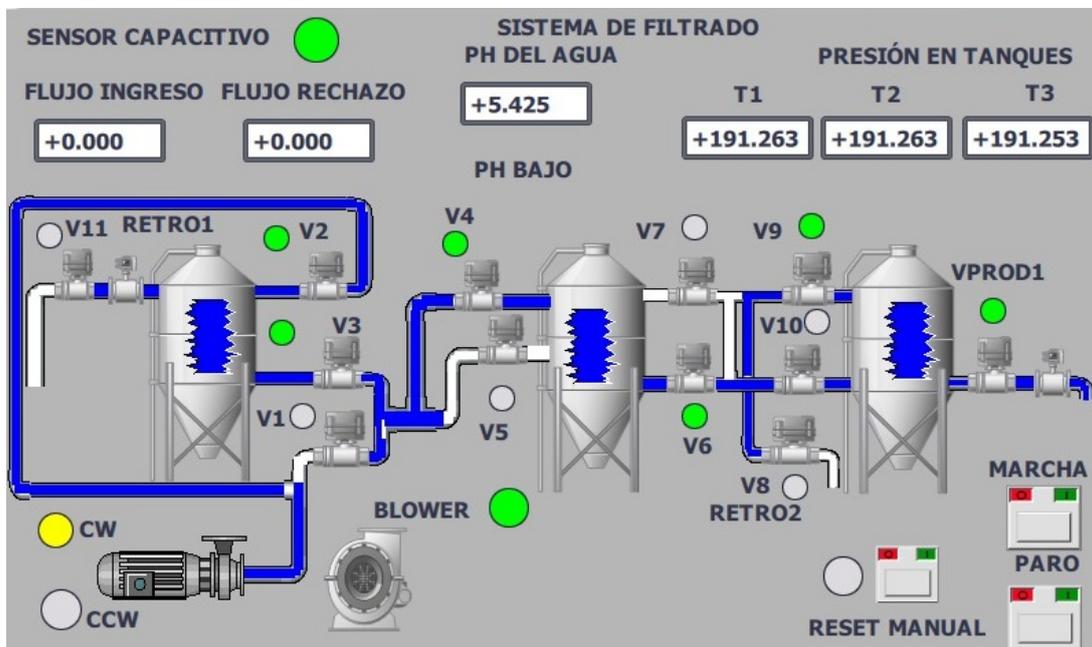


Figura 50: Nivel de Ph bajo mostrado en el HMI. Fuente: P. Castro

Se observa en la figura 51 que el nivel de pH del agua, en el HMI, es de 7.234, lo cual indica un pH estable (valor entre 6 a 8.5).

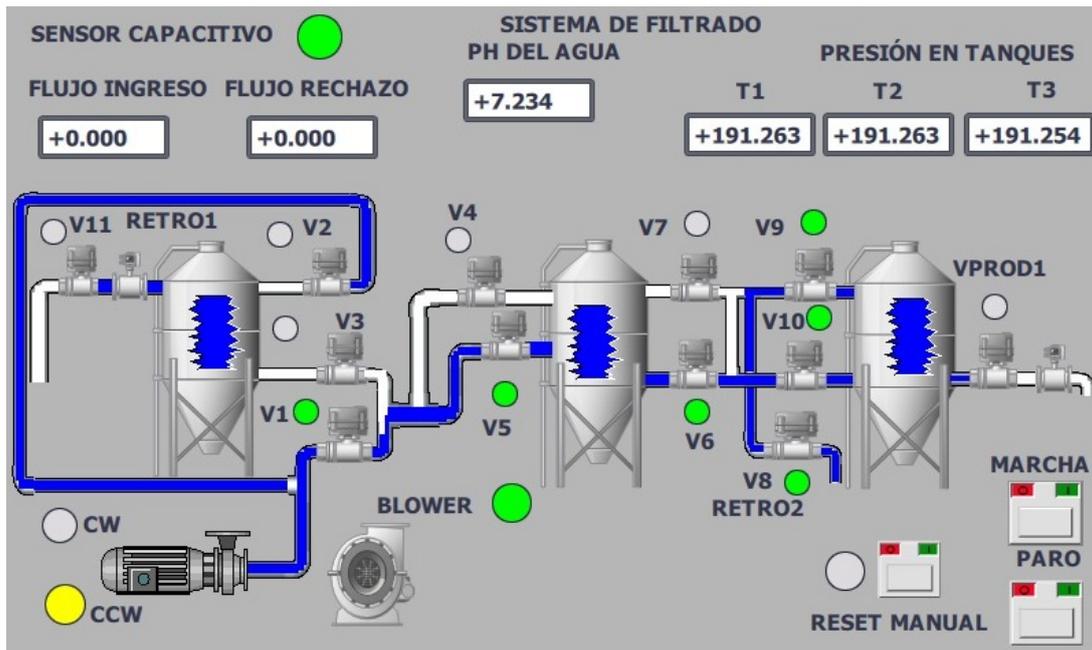


Figura 51: Nivel de Ph adecuado mostrado en el HMI. Fuente: P. Castro

El nivel de pH del agua, en el HMI, es de 8.681, lo cual indica un pH alto (mayor a 8.5), ver la figura 52.

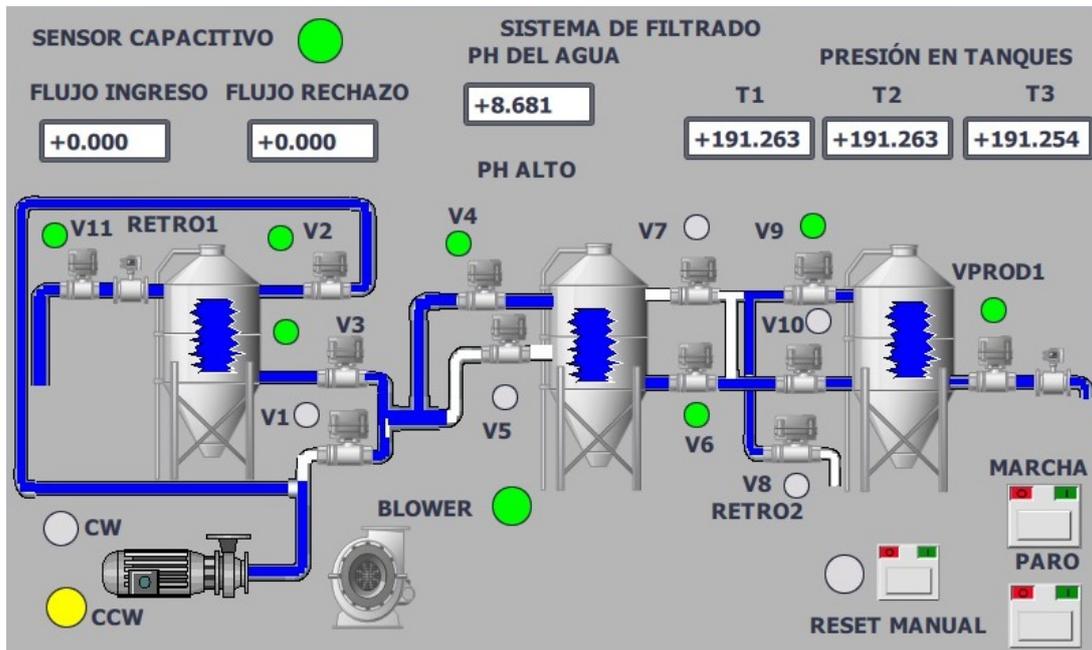


Figura 52: Nivel de Ph alto mostrado en el HMI. Fuente: P. Castro

VII. RESULTADOS

La figura 53 ilustra un sistema de filtración de agua, propiedad de LIRIS S.A. El sistema, conformado por tres tanques cilíndricos de acero inoxidable interconectados, utiliza válvulas manuales para controlar el flujo durante el proceso de potabilización.

El sistema de filtración manual opera de la siguiente manera: En primer lugar, el agua cruda es bombeada hacia el primer tanque el cual contiene una capa de arena que actúa como un primer filtro, donde se retienen las partículas de mayor tamaño. Seguidamente, se abre la válvula que dirige el agua hacia un segundo tanque que combina arena y carbón activado, eliminando tanto partículas como compuestos orgánicos y cloro. Por último, el agua fluye hacia un tercer tanque con una capa exclusiva de carbón activado realiza un acabado del proceso, absorbiendo cualquier residuo orgánico que pueda afectar el sabor y olor del agua.

El agua filtrada es finalmente almacenada en una cisterna para su posterior consumo



Figura 53: Tanques reales. Fuente: P. Castro

Se puede notar en la figura 54 que la simulación demostró que el sistema automatizado de filtración de agua presenta una mayor eficiencia al permitir la automatización y el control continuo del proceso. Esta optimización se traduce en una reducción del tiempo de activación de las electroválvulas, necesarias para ejecutar los retrolavados de los tanques, además de la incorporación de sensores de presión en los tanques y un sensor de PH.

El sistema incorpora un sensor capacitivo y un botón en la interfaz HMI para iniciar los retrolavados de manera precisa.

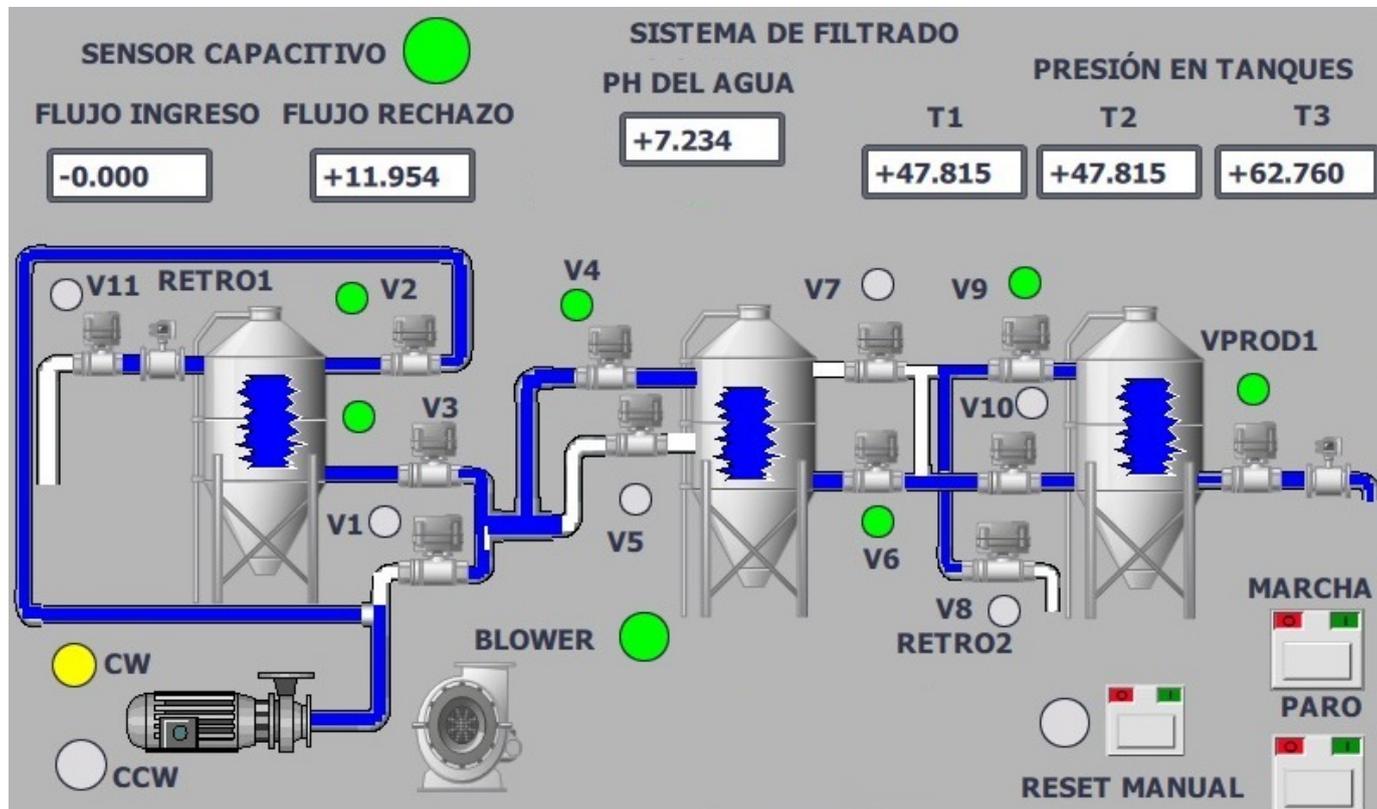


Figura 54: Diseño del sistema de filtración. Fuente: P. Castro

VIII. CRONOGRAMA

Tabla IX: Cronograma de Actividades. Fuente: P. Castro.

Actividades	Meses																			
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del tema de anteproyecto																				
Desarrollo del problema del anteproyecto																				
Desarrollo de la Justificación del anteproyecto																				
Desarrollo de los Objetivos generales y específicos																				
Desarrollo y finalización del marco teórico																				
Desarrollo y finalización del marco metodológico																				
Cronograma y Presupuesto de proyecto																				
Aprobación de anteproyecto por el consejo de carrera																				
Programación en TIA PORTAL del sistema de filtración de agua																				
Diseño del P&ID en Autocad Plant 3D																				
Resumen e Introducción de la tesis																				
Pruebas del funcionamiento de la simulación																				
Elaboración de los resultados																				
Conclusiones y recomendaciones																				
Terminación final del documento redactado en LaTeX y su respectiva aprobación corrección																				
Finalización y defensa del trabajo de tesis																				

IX. PRESUPUESTO

La tabla X presenta el presupuesto elaborado para el proyecto de tesis, se presentan los montos aproximados que han sido obtenidos a partir de diversas cotizaciones realizadas en distintos establecimientos de la ciudad. Estos valores reflejan una investigación exhaustiva y comparativa, asegurando que se consideren las opciones más competitivas del mercado.

Tabla X: Presupuesto de tesis. Fuente: P. Castro

AUTOMATIZACIÓN DE FILTROS MANUALES DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN DE AGUA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
TABLERO ELÉCTRICO 80X60X25	1	\$160,57	\$160,57
BOMBA CENTRÍFUGA ACERO INOX 5.5HP 3F 220V EBARA	1	\$1.123,44	\$1.123,44
PANTALLA WEINVIEW HMI 7 PULGADAS A COLOR MT 807	1	\$782,00	\$782,00
GUARDAMOTOR DE 6 A 10 AMP	1	\$71,20	\$71,20
CONTACTOR DE LC1D38 CON BOBINA 220V	1	\$89,17	\$89,17
ELECTROVÁLVULA MAMUR 5/2. ^{EN} 1/4"110V SERIE-300	13	\$228,67	\$2.972,71
VÁLVULA MAMUR 5-2 1/4 240 VAC	13	\$45,21	\$587,73
CABLE CONCÉNTRICO 3X18	50	\$0,55	\$27,50
CABLE FLEXIBLE #18 AN ROLLO (100MTS)	1	\$17,86	\$17,86
SENSOR DE PRESIÓN 1/4" {0-100}PSI- {4-20}Ma	3	\$470,15	\$1.410,45
SENSOR DE PH	1	\$960,60	\$960,60
SELECTOR DE 3 POSICIONES	1	\$16,10	\$16,10
LUZ PILOTO VERDE 220VAC	1	\$2,10	\$2,10
LUZ PILOTO ROJO 220 VAC	4	\$2,69	\$10,76
BREAKER 230V 2 POLOS 10AMP PARA EL RIEL DIM	1	\$9,53	\$9,53
PLC 1200	1	\$890,00	\$890,00
BORNERAS	20	\$1,75	\$35,00
SUPERVISOR DE VOLTAJE 220V	1	\$45,80	\$45,80
BOTÓN PARO DE EMERGENCIA	1	\$3	\$3
DISEÑO DE PROGRAMA, TOPOLOGÍA E INTERFAZ HMI PARA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESO DE PURIFICACIÓN DE AGUA	1	\$3.800,00	\$3.800,00
TOTAL			\$13.015,52

X. CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis de las bases teóricas que sustentan el tratamiento de agua dentro del sector alimentario de Ecuador, basándose en la normativa establecida bajo la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022 y la ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua determinan el límite permitido de 6,5 - 8 de PH e indican un valor de Cloro de 0,3 mg/L a 1,5 mg/L han permitido establecer los fundamentos técnicos y normativos esenciales para el diseño de un sistema de filtración automatizado que garantice el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad exigidos. Dichas bases teóricas no solo han proporcionado un marco regulatorio robusto, sino que también han orientado la elección de tecnologías adecuadas y procesos óptimos para tratar el agua y hacerla apta para el consumo en la empresa LIRIS S.A. De este modo, se ha logrado integrar el conocimiento teórico con las demandas prácticas del sector, asegurando que el sistema propuesto sea eficiente, sostenible y conforme con la legislación vigente en Ecuador.

La simulación del sistema de filtración automatizado ha demostrado su eficacia y efectividad en la potabilización del agua, cumpliendo a cabalidad los rigurosos requisitos de calidad para la industria alimentaria.

Se ha diseñado un sistema automatizado que integra de manera eficiente las tecnologías de filtración y purificación indispensables para asegurar la pureza del agua en LIRIS S.A. Este sistema considera factores como la producción, el consumo y los requisitos de calidad establecidos. La automatización del sistema permite mejorar los procesos de purificación, reduciendo el consumo de energía y agua, y minimizando la intervención manual.

XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda para la automatización del sistema de filtración cambiar las válvulas manuales por electroválvulas que permite una integración automatizada en los tanques de agua.

Se sugiere emplear tecnología de ultrafiltración, una solución avanzada y eficiente que asegura la pureza del líquido en el tanque final, especialmente en sistemas automatizados de alta precisión. Esta tecnología permite eliminar partículas y moléculas de mayor tamaño, asegurando un producto final de alta calidad.

Se recomienda incluir un sistema de desinfección, como luz ultravioleta o cloración, para eliminar microorganismos patógenos después del proceso de filtración.

Es necesario integrar sensores de flujo, Ph, nivel y presión para monitorear en tiempo real el estado del sistema para automatizar el control del proceso y mejorar la eficiencia operativa.

Se sugiere evaluar la posibilidad de incorporar fuentes de energía alternativa, como la energía solar fotovoltaica, para alimentar parte del sistema, lo que podría reducir significativamente los costos de operación a largo plazo.

Con el sistema automatizado en funcionamiento, se sugiere que el agua de rechazo sea destinada a actividades como la limpieza de pisos o el abastecimiento de sistemas de descarga en sanitarios, con el objetivo de optimizar su reutilización y maximizar los beneficios operativos para la empresa.

REFERENCIAS

- [1] J. ALFAYATE BLANCO, M. N. GONZÁLEZ DELGADO, C. OROZCO BARRENETXEA, A. PÉREZ SERRANO y F. J. RODRIGUEZ VIDAL, *Contaminación ambiental. Una visión desde la química: una visión desde la química*. Ediciones Paraninfo, SA, 2004, Accedido: 25-08-2024. dirección: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nUoOx-8knyUC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Contaminaci%C3%B3n+ambiental:+Una+visi%C3%B3n+desde+la+qu%C3%ADmica&ots=HKScXIDmEJ&sig=AQiBwB-bSMsDy0ZFzXAAOrl-80M#v=onepage&q=Contaminaci%C3%B3n%20ambiental%3A%20Una%20visi%C3%B3n%20desde%20la%20qu%C3%ADmica&f=false>.
- [2] J. A. Romero Rojas, *Calidad del agua*. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2009, Accedido: 25-08-2024. dirección: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/3113>.
- [3] C. E. Núñez Rojas et al., «Diseño de un sistema automatizado de filtración para una planta de agua potable,» 2020, Accedido: 13-08-2024. dirección: <https://repository.udistrital.edu.co/items/19148b32-50f9-40bf-bd0e-c33977459e2b>.
- [4] C. J. Oña Alcivar y L. F. Freire Valdiviezo, «Implementación de un sistema automatizado de filtrado y purificación de agua para el Centro Experimental de Riego de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.,» Accedido: 26-08-2024, B.S. thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016. dirección: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6124>.
- [5] L. S. Pallazhco Castro, C. A. Chacón Aguayo et al., «Diseño e implementación de un prototipo de telecontrol de un sistema de potabilización con interfaz web mediante uso de hardware y software libre,» Accedido: 10-01-2025, B.S. thesis, 2015.
- [6] BBVA, «¿Qué es el proceso de potabilización del agua y cuáles son sus fases?» *BBVA*, 2023, Accedido: 11-01-2025. dirección: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua-y-cuales-son-sus-fases/>.
- [7] AWT, «Potabilización del agua en Ecuador,» *AWT*, 2023, Accedido: 11-01-2025. dirección: <https://awtsa.com/potabilizacion-del-agua-en-ecuador/>.
- [8] Fundación Aquae, «Potabilización del agua,» *Fundación Aquae*, 2023, Accedido: 06-01-2025. dirección: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/potabilizacion-agua/>.
- [9] A. Solutions, «Sistema de tratamiento de agua, para 300 litros por día,» *EE. UU./Tailandia: Aqueous Solutions*, 2016, Accedido: 27-08-2024.
- [10] A. Bellpuig, *Grava Natural de Río 4-8 mm*, Accedido: 29-10-2024, 2023. dirección: <https://areneshbellpuig.com/es/producto/grava-natural-de-rio-4-8-mm/>.
- [11] Orquinsumos, *Piedra Caliza Mediana - Bolsa por 2 kg*, Accedido: 30-10-2024, 2023. dirección: <https://www.orquinsumos.com/product-page/piedra-caliza-mediana-bolsa-por-2-kg>.
- [12] A. Bellpuig, *Arena Seca Natural*, Accedido: 31-10-2024, 2023. dirección: <https://areneshbellpuig.com/es/producto/arena-seca-natural/>.
- [13] Carbotecnia, «¿Qué es el carbón vegetal?» *Carbotecnia*, 2025, Accedido: 15-01-2025. dirección: <https://www.carbotecnia.info/que-es-el-carbon-vegetal/>.
- [14] Freepik, *Pila de carbón de leña natural aislado sobre fondo blanco*, Accedido: 15-01-2025, 2024. dirección: https://www.freepik.es/fotos-premium/pila-carbon-lena-natural-aislado-sobre-fondo-blanco_11005321.htm.
- [15] F. A. Montecé Abril, «Diseño e implementación de un sistema SCADA para planta de nano filtración de ups controlado por dispositivo móvil,» Accedido: 05-12-2024, B.S. thesis, 2023. dirección: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24126>.
- [16] E. Labwater, *Carbón activado*, Accedido: 24-10-2024, 2023. dirección: <https://es.elgalabwater.com/technologies/activated-carbon>.
- [17] Orinko, *Eficiencia del carbón activado para purificar el agua*, Accedido: 10-01-2025, 2025. dirección: <https://orinko.org/es/eficiencia-carbon-activado-agua/>.
- [18] Filtrashop, *Filtros de Carbón Activado para Agua: ¿Cómo Funcionan?* Accedido: 28-10-2024, 2023. dirección: <https://filtrashop.com/filtros-de-carbon-activado-para-agua-como-funcionan/>.

- [19] BRITA, *Tipos de filtros de agua*, Accedido: 25-08-2024, BRITA España, 2024. dirección: <https://www.brita.es/blog/bienestar/tipos-filtros-agua>.
- [20] Ecofiltro, *Tecnología de Filtrado*, Accedido: 24-10-2024, 2023. dirección: https://ecofiltro.mx/blogs/news/tecnologia-de-filtrado?srltid=AfmBOouHC_u4BissCPuH5kg0hOz_Kycoq8NGNXVl4o4EIWPINNwra3D.
- [21] J. Huesa, *Ósmosis Inversa: Tecnología para el Tratamiento de Agua*, Accedido: 04-11-2024, 2023. dirección: <https://jhuesa.com/tecnologias/osmosis-inversa>.
- [22] W. Planet, *Filtros de Agua con Luz Ultravioleta*, Accedido: 29-10-2024, 2023. dirección: <https://waterplanetec.com/filtros/filtros-de-agua-con-luz-ultravioleta/>.
- [23] E. Labwater, *Ion Exchange*, Accedido: 24-10-2024, 2023. dirección: <https://es.elgalabwater.com/technologies/ion-exchange>.
- [24] G. Acura, *Intercambio Iónico para el Tratamiento de Agua*, Accedido: 11-11-2024, 2023. dirección: <https://grupoacura.com/es/blog/intercambio-ionico-agua/>.
- [25] Filtrashop, *10 Métodos de Purificación de Agua más Usados y Efectivos*, Accedido: 24-10-2024, 2023. dirección: <https://filtrashop.com/10-metodos-de-purificacion-de-agua-mas-usados-y-efectivos/>.
- [26] AW TSA, *Sistemas de Filtración de Agua: Tecnología Avanzada*, Accedido: 24-10-2024, 2023. dirección: <https://awtsa.com/sistemas-de-filtracion-de-agua-tecnologia-avanzada/>.
- [27] Interagua, *¿Qué es la Ultrafiltración?* Accedido: 14-11-2024, 2023. dirección: <https://interagua.mx/blog/que-es-la-ultrafiltracion/>.
- [28] Carbotecnia, «Medio Zeolita Natural Filtrante,» 2025, Accedido: 02-12-2024. dirección: <https://www.carbotecnia.info/producto/medio-zeolita-natural-filtrante/>.
- [29] Filtros y Purificadores de Agua, «Filtro Zeolita para la Filtración Industrial del Agua,» 2024, Accedido: 02-12-2024. dirección: <https://filtrosypurificadoresdeagua.com/producto/filtro-zeolita-para-la-filtracion-industrial-del-agua/>.
- [30] F. Suárez-Concepción, R. Piñero Aguilar, A. S. Prieto-Moreno, A. Alfonso-Cordoví, J. C. Carbó Castro y O. Llanes-Santiago, «Metodología para la automatización de procesos tecnológicos en la industria farmacéutica cubana,» *Ingeniería Industrial*, vol. 43, n.º 1, págs. 82-95, 2022, Accedido: 03-11-2024. dirección: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362022000100082&script=sci_arttext.
- [31] E. Serna, R. Martínez y P. Tamayo, «Una revisión a la realidad de la automatización de las pruebas del software,» *Computación y Sistemas*, vol. 23, n.º 1, págs. 169-183, 2019, Accedido: 01-11-2024. dirección: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-55462019000100169&script=sci_arttext.
- [32] P. Alberto Brunete, «Introducción a la Automatización Industrial,» *Obtenido de BookDown: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica*, 2020, Accedido: 02-11-2024.
- [33] Meditecna, «Automatización en planta potabilizadora,» 2025, Accedido: 29-12-2024. dirección: <https://www.meditecna.com.ar/blog/automatizacion-en-planta-potabilizadora>.
- [34] R. Romero Pérez, D. Soares Moraes et al., *Los retos de la adopción tecnológica en el sector hídrico de Latinoamérica*, Accedido: 02-01-2025, 2014.
- [35] R. Iriarte Mendivil, «Nuevas tendencias en sistemas de purificación de aguas,» 2020, Accedido: 03-01-2025.
- [36] R. G. Mera Vines y M. d. l. Á. Campoverde Gómez, «Propuesta de un sistema de filtración para mejorar la calidad de agua potable y/o de consumo humano en una hacienda de vía la Costa (Guayaquil,» Accedido: 05-01-2025, B.S. thesis, 2023.
- [37] D. E. Distribuidor, *PLCs Delta - Características*, Accedido: 05-02-2025, 2023. dirección: <https://deltaelectronicasdistribuidor.com/plcs-delta/#:~:text=movimiento%20por%20CANOPEN-,Caracter%C3%ADsticas,:%20hasta%2040k%20pasos%20/%20ms>.
- [38] Armotec, *Guía definitiva: Cómo seleccionar el PLC adecuado en pocos pasos*, Accedido: 05-02-2025, 2023. dirección: <https://armotec.pe/blog/guia-definitiva-como-seleccionar-el-plc-adecuado-en-pocos-pasos/>.
- [39] Siemens, *Panel HMI Siemens SIMATIC KTP700 Basic DE 7" TFT*, Accedido: 05-02-2025, 2023. dirección: <https://cl.rsdelivers.com/product/siemens/6av2123-2gb03-0ax0/panel-hmi-siemens-simatic-ktp700-basic-de-7-tft-x/8643961>.

- [40] N. Tecnologías, *Cómo escoger una HMI con NV Tec*, Accedido: 05-02-2025, 2023. dirección: <https://www.nvtecnologias.com/blog/blog-1/como-escoger-una-hmi-con-nv-tec-189>.
- [41] H. J. Rojas Ipanaqué, «Diseño de un sistema de potencia y control automatizado para riego en beneficio de los agricultores del distrito de Paramonga-2021,» 2023, Accedido: 17-11-2024. dirección: <https://repositorio.uclm.es/handle/20.500.12872/809>.
- [42] Siemens, *CPU 1516-3 PN/DP*, Accedido: 02-12-2024, 2022. dirección: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/ec/Catalog/Products/10204211>.
- [43] I. GSL, *¿Qué es un PLC y cómo funciona?* Accedido: 02-11-2024, 2023. dirección: <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>.
- [44] M. E. Navarrete Álvarez, «Implementación de una embaladora automática vertical para cajas,» Accedido: 6-11-2024, B.S. thesis, 2024. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27769>.
- [45] Siemens, *Siemens KTP700 Basic PN*, Accedido: 05-01-2025, 2025. dirección: <https://www.automation24.es/panel-hmi-siemens-ktp700-basic-pn-6av2123-2gb03-0ax0>.
- [46] I. Andes, *Pantalla HMI LOGO! TDE 6ED1 055-4MH08-0BA1*, Accedido: 04-11-2024, 2023. dirección: <https://industrialesandes.co/es/pantallas-hmi/468-pantalla-hmi-logo-tde-6ed1-055-4mh08-0ba1.html>.
- [47] K. M. Ninacondor, J. Aguilar y J. Villegas, «Diseño de una propuesta de una planta industrial para el aprovechamiento de residuos sólidos del proceso de curtido,» *Nexo Revista Científica*, vol. 32, n.º 1, págs. 75-87, 2019, Accedido: 22-08-2024. dirección: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7317084>.
- [48] I. I. G. de Formación, *Curso Online de AutoCAD Plant 3D*, Accedido: 04-11-2024, 2023. dirección: <https://www.igf.es/producto/curso-online-de-autocad-plant-3d/>.
- [49] InfoPLC, «¿Qué es TIA Portal?,» 2023, Accedido: 06-01-2025. dirección: <https://www.infopl.net/descargas/107-siemens/software-step7-tiaportal/tia-portal/3459-que-es-tia-portal-siemens>.
- [50] Tecnopl, *TIA Portal: utilidades del software*, <https://www.tecnopl.com/tia-portal-utilidades-del-software/>, Accedido: 03-01-2025.
- [51] Sothis, «WinCC SCADA: La herramienta clave para la automatización industrial,» *Sothis Tech*, 2025, Accedido: 16-01-2025. dirección: <https://www.sothis.tech/wincc-scada-la-herramienta-clave-para-la-automatizacion-industrial/>.
- [52] TDCON 4.0, *Capacitaciones en Siemens TIA Portal WinCC*, Accedido: 13-01-2025, 2025. dirección: <https://www.tdcon40.com/Capacitaciones/SIEMENS-TIA-PORTAL-WINCC>.

XII. ANEXOS

XII-A. Anexo 1 Hoja Técnica SIMATIC HMI KTP700 BASIC

SIEMENS

hoja de datos del producto

6AV2123-2GB03-0AX0



SIMATIC HMI, KTP700 BASIC, BASIC PANEL,
MANDO POR TECLAS/TACTIL,
PANTALLA TFT 7" , 65536 COLORS,
INTERFAZ PROFINET,
CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/ STEP7
BASIC V13,
CONTIENE SW OPEN SOURCE QUE SE CEDE
GRATUITAMENTE VER EN EL CD ADJUNTO

Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	7 in
Achura del display	154,1 mm
Altura del display	85,9 mm
Nº de colores	65536
Resolución (píxeles)	
Resolución de imagen horizontal	800
Resolución de imagen vertical	480
Retroiluminación	
MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20000 h
Retroiluminación variable	Sí
Elementos de mando	
Teclado	
Nº de teclas de función	8
Teclas con LED	No
Teclas del sistema	No
Teclado numérico/alfanumérico	
Teclado alfanumérico	Sí ; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
Como pantalla táctil	Sí
Diseño/montaje	
Montaje vertical (formato retrato) posible	Sí
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Sí
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	24 V DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V

Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	230 mA
Intensidad transitoria de cierre A²s	0,2 A²s
Potencia	
Consumo, tip.	5,5 W
Procesador	
Tipo de procesador	
X86	No
ARM	Sí
Memoria	
Flash	Sí
RAM	Sí
Memoria de usuario	10 Mbyte
Tipo de salida	
Acústica	
Zumbador	Sí
Altavoz	No
Hora	
Reloj	
Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
Reloj por software	Sí
Respaldado	Sí
Sincronizable	Sí
Interfaces	
Nº de interfaces RS 485	0
N.º de interfaces USB	1 ; hasta máx. 16 GB
Número de slot para tarjetas SD	0
Nº de interfaces paralelas	0
Nº de interfaces 20 mA (TTY)	0
N.º de interfaces RS 232	0
Nº de interfaces RS 422	0
N.º de otras interfaces	0
Con interfaces a SW	No
Industrial Ethernet	
N.º de interfaces Industrial Ethernet	1
LED de estado Industrial Ethernet	2
Informes (logs)	
PROFINET	Sí
PROFINET IO	No
IRT, función soportada	No
PROFIBUS	No
MPI	No

Datos técnicos



Figura 2-1 CPU 1516-3 PN/DP

6ES7516-3AN01-0AB0	
Información general	
Nombre de tipo del producto	CPU 1516-3 PN/DP
Versión del hardware	FS03
Versión del firmware	V2.0
Ingeniería	
Configurable/integrada con STEP 7 TIA Portal a partir de la versión	V14
Control de configuración	
Mediante juego de datos	Sí
Display	
Diagonal del display (cm)	6,1 cm
Elementos de mando	
Número de teclas	6
Selector de modo	1
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de alimentación	24 V DC
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Regulación por pérdida de red y alimentación	
Tiempo de regulación por pérdida de red y alimentación	5 ms
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	0,85 A
Extracorrente de conexión, máx.	2,4 A; valor nominal
I ² t	0,02 A ² s
Potencia	
Potencia consumida del bus de fondo (balance)	6,7 W
Potencia alimentada en el bus de fondo	12 W
Potencia disipada	
Potencia disipada, típ.	7 W
Memoria	
Número de slots para SIMATIC Memory Card	1
SIMATIC Memory Card necesaria	Sí
Memoria de trabajo	
Integrada (para programa)	1 MB
Integrada (para datos)	5 MB

	6ES7516-3AN01-0AB0
Memoria de carga	
Enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	32 GB
Respaldo	
Sin mantenimiento	Si
Tiempos de ejecución de CPU	
Para operaciones de bits, típ.	10 ns
Para operaciones de palabras, típ.	12 ns
Para aritmética en coma fija, típ.	16 ns
Para aritmética en coma flotante, típ.	64 ns
Bloques de CPU	
Número de elementos (total)	6000; bloques (OB/FB/FC/DB) y UDT
DB	
Banda numérica	1 ... 60 999; dividido en: banda numérica utilizable por el usuario: 1 ... 59 999 y banda numérica de DB generados mediante SFC 86: 60 000 ... 60 999
Tamaño máx.	5 MB; en caso de accesos a bloque no optimizados, el tamaño máximo del DB es 64 KB
FB	
Banda numérica	0 ... 65 535
Tamaño máx.	512 KB
FC	
Banda numérica	0 ... 65 535
Tamaño máx.	512 KB
OB	
Tamaño máx.	512 KB
Número de OB de ciclo libre	100
Número de OB de alarma horaria	20
Número de OB de alarma de retardo	20
Número de OB de alarma cíclica	20; con ciclo OB 3x mínimo de 250 µs
Número de OB de alarma de proceso	50
Número de OB de alarma DPV1	3
Número de OB de modo isócrono	2
Número de OB de alarma de sincronismo tecnológica	2
Número de OB de arranque	100
Número de OB de error asíncrono	4
Número de OB de error síncrono	2
Número de OB de alarma de diagnóstico	1
Profundidad de anidamiento	
Por clase de prioridad	24

	6ES7516-3AN01-0AB0
Contadores, temporizadores y su remanencia	
Contadores S7	
Cantidad	2048
Remanencia	
• Configurable	Sí
Contadores IEC	
Cantidad	Cualquiera (solo limitada por la memoria de trabajo)
Remanencia	
• Configurable	Sí
Temporizadores S7	
Cantidad	2048
Remanencia	
• Configurable	Sí
Temporizadores IEC	
Cantidad	Cualquiera (solo limitada por la memoria de trabajo)
Remanencia	
• Configurable	Sí
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanente total (incluidos temporizadores, contadores, marcas), máx.	512 KB; en total; memoria remanente utilizable para marcas, temporizadores, contadores, DB y datos tecnológicos (ejes): 472 KB
Marcas	
Cantidad máx.	16 KB
Número de marcas de ciclo	8; son 8 bits de marcas de ciclo, agrupados en un byte de marcas de ciclo
Bloques de datos	
Remanencia configurable	Sí
Remanencia predeterminada	No
Datos locales	
Por clase de prioridad, máx.	64 KB; máx. 16 KB por bloque
Área de direcciones	
Número de módulos IO	8192; número máx. de módulos/submódulos
Área de direcciones de periferia	
Entradas	32 KB; todas las entradas se encuentran en la memoria imagen de proceso
Salidas	32 KB; todas las salidas se encuentran en la memoria imagen de proceso
De ellas, en cada subsistema IO integrado	
• Entradas (volumen)	8 KB
• Salidas (volumen)	8 KB
De ellas, en cada CM/CP	
• Entradas (volumen)	8 KB
• Salidas (volumen)	8 KB