



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**MAESTRÍA EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE INGENIERIA

Título del proyecto:
Desarrollo de la Simulación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante el uso de software Tia Portal y Factory IO
Línea de Investigación:
Ciencias de la Ingeniería aplicadas a la industria, automatización y desarrollo sustentable del medio ambiente
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria
Autor/a:
Judith Elena Llumiquinga Bustos
Tutor/a:
Wilmer Fabián Albarracín Guarochico

Quito – Ecuador

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabián Albarracín Guarochico**, con C.I: **1713341152** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **SIMULACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS OLEOSAS CON SOFTWARE TÍA PORTAL Y FACTORY IO.**

Elaborado por: **Judith Elena Llumiquinga Bustos**, de C.I: **1717634099**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 04 de septiembre 2023



Mg. Wilmer Fabián Albarracín Guarochico

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Judith Elena Llumiquinga Bustos** con C.I: **1717634099**, autor/a del proyecto de titulación denominado: Simulación de una planta de tratamiento de aguas oleosas con software Tia Portal y Factory IO. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 04 de septiembre 2023

Judith Elena Llumiquinga Bustos
C.C: 1717634099

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INFORMACIÓN GENERAL	3
Contextualización del tema	3
Problema de investigación	4
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	5
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
1.1. Contextualización general del estado del arte	7
1.2. Proceso investigativo metodológico	10
CAPÍTULO II: PROPUESTA	12
2.1. Fundamentos teóricos aplicados	12
2.1.1. Introducción	12
2.1.2. Descripción de la planta potabilizadora de agua	13
2.1.3. <i>TIA Portal y Factory IO para el desarrollo de la simulación del proyecto</i>	21
2.1.4. Elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos que intervienen en el proceso de automatización	23
2.2. Descripción de la propuesta	52
2.2.1. Estructura general	54
2.2.2. Explicación del aporte	70
2.2.3. Estrategias y/o técnicas	72
2.3. Validación de la propuesta	74
2.3.1. Análisis de los datos tomados, de las tablas que evaluaron los especialistas	77
2.4. Matriz de articulación de la propuesta	80
2.5. Análisis de resultados. Presentación y discusión.	81
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95

Índice de tablas

Tabla 1	Componentes necesarios para el tratamiento de agua	27
Tabla 2	Sensores utilizados para el tratamiento de agua	32
Tabla 3	Transmisores utilizados en el proceso de tratamiento de agua	34
Tabla 4	Válvulas utilizadas en el proceso de tratamiento de agua	40
Tabla 5	Tipos de bombas hidráulicas	46
Tabla 6	Tipos de actuadores	49
Tabla 7	Tipos de almacenamiento del sistema	51
Tabla 8	Fase 1: Sistema de Recolección de Aguas Contaminadas con Hidrocarburos	83
Tabla 9	Fase 2: Separación del Crudo con el Agua	58
Tabla 10	Fase 3: Potabilización del Agua para Consumo	87
Tabla 11	Beneficiarios del proyecto de simulación de potabilización	72
Tabla 12	Perfil de validadores	74
Tabla 13	Criterios de evaluación	75
Tabla 14	Escala de evaluación por especialista Paúl Bunce	75
Tabla 15	Escala de evaluación por especialista Fidel Parra	76
Tabla 16	Escala de evaluación por especialista Javier Baez	76
Tabla 17	Escala de evaluación de la escala por los tres especialistas	77
Tabla 18	Matriz de articulación	80

Índice de Figuras

Figura 1	Pirámide de la automatización	13
Figura 2	Fases de potabilización del agua	15
Figura 3	Bombas de Tornillo	16
Figura 4	Tanques de almacenamiento de agua con normativa API	16
Figura 5	Funcionamiento de un decantador de agua	18
Figura 6	Concepto de floculación	20
Figura 7	Proceso de tratamiento de agua	20
Figura 8	Interfaz gráfica del Software Factory I/O	23
Figura 9	PLC S7-1200 SIEMENS	24
Figura 10	Sensor inteligente para monitoreo inalámbrico de la calidad de agua	25
Figura 11	Dispositivos transmisores de señal	25
Figura 12	Válvulas automatizadas	26
Figura 13	Válvula de mariposa con actuador eléctrico	26
Figura 14	Medidores de nivel digitales y analógicos	27
Figura 15	TIA Portal V16 y Factory IO	29
Figura 16	Sensor de PH	33
Figura 17	Transmisores de señal	33
Figura 18	Transmisor de nivel	35
Figura 19	Dispositivo sensor transmisor de nivel	35
Figura 20	Funcionamiento de un transmisor de presión	35
Figura 21	Varios tipos de transmisores de temperatura	36
Figura 22	Transmisor de flujo	36
Figura 23	Transmisor de conductividad eléctrica	37
Figura 24	Válvula manual VM	38
Figura 25	Válvula de control de flujo	38
Figura 26	Diagrama básico SCADA	39
Figura 27	Válvula de globo	41
Figura 28	Válvula de bola de entrada lateral	41
Figura 29	Válvula de mariposa	42
Figura 30	Funcionamiento de la válvula de diafragma	42
Figura 31	Funcionamiento de la válvula Solenoide	43
Figura 32	Válvula de pistón	43

Figura 33	Bomba trifásica de piscina NOX 100	44
Figura 34	Bomba de Caudal	45
Figura 35	Bomba dosificadora	45
Figura 36	Actuador hidráulico	47
Figura 37	Actuadores conectados a diferentes tipos de válvulas	48
Figura 38	Tanque plástico para captación	50
Figura 39	Diagrama general del proceso	54
Figura 40	Diagrama de flujo de la FASE 1 del proceso	56
Figura 41	Fase 2: Separación del Crudo con el Agua	57
Figura 42	Funcionamiento de un sistema de placas coalescentes	59
Figura 43	Instalación de un sistema de separación por placas coalescentes	59
Figura 44	Fase 3: Potabilización del Agua para Consumo	60
Figura 46	Pantalla principal del proceso en Tia Portal	64
Figura 47	Proceso de tanque principal	66
Figura 48	Pantalla de separadora de placas coalescentes	67
Figura 50	Pantalla del tanque de crudo	68
Figura 51	Pantalla del tanque de crudo	70
Figura 52	Resumen tabulado de evaluación de la escala por los tres especialistas	77
Figura 53	Desarrollo de las tres etapas de Tia Portal y Factory IO	81
Figura 54	Fase 1, Tia Portal	82
Figura 55	Fase 2, Tia Portal	84
Figura 55	Fase 3, Tia Portal	86

RESUMEN

En la actualidad es necesario optar por los procesos de automatización, pues con ello se logra optimizar tiempo y recursos con apoyo de la tecnología disponible, asegurando que los resultados sea lleven de manera confiable, se obtenga un mejor control, eficiencia y mejor calidad del producto final; en base a esto se propone el desarrollo de la simulación de una planta para el proceso de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos con soporte del software TIA Portal y Factory IO con esto se busca determinar los parámetros de funcionamiento para cada etapa del proceso de tratamiento del agua, definir los elementos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la simulación del sistema. Posterior configurar y programar la simulación, finalmente se propone realizar pruebas que validen el funcionamiento y desempeño del sistema completo. En base al marco teórico se determina el camino necesario para que la propuesta tome forma y pueda definirse de mejor manera, dividiéndola en 3 etapas fundamentales que son: captación de agua contaminada, separación del crudo con el agua y fase de potabilización para su distribución y consumo. Esta propuesta beneficia de manera directa a los habitantes de las zonas cercanas a los ríos que sufren de contaminación hidrocarburífera y dependen directamente de estas aguas para su subsistencia.

Palabras clave: contaminación por hidrocarburos, TIA PORTAL, Factory IO, Tratamiento de agua, Potabilización

ABSTRACT

At present it is necessary to opt for automation processes, because with this it is possible to optimize time and resources with the support of available technology, ensuring that the results are carried out reliably, better control, efficiency and better quality of the final product is obtained; based on this, the development of the simulation of a plant for the treatment process of water contaminated with hydrocarbons is proposed with the support of the TIA Portal and Factory IO software with this seeks to determine the operating parameters for each stage of the water treatment process, define the necessary elements to carry out the development of the system simulation. After configuring and programming the simulation, it is finally proposed to perform tests that validate the operation and performance of the complete system. Based on the theoretical framework, the necessary path is determined so that the proposal takes shape and can be better defined, dividing it into 3 fundamental stages that are: collection of contaminated water, separation of crude oil with water and purification phase for distribution and consumption. This proposal directly benefits the inhabitants of the areas near the rivers that suffer from hydrocarbon pollution and depend directly on these waters for their subsistence.

Keywords: oil pollution, TIA PORTAL, Factory IO, Water treatment, Water purification

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

La creciente demanda de productos y servicios han dado paso a la tecnificación y generación de diversos procesos industriales que se caracterizan por tomar materia prima de fuentes y recursos naturales para la fabricación en masa de diversos productos; en términos socioeconómicos estos procesos resultan importantes para la población, mejorando su calidad de vida, pues de allí nacen cerca del 90% de los productos que se consideran imprescindibles en el diario vivir. En el caso de la contaminación causada por la industria petrolera, que es el campo de interés de esta investigación, sus procesos industriales consideran la extracción de crudo y transporte del mismo a través de tuberías, que pueden tener el riesgo de colapsar y causar una contaminación de los ríos, esto generan daños ambientales irreversibles, por tal motivo se sugiere hacer uso de la automatización de procesos para proponer alternativas que ayuden a mitigar los efectos contaminantes de la extracción sobre el agua, utilizando técnicas que no dependan directamente de la mano de obra o de una operación manual.

La UAB (2022) menciona que para el año 2022 se detectó un derrame de aproximadamente 6300 barriles de crudo debido a la rotura del Oleoducto de Crudos Pesados como consecuencia de la erosión del suelo provocada por la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, estas tuberías que atraviesan zonas hídricas de importancia, al no tener una base en la que apoyarse, tienden a romperse contaminando de manera directa el Rio Coca, especialmente en la zona de Sucumbíos, con influencia indirecta sobre el Aguarico y las ramificaciones de las que las comunidades aledañas toman el agua para su subsistencia. Según informes del Ministerio de Ambiente el daño afectó a cerca de 21 007,91 metros cuadrados de áreas protegidas.

Según Primicias (2022), tras una inspección por el río Coca tras la rotura del Oleoducto se encontró en algunas comunidades como Panduyacu señales de contaminación, afectación a la fauna de los ríos con gran riesgo de expandir la contaminación hasta el río Napo y sus afluentes de las cuales las comunidades toman el agua para su subsistencia, corroborando así que, los daños no solo ocurren sobre la población, sino también sobre la flora y la fauna de la zona.

El uso de maquinaria conjugado con la tecnología ha inspirado a profesionales en el campo de la electrónica a crear nuevos sistemas que ayuden a resolver problemas industriales o de medio ambiente como los que padecen las comunidades del Oriente debido a los efectos de la contaminación petrolera sobre las fuentes hídricas debido a la ruptura del oleoducto o las actividades extractivitas, en este contexto, se cree conveniente usar la electrónica fusionada a la línea de automatismo para crear una solución al problema de la contaminación de agua dulce

por hidrocarburos mediante la simulación de una planta de tratamiento de aguas oleosas con apoyo del software TIA PORTAL de Siemens y Factory IO, pues el simular un proceso de potabilización y dejarlo plasmado como un proyecto a futuro, aporta de manera positiva a comunidades como Charapa, Singue, Opuno y otras que requieren procesar el agua para un consumo seguro.

Cabe destacar que la zona no cuenta con una planta de procesamiento y potabilización de agua contaminada, provocando que la población aledaña a estas fuentes hídricas tienda a enfermarse o en el peor de los casos desarrollar patologías más críticas que afectan su buen vivir tras la ingesta de agua no apta para el consumo humano.

Problema de investigación

La falta de prácticas efectivas de remediación ambiental por parte de las empresas extractoras de petróleo, así como las frecuentes rupturas que sufre el Oleoducto de Crudo Pesado que atraviesa la Amazonía cerca a fuentes hídricas de importancia, provocan que el agua de muchas afluentes se contaminen ya sea por contacto directo con el crudo cuando las tuberías revientan provocando grandes derrames o, a su vez, mediante filtración subterránea debido a los procesos de fracking desarrollado en los campamentos petroleros para la extracción de crudo, acciones que al ser recurrentes se transforman en un riesgo para la salud de la población y comunidades que dependen del agua dulce de río para consumo humano, animal y regadío. En estos últimos años oleoductos como el SOTE y OCP han tenido problemas con sus tuberías ocasionando grandes derrames que se han extendido hasta los ríos Aguarico y Coca, trasladando la contaminación a kilómetros lejos de la zona cero de la rotura.

En este contexto, el problema se adolece cuando estas comunidades no cuentan con una planta de filtración, procesamiento o potabilización de agua, o en el caso de poseerlas su funcionamiento y operación depende enteramente del factor humano, sin capacidad para eliminar residuos de petróleo, lo que afecta la salud de las personas.

Esto provoca que no se tenga un control adecuado sobre los niveles reales de contaminación del agua, la cantidad de dosificación de químicos y la duración de los procesos de saneamiento que permitan que el agua sea apta para el consumo humano.

De continuar con este panorama, los habitantes de las zonas aledañas a los ríos contaminados serán propensos a padecer enfermedades crónicas debida a la frecuente ingesta de alimentos de mala calidad debido al agua absorbida durante su desarrollo. Por esta razón, es necesario planificar una simulación de la automatización de una planta de tratamiento para

aguas oleosas mediante software especializado que permita procesar estas aguas contaminadas hasta convertirlas en aptas para el consumo.

A partir de este análisis, siendo testigos de la contaminación en los ríos de la provincia de Sucumbíos, se plantea realizar la simulación del proceso de potabilización de agua contaminada con hidrocarburos que sea un aporte de proyecto a futuro a disponibilidad de los GAD de la zona en beneficio de sus comunidades.

Para ello es importante concientizar a los GAD municipales y provinciales para la ejecución de este tipo de proyectos de potabilización que beneficien a la población que se encuentra vulnerable ante este escenario, mucho más cuando no se encuentran en la capacidad económica para afrontar el costo por tratamientos de salud causados por ingesta de agua contaminada con hidrocarburos; la ejecución de proyectos de este tipo beneficiaría a una población aproximada de 3230 personas.

Objetivo general

Desarrollar la simulación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante software Factory IO y TIA Portal

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de funcionamiento para cada etapa del proceso de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos
- Definir los elementos para la simulación la planta de tratamiento de aguas contaminadas
- Diseñar el sistema de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos utilizando los elementos del sistema
- Implementar la simulación del sistema de tratamiento de aguas contaminadas utilizando Factory IO y TIA Portal
- Realizar pruebas para validar el funcionamiento y desempeño del sistema de tratamiento de aguas contaminadas

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

Este proyecto beneficiaría de manera directa a las comunidades cercanas a los ríos por donde pasan los Oleoductos, en el caso que se llevara este proyecto a la parte física, garantizándoles la dotación de un agua de calidad, apta para su consumo, sin riesgos para la salud, con la seguridad que el líquido vital ha pasado por un adecuado proceso de potabilización y control de calidad.

De manera general, esta investigación representa un aporte directo al medio ambiente, pues toma aguas contaminadas de los ríos y entrega a la población agua limpia, proceso que se

desarrolla de mejor manera cuando este se automatiza, esto garantiza que los tiempos de bombeo en función del nivel de agua de los tanques de captación sean más eficientes, la dosificación de elementos químicos neutralizantes sea exacta y que los procesos de filtración sea ejecuten de manera correcta para que la planta distribuya agua de calidad a la población, misma que retornará a la naturaleza generando un menor impacto que aquel que tenía cuando circulaba en los ríos.

Este sistema de potabilización de agua es un modelo que usa la técnica de bombeo, separación de impurezas y cloración del agua, con la finalidad de obtener un líquido lo más puro posible para el consumo del ser humano. El alto nivel contaminante que poseen los ríos en el Oriente ecuatoriano perjudicando a la población al tomar el agua de las vertientes que vienen de los ríos hace necesario este trabajo de investigación.

Además, representa un proyecto de interés a ser implementado en lo que a construcción se refiere, pues combina la parte civil con la parte tecnológica de la automatización, esto implica un reto para la implementación de una planta potabilizadora cuya esencia se apoye en la parte electrónica y de control de procesos.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

La búsqueda de soluciones en el ámbito de la contaminación de fuentes hídricas y la potabilización del agua ha sido un desafío constante en la sociedad actual. En este contexto, esta investigación se enmarca en la exploración y consolidación de conocimientos previos que han abordado temas cruciales relacionados con la gestión del agua y la automatización de procesos en plantas de tratamiento. Se toma como punto de partida un análisis profundo de trabajos y documentos que abarcan desde investigaciones científicas hasta trabajos de titulación, con el propósito de construir una base sólida y coherente.

Este proyecto se nutre de una amplia gama de fuentes, tanto físicas como digitales, que aportan perspectivas diversas sobre la automatización de etapas críticas en una planta de tratamiento de agua. La selección cuidadosa de bibliografía y fuentes documentales permite no solo comprender el estado actual del conocimiento en este campo, sino también identificar las lagunas y áreas en las que se requiere una mayor profundización. Informes detallados, estudios científicos rigurosos y análisis previos sobre la contaminación de fuentes hídricas se entretajan para sentar las bases de un enfoque integral en la automatización de las etapas clave de una planta de tratamiento.

Según Vallejo (2020) destaca que el concepto de viabilidad en proyectos orientados hacia la purificación del agua radica en la meticulosa observancia de cada una de las etapas fundamentales que constituyen el proceso de transformación de aguas contaminadas en potables, con el uso de herramientas de automatización.

En este sentido, el trabajo de Vallejo proporciona un marco conceptual crucial para la investigación planteada ya que se centra en la automatización de etapas clave de una planta de tratamiento de agua. Al considerar el diseño de la planta como un eje central, resalta la necesidad de personalizar y adaptar los procesos automatizados a las particularidades de cada planta y su fuente de abastecimiento. La relación entre el nivel de contaminación y la configuración del proceso de purificación se convierte así en una guía esencial para la optimización de la automatización.

En la presente investigación, el enfoque de este trabajo se centra en presentar y describir un sistema operativo para el tratamiento de agua en una planta potabilizadora. Su análisis proporciona una perspectiva valiosa sobre cómo los sistemas de tratamiento se implementan

en la práctica y cómo se pueden adaptar a diferentes fuentes y condiciones de captación (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019).

Esta investigación se alinea con la necesidad de comprender la operación de plantas potabilizadoras desde una perspectiva técnica y contextual. El conocimiento adquirido de la interacción entre las fuentes de captación, los procesos de potabilización y las regulaciones normativas se convierte en un cimiento esencial para la exploración y desarrollo de soluciones de automatización en plantas de tratamiento, un aspecto clave en la búsqueda de una gestión eficiente y sostenible del agua en la actualidad.

Según Acciona (2023) el agua potable es un recurso vital necesario que cada vez escasea a nivel mundial, además, si se considera que tan solo un 0.4% de la totalidad de agua disponible en el planeta es apta para su consumo agrava el panorama, por ello se recomienda que los Gobiernos inviertan en sistemas de potabilización de agua garantizando un acceso universal a este valioso recurso; este proceso de potabilización se lo realiza de varias maneras posibles, sin embargo aquella que utiliza un proceso tecnificado industrial se basa en una ETAP conocida como Estación de Tratamiento de Agua Potable o Planta de Potabilización de Agua.

Villa (2018) en su trabajo titulado “Diseño de un sistema de control para la automatización de la planta de agua potable de San Cristóbal – Paute” enfocado en el uso de la automatización para supervisar los subprocesos de control de potabilización de agua mediante el planteamiento de diagramas de control y fuerza sobre los que se establece cada una de las etapas que requieren automatización, controlando de manera sistematizada las diferentes variables de tipo eléctrico y de dosificación de químicos; se solventa el problema de la zona de no contar con una planta automatizada de potabilización, pues únicamente depende del bombeo directo de aguas subterráneas, que tras pasar por un control manual se distribuye a la zona; con ello se establecen diferentes criterios y procesos básicos para la construcción y automatización de pequeñas plantas direccionadas al tratamiento de agua potable. Este proyecto es de valía para la presente investigación, pues basa el proceso de automatización de la planta potabilizadora en la programación con el software TIA PORTAL V.14 que permite adaptar módulos con múltiples entradas o salidas.

López (2019) en su trabajo titulado “Automatización del proceso de tratamiento de agua potable de la planta Caracoles – Mina Quellaveco” enfocado en la automatización de las etapas de coagulación, filtración y desinfección de la planta Caracoles mediante la implementación de un PLC con tablero de control, con la finalidad de optimizar la distribución de agua en función del número de trabajadores de la mina, concluyendo que el PLC LOGO! Resulta el más adecuado

para cumplir con el objetivo trazado, pues se mantiene una presión constante con velocidad controlable de RPM en las bombas de succión mediante la instalación de variadores de frecuencia; este trabajo aporta a la investigación pues presta atención especial al apartado de la automatización y selección de un PLC adecuado que cumpla con las tareas requeridas para el proceso de potabilización de agua.

Mientras tanto Conde (2019) en su trabajo titulado “Sistema de monitoreo y control para el proceso de potabilización en las juntas administradores de agua potable (JAAP)” enfocado en la adquisición de datos desde diferentes sensores ubicados en distintas etapas de la planta de potabilización, permite recopilar información en tiempo real, automatizando el proceso de tratamiento de agua logrando que este funcione de manera autónoma debido al procesamiento de los datos y su proyección en una interfaz gráfica que le permite al usuario observarlos de manera inmediata; a pesar que el prototipo implementado tiene sus limitaciones, tiende a cubrir las necesidades prioritarias de la planta como la optimización del uso de coagulante o evitar los desbordamientos por captación excesiva de agua, además recomienda utilizar software que sea de código abierto, instalar monitores apropiados que permitan visualizar de mejor manera la interfaz gráfica. Este trabajo implica un aporte positivo, pues arroja información fundamental en cuanto al uso y disposición de sensores de nivel y medición de diferentes parámetros de interés para la automatización de la planta.

Por su parte Velasco (2020) en su trabajo titulado “Sistema SCADA para el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable Conocoto” enfocado en la implementación de un sistema que permita automatizar el proceso de supervisión y ejecución para la obtención de información instantánea de las variables que intervienen en las fases de potabilización de agua; para superar este problema se ha implementado un sistema de control HMI (Human Machine Interface) que permite definir y visualizar las variables de control de la planta en conjunto con un grupo de equipos y sensores dedicados a la recopilación de datos así como al encendido de bombas y demás equipos de apoyo, con ello se logra que el operador pueda gestionar los procesos desde un tablero principal, sin necesidad de acudir personalmente hasta los equipos de bombeo para activarlos de manera individual. Este trabajo representa un aporte para la investigación al ser una guía metódica en cuanto al proceso de automatización y los parámetros considerados para la medición de datos en el proceso de potabilización de agua.

De manera general, cada uno de estos trabajos representan un aporte para la presente investigación pues abordan temáticas relacionadas con los objetivos planteados, su alcance y vinculación con la sociedad. Considerando las conclusiones planteadas y recomendaciones

sugeridas por cada uno de sus autores, se sienta la base teórica para mejor ejecución de esta propuesta tecnológica que combina una nueva idea de automatización con la experiencia adquirida en trabajos anteriores que han logrado solventar problemas similares con total éxito.

Para tecnificar de mejor manera este tipo de procesos, es necesario analizar cada una de sus fases, familiarizarse con cada una de ellas a fin de identificar las variables que requieren ser medidas, así como los parámetros que a ser monitoreados.

1.2. Proceso investigativo metodológico

La investigación es de tipo exploratoria, pues se consideran diversos parámetros y lineamientos que señalan que para el desarrollo de un sistema automatizado se sugiere realizar un estudio previo que permita establecer una hipótesis sobre la cual se desarrolla la investigación con el fin de validarla o negarla; también se lo considera como experimental, pues las variables de medición se manipulan hasta lograr obtener los resultados deseados para que la optimización ocurra de manera efectiva (Saldaña, 2019).

También es de tipo bibliográfica, pues su estructura se basa en el aporte de múltiples fuentes de las cuales se extrae información de utilidad que permita solventar los objetivos principal y específicos que se han planteado, en base a trabajos similares se aplica el conocimiento adquirido para la instalación, adaptación y automatización de sensores y medidores de diversos parámetros físicos.

Se utiliza un método inductivo, pues este proceso se lo realiza en base al razonamiento producto de la observación y experimentación con diferentes parámetros que permiten llegar a una conclusión general a partir de varios casos individuales, es decir, se parte de un hecho en concreto formulando el lineamiento para abordar un proceso más general (TIBCO CLOUD, 2023).

Es importante contar con una recolección de datos organizada, con el fin de obtener información exacta sobre los parámetros de medición de la planta, así se podrán resolver de mejor manera los posibles conflictos generados durante la fase de automatización.

Las herramientas utilizadas para la recopilación de información en esta investigación son:

Observación directa: dirigida a la población cerca de las orillas de los ríos de Sucumbíos, observar las dificultades que tienen para llegar a las captaciones hechas por la misma comunidad y saber que tan contaminada puede estar el agua.

Registros: documentos que servirán para hacer un análisis de cómo se encuentra el agua en

este momento y luego a través de la automatización se pueda comparar con los resultados que el equipo de medición incorporado en el sistema me arrojará.

La población del cantón Sucumbíos que en un 80% se ve perjudicada por la contaminación de los ríos con hidrocarburos equivale a 2836 personas, sin embargo, como un muestreo se tomará la población de La Sofía que tiene 86 habitantes y es la más cercana al río Aguarico, zona perjudicada por la contaminación petrolera (TIBCO CLOUD, 2023).

Los métodos que a usar son: observación directa, encuestas a los pobladores, fotografías del sector, registros de análisis de muestras y esto será el respaldo para que sea viable el hacer la investigación de la viabilidad de un proyecto futuro en beneficio de la comunidad del Cantón Sucumbíos.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1. Fundamentos teóricos aplicados

La automatización de procesos utiliza tecnología para automatizar procesos comerciales complejos. Por lo general, tiene tres funciones: automatizar procesos, centralizar información y reducir el requisito de participación de personas. Está diseñado para reducir los errores Incluye el uso de maquinaria para realizar tareas, software, datos y sistemas de almacenamiento, y actividades de integración (TIBCO CLOUD, 2023).

La automatización de procesos consiste en la operación de un determinado proceso que de manera previa se ejecutaba de forma manual, tecnificándolo mediante el uso de tecnología basada en la electrónica con integración de sistemas de adquisición de datos y control. En otras palabras, la sistematización consiste en utilizar la tecnología digital, ahorrando recursos de tiempo, otorgándole al operador la posibilidad de controlar un sistema a distancia desde un tablero, mejorando así el flujo de trabajo con la ventaja de la reducción de costos y posibles fallos.

Mientras que Clorid (2023) señala que la automatización emerge como una solución fundamental para enfrentar esta problemática. La aplicación de tecnologías automatizadas en el proceso de tratamiento y potabilización del agua ofrece la posibilidad de optimizar la eficiencia y la efectividad de cada etapa del proceso. La regulación y el monitoreo precisos garantizan una reducción significativa de los riesgos asociados a la contaminación y permiten la obtención de agua potable de alta calidad de manera más consistente y confiable

2.1.1. Introducción

La automatización ayuda a las personas a crear procesos que no son fáciles de hacerlo sin la ayuda de instrumentos tecnológicos, pero que son posibles cuando se interconectan elementos electrónicos para implementar un proceso industrial, la evolución constante de los sistemas mecanizados emerge como una fuerza propulsora que capacita a las personas para realizar procesos que de otra manera serían complejos sin el apoyo de instrumentos tecnológicos.

En este contexto, surge el desafío de simular una planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos hasta transformarla en agua potable segura para el consumo humano. Para lograr este objetivo, es esencial plantear un proceso efectivo, confiable y viable, ya que el sistema tiene un enfoque social, para un proyecto que puede ser implementado a futuro.

El desarrollo de la simulación se presenta como un prototipo innovador con un gran potencial para futuras aplicaciones, así se establece la necesidad de visualizar y controlar el proceso desde

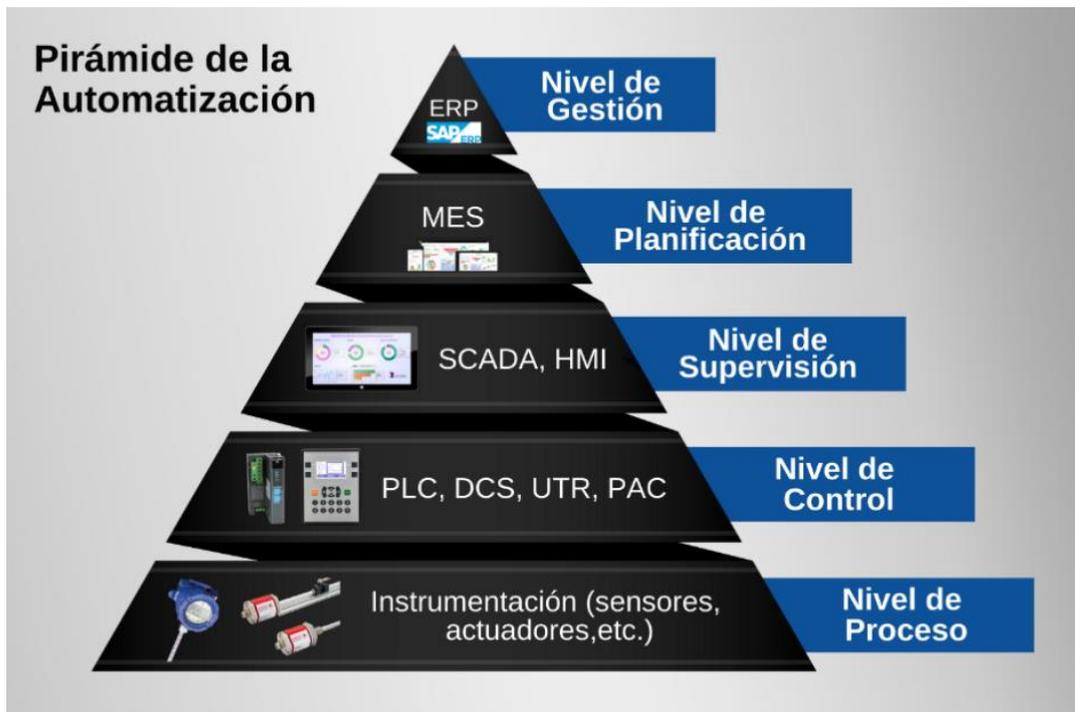
una plataforma informática, a través de una interfaz gráfica que simule cada fase del proceso de potabilización del agua, otorgando una representación virtual del camino que el agua contaminada recorre para convertirse en agua potable.

La integración entre la interfaz gráfica y los elementos en las diferentes etapas de la planta es el núcleo de esta simulación, cada elemento se conecta a la interfaz, permitiendo un control y monitoreo minucioso de todo el procedimiento. La operación del sistema se simplifica aún más mediante una pantalla que presenta botones de mando, cada uno correspondiente a los instrumentos esenciales que guían el proceso de potabilización.

La simulación representa un diseño organizado, dividido en varios niveles estratégicos de manera piramidal, como se visualiza en la Figura 1, cada escalón permite seguir un proceso ordenado que garantice el cumplimiento de cada etapa del proyecto de automatización. A través de esta metodología, la simulación avanza hacia la realización de los objetivos planteados, culminando en la obtención de agua potable apta para el consumo humano.

Figura 1

Pirámide de la automatización



Fuente: Tomado de (CTQ, 2022)

2.1.2. Descripción de la planta potabilizadora de agua

Según HIGIA (2023) una planta o estación potabilizadora de agua se configura como una estructura civil estratégica que obtiene el recurso hídrico desde fuentes naturales, el agua es indispensable para el ser humano, pues proporciona el bienestar del organismo y el ecosistema,

pero solo el 3% del agua es dulce, por lo que cada vez, es más necesario recurrir a sistemas automatizados que faciliten el acceso al agua potable.

Así es como surge el siguiente proyecto para simular una planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos. Para ello el inicio del proceso empezará con la canalización y desvío del flujo hacia lo que se denomina captación de agua, aquí se receipta el líquido con trazas de crudo que más adelante será purificada. La simulación consta de tres etapas que contemplan el sistema, distribuidas así:

- Fase de recepción y almacenamiento de agua contaminada con hidrocarburos, en tanques con norma API
- Fase de separación y decantación del agua, que utilizará técnicas de decantación por densidad para separar eficazmente los hidrocarburos del líquido.
- Fase de filtración y desnatación del agua, este proceso se ve optimizado con la incorporación de placas coalescentes, que favorecen la disgregación de estos componentes no deseados.
- Fase de tratamiento y purificación del agua, donde será sometida a un tratamiento que abarca procesos físicos y químicos de filtración y cloración, diseñados para garantizar que cualquier posible contaminante quede eliminado y que el agua alcance los estándares requeridos para su consumo humano seguro.
- Control de calidad del agua, donde se valida que el agua esté en condiciones óptimas antes de ser considerada apta para el suministro.

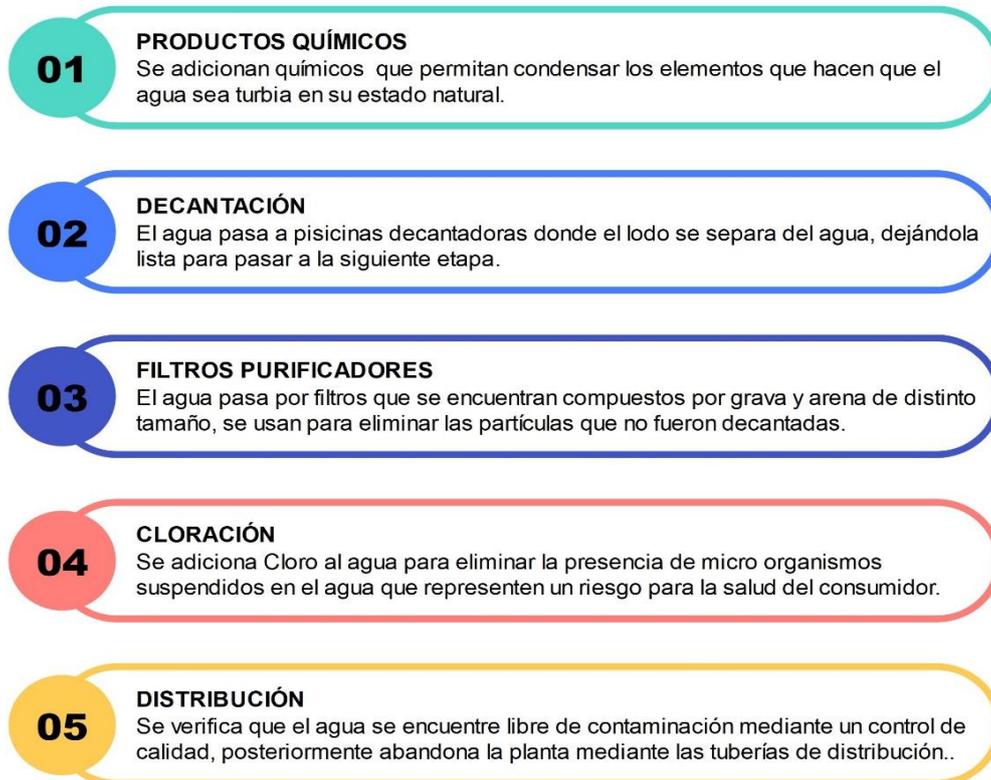
Una vez superadas estas fases, el agua tratada se almacena en tanques especialmente destinados para este propósito. Estos tanques actúan como depósitos temporales, permitiendo que el agua se conserve en condiciones adecuadas hasta que esté lista para ser distribuida. El proceso culmina con la validación de que el agua es potable y consumible para los seres humanos

Lo que se pretende con dicho proyecto es mostrar que una planta potabilizadora no solo representa una solución técnica, sino también una garantía de suministro de agua segura para una comunidad, de tal forma que el proceso debe ser minucioso y estratégico para asegurar que el agua obtenida de fuentes naturales, inicialmente contaminada con trazas de hidrocarburos, sea transformada en un recurso confiable y saludable, listo para satisfacer las necesidades de las personas en sus hogares.

La Figura 2 permite observar el proceso de potabilización de agua contaminada una vez que el líquido ha sido captado en los tanques de la planta

Figura 2

Fases de potabilización del agua



Nota. Fases de potabilización de agua con contaminación común. Fuente: Adaptado de (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2019)

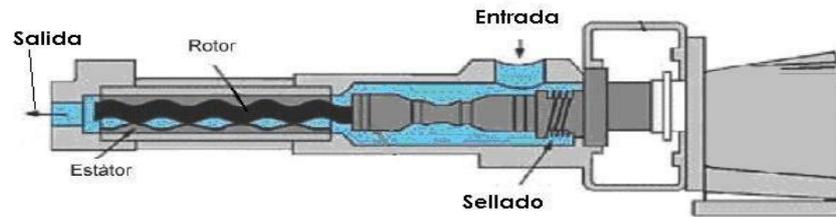
Markleen (2023) menciona que en los casos en que el agua se encuentre contaminada con restos de petróleo, es necesario adoptar un procedimiento previo de descontaminación, para ello se deben seguir algunos lineamientos que eviten la expansión del derrame y pongan en riesgo el tratamiento de agua que se encuentra en fases contiguas de la planta potabilizadora.

Para el proceso de llevar el agua desde la captación a los tanques API, se usa una bomba de tornillo sinfín o bomba de cavidad progresiva, que mediante un pistón ayuda en el proceso de separar agua contaminada con hidrocarburos gracias a su rendimiento y operación debido al uso que se le da en la transferencia de líquido viscoso o pastoso facilitando la separación de fases en una mezcla agua – hidrocarburo; este equipo opera de la siguiente manera:

- Mezcla y homogeneización, es importante asegurarse de que la mezcla agua - hidrocarburo se encuentre bien nivelada para que los componentes se distribuyan de manera uniforme, pues el tornillo puede combinar estos líquidos eficientemente mientras los mueve a través del sistema.

Figura 3

Bombas de Tornillo



Fuente: Tomado de (Jimenez, 2023)

Este tipo de bombas están diseñadas para transportar agua de diferente consistencia, también conocida como bomba de desplazamiento positivo usa un tornillo helicoidal que rota dentro de una camisa ayudando al fluido a trasladarse de un punto a otro, se usa en gran medida para el bombeo de fluidos viscosos con alta presencia de sólidos en suspensión, por ello se consideran aptas en las redes de recolección de petróleo (ECURED, 2020).

A continuación, se usan tanques en tierra que reciban el fluido contaminado en bruto para su posterior tratamiento y proceso de potabilización del agua, lo que quiere decir que, en la siguiente etapa del proyecto de simulación para descontaminar el agua, se emplean tanques en tierra diseñados para recibir la mezcla que previamente viene bombeada por el sinfín de un motor.

Tienen como propósito facilitar el tratamiento del fluido permitiendo el proceso de purificación del agua, tal como lo muestra la Figura 4, cabe destacar que estos tanques cumplen con las regulaciones establecidas por la normativa API (American Petroleum Institute), desempeñan un papel fundamental en el ciclo de tratamiento al proporcionar un lugar de recepción para el fluido contaminado, de una forma segura antes de ser sometido al proceso de purificación y potabilización.

Figura 4

Tanques de almacenamiento de agua con normativa API



Nota. Un tanque puede recibir agua que contiene grandes cantidades de derrame que requieren un tratamiento para lograr ser descontaminado. Fuente: Tomado de (EcoWay, 2023).

Tal como se menciona en Acciona (2023) cuando la fuente de la que se obtiene el recurso es superficial como en el caso de los ríos o lagos, el proceso de potabilización debe considerar una fase de separación de componentes contenidos en el agua, la precipitación de partículas en suspensión o impurezas, la filtración del fluido para finalmente desinfectar, ozonificar o clorificar el agua.

2.1.2.1. Fase de recepción y almacenamiento

Es la primera fase de la simulación del proyecto, establece el punto inicial para la transformación de agua contaminada con hidrocarburos en agua potable, el fluido se recibe y almacena de forma segura mediante la ejecución de varios pasos:

- **Recepción del agua contaminada:** el agua contaminada se recolecta y direcciona hacia los tanques de almacenamiento situados a un lado de la captación de agua, el líquido se toma de fuentes con derrames industriales, aguas residuales contaminadas o áreas afectadas por vertidos de petróleo.
- **Tanques de almacenamiento:** los tanques en tierra cumplen un papel fundamental, están diseñados para recibir y contener el fluido contaminado de manera segura, ayudan a que el agua repose y se siente, lo que permite la separación inicial de los hidrocarburos más pesados.
- **Seguridad y normativas:** La seguridad es primordial, los tanques deben cumplir con las normativas y regulaciones vigentes para el manejo seguro de sustancias contaminantes.

El tanque tiene la función de almacenar la cantidad de agua requerida para su posterior proceso de tratamiento, permitiendo que el ciclo funcione de manera correcta sin interrupciones, asegurando la presencia de un caudal constante para la siguiente fase; su diseño, construcción y ubicación dependen de las condiciones del terreno, material disponible en la zona y mano de obra localizándose de preferencia cerca de la planta de tratamiento (Pérez, 2020).

2.1.2.2. Fase de separación y decantación del agua

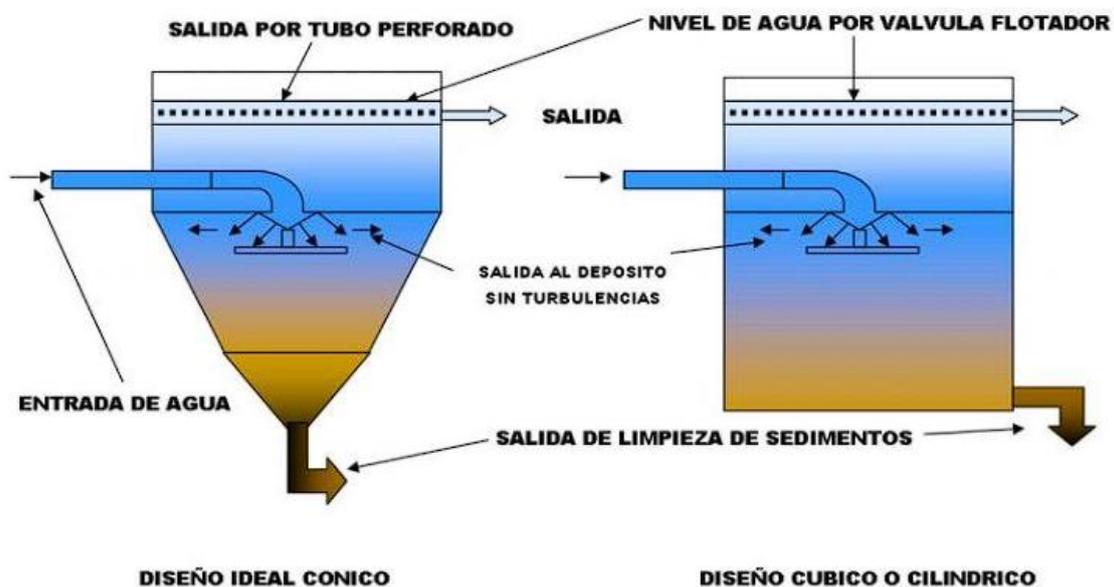
Partiendo del concepto de mezcla que implica la unión de dos o más sustancias que conservan sus propiedades individuales y para ser separadas se puede recurrir a procesos físicos o mecánicos como es el caso de la decantación o la filtración (separación de partículas sólidas contenidas en medios líquidos) o la también conocida diferencia de densidad (separación de dos fluidos de densidad diferente) generando capas superficiales (Equipos y Laboratorio, 2021).

En este punto inicia un proceso que separa los compuestos contaminantes del agua de manera natural, por diferencia de densidades mientras el fluido reposa en un tanque. El agua, al ser más pesada, tiende a permanecer en la parte inferior, mientras que los hidrocarburos al ser menos densos, flotan en la parte superior; posterior a ello mediante un vertedero de superficie libre se pasa el hidrocarburo a un tanque mientras el agua se envía a otro tanque para la siguiente fase de tratamiento. Los aspectos que se determinarán en esta fase son:

- **Transferencia al proceso de separación:** mediante el uso de bombas hidráulicas, el fluido contaminado, inicialmente almacenado en los tanques de recepción, se transfiere hasta el siguiente proceso para su separación y decantación.
- **Decantación y reposo:** durante este período, los hidrocarburos más ligeros o flotantes comienzan a separarse de manera natural debido a su diferencia de densidad con respecto al agua dando lugar a la decantación; para lograr este efecto se coloca un set que permita la formación de capas en la parte superior del tanque acumulando los hidrocarburos que flotan debido a su menor cohesión, mientras en la parte inferior se acumula el agua más limpia.

Figura 5

Funcionamiento de un decantador de agua



Nota. Proceso típico de decantación de agua con contenido de sedimentos, en el caso de los hidrocarburos estos flotan sobre el agua. Tomado de Cómo funciona un decantador de agua, 2019, Fuente. <https://n9.cl/gpzp1>

- **Almacenamiento de hidrocarburos:** el sistema almacena el hidrocarburo en un tanque que permita su posterior transporte en camiones hasta sitios seguros, lejos de la planta de potabilización.
- **Monitoreo y control:** durante todo este proceso, se realiza un monitoreo constante para

asegurarse que la separación se lleva a cabo de manera efectiva, esto se consigue mediante el uso de instrumentos de medición localizados en varios puntos estratégicos de la línea de proceso.

2.1.2.3. Fase de filtración y desnatación del agua

El desnatado del petróleo se basa en remover el aceite que se encuentra mezclado con el agua de formación mediante aplicación de métodos físicos por gravedad que permita separar las diferentes fases que componen el fluido debido a la diferencia entre sus gravedades específicas; para que este proceso ocurra de mejor manera se recomienda utilizar tanques de tipo Skimmer cuyas dimensiones se encuentran en función del tiempo que le toma al aceite o hidrocarburo ascender a la superficie del agua (Dávalos, 2018).

Una vez que el agua se encuentra libre de agentes altamente contaminantes, se pasa a la etapa de potabilización, en la cual se dosifica cantidades adecuadas de cloro que eliminan la presencia de cualquier microorganismo que represente un peligro para la salud de quienes consuman el líquido; para lograr este objetivo se utilizan varios dispositivos tal como sensores, cloradoras y sistemas de control.

2.1.2.4. Fase de tratamiento y purificación del agua

BBVA (2021) menciona que la purificación del agua inicia con la desinfección, esto se logra mediante el suministro de cantidades controladas de un agente desinfectante específico siendo el cloro el más común de ellos, sin embargo también se recurre a compuestos como el dióxido de carbono u ozono.

En la tercera fase, se realiza la transformación esencial del agua contaminada en agua potable segura y libre de compuestos peligrosos para la salud, esta etapa conlleva una serie de pasos y técnicas meticulosamente diseñados para eliminar de manera efectiva los residuos de hidrocarburos y otras impurezas presentes en el agua, detallados a continuación:

Preparación del agua: El fluido separado en la fase anterior, que todavía puede contener presencia de agua oleosa y otras sustancias contaminantes, se transfiere al proceso de tratamiento y purificación.

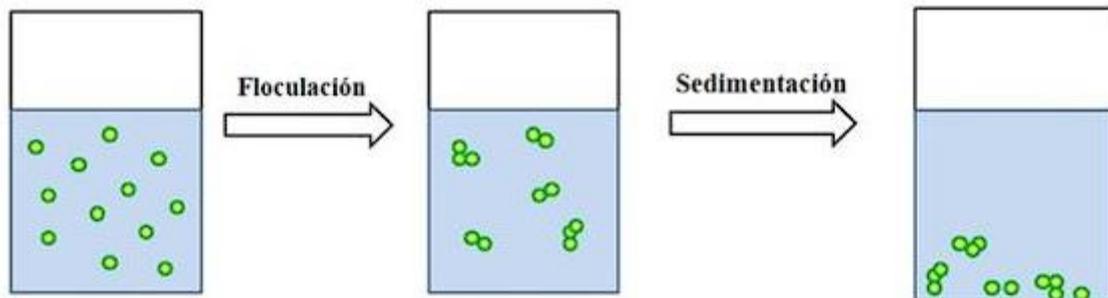
Precipitación y floculación: en el proceso de potabilización implica la adición controlada de coagulantes y el uso de filtros de arena para la floculación del agua.

Este proceso consiste en separar partículas sólidas que se encuentran en modo de suspensión en el agua, en un proceso industrial esto es importante pues facilita el proceso de

potabilización al eliminar gran cantidad de partículas altamente dañinas para el consumo personal (IQR, 2022).

Figura 6

Concepto de floculación



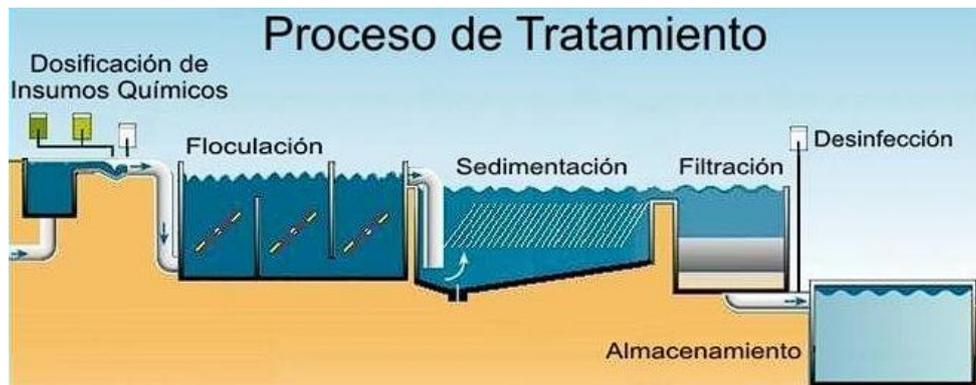
Nota. Tomado de *Floculación para el tratamiento de aguas*, 2022, Fuente. <https://n9.cl/dofwr>

Filtración: El agua tratada con anterioridad pasa a través de filtros de carbón activado y algodón de diferentes tamaños que permitan la eliminación de partículas finas y pequeñas que puedan quedar suspendidas después de la sedimentación

Desinfección: Para eliminar bacterias, virus y otros microorganismos patógenos, se realiza un proceso de desinfección, el método utilizado es la cloración, donde se añade cloro al agua en cantidades controladas para garantizar su seguridad microbiológica.

Figura 7

Proceso de tratamiento de agua



Nota. La figura resume el proceso de tratamiento del agua hasta su almacenamiento Tomado de *Floculación para el tratamiento de aguas*, 2022, Fuente. <https://n9.cl/dofwr>

2.1.2.5. Control de calidad del agua

Pradillo (2019) menciona que el control de calidad de agua inicia desde el origen de su captación, es decir desde los ríos o embalses de donde proviene, proceso que continúa durante el proceso de tratamiento hasta su posterior almacenamiento; por ello es importante tomar muestras constantes en cada una de estas etapas que permitan conocer la calidad de líquido y

si este se encuentra apto para su consumo, en caso que los parámetros de calidad se encuentren fuera de los rangos permisibles es necesario tomar medidas correctivas que no afecten la calidad de agua que se encuentra apta en etapas posteriores.

En esta fase se llevan a cabo varias medidas y análisis con el fin de asegurar que el agua tratada y purificada cumpla con los estándares y regulaciones establecidos para considerarse como agua potable, entre ellas se puede mencionar:

Muestreo Riguroso: mediante un sensor de ppm, se realiza un análisis de calidad, para garantizar la pureza del agua; estos muestreos se realizan según una programación establecida y son representativos de la calidad general del agua.

2.1.3. TIA Portal y Factory IO para el desarrollo de la simulación del proyecto

En el panorama actual de la industria, la automatización se ha convertido en un pilar fundamental para optimizar procesos y aumentar la eficiencia en diversos campos. En esta línea, el presente proyecto se adentra en el mundo de la automatización de procesos industriales, utilizando dos herramientas poderosas como son el software TIA Portal y Factory IO.

Los sistemas automatizados necesitan tener una red de comunicación entre sus distintos niveles de jerarquía, por lo que es necesario que manejen un lenguaje que les permita comunicarse de manera efectiva, sin esto no sería posible que los datos sean trasladados desde los sensores, convertidos y entregados de manera lógica en la interfaz gráfica (Córdor, 2019).

El objetivo de este proyecto es explorar y demostrar cómo la integración de estas herramientas puede impulsar la automatización, en particular, en el contexto de la simulación de un proceso como el tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos para su conversión en agua potable. Mediante esta iniciativa, no solo se pretende abordar un desafío en términos de seguridad y salud pública, sino también resaltar cómo las soluciones tecnológicas pueden marcar una diferencia significativa en la calidad y eficiencia de los procesos industriales.

En las siguientes secciones, se desglosa el papel fundamental que desempeñan TIA Portal y Factory IO en la automatización de cada fase del proceso de tratamiento desde la recepción y almacenamiento inicial, pasando por la separación y purificación, hasta el control de calidad final; estas herramientas se usan como base en la creación de un entorno virtual que simula la planta de tratamiento, lo que no solo nos permite analizar cada etapa en detalle, sino también optimizar el enfoque antes de una implementación real.

A medida que se profundiza en cada fase, se explora de cerca cómo los sensores, los controladores, las bombas, los actuadores y otros elementos clave interactúan en perfecta

armonía, orquestados por TIA Portal y Factory IO. Esto con la ventaja y capacidad de monitorear, controlar y ajustar cada aspecto del proceso ya que estas herramientas no solo simplifican la automatización, sino que también abren nuevas vías para la mejora continua de los procesos industriales y su innovación.

En última instancia, este proyecto busca destacar el potencial transformador de la automatización en la industria y cómo las herramientas de vanguardia como TIA Portal y Factory IO pueden ser aprovechadas para diseñar y simular soluciones efectivas. A medida que se avanza en el proyecto, se vuelve evidente cómo la tecnología actúa como un catalizador para el progreso, permitiendo abordar desafíos complejos y generar resultados óptimos.

En las páginas siguientes, se explora cada fase del proyecto, desde su concepción hasta su implementación virtual, demostrando cómo TIA Portal y Factory IO trabajan en armonía para llevar la automatización de procesos industriales a nuevas alturas de eficiencia y efectividad.

2.1.3.1. TIA Portal

Es un software de la casa SIEMENS que permite programar dispositivos PLC y HMI para automatización industrial en proyectos de pequeño, mediano y gran tamaño en busca de optimizar la eficiencia de sus procesos; este software permite la programación de PLCs desarrollando y depurando programas, configurar interfaz HMI que permite la creación de distintas interfaces de operación, integración de diferentes dispositivos electrónicos como es el caso de los variadores de frecuencia, motores o también el diagnóstico de fallos en los sistemas de control (Dominguez, 2023).

Entre las principales características que presenta TIA Portal, según Aula21 (2022) se puede indicar:

- Programación de PLC
- Configuración de HMI
- Integración de dispositivos, variadores de frecuencia y servomotores
- Diagnóstico y mantenimiento

Algunos de los PLC programables con este software son las versiones PLC S7-1200, PLC S7-1500, PLC S7-300, PLC S7-400 y las ET serie 200, 200SP, 200S y 200pro.

2.1.3.2. Factory I/O

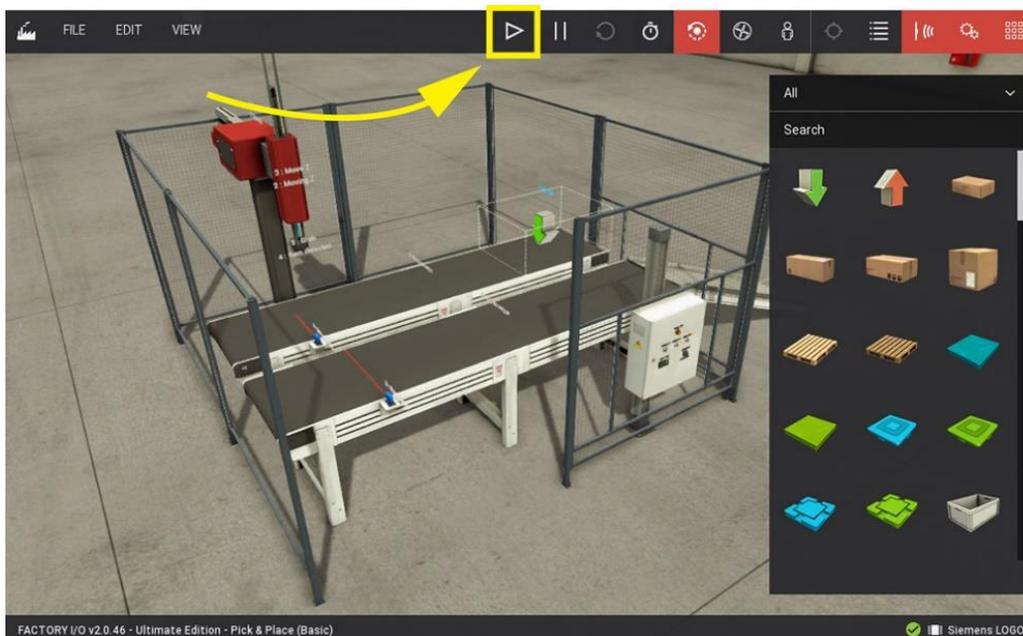
Según lo menciona Marín (2018) Factory IO es un software interactivo de fácil uso que

permite armar de manera sencilla estaciones o pequeñas industrias virtuales utilizando piezas industriales y escenas comunes de aplicaciones industriales que en dependencia de cómo interactúen unas con otras pueden elevar el nivel de dificultad del proyecto.

Es un software especializado en la simulación 3D de diferentes procesos industriales, su interfaz permite controlarlos a voluntad en tiempo real, su característica principal radica en su facilidad de conectividad con equipos externos como PLCs o microprocesadores. Es decir que, con este software se puede simular un proyecto de planta industrial sin necesidad de contar con una infraestructura física construida, la interfaz gráfica del software se puede visualizar en la Figura 8 (MasterPLC, 2023).

Figura 8

Interfaz gráfica del Software Factory I/O



Nota. Adaptado de *Factory IO: Simulación 3D de fábrica*, Anáhuac, 2020, Fuente. <https://n9.cl/xuyjo>

2.1.4. Elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos que intervienen en el proceso de automatización

A lo largo de las distintas fases, se explora cómo la automatización y el control preciso de los elementos del proceso pueden contribuir significativamente a la eficiencia y efectividad de una planta potabilizadora.

A través de esta simulación, se busca no solo demostrar la viabilidad técnica, sino también resaltar la importancia de la innovación en la búsqueda de soluciones sostenibles para la comunidad; para que el proceso de tratamiento de agua se automatice de manera efectiva, es

esencial considerar una serie de componentes clave que formarán la columna vertebral de la automatización.

Estos elementos, que abarcan equipos, instrumentos, sensores y transmisores de señal, son fundamentales para asegurar un control preciso en cada etapa del proceso. A continuación, se presenta una enumeración y descripción detallada de cada uno de ellos, lo que permite comprender su funcionalidad y características distintivas.

- **Sistemas de control automatizado:** La base de la automatización radica en sistemas de control programables, que permiten la supervisión y el ajuste automático de las operaciones. Estos sistemas pueden ser PLCs (Controladores Lógicos Programables) como el que se muestra en la Figura 9 o sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Figura 9

PLC S7-1200 SIEMENS



Nota. Tomado Tia Portal, PLC Siemens Módulo lógico en el que se programó

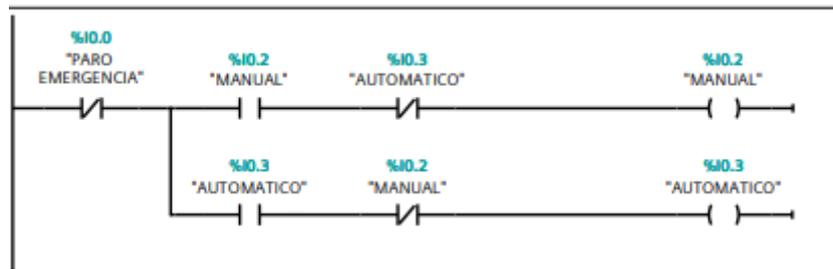
Fuente. Autora

- **Sensores de calidad del agua:** Para asegurar la calidad óptima del agua en cada fase, se utilizan sensores de pH, turbidez, conductividad y otros parámetros. Estos sensores proporcionan datos en tiempo real que son cruciales para tomar decisiones informadas.

En general, estos sensores disponen de salidas digitales con protocolo de comunicación Modbus que facilita el enlace con otros sensores, su principio de funcionamiento se basa en la medición de la conductividad que tiene el fluido, para ello aplica una intensidad de corriente que es directamente proporcional a la conductividad del agua, un ejemplo de ellas se visualiza en la Figura 10.

Figura 10

Sensor inteligente para monitoreo inalámbrico de la calidad de agua



Nota. Sensores de medición de parámetros múltiples de la calidad de agua. Tomado de *Software Tia Portal V.16*

Fuente. Autora

- **Transmisores de señal:** Convierten las señales provenientes de los sensores en formatos comprensibles para los sistemas de control, además, permiten la transmisión de datos de manera eficiente y precisa.

De manera general los transmisores en la industria se usan en la medición y transmisión de las diversas variables involucradas en un proceso, entre las más usadas se tienen los de temperatura, presión, flujo y nivel; para que el ciclo de transmisión se considere completo se necesita contar con un sensor que tome la señal, el convertidor que transforme esta señal en digital o analógica y finalmente un amplificador que transmita esta señal hasta un registrador que almacene la información obtenida, algunos tipos de transmisores se observan en la Figura 11 (Mecafenix, 2021).

Figura 11

Dispositivos transmisores de señal



Nota. Tomado de *Qué son y cómo funcionan los transmisores*, Mundo Compresor, 2023, Fuente. <https://n9.cl/jpb6k>

- **Válvulas automatizadas:** Permiten regular el flujo de agua y la adición de reactivos químicos en cada etapa del proceso, garantizando condiciones ideales de tratamiento, pueden ser de varios tipos como las que se muestran en la Figura 12.

Figura 12

Válvulas automatizadas



Nota. Tomado de *Válvulas de bola automatizadas*, ABT, 2023, Fuente. <https://n9.cl/awcxa>

- **Bombas de dosificación:** Permiten agregar productos químicos en cantidades precisas, aquí la dosificación exacta es esencial para lograr la eficacia en la purificación y evitar el desperdicio.
- **Actuadores:** Permiten la automatización de las operaciones mecánicas, como la apertura y cierre de válvulas. Estos dispositivos traducen las señales del sistema de control en movimientos físicos; están formados por un motor y un reductor que acciona un dispositivo para que este pueda realizar determinados movimientos, la comunicación se da a través de cables transmisores de electricidad y señales, un ejemplo de ellos se puede observar en la Figura 13.

Figura 13

Válvula de mariposa con actuador eléctrico



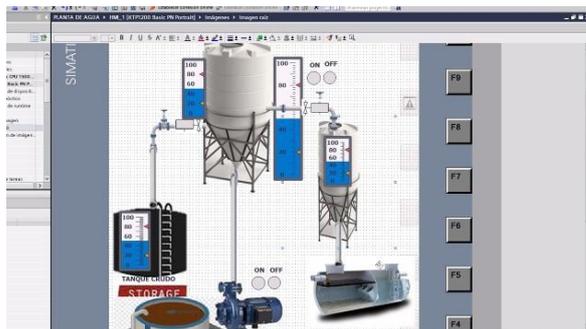
Nota. Tomado de *Válvulas mariposa con actuador eléctrico*, Todo Válvulas, 2023, Fuente. <https://n9.cl/kio3e>

- **Sistemas de almacenamiento y distribución:** La automatización también abarca la gestión de tanques de almacenamiento y sistemas de distribución. Los sensores de nivel y los sistemas de llenado automático contribuyen a un manejo eficiente.

Un sensor de nivel es un dispositivo de tipo electrónico que se encarga de medir la altura de una columna de fluido que se encuentra contenido en un tanque o recipiente; es de importancia para el control de un proceso de automatización industrial pues funcionan como una alarma cuando el nivel de fluido sobrepasa o se encuentra por debajo de los límites permisibles, esto permite que otros dispositivos de control y acción del sistema actúen para corregir estos problemas, algunos tipos de sensores de nivel son de tipo flotador, capacitivo, conductancia, microondas, diafragma, vibración, ópticos, sonda, ultrasónicos, radar, radioactivos, presión diferencial o de presión hidrostática, tal como se visualiza en la Figura 14.

Figura 14

Medidores de nivel digitales y analógicos



Nota. Sensores colocados para control de nivel en tanques, en Tia Portal diseño

Fuente. Autor

- **Unidad de control de desinfección:** Para la desinfección, se emplean sistemas automáticos que controlan la adición precisa de agentes desinfectantes, como el cloro, con base en la demanda y la calidad del agua.

Tabla 1

Componentes necesarios para el tratamiento de agua

No.	Componente	Función y Descripción
1	Sistemas de Control Automatizado	Supervisan y ajustan las operaciones del proceso.
2	Sensores de Calidad del Agua	Monitorean parámetros como pH, turbidez y conductividad.

3	Transmisores de Señal	Convierten señales de los sensores para el sistema de control.
4	Válvulas Automatizadas	Regulan el flujo de agua y la adición de reactivos.
5	Bombas de Dosificación	Añaden químicos en cantidades precisas.
6	Actuadores	Automatizan operaciones mecánicas como apertura de válvulas.
7	Sistemas de Almacenamiento	Manejan tanques de almacenamiento y distribución.
8	Unidad de Control de Desinfección	Controla la adición de agentes desinfectantes.

2.1.4.1. Sistemas de control automatizado

Se relacionan con la infraestructura tecnológica y los componentes que, utilizados para supervisar, regular y controlar de manera automática y precisa los procesos industriales o sistemas complejos. Se basan en la programación y configuración de dispositivos electrónicos y computadoras para ejecutar tareas específicas sin la necesidad de intervención humana constante.

En el contexto de una planta de tratamiento de agua contaminada, los sistemas de control automatizado son responsables de gestionar y optimizar diversas etapas del proceso, como el monitoreo de parámetros, la regulación de flujo de agua, la adición de productos químicos y otros aspectos cruciales para garantizar la purificación efectiva del agua. Estos sistemas pueden incluir: controladores lógicos programables (PLCs), sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), interfaces de pantalla táctil (HMI) y otros dispositivos electrónicos diseñados para ejecutar tareas específicas según la programación y las condiciones del proceso.

Para lograr bombear agua desde las piscinas de captación al tanque se emplea una bomba hidráulica trifásica con potencia nominal de 5 HP, de esta manera se aumenta la energía mecánica del fluido logrando desplazarlo a través de una topología compleja desde un sitio hasta otro, un ejemplo de este tipo de bomba se observa en la Figura 15 TIA Portal V16 y Factory IO

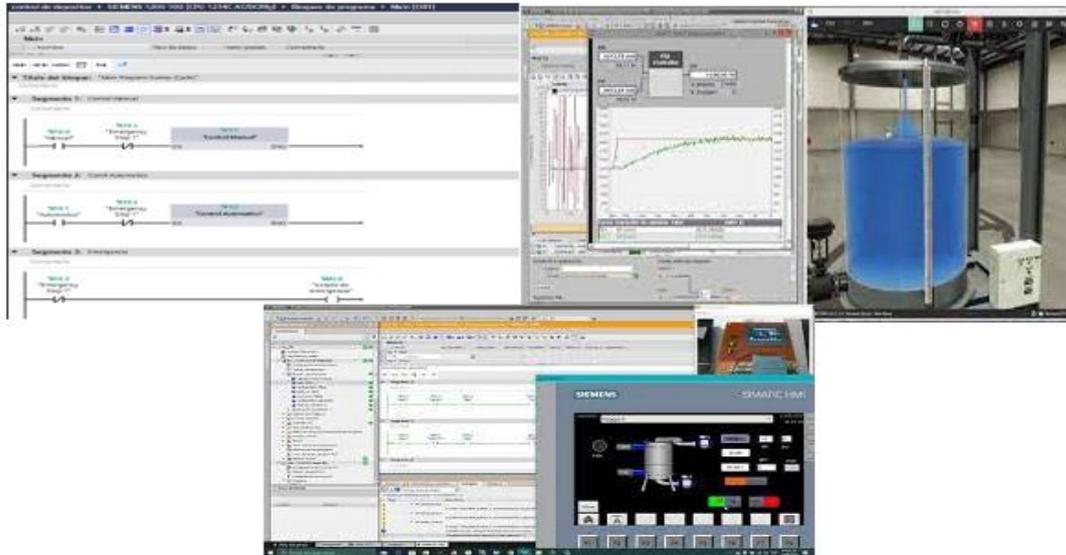
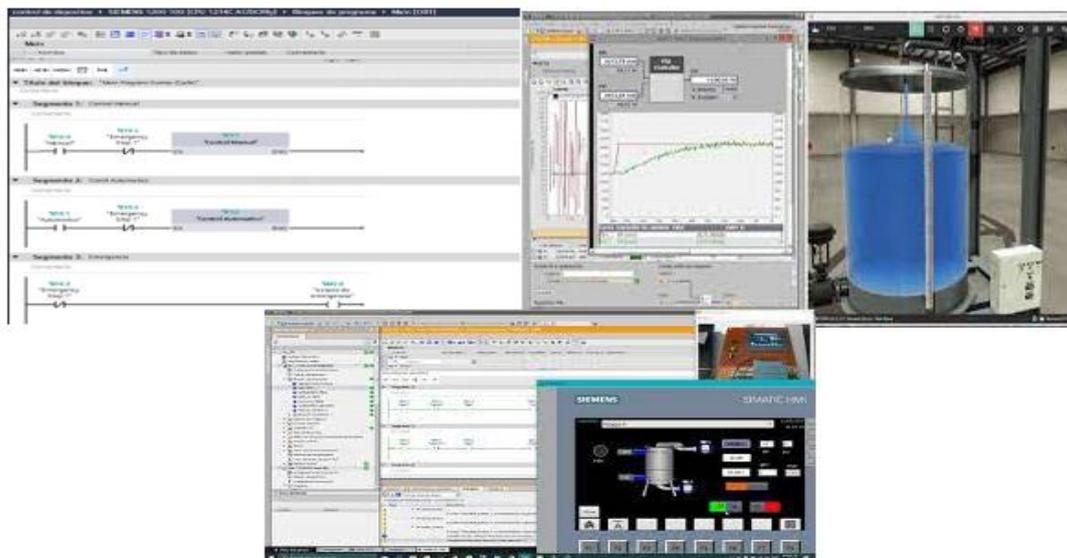


Figura 15

TIA Portal V16 y Factory IO



Nota. Interfaz gráfica de TIA Portal & Factory IO

2.1.4.2. Controlador Lógico Programable SIEMENS

Un PLC es un dispositivo electrónico que se usa en el control de distintos procesos industriales de manera automatizada, en el contexto de Factory IO, un PLC virtual es una representación digital de su similar físico que emula su funcionalidad en un entorno de simulación. A continuación, se explica cómo funciona un PLC virtual dentro de Factory IO.

Programación: Al igual que en un entorno industrial real, un PLC virtual en Factory IO se programa para realizar tareas específicas, este utiliza lenguajes de programación como el de diagrama de escalera (Ladder Logic), dónde el usuario crea una serie de instrucciones que definen cómo el PLC debe interactuar con los diferentes componentes y sensores en la

simulación.

Interacción con componentes: Una vez que el programa del PLC está configurado, este interactúa con los componentes virtuales presentes en la simulación de Factory IO. Por ejemplo, puede activar y desactivar válvulas, encender y apagar bombas, ajustar niveles de tanques y otros dispositivos dentro del entorno virtual.

Sensores virtuales: Factory IO proporciona una variedad de sensores virtuales que simulan la detección de condiciones como nivel de líquidos, temperatura, presión, etc. El PLC virtual interpreta las señales enviadas por estos sensores para tomar decisiones basadas en el programa previamente diseñado.

Lógica de control: El PLC virtual ejecuta las instrucciones programadas utilizando una lógica de control. Por ejemplo, si se establece una condición específica en el programa, como un nivel de agua demasiado bajo en un tanque, el PLC puede enviar una señal para activar una bomba y rellenar el tanque hasta alcanzar el nivel deseado.

Respuesta en tiempo real: Al igual que un PLC en un entorno real, el PLC virtual en Factory IO opera en tiempo real. Esto significa que responde a las condiciones y eventos de la simulación en tiempo real, lo que permite una representación precisa de cómo un sistema automatizado interactuaría en la práctica.

2.1.4.3. Sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*)

La definición y selección de las variables de control adecuadas, permite que el proceso fluya de mejor manera, en caso que los equipos tengan cierta antigüedad se recomienda una vinculación mediante entradas análogas siempre buscando el objetivo de abarcar todas las variables junto con los sensores, actuadores e instrumentos necesarios (Velasco, 2020).

Dentro del contexto del proyecto de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, la integración de la herramienta WinCC en TIA Portal puede ser una contribución fundamental para lograr una transformación exitosa y controlada de dichas aguas en agua potable segura. El uso de WinCC y TIA Portal se traduce en beneficios concretos para el proyecto:

Supervisión y control integral: La capacidad de crear interfaces de pantalla táctil (HMI) a través de WinCC permite a los operadores monitorear y controlar cada etapa del proceso de tratamiento; así como también observar en tiempo real de los datos y parámetros clave, como niveles de contaminantes, caudales y temperaturas, permite una supervisión exhaustiva y una toma de decisiones informada.

Un sistema HMI es una interfaz de control que permite que una persona pueda conectarse con una máquina o dispositivo de manera remota a través de una pantalla, estos procedimientos son muy utilizados en los procesos industriales que requieren el control y monitoreo de máquinas o sistemas, en otras palabras un HMI permite centralizar en una sola pantalla todos los datos obtenidos de la red de sensores, controladores y actuadores instalados de una manera gráfica con conexión directa con los sistemas SCADA (Aula21, 2023).

Por su parte Haro (2022) menciona que en la actualidad el sistema HMI destaca dentro de la automatización industrial, pues conecta de manera remota al hombre con la máquina permitiendo que esta pueda ser controlada de manera remota, a distancia, sin necesidad de intervención directa de la persona a menos que sea estrictamente necesario, de manera adicional esto permite que las operaciones generadas sobre el sistema sean confiables.

Alertas y respuesta rápida: Mediante la configuración de alarmas en WinCC, los operadores pueden recibir notificaciones instantáneas sobre condiciones anormales o eventos críticos en el proceso. Esto permite una respuesta pronta ante situaciones que requieren atención, reduciendo los riesgos potenciales y mejorando la eficiencia operativa.

Registros históricos y análisis: WinCC permite la recopilación y el almacenamiento de datos históricos. Estos registros son esenciales para el análisis de tendencias a lo largo del tiempo, la detección de patrones y la identificación de áreas de mejora en el proceso de tratamiento, donde la información respalda la toma de decisiones basada en datos y la optimización continua.

Interfaces intuitivas: Las interfaces HMI creadas con WinCC pueden diseñarse de manera intuitiva y amigable para los operadores. Esto facilita la interacción con el sistema, incluso para aquellos que no tienen experiencia técnica profunda, lo que reduce la posibilidad de errores humanos y acelera la capacitación de nuevos operadores.

Integración completa: La integración de WinCC en el entorno TIA Portal permite la sincronización de la programación de controladores PLC con la interfaz de visualización. Esto asegura una comunicación fluida entre el control y la supervisión, creando un sistema de automatización cohesivo y completo.

Este tipo de sistemas permiten visualizar en una misma pantalla HMI, el estado integral de funcionamiento de toda la infraestructura montada en las instalaciones, desde la presión, el caudal, niveles en los depósitos hasta el registro de operación de cada uno de los equipos, lo que permite construir una bitácora con la recolección de datos históricos, que resultan importantes al momento de un posible mantenimiento (Martínez, 2018),

2.1.4.4. Sensores de calidad del agua

En la fase de "Recepción y Almacenamiento" del proyecto de simulación de la planta de tratamiento, se implementarán sensores de calidad del agua para monitorear y evaluar los parámetros esenciales que indican el estado de contaminación y la eficacia del proceso de tratamiento. Estos sensores, ubicados estratégicamente en diferentes puntos del sistema, proporcionan datos cruciales para tomar decisiones informadas en cada etapa del proceso.

La selección de los sensores adecuados es un aspecto clave para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados. Los sensores de calidad del agua pueden abarcar una amplia gama de parámetros, como pH, turbidez, conductividad eléctrica, concentración de hidrocarburos, niveles de contaminantes específicos y más. La información recopilada por estos sensores permite monitorear el progreso del tratamiento y ajustar las operaciones según sea necesario.

La integración de los sensores de calidad del agua en la simulación mejora la capacidad de seguimiento y control del proceso de tratamiento, optimizando la eficiencia y garantizando la producción de agua potable segura. Esta fase establece las bases para la toma de decisiones informadas y el ajuste preciso de los parámetros del proceso, todo ello dirigido a la consecución del objetivo final: convertir el agua contaminada con hidrocarburos en un recurso valioso y apto para el consumo humano.

Tabla 2

Sensores utilizados para el tratamiento de agua

Sensor	Parámetro Medido	Representación en Factory IO
Sensor de pH	Acidez/Alcalinidad (pH)	Componente virtual de medición de pH
Sensor de turbidez	Claridad del agua (Turbidez)	Componente virtual que simula opacidad
Sensor de conductividad eléctrica	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cambios visuales en la conductividad virtual
Sensor de niveles	Niveles de agua	Componentes virtuales de tanques y niveles
Sensor de concentración de hidrocarburos	Hidrocarburos (%)	Cambios visuales en la concentración virtual

Sensor de PH: permite medir el nivel de alcalinidad o acidez presente en una solución en una escala comprendida entre 0 a 14; la información obtenida por el sensor es cuantitativa y se

expresa en término de la actividad de iones H, sin embargo es necesario seleccionar un sensor adecuado considerando algunos criterios de muestro como lo sugiere (Mettler Toledo, 2023).

- Composición química de la mezcla
- Homogeneidad de la mezcla
- Tamaño del contenedor del líquido
- Rango de pH
- Temperatura de la mezcla

La precisión del sensor depende de algunos factores, especialmente de la temperatura del fluido o su conductividad, especialmente si esta es baja, un modelo de este dispositivo se observa en la Figura 16.

Figura 16

Sensor de PH



Nota. Tomado de Sensores de pH, Mettler Toledo, 2023, Fuente. <https://n9.cl/7uryh>

2.1.4.5. Transmisores de señal

DISAI (2023) menciona que son dispositivos que convierten una magnitud física, como la presión, el nivel, la temperatura, etc., en una señal eléctrica estandarizada que puede ser interpretada por otros dispositivos, como controladores PLC o sistemas SCADA. En el contexto del proyecto de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, los transmisores de señal recopilan y transmiten datos de los diferentes sensores y componentes del sistema.

Figura 17

Transmisores de señal



Nota. Diferentes tipos de transmisores de flujo (caudalímetros) digitales y análogos. Tomado de Medidor de flujo de presión diferencial, SAUR, 2023, Fuente. <https://n9.cl/trizp>

A continuación, se explica cómo los transmisores de señal forman parte del proyecto de tratamiento de agua:

Interfaz con sensores: Los transmisores de señal se conectan físicamente a los sensores que miden parámetros como nivel de agua, presión, temperatura, etc. Estos sensores generan señales que representan las magnitudes medidas, y los transmisores convierten esas señales en formatos estándar que pueden ser transmitidos.

Conversión de señales: Por ejemplo, si tienes un sensor de nivel ultrasónico midiendo el nivel de agua en un tanque, el transmisor de señal tomará la señal eléctrica generada por el sensor y la convertirá en una señal analógica o digital que puede ser interpretada por los sistemas de control.

Transmisión a controladores: Los transmisores de señal envían estas señales estandarizadas a los controladores, como PLCs o sistemas SCADA, estos controladores procesan la información y toman decisiones en función de la información recibida, según su configuración previa en base a los parámetros de operación establecidos.

Integración en la interfaz SCADA: La información transmitida por los transmisores de señal puede ser visualizada y supervisada en la interfaz SCADA, creada usando la herramienta WinCC en TIA Portal. Esto permite a los operadores monitorear el estado de los diferentes parámetros en tiempo real.

Control y acciones: Basados en los datos recibidos de los transmisores, los controladores pueden activar acciones automáticas, como abrir o cerrar válvulas, ajustar la temperatura o activar sistemas de alarma en caso de condiciones anómalas

Tabla 3

Transmisores utilizados en el proceso de tratamiento de agua

Tipo de Transmisor	Parámetro Medido	Posible Representación en Software
Transmisor de presión	Presión	Componente virtual que simula la presión
Transmisor de nivel	Nivel de agua	Cambios visuales en el nivel virtual
Transmisor de temperatura	Temperatura	Cambios visuales en la temperatura virtual
Transmisor de flujo	Caudal de agua	Componente virtual de medición de flujo
Transmisor de conductividad	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cambios visuales en la conductividad virtual

Transmisor de nivel. Son dispositivos que permiten mantener un control sobre un proceso industrial, su función es la de captar la variable de proceso nivel a través de un sensor para posteriormente enviar esa señal a otro dispositivo de manera neumática, eléctrica o digital, para este caso se recomienda utilizar sensores de presión diferencial que se encargan de tomar medidas de presión antes y después que se interrumpe el flujo, un ejemplo de este transmisor se visualiza en la Figura 18 y Figura 19 respectivamente (López, 2023).

Figura 18

Transmisor de nivel



Nota. Tomado de *Medidor de nivel*, Castaño, 2020, Fuente. <https://n9.cl/9a2g8>

Figura 19

Dispositivo sensor transmisor de nivel

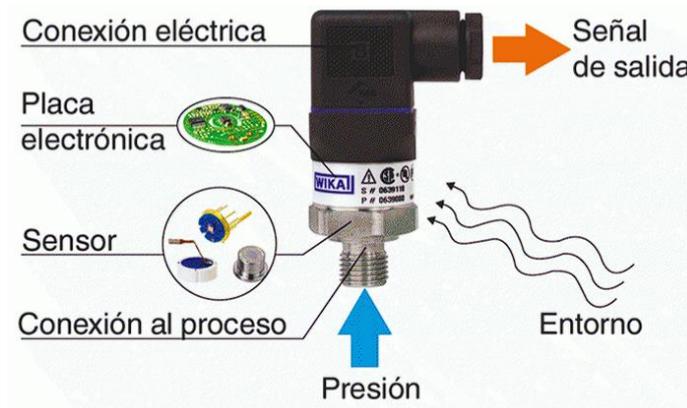


Nota. Adaptado de *Transmisor de nivel Multivariable Mod IMV31 Foxboro*, DISAI, 2023, Fuente. <https://n9.cl/uyqse>

Transmisor de presión. Este instrumento mide la variación de presión dentro de un fluido y convierte esta información en una señal eléctrica que se transforma en información legible para el operario en la interfaz HMI, entre los principio fundamentales para esta medida se tiene los sensores resistivos, capacitivos, piezoresistivos y piezoeléctricos, su funcionamiento se puede observar en la Figura 20 (Doria, 2023).

Figura 20

Funcionamiento de un transmisor de presión



Nota. Tomado de *¿Cómo funciona un transmisor de presión?*, Doria, 2023, Fuente. <https://n9.cl/jfhi8>

Transmisor de temperatura. Este dispositivo transforma la variación de una resistencia en el caso de un termistor o de la tensión en un termopar que se produce por los cambios de temperatura del fluido en señales normalizadas de corriente; estos dispositivos pueden instalarse de manera independiente en donde se requiera obtener información, en caso que se produzcan excesos de temperatura, o esta caiga a valores menores que los permisibles se emite una alarma que alerta de la situación al operador, algunos tipos de estos transmisores se pueden visualizar en la Figura 21 (Wika, 2022).

Figura 21

Varios tipos de transmisores de temperatura



Nota. Tomado de *Transmisores de temperatura*, Wika, 2023, Fuente. <https://n9.cl/l8fmr>

Transmisor de flujo. También conocido como flujómetro o caudalímetro es un instrumento que permite medir la cantidad de caudal de un fluido o gas que atraviesa por una sección transversal en un determinado instante; estos transmisores permiten detectar fallas en el sistema, mejora su seguridad y permite realizar controles sobre el fluido de un proceso, un ejemplo de este tipo de medidores se observa en la Figura 22 (Colmáquinas, 2023)

Figura 22

Transmisor de flujo



Nota. Tomado de *Transmisores de flujo*, Colmáquinas, 2023, Fuente. <https://n9.cl/obm2i>

Transmisor de conductividad. Transmiten la señal de manera analítica, su diseño permite controlar los diferentes niveles de conductividad eléctrica que contiene un fluido que es parte de un proceso industrial, también son utilizados en tareas de control de calidad de agua, de acuerdo a su calidad se tendrá una mayor fiabilidad y rendimiento en cuanto a resultados, un ejemplo de este tipo de transmisores se lo puede observar en la Figura 23 (Mettler Toledo, 2023).

Figura 23

Transmisor de conductividad eléctrica



Nota. Tomado de *Transmisores de conductividad*, Mettler Toledo, 2023, Fuente. <https://n9.cl/1coxv5>

En un software de simulación como Factory IO, se puede crear componentes virtuales que cambian de aspecto o color para representar cambios en la conductividad eléctrica del agua. Esto es una forma simple de simular cómo un transmisor de conductividad en el mundo real envía señales en respuesta a cambios en la conductividad del fluido.

2.1.4.6. Válvulas automatizadas

Las válvulas automatizadas son componentes esenciales en los procesos de automatización industrial, incluyendo plantas de tratamiento de agua. Estas válvulas pueden abrirse y cerrarse de manera automática en respuesta a señales de control, lo que permite regular el flujo de líquidos y gases en un sistema.

En el contexto de tu proyecto de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, las válvulas automatizadas desempeñan un papel importante en el control del proceso y en la eficiencia general de la planta.

Figura 24

Válvula manual VM



Nota. Tomado de *Válvulas manuales para lechos filtrados*, Helisa, 2023, Fuente. <https://n9.cl/9psb0>

A continuación, se explica cómo las válvulas automatizadas pueden formar parte del proyecto:

Control del flujo: Las válvulas automatizadas se utilizan para controlar el flujo de agua en diferentes etapas del proceso de tratamiento. Por ejemplo, en la fase de separación y decantación, pueden regular el flujo de agua hacia los tanques de almacenamiento.

Según CLA-VAL (2023) este tipo de válvulas controlan el caudal evitando que este se exceda en los valores de caudal pre establecidos de manera independiente a los cambios de presión que pudiesen existir, el control responde a una diferencia de presión que se produce sobre una placa de orificio que se encuentra instalada aguas abajo de la válvula que siente cambios de presión por mínimos que estos sean corrigiendo de manera inmediata el flujo, un ejemplo de este tipo de dispositivos se observa en la Figura 25

Figura 25

Válvula de control de flujo



Nota. Tomado de *Válvulas de control automático*, CLA-VAL, 2023, Fuente. <https://n9.cl/nehvq>

Control de mezclas: En algunas etapas del proceso, es necesario mezclar diferentes corrientes de agua. Las válvulas automatizadas pueden ajustar la proporción de agua de diferentes fuentes para lograr la mezcla deseada.

Emergencias y seguridad: En situaciones de emergencia, las válvulas automatizadas pueden cerrarse automáticamente para detener el flujo de agua y prevenir daños mayores. También pueden trabajar en conjunto con sensores y sistemas de alarma para garantizar la seguridad.

Ahorro de energía: Optimizan el uso de energía al regular el flujo de agua en función de la demanda actual. Por ejemplo, si hay menos demanda de agua en cierto momento, las válvulas pueden cerrarse parcialmente para reducir el consumo energético.

Integración con controladores: Las válvulas automatizadas se conectan a los controladores, como PLCs, que envían señales para abrir, cerrar o ajustar la posición de la válvula en función de

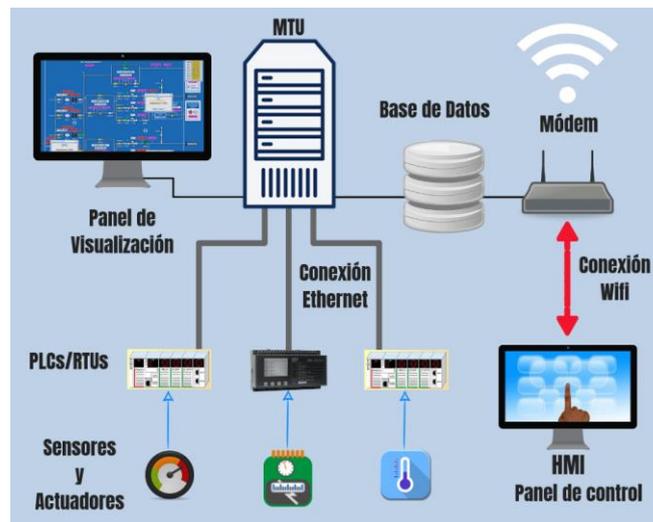
los datos y las instrucciones del sistema de control.

Interfaz SCADA: La interfaz SCADA creada con WinCC en TIA Portal puede mostrar el estado y la posición de las válvulas automatizadas en tiempo real. Los operadores pueden supervisar y controlar las válvulas desde esta interfaz.

La arquitectura básica de este tipo de interfaz la compone un conjunto de controladores lógicos (PLC) o unidades terminales remotas que son microprocesadores que permiten enlazar una comunicación entre los instrumentos y el HMI dirigiendo la información hacia computadores con software SCADA procesando, distribuyendo y enseñando los datos para que el operador pueda analizarlos para la toma de decisiones en caso de considerarlo necesario, un ejemplo de esta interfaz se visualiza en la Figura 26 (Aula21, 2023).

Figura 26

Diagrama básico SCADA



Nota. Tomado de *Cómo funciona un sistema SCADA*, Aula21, 2023, Fuente. <https://n9.cl/uxm4z>

Optimización del proceso: La automatización de las válvulas permite un control preciso sobre el flujo, así como los diferentes parámetros del proceso, lo que contribuye a la optimización de la eficiencia y la calidad del tratamiento.

A continuación, se señalan algunos tipos de válvulas automatizadas junto con una descripción de su funcionamiento cuando estas reciben una señal de control.

Tabla 4

Válvulas utilizadas en el proceso de tratamiento de agua

Tipo de válvula	Funcionamiento al recibir una señal
Válvula de Globo	Al recibir una señal, el vástago se mueve hacia arriba o abajo para cerrar o abrir el paso del fluido.

Válvula de Bola	Al recibir una señal, la esfera giratoria dentro de la válvula se mueve para permitir o bloquear el flujo de líquido.
Válvula de Mariposa	Al recibir una señal, el disco en forma de mariposa gira para controlar el flujo de líquido o gas.
Válvula de Diafragma	Al recibir una señal, el diafragma flexible se deforma para abrir o cerrar el paso del fluido.
Válvula de Control de Diafragma	Al recibir una señal, el diafragma controla la posición de la abertura para regular el flujo con mayor precisión.
Válvula de Solenoide	Al recibir una señal eléctrica, la bobina del solenoide actúa para abrir o cerrar el paso del fluido.
Válvula de Pistón	Al recibir una señal, el pistón se desplaza para abrir o cerrar el flujo del líquido.

Válvula de globo. Este tipo de elementos usan un movimiento lineal que le permite cerrar hacia dentro o hacia fuera en relación con una superficie sobre la cual se asienta, cuenta con un cuerpo que contiene una cavidad globular; su principal función es la de regular el flujo de un fluido, especialmente cuando esta cuenta con un actuador ensamblado en conjunto, un ejemplo de este tipo de válvula se observa en la Figura 27 (Emerson, 2023).

Figura 27

Válvula de globo



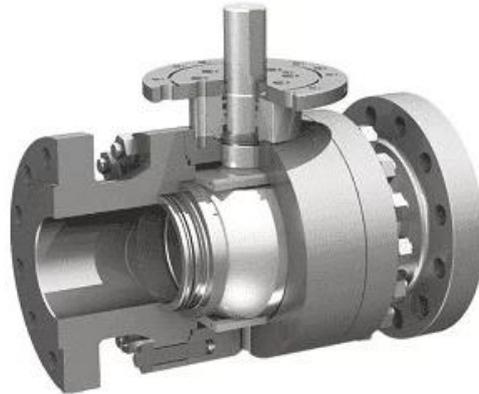
Nota. Tomado de *Válvula tipo globo*, APV, 2023, Fuente. <https://n9.cl/j4lf9>

Válvula de bola. También conocida como válvula esférica, posee un mecanismo que permite la regulación de un flujo canalizado, su característica principal es la forma esférica del mecanismo con una perforación en su parte central, para abrir o cerrar es necesario girar el eje que se encuentra unido al mecanismo, permitiendo el paso del fluido cuando el agujero se alinea con los orificios de la tubería, mientras que el caudal tiende a disminuir o aumentar dependiendo del ángulo de apertura de la esfera, un ejemplo de esta válvula se visualiza en la Figura 28 (NTGD,

2023).

Figura 28

Válvula de bola de entrada lateral



Nota. Tomado de Válvula tipo bola, NTGD, 2023, Fuente. <https://n9.cl/y21a5>

Válvula de mariposa. Este dispositivo permite interrumpir o regular el flujo según se aumente o disminuya la sección por la que el fluido atraviesa mediante una placa llamada mariposa que gira en torno a un eje; cuando la válvula disminuye el área de paso se aumenta el nivel en la pérdida de la carga, lo que reduce el flujo, un ejemplo de esta válvula se observa en la Figura 29 (TermoTran, 2023).

Figura 29

Válvula de mariposa

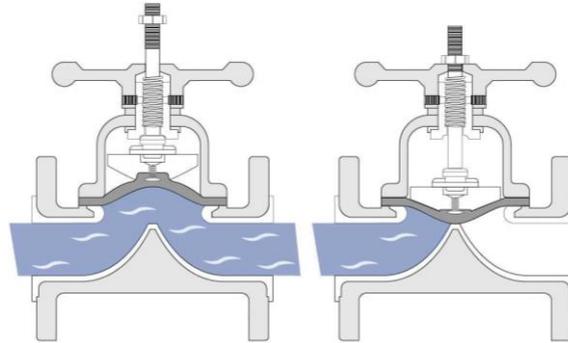


Nota. Tomado de *Válvulas mariposa aleación CI Hierro Fundido*, TermoTran, 2023, Fuente. <https://n9.cl/w4829>

Válvula de diafragma. Posee un tipo especial de cierre bidireccional, se caracteriza por poseer una estructura diferente a las válvulas convencionales, su mecanismo de cierre se conforma por un diafragma construido por un material blando (elástico) de material no corrosivo ni permeable; suele utilizarse en aplicaciones de baja presión, temperatura y corrosión, adicionalmente se consideran a prueba de fugas, su funcionamiento se puede visualizar en la Figura 30 (NTGD, 2023).

Figura 30

Funcionamiento de la válvula de diafragma

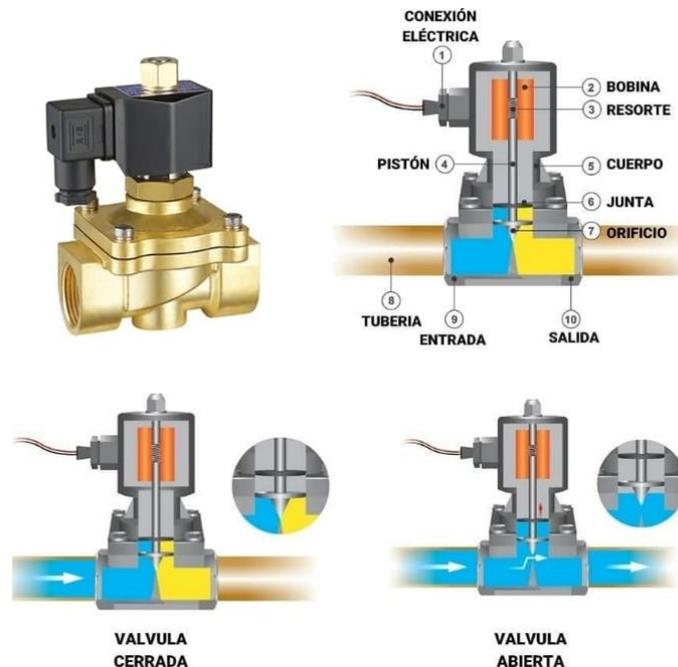


Nota. Tomado de *Válvula de diafragma neumática/vertedor*, SATEL, 2023, Fuente. <https://n9.cl/2t29jy>

Válvula de solenoide. Este dispositivo se opera de manera eléctrica, se utiliza para el control de fluidos o gases en posición abierta o cerrada al 100%, se diferencian de las válvulas moduladoras que controlan el fluido en diferentes grados de apertura pues estas o se encuentran completamente abiertas o cerradas; su cierre se acciona por medio de un resorte y su apertura gracias al movimiento de un émbolo de acción magnética inducido por una bobina energizada, su funcionamiento se visualiza en la Figura 31 (Harb mecatrónica, 2020).

Figura 31

Funcionamiento de la válvula Solenoide



Nota. Tomado de *Válvula Solenoide*, Harb mecatrónica, 2020, Fuente. <https://n9.cl/56kzl>

Válvula de pistón. Es un dispositivo que presenta ligeras variaciones en relación a la válvula tradicional de globo, pues tiene un asiento similar sin embargo su cono se reemplaza por un pistón conectado a un vástago, su volante atraviesa dos anillos de sellado que se encuentran

separados por un arbusto de tipo linterna, cuenta con dos posiciones, completamente abierta o completamente cerrada, no permite grados de apertura intermedios, un ejemplo de este tipo de válvulas se observa en detalle en la Figura 32 (Calderas industriales, 2023).

Figura 32

Válvula de pistón



Nota. Tomado de *Válvulas pistón*, Calderas industriales, 2023, Fuente. <https://n9.cl/vk5ln>

2.1.4.7. Bombas de caudal y dosificación

Se encargan de mover y controlar el flujo del líquido a través de diferentes etapas del proceso, son relevantes en proyectos de tratamiento de agua, ya que permiten la transferencia controlada de líquidos y productos químicos utilizados en el proceso de purificación.

Estas bombas, en conjunto con otros componentes y dispositivos, desempeñan un papel importante en la automatización de la planta de tratamiento, pues permiten un control preciso del flujo y la dosificación de líquidos, lo que contribuye a la eficiencia y la calidad del proceso, un ejemplo de este tipo de bomba se puede visualizar en la Figura 33.

Figura 33

Bomba trifásica de piscina NOX 100



Nota. Tomado de *Bomba ESPA SILEN 75M*, MakroPiscinas, 2023, Fuente. <https://n9.cl/3ljuk>

Las bombas de caudal y dosificación son esenciales para optimizar los procesos de tratamiento de agua pues ofrecen un mayor y mejor control; su integración en el sistema de automatización permite una manipulación precisa de los líquidos y productos químicos involucrados en el proceso, asegurando una purificación efectiva y segura del agua.

A continuación, se explica cómo se pueden integrar las bombas de caudal y dosificación en el proyecto:

Bombas de Caudal: Se utilizan para mover agua o líquidos a través de las diferentes etapas del proceso de tratamiento. Pueden aumentar la presión del agua, facilitar la circulación y asegurar que el líquido fluya de manera continua y constante. Las bombas de caudal se pueden controlar para ajustar la velocidad y el flujo del líquido según las necesidades de cada etapa del proceso, un ejemplo de esta clase de bomba se visualiza en la Figura 34.

Figura 34

Bomba de Caudal



Nota. Tomado de *Bombas de caudal Hydrotek*, Dinatex, 2023, Fuente. <https://n9.cl/v2xeaj>

Integración: Conecta las bombas de caudal a los controladores PLC; utiliza sensores de flujo para medir y retroalimentar la cantidad de líquido bombeado. La interfaz SCADA mostrará el estado de las bombas y permitirá ajustar su velocidad y flujo.

Bombas de Dosificación: Son utilizadas para inyectar productos químicos o aditivos en el proceso de tratamiento. En el contexto del proyecto, pueden usarse para introducir agentes descontaminantes que ayuden a eliminar los hidrocarburos y otros contaminantes del agua, este tipo de equipo se puede observar en la Figura 35.

Figura 35

Bomba dosificadora



Nota. Tomado de *¿Qué es una bomba dosificadora?*, Fluideco, 2023, Fuente. <https://n9.cl/a5sn>

Integración: Se conectan a sistemas de control para recibir señales de cuándo y cuánto producto químico debe ser inyectado. Los controladores PLC pueden calcular y enviar instrucciones a las bombas para garantizar una dosificación precisa.

Automatización y Control: Las bombas de caudal y dosificación pueden ser controladas automáticamente en función de los datos y parámetros del proceso. Por ejemplo, si los sensores de calidad del agua detectan ciertos niveles de contaminantes, los controladores pueden ordenar a las bombas de dosificación que inyecten la cantidad adecuada de agentes químicos para tratar la contaminación.

Interfaz SCADA: Muestra el estado de las bombas, su velocidad, flujo y la cantidad de productos químicos dosificados. Los operadores pueden supervisar y ajustar las bombas según sea necesario.

Tabla 5

Tipos de bombas hidráulicas

Tipo de Bomba	Función en la Automatización	Aplicación
Bomba de Caudal	Mover líquidos a través de diferentes etapas del proceso.	Transportar agua de un tanque a otro.
	Regular el flujo de agua según la demanda.	Controlar el caudal en una etapa específica.

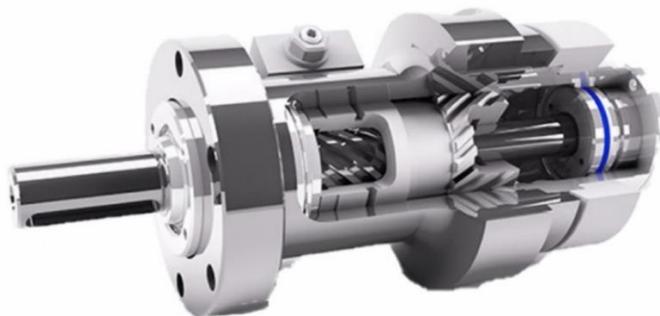
	Facilitar la circulación y mezcla de líquidos.	Mantener una mezcla homogénea.
	Controlar la velocidad y el caudal mediante el PLC.	Ajustar la velocidad de la bomba según la calidad del agua.
Bomba de Tornillo	Transferir líquidos con alta viscosidad o con sólidos.	Bombear aguas contaminadas con hidrocarburos y sedimentos.
	Dosificar productos químicos de manera precisa.	Injectar aditivos para el tratamiento.

2.1.4.8. Actuadores

Son esenciales en la automatización de una planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos. Permiten un control preciso de válvulas y compuertas, agilizan el proceso, mejoran la seguridad y contribuyen a la optimización general del sistema, un ejemplo de actuador se visualiza en la Figura 36.

Figura 36

Actuador hidráulico



Nota. Tomado de *Automatización en la industria 4.0*, Intempresas, 2022, Fuente. <https://n9.cl/qwg6k>

Los actuadores son dispositivos que convierten una señal de control en movimiento físico. En el contexto de la automatización de una planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, los actuadores desempeñan un papel fundamental al interactuar con válvulas, compuertas y otros componentes mecánicos para controlar el flujo, la dirección y otras funciones dentro del proceso. A continuación, te explico cómo podrías integrar los actuadores en tu proyecto:

Integración de Actuadores:

- **Conexión a válvulas y compuertas:** Los actuadores se conectan mecánicamente a válvulas y compuertas que regulan el flujo de agua y otros fluidos en el proceso de tratamiento.

- **Control de posición:** Permiten abrir y cerrar válvulas, así como ajustar la posición de compuertas en respuesta a señales de control.
- **Automatización de válvulas:** Al recibir instrucciones desde un controlador, como un PLC, los actuadores pueden operar las válvulas automáticamente. Por ejemplo, en la fase de separación y decantación, un actuador podría abrir o cerrar una válvula para dirigir el flujo hacia el siguiente paso.

Funcionamiento de los Actuadores:

- **Actuadores Neumáticos:** Utilizan aire comprimido para generar movimiento. Al recibir una señal, el aire se dirige hacia una cámara que impulsa un pistón o una palanca, moviendo el componente conectado.

Estos equipos tienen la capacidad de accionar la fuerza así como también el movimiento en los procesos de automatización en la industria, son de gran importancia pues tienen compatibilidad con los sistemas eléctricos, mecánicos y también neumáticos; a su vez estos se clasifican en neumáticos eléctricos, neumáticos, neumáticos lineales, de giro y giros limitados, su principio de funcionamiento se basa en generar una fuerza cuando reciben una señal, lo que activa un elemento de control conectado al actuador (GSL, 2022).

- **Actuadores Eléctricos:** Utilizan energía eléctrica para generar movimiento. Pueden ser motores que giran un eje para activar válvulas o actuadores lineales que se extienden o retraen para controlar compuertas.

Este instrumento se encuentra compuesto por un motor y un reductor eléctrico que le permite accionar un dispositivo cualquiera que realice movimientos, tan solo requiere una fuente de poder para poder funcionar, su estructura es sencilla en comparación con otros actuadores y su funcionamiento se basa en cables eléctricos que le transmiten las señales, lo que no restringe la distancia existente entre la fuente emisora de la señal y el actuador (SDI, 2020).

- **Actuadores hidráulicos:** Utilizan fluido hidráulico para generar movimiento. Al aplicar presión hidráulica a un pistón, se logra el desplazamiento necesario.

Según lo menciona Intesista (2020) estos dispositivos trabajan con agua de las centrales de tratamiento o aceite hidráulico y se direccionan a operaciones de baja y alta presión para procesos de automatización de varios tipos de válvula, sean de compuerta, mariposa, bola o dampers; entre sus diferentes clases se encuentran los de yugo escocés, piñón cremallera, válvula lineal, dependen de instrumentos o varios accesorios para que puedan funcionar como

es el caso de solenoides, interruptores, manómetros o válvulas.

Figura 37

Actuadores conectados a diferentes tipos de válvulas



Nota. Tomado de *Actuador eléctrico con válvula*, Icontrol Valves, 2022, Fuente. <https://n9.cl/hspnsi>

Servicios de los Actuadores:

- **Control preciso:** Los actuadores permiten controlar con precisión la posición de las válvulas y compuertas, lo que mejora la eficiencia y la calidad del proceso.
- **Automatización:** Al integrar actuadores con controladores, se logra la automatización de tareas que de otro modo requerirían intervención manual.
- **Respuesta rápida:** Los actuadores pueden responder a las señales de control en un instante determinado, agilizando la toma de decisiones y las acciones dentro del proceso.
- **Seguridad:** Al automatizar ciertas operaciones con actuadores, se reduce el riesgo de errores humanos y se mejora la seguridad del personal y del proceso.
- **Optimización:** Contribuyen a la optimización del flujo y de las operaciones en general, lo que aumenta la eficiencia y la productividad.

Tabla 6

Tipos de actuadores

Tipo de Actuador	Función en la Automatización	Ejemplo de Aplicación
Actuador Neumático	Controlar la apertura y cierre de válvulas.	Abrir y cerrar válvulas de control de flujo.
	Regular el flujo de líquidos en el proceso.	Ajustar la velocidad de bombeo.
	Automatizar tareas manuales con precisión.	Controlar la dirección de compuertas.
Actuador Eléctrico	Controlar la posición de válvulas y compuertas.	Ajustar la apertura de compuertas de tratamiento.
	Facilitar la apertura y cierre precisos.	Operar válvulas de drenaje en etapas específicas.

	Automatizar el proceso de manera eficiente.	Controlar la apertura de una válvula de dosificación.
Actuador Hidráulico	Realizar movimientos precisos en válvulas.	Ajustar la apertura de una válvula de control de flujo.
	Controlar compuertas para dirección de flujo.	Redireccionar el flujo hacia diferentes etapas.

2.1.4.9. Sistemas de almacenamiento

Son componentes clave en una planta de tratamiento, ya que permiten guardar temporalmente el agua tratada, almacenar productos químicos utilizados en el proceso y gestionar los flujos en diferentes etapas.

Integrar sistemas de almacenamiento adecuados es esencial para asegurar un proceso de tratamiento eficiente y una distribución constante de agua potable.

Figura 38

Tanque plástico para captación



Nota. Tomado de *Tanques de plástico verticales*, Rotor, 2021, Fuente. <https://n9.cl/euds3k>

A continuación, se explica cómo integrar diversos sistemas de almacenamiento en los proyectos.

Almacenamiento de agua tratada: Después de que el agua contaminada ha sido tratada y purificada, se almacena temporalmente en tanques de almacenamiento. Estos tanques aseguran que haya suficiente agua potable disponible para satisfacer la demanda de la comunidad.

Integración: Los sensores de nivel en los tanques envían señales a los controladores para

monitorear y controlar los niveles de agua. Cuando los niveles son bajos, las bombas pueden ser activadas para rellenar los tanques.

Almacenamiento de productos químicos: Los productos químicos utilizados en el proceso de tratamiento, como los agentes descontaminantes, también necesitan ser almacenados de manera segura y controlada. Los sistemas de almacenamiento de productos químicos aseguran que los aditivos estén disponibles cuando se requieran.

Integración: Los sistemas de dosificación y bombas de dosificación pueden ser controlados automáticamente para inyectar la cantidad correcta de productos químicos en el proceso. Los controladores supervisan los niveles de los productos químicos y activan alarmas en caso de escasez.

Gestión de flujos: Los sistemas de almacenamiento pueden ser utilizados para gestionar los flujos en diferentes etapas del proceso. Por ejemplo, se puede almacenar agua tratada en tanques intermedios antes de ser enviada a la fase de purificación final.

Integración: Válvulas automatizadas y controladores PLC pueden regular los flujos hacia y desde los tanques de almacenamiento intermedio. Esto permite un control más preciso del proceso y evita sobrecargas en etapas posteriores.

Distribución constante: Los sistemas de almacenamiento garantizan que siempre haya agua potable disponible, incluso cuando la producción no está en su punto máximo. Esto permite una distribución constante y continua de agua a la comunidad.

Integración: Los sensores y sistemas de control pueden monitorear la demanda y activar las bombas según sea necesario para mantener los niveles de agua almacenada.

Tabla 7

Tipos de almacenamiento del sistema

Tipo de sistema de almacenamiento	Función en la automatización	Ejemplo de aplicación
Almacenamiento de agua tratada	Almacenar agua tratada y disponible para distribución.	Mantener agua potable lista para distribuir.
	Regular los niveles de agua para satisfacer la demanda.	Almacenar agua purificada antes de la distribución.
	Controlar el llenado y vaciado de los tanques.	Mantener niveles adecuados en los tanques de almacenamiento.

Almacenamiento de productos químicos	Guardar productos químicos utilizados en el tratamiento.	Almacenar agentes descontaminantes y aditivos.
	Controlar el suministro de productos químicos.	Dosificar productos químicos según la demanda.
Gestión de flujos	Regular el flujo en diferentes etapas del proceso.	Almacenar agua tratada intermedio antes de la purificación final.
	Evitar sobrecargas y estrés en etapas posteriores.	Gestionar flujos para una operación suave.
Distribución constante	Asegurar un suministro constante de agua potable.	Mantener la distribución de agua confiable.
	Equilibrar la producción con la demanda.	Almacenar agua para mantener la distribución durante la baja demanda

2.1.4.10. Unidad de control de desinfección

La unidad de control de desinfección es una parte crítica en el proceso de tratamiento de agua, ya que se encarga de eliminar los microorganismos patógenos y garantizar que el agua sea segura para el consumo humano. Integrar esta unidad en un sistema automatizado es esencial para asegurar que la desinfección se realice de manera precisa y eficiente. A continuación, se describe como integrar este sistema de control al proyecto.

Selección del método de desinfección: Se elige el método de desinfección adecuado, como el uso de cloro, ozono o radiación ultravioleta (UV). Cada método tiene sus propias ventajas y consideraciones técnicas.

Control automático del proceso: Los sistemas de desinfección pueden ser automatizados para garantizar que se administre la cantidad correcta del agente desinfectante según la demanda y la calidad del agua.

Sensores y medición: Integra sensores de calidad del agua para monitorear los niveles de contaminación y determinar cuándo es necesario el proceso de desinfección.

Controladores PLC o DCS: Utiliza controladores PLC (Programmable Logic Controllers) o sistemas DCS (Distributed Control Systems) para gestionar el proceso de desinfección. Estos controladores pueden recibir señales de los sensores y enviar comandos a la unidad de

desinfección.

Dosificación precisa: En el caso de usar productos químicos desinfectantes, las bombas de dosificación pueden ser controladas automáticamente para inyectar la cantidad exacta de desinfectante requerida.

Interfaz SCADA: Crea una interfaz SCADA utilizando herramientas como WinCC en TIA Portal para supervisar y controlar el proceso de desinfección en tiempo real. Los operadores pueden observar los niveles de desinfectante, la calidad del agua y otros parámetros importantes.

Sistemas de alarma: Configura sistemas de alarma en caso de que los niveles de desinfectante sean insuficientes o si ocurre algún problema en el proceso.

Registros y seguimiento: Implementa la capacidad de registrar datos de desinfección para mantener un registro

2.2. Descripción de la propuesta

La esencia de esta propuesta radica en la simulación digital del proceso de potabilización del agua contaminada con hidrocarburos, con el propósito de brindar soluciones a las comunidades en la región amazónica que enfrentan el desafío de consumir agua con rastros de petróleo. Para lograr este objetivo, se emplea la poderosa combinación de dos herramientas clave: el software TIA Portal de SIEMENS y el software Factory I/O. Juntos, estos recursos permiten la automatización y la simulación del proceso industrial, además de brindar una visión detallada de cada fase o etapa que compone este proceso vital.

En el corazón de este proyecto reside el deseo de abordar una problemática real y urgente: el suministro de agua potable en regiones afectadas por la contaminación del agua con hidrocarburos. La simulación digital permite anticipar, optimizar y entender cómo un proceso de esta magnitud puede llevarse a cabo de manera eficiente y segura, allanando el camino para implementaciones futuras en un entorno real.

TIA Portal, en conjunción con Factory I/O, desempeña un papel integral en esta iniciativa, al brindar las herramientas necesarias para recrear y automatizar cada aspecto del proceso de potabilización. Estos programas no solo simulan las acciones de los componentes físicos, sino que también ofrecen una ventana a la observación y la optimización en tiempo real de las distintas etapas del proceso.

Dentro de este contexto, la selección y la integración de diversos sensores, transmisores y equipos especializados son cruciales para el éxito del proyecto. Estos dispositivos asumen la

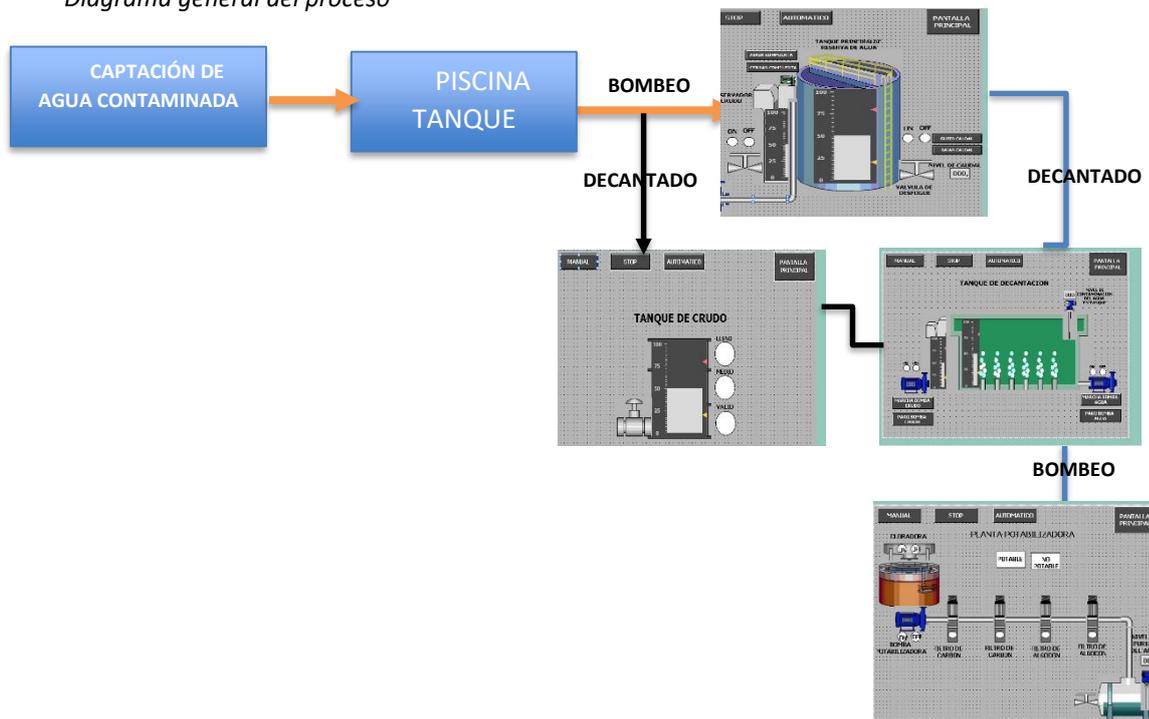
responsabilidad de comunicar el estado del fluido en cada etapa de la planta, proporcionando datos esenciales que permiten la supervisión y el control de los procesos. Desde la detección de niveles hasta la medición de variables clave, estos componentes actúan como la base digital sobre la cual se edifica la automatización completa del proceso.

En resumen, esta propuesta busca una transformación positiva al simular digitalmente el proceso de tratamiento y posterior potabilización de agua contaminada con hidrocarburos. Mediante la integración de TIA Portal y Factory I/O, así como el uso experto de sensores y equipos de automatización, esta iniciativa no solo ofrece una solución potencial a un desafío crítico, sino que también demuestra el poder de la tecnología para innovar y mejorar la vida de las comunidades afectadas. A lo largo de este proyecto, desglosaremos cada paso y componente en la búsqueda de un futuro más sostenible y seguro para quienes dependen del vital recurso del agua.

2.2.1. Estructura general

Figura 39

Diagrama general del proceso



Fuente. Autora

La simulación de la planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos es el corazón de esta iniciativa. A través de un enfoque metódico y paso a paso, se desarrolla una simulación virtual que representa cada fase y componente de este proceso crucial de

potabilización.

El punto de partida es el análisis minucioso de las características técnicas y las condiciones iniciales del agua contaminada. Esta base sólida proporciona los datos esenciales para configurar la simulación y establecer los parámetros clave.

El software TIA Portal se convierte en una plataforma esencial para la creación de la simulación, gracias a su versatilidad y capacidades de programación, cada componente fue recreado digitalmente, desde los tanques de almacenamiento hasta las bombas y válvulas automatizadas; los PLC actúan como el núcleo operativo, interpretando las señales de los sensores y respondiendo según las lógicas de control predefinidas.

La interacción de los sensores se convierte en el corazón de la simulación. Los sensores de nivel, temperatura y conductividad virtual se implementan para monitorear constantemente el estado del agua a lo largo de las distintas etapas. Sus señales son la columna vertebral de la toma de decisiones de los PLC, permitiendo ajustes precisos y decisiones en tiempo real para optimizar el proceso.

El software Factory I/O desempeña un papel fundamental en la simulación al proporcionar una representación visual realista de cada componente y etapa, esto permite la observación en tiempo real de cómo cada parte interactúa, y como los cambios en las variables afectan el flujo, así como la calidad del agua durante el proceso de tratamiento.

El resultado de esta simulación es una representación digital completa y precisa de una planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos. Cada elemento, desde la recepción hasta la potabilización, se analiza y optimiza en este entorno virtual. Las acciones de los PLC, la respuesta de los sensores y la operación de las bombas y válvulas automatizadas, todo se une para formar una simulación altamente funcional.

En resumen, la simulación de la planta de tratamiento se convierte en un instrumento invaluable para comprender, analizar y optimizar el proceso de potabilización. La combinación de TIA Portal y Factory I/O permite la creación de un entorno digital donde la automatización cobra vida, y donde cada componente trabaja en armonía para lograr el objetivo final: convertir agua contaminada en agua potable segura y vital para las comunidades en necesidad.

En el ámbito de las industrias petroleras, la preocupante realidad de los derrames de crudo en los ríos del Oriente ecuatoriano ha desencadenado una crisis ambiental y sanitaria. Las aguas contaminadas, utilizadas por los pobladores para consumo humano, plantean una urgente necesidad de soluciones; en este contexto surge la propuesta de desarrollar y simular un sistema

automatizado.

Este sistema, respaldado por técnicas, herramientas tecnológicas e investigaciones rigurosas, tiene como objetivo impulsar proyectos de mejora para las comunidades afectadas. La esencia de esta propuesta reside en la aplicación efectiva de estos recursos, lo que se manifiesta en resultados positivos evidenciados en pruebas de validación. Estas pruebas no solo demuestran la capacidad del sistema propuesto, sino que también llevarán a la luz su potencial para marcar un cambio significativo en la calidad de vida de las poblaciones afectadas.

La capacidad autónoma del sistema para operar en cada fase y lograr la purificación del agua destinada al consumo humano, resalta su eficiencia. Asimismo, la realización de los objetivos preestablecidos, alineados con una misión específica y una visión concreta para aquellos que deseen llevar este proyecto a la implementación física, define la esencia del sistema propuesto.

La misión fundamental de esta propuesta se centra en el desarrollo de un sistema que aborde de manera efectiva el desafío de la contaminación del agua por hidrocarburos. Con una visión clara de crear un proceso integral de purificación, la propuesta busca no solo eliminar la contaminación, sino también brindar agua potable de alta calidad y segura para el consumo humano.

De manera general, el proyecto se estructura en tres fases cruciales:

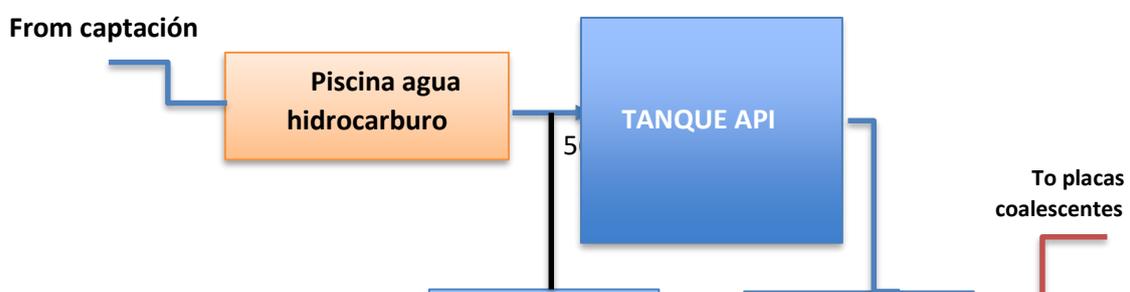
- Sistema de recolección de aguas contaminadas con hidrocarburos
- Separación del crudo con el agua
- Potabilización del agua para consumo humano

Estas tres fases, meticulosamente diseñadas y sincronizadas, forman el esqueleto del proyecto, cada fase contribuye a lograr la misión general de purificar el agua y brindar una solución a la problemática de la contaminación por hidrocarburos. La autonomía del sistema, su capacidad para operar sinérgicamente y el cumplimiento de los objetivos trazados, establecen los pilares sobre los cuales se construye la propuesta con la promesa de un impacto significativo en la vida de las comunidades afectadas.

2.1.2.1. Sistema de recolección de aguas contaminadas con hidrocarburos

Figura 40

Diagrama de flujo de la FASE 1 del proceso



Fuente. Autora

En esta fase inicial, se aborda la recolección de agua contaminada con hidrocarburos directamente desde la captación ubicada en el río, el fluido se traslada hasta un tanque contenedor desde el cual inicia una serie de pasos específicos con interacción de varios componentes tal como se detalla a continuación:

Bomba de tornillo para separación inicial: Se implementa una bomba de tornillo especializada después del tanque de agua que contiene el agua contaminada, este dispositivo cumple la función de transportar el fluido hasta la siguiente etapa que es el tanque principal, elemento que debe cumplir con una normativa API debido a la presencia de hidrocarburos; la ventaja del uso de este tipo de bomba es su contribución a la separación inicial de trazas de hidrocarburos presentes en el agua, permitiendo que una parte del crudo quede atrapada y sea separada en un paso posterior.

Tanque de almacenamiento con normativa API: Este tanque actúa como un reservorio inicial, prepara el agua y el crudo para el siguiente paso del proceso. Sobre él se encuentran instalados sensores de nivel que permitan mantener un control sobre los límites de capacidad permisible que posee el tanque, de manera adicional se encuentra una válvula de desfogue instalada en la parte inferior del sistema que permita la salida del fluido de mayor densidad.

Tanque de separación por densidad y tiempo: Desde el tanque de almacenamiento, el agua y el crudo se bombean hacia un tanque de separación. Aquí, el agua se llena hasta el 90% de la capacidad del tanque, posterior a ello se espera un tiempo de 10 minutos mientras la turbiedad se asiente y los líquidos se separen por efecto de la gravedad y diferencia de densidades, de modo que al final el crudo flote en la parte superior de la mezcla.

Separación de crudo mediante cuello de ganso: Por efecto de la gravedad y la diferencia de densidades, el crudo asciende y se acumula en la parte superior del tanque. A través de un cuello de ganso estratégicamente ubicado, el crudo es dirigido hacia otro recipiente específico para su

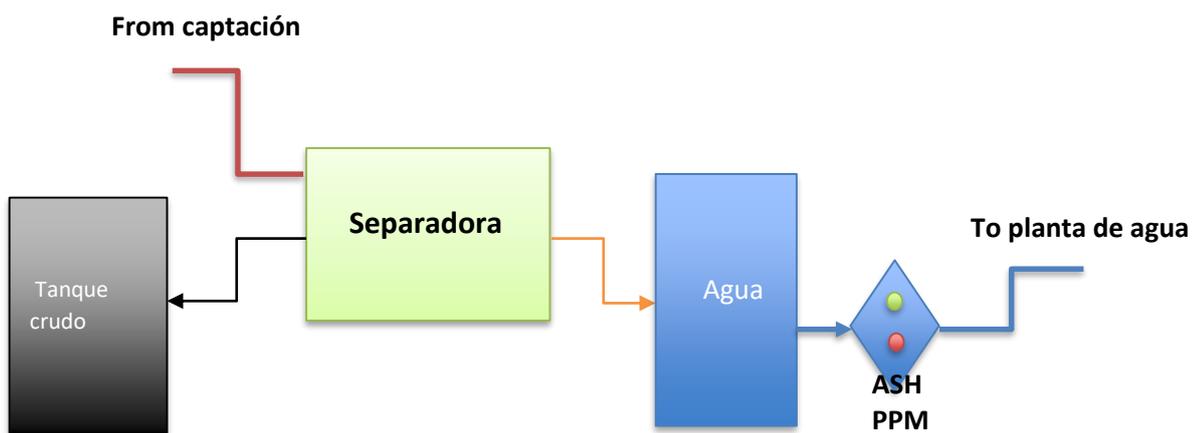
recolección y posterior manejo.

Eliminación de hidrocarburos y almacenamiento de agua tratada: Mediante una válvula check, el agua libre de hidrocarburos se redirige hacia otro tanque para ser almacenada, de este modo queda lista para ser sometida a los pasos posteriores del proceso de potabilización.

2.1.2.2. Separación del crudo con el agua

Figura 41

Fase 2: Separación del Crudo con el Agua



Fuente. Autor

En esta fase crítica, se enfoca en la separación exhaustiva del crudo restante del agua tratada. La implementación precisa de cada etapa y componente garantizará que el agua alcance el nivel de pureza requerido para ser procesada y convertida en agua potable. Los pasos clave en esta fase son los siguientes:

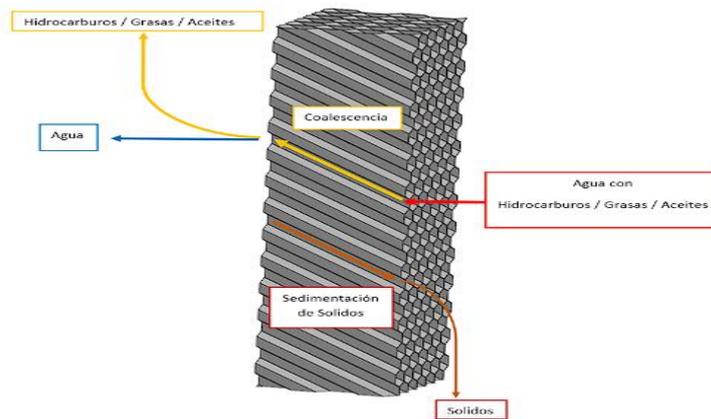
Envío a la separadora de placas coalescentes: El agua tratada, proveniente del tanque de almacenamiento, es dirigida hacia una separadora de placas coalescentes. Esta tecnología se encarga de realizar una separación adicional para asegurarse de que no queden trazas de hidrocarburos en el agua.

El principio de funcionamiento de este separador se basa en el uso de un grupo de placas

coalescentes inclinadas como se muestra en la Figura 42 **Figura 42** que ayudan a retener los sedimentos que contiene el fluido que atraviesa por este sistema, evitando que se produzcan atascones u obstrucciones en el recorrido, en dependencia del contenido y características del fluido se establece el tamaño del orificio de las placas (TekWater, 2023).

Figura 42

Funcionamiento de un sistema de placas coalescentes

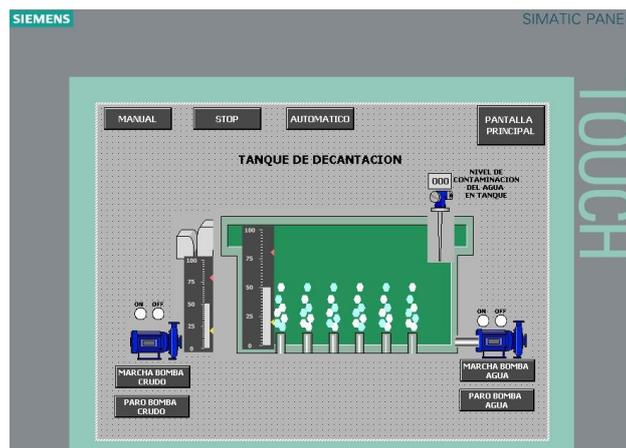


Nota. Separadores de aceite y grasas, TekWater, 2023, Fuente. <https://n9.cl/2qr8f>

Separación de crudo mediante placas coalescentes: Las placas coalescentes actúan como agentes de separación, atrapando incluso las trazas más diminutas de hidrocarburos presentes en el agua. Este proceso garantiza que el agua alcance un nivel de pureza óptimo antes de avanzar al siguiente paso.

Figura 43

Instalación de un sistema de separación por placas coalescentes



Nota. Separadora de aceite y agua, Tia Portal, Fuente. Autora

Medición de ppm con sensor: Después de la separación, un sensor mide las partes por millón (ppm) de hidrocarburos restantes en el agua. Si el nivel es 0 ppm o menor a 10 ppm, el sensor

activa una señal de color verde, indicando que el agua está lista para avanzar hacia la siguiente fase. Si las ppm están por encima de este umbral, la señal se enciende en rojo, indicando que el agua requiere un tratamiento adicional.

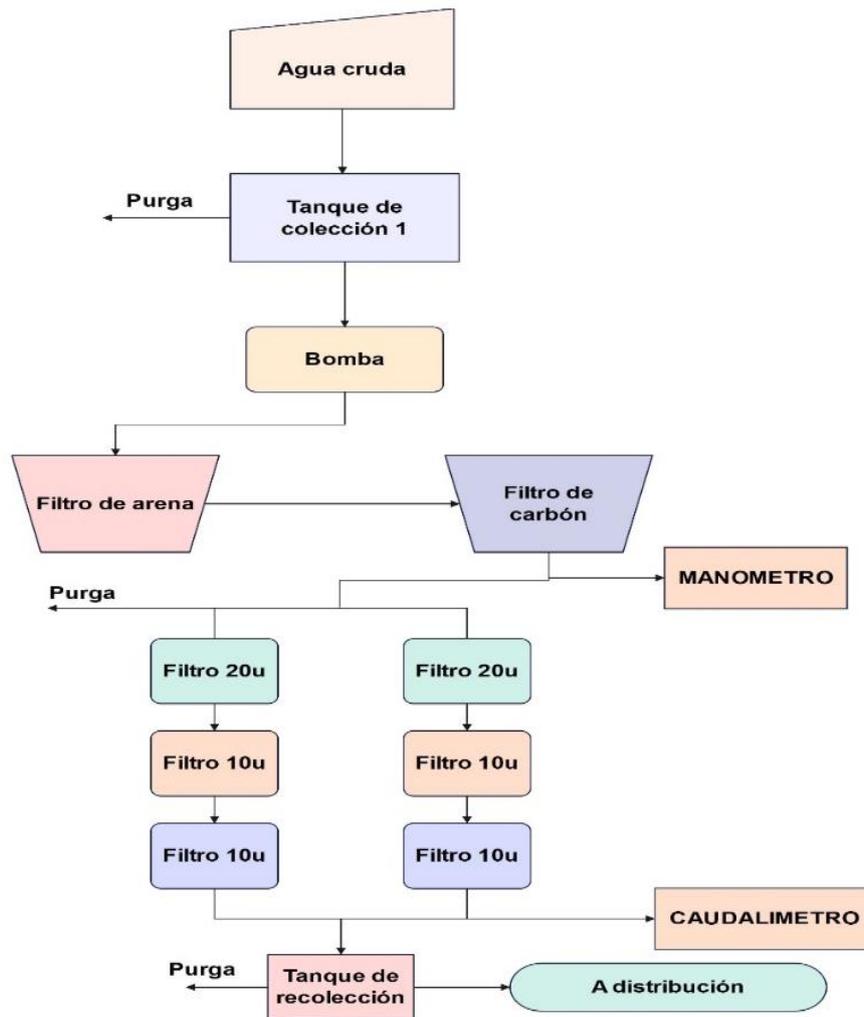
Bombeo hacia la planta de tratamiento de agua: Si el agua es apta para el proceso de potabilización, se activa una bomba que llevará el agua hacia la planta de tratamiento. Esta etapa es crucial, ya que el agua será sometida a una serie de procesos para garantizar su calidad y seguridad antes de ser considerada potable.

El éxito de esta fase depende de la precisión en la separación, la detección precisa de los niveles de ppm y la respuesta eficiente para el bombeo hacia la planta de tratamiento. En la simulación, cada componente y acción serán cuidadosamente controlados y monitorizados, permitiendo una observación detallada y la posibilidad de optimizar el proceso para obtener resultados consistentes y confiables.

2.1.2.3. Potabilización del agua para su consumo

Figura 44

Fase 3: Potabilización del Agua para Consumo



Nota. Diagrama del proceso de potabilización de agua

Fuente. Autor

En esta fase se aborda la conversión del agua tratada y separada en potable, apta para el consumo humano a través de procesos rigurosamente controlados y meticulosamente diseñados, el agua se purifica y desinfecta para cumplir con los estándares de calidad requeridos. La implementación de esta fase se realiza mediante la colaboración del software TIA Portal y la plataforma Factory IO, donde se ejecuta la simulación del proceso de potabilización con precisión.

Entrada de agua tratada: El agua tratada proveniente de la fase anterior es introducida en el sistema de potabilización asegurando que el agua llegue a esta etapa en condiciones óptimas y libre de impurezas gruesas.

Proceso de filtración fina: Se simula la aplicación de procesos de filtración fina, utilizando algoritmos que representan la eliminación de partículas y sedimentos suspendidos en el agua. A través de Factory IO, se visualiza la operación de los sistemas de filtración.

Esta etapa incluye el uso de varios tipos de filtros, como lo son el de carbón y algodón que permiten refinar el proceso de filtración, reteniendo una mayor cantidad de partículas en suspensión que aún pudiesen encontrarse en el fluido, esto garantiza que la calidad de agua mejore a medida que avanza el proceso de tratamiento.

Desinfección con agentes químicos: La simulación incorpora la introducción controlada de agentes desinfectantes, como el cloro, para eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua. Estos procesos son representados visualmente en Factory IO.

Ajuste de pH y balance químico: Mediante algoritmos y elementos visuales en Factory IO, se simula la incorporación de reactivos químicos para ajustar el pH del agua y lograr el equilibrio químico necesario para la potabilización.

Eliminación de gases y olores: Utilizando simulaciones de interacción entre elementos químicos y físicos, se representa la eliminación controlada de gases y olores no deseados del agua.

Almacenamiento de agua potable: La simulación muestra el almacenamiento del agua potable en un tanque de almacenamiento, preparada para ser distribuida para el consumo humano.

Verificación de calidad y cumplimiento: A través de sensores simulados, se mide y verifica la calidad del agua potable. Si los parámetros cumplen con los estándares requeridos, la simulación muestra indicadores visuales de éxito.

Automatización de procesos: Utilizando TIA Portal, se programa la automatización y control de los procesos simulados en Factory IO. Los algoritmos diseñados aseguran una ejecución precisa de cada etapa.

En esta fase, la convergencia de la tecnología de simulación y la ingeniería permite explorar y entender la transformación del agua tratada en agua potable. La colaboración entre TIA Portal y Factory IO proporciona la plataforma para comprender de manera detallada cada proceso y su interacción en el contexto de la potabilización del agua para consumo humano.

2.2.2. Simulación en Tia Portal y Factory IO

En esta sección, se proporciona una explicación detallada sobre la manipulación de las cuatro pantallas HMI programadas. Estas pantallas permiten el control de los distintos elementos del proyecto, ya que el sistema presenta tanto un modo manual como un modo automático. Ambos modos pueden gestionarse de manera efectiva desde la interfaz del HMI (Interfaz Hombre-

Máquina).

Esta funcionalidad brinda a los operadores la capacidad de supervisar y ajustar el proceso de tratamiento del agua de manera intuitiva y eficiente. Con el control directo desde el HMI, los usuarios pueden cambiar entre los modos manual y automático según sea necesario, lo que proporciona una flexibilidad operativa crucial para el éxito del proyecto.

Además, se explicará cómo cada pantalla HMI específica se relaciona con las diferentes etapas del proceso de tratamiento de agua y cómo se pueden utilizar para monitorear y regular los diversos componentes del sistema. Este nivel de control y supervisión desde la interfaz HMI es esencial para garantizar la efectividad y la confiabilidad en la potabilización del agua contaminada con hidrocarburos. El sistema está conformado con las siguientes pantallas:

- Pantalla principal
- Proceso de tanque principal
- Proceso de placas coalescentes
- Proceso de tanque de crudo
- Proceso de potabilización del agua

Factory IO desempeñaría un papel fundamental en este proyecto al proporcionar una plataforma de simulación y control en tiempo real para el proceso de tratamiento del agua contaminada con hidrocarburos. Aquí está cómo Factory IO podría integrarse en el proyecto:

- Simulación en Tiempo Real: Factory IO permitiría simular el proceso de tratamiento del agua de manera realista y precisa. Los operadores pueden observar y controlar virtualmente cada elemento del proceso a través de las cuatro pantallas HMI programadas.
- Interfaz Hombre-Máquina (HMI): Factory IO puede actuar como la interfaz principal a través de la cual los operadores interactúan con el sistema. Los elementos visuales en las pantallas HMI se reflejarían en Factory IO, lo que brinda a los usuarios un entorno virtual para monitorear y ajustar el proceso.
- Modo Manual y Automático: Factory IO permitiría cambiar entre los modos manual y automático del proceso de manera intuitiva. Los operadores pueden simular la intervención manual en Factory IO y observar cómo afecta el proceso. Esto es valioso para probar diferentes escenarios y entrenar a los operadores en el control

del sistema.

- **Flexibilidad Operativa:** Factory IO proporcionaría la flexibilidad necesaria para adaptarse a diversas condiciones operativas. Los operadores pueden realizar ajustes en tiempo real a través de la simulación para optimizar el proceso y garantizar un tratamiento efectivo del agua.
- **Supervisión y Control Preciso:** La capacidad de supervisar y controlar cada etapa del proceso desde Factory IO aseguraría que los operadores tengan un control completo sobre los componentes del sistema. Esto es esencial para garantizar la efectividad y la confiabilidad en la potabilización del agua contaminada con hidrocarburos.

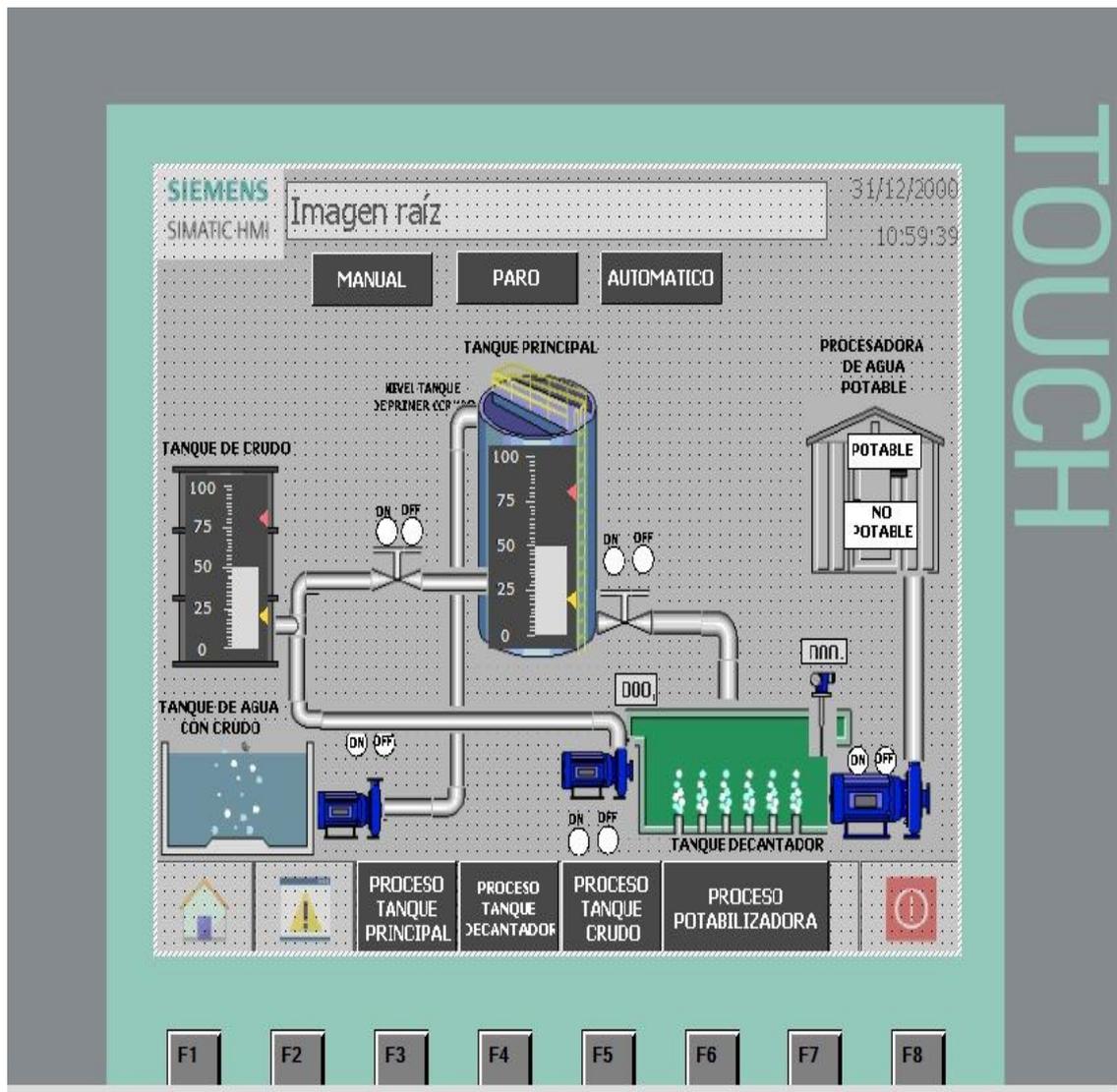
2.2.2.1. Pantalla principal del proceso

En esta pantalla central, proporcionamos una visión general de todo el proceso para que los usuarios puedan observar el funcionamiento completo del equipo y de cada uno de sus componentes. Además, desde esta pantalla principal, los usuarios tienen la capacidad de navegar fácilmente entre las diferentes pantallas específicas, cada una de las cuales ofrece un control directo sobre aspectos particulares del sistema.

A continuación, se muestra la imagen principal de la pantalla y se brinda una explicación detallada de su funcionamiento. Esto permite a los operadores obtener una visión completa y panorámica de todo el proceso de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, lo que facilita un monitoreo efectivo y una toma de decisiones informada.

Figura 45

Pantalla principal del proceso en Tia Portal



Fuente. Autor

En esta pantalla, se pueden observar los monitores de nivel de cada uno de los procesos, lo que permite un seguimiento detallado de cada etapa del sistema. Los elementos presentes en la pantalla interactúan para facilitar el monitoreo y el control del proceso. A continuación, se describen las funciones de los botones disponibles:

- **Botón Manual:** Al presionarlo, se inicia el proceso en modo manual, siguiendo la programación establecida en el ladder.
- **Botón Paro:** Este botón permite detener el proceso de manera manual por parte del operario en cualquier momento.
- **Botón Automático:** Al hacer clic en este botón, el proceso se cambia al modo automático, siguiendo las instrucciones programadas.

- **Botón Proceso Tanque Principal:** Al seleccionarlo, se accede a la pantalla que muestra el proceso principal del tanque de agua.
- **Botón Proceso Tanque Decantador:** Al pulsarlo, se redirige a la pantalla que muestra el proceso principal del tanque decantador de agua.
- **Botón Proceso Tanque de Crudo:** Este botón conduce a la pantalla que detalla el proceso del tanque almacenador de crudo.
- **Botón Proceso Potabilizadora:** Al presionarlo, se accede a la pantalla que muestra el proceso de potabilización del agua.

Estos botones proporcionan una navegación intuitiva y permiten a los operadores acceder rápidamente a las áreas específicas de interés dentro del sistema de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos.

2.2.2.2. Pantalla del proceso del tanque principal

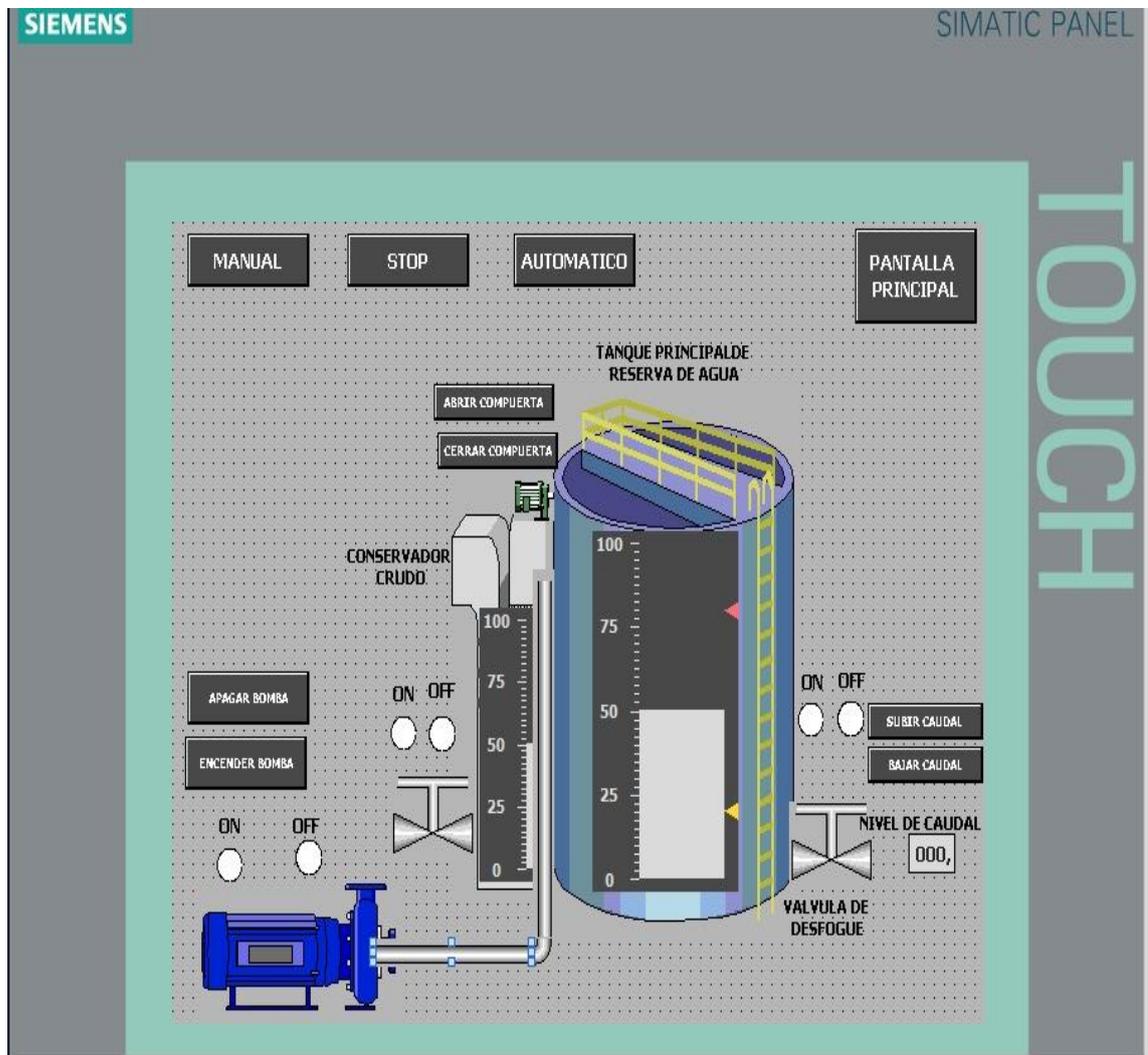
La "Pantalla del Proceso del Tanque Principal" es una parte esencial de la simulación de la planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, y su utilidad está directamente relacionada con el tema que estamos tratando, que es la automatización de este proceso.

Esta pantalla sirve para:

- **Monitorizar el Estado del Tanque Principal:** Proporciona información en tiempo real sobre el estado y el nivel del tanque principal en el proceso de tratamiento de agua. Esto es fundamental para asegurar que el sistema funcione dentro de los parámetros deseables y para prevenir posibles desbordamientos o problemas operativos.
- **Controlar las Operaciones:** Permite a los operadores realizar acciones específicas en relación con el tanque principal, como iniciar, detener o cambiar entre el modo manual y automático de operación. Esto facilita el control directo sobre el proceso, lo que es esencial para garantizar su eficiencia y seguridad.
- **Supervisar el Cumplimiento de Parámetros:** La pantalla del tanque principal también muestra datos relacionados con los parámetros de calidad del agua y el rendimiento del sistema. Esto permite a los operadores evaluar si se están cumpliendo los estándares de potabilización y tomar medidas correctivas si es necesario.
- **Generar Datos para Análisis:** La información registrada en esta pantalla se utiliza para generar datos que son valiosos para el análisis posterior del rendimiento del sistema y su mejora continua. Esto contribuye al desarrollo de mejores prácticas en la automatización de plantas de tratamiento de agua.

Figura 46

Proceso de tanque principal



Fuente. Autor

2.2.2.3. Pantalla del proceso de separación mediante placas coalescentes

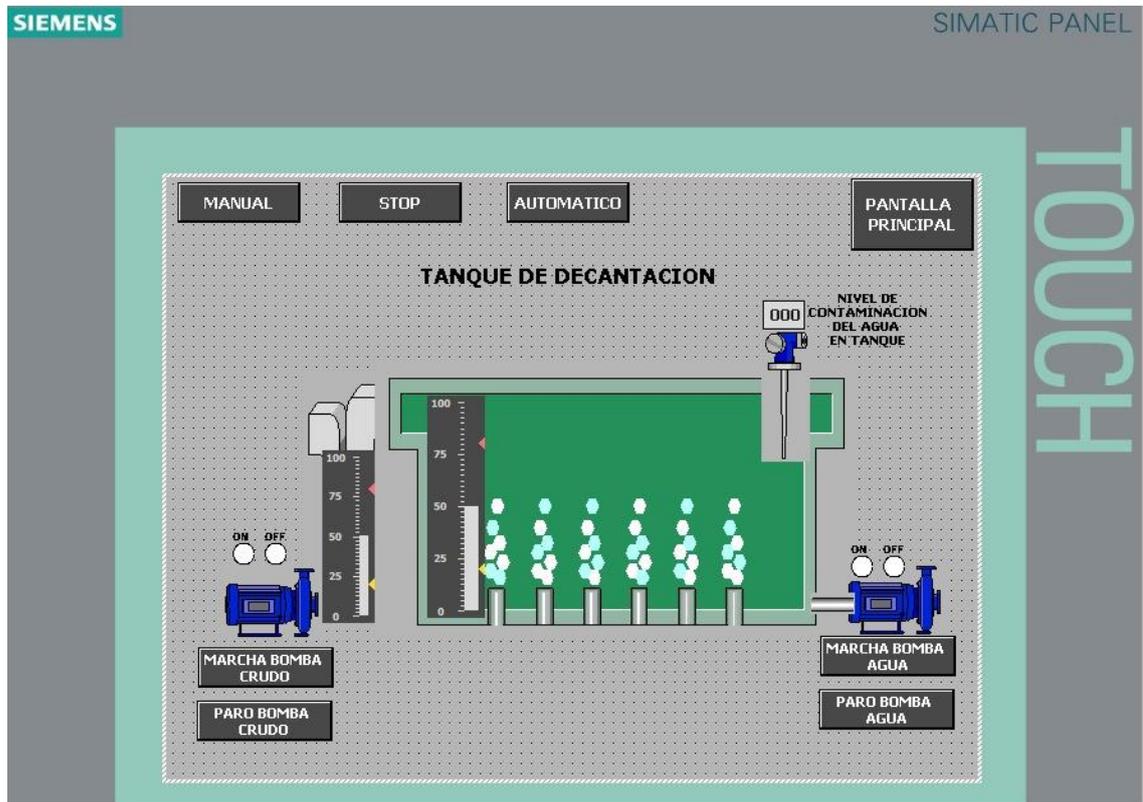
Es importante destacar que, desde esta pantalla, el operador tiene la capacidad de regresar a la pantalla principal en cualquier momento utilizando el botón designado. Este botón de retorno agiliza la navegación y facilita un acceso rápido a la vista general del proceso.

Los botones que se encuentran en esta pantalla desempeñan un papel esencial en la evaluación de la eficacia del proceso de placas coalescentes en la eliminación de hidrocarburos y otros contaminantes del agua. Estos botones permiten a los operadores interactuar directamente con los componentes del proceso, activando o desactivando elementos

específicos según sea necesario. Esto es crucial para garantizar que el proceso esté funcionando de manera óptima y que la calidad del agua tratada cumpla con los estándares requeridos.

Figura 47

Pantalla de separadora de placas coalescentes



Fuente. Autor

En esta pantalla se ofrece una visualización detallada del proceso que sigue después de la primera etapa de purificación del agua. En esta pantalla, los usuarios pueden observar la separación del crudo y el agua de manera precisa, con una verificación mediante un sensor ASH al final de la etapa, se puede interactuar con los botones diseñados para activar o desactivar los elementos específicos que intervienen en este proceso.

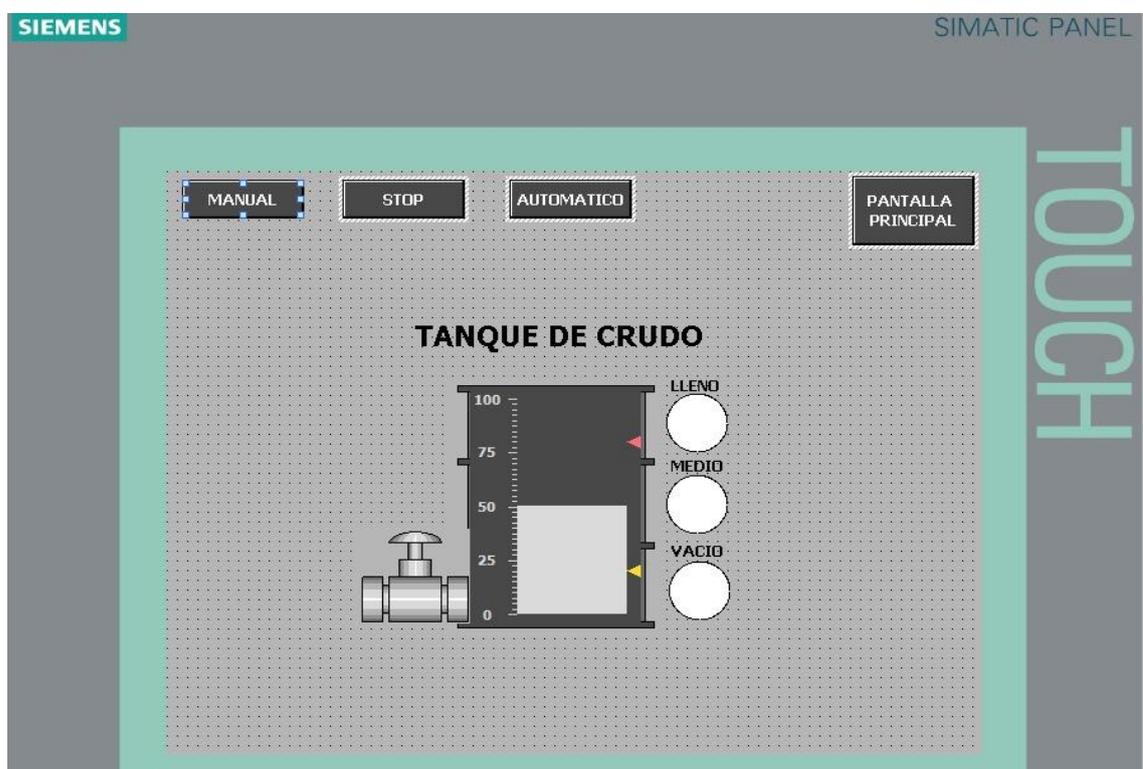
Es importante destacar que, desde esta pantalla, el operador tiene la capacidad de regresar a la pantalla principal en cualquier momento utilizando el botón designado, los botones que se encuentran en esta pantalla es esencial para evaluar la eficacia del proceso de placas coalescentes en la eliminación de hidrocarburos y otros contaminantes del agua. Además, permite a los operadores realizar ajustes y modificaciones según sea necesario para garantizar la calidad del agua tratada.

2.2.2.4. Pantalla de operación del tanque de crudo

Esta pantalla proporciona un monitoreo detallado y en tiempo real del proceso de llenado del tanque de crudo, donde se almacena el crudo extraído del agua durante las diferentes etapas del tratamiento. Esta visualización minuciosa permite a los operadores evaluar de manera precisa el nivel de crudo acumulado y determinar el momento adecuado para llevar a cabo el vaciado necesario, mediante carros tanques.

Figura 48

Pantalla del tanque de crudo



Fuente. Autor

En esta pantalla, se incluyen botones interactivos que permiten a los operadores realizar acciones específicas como:

- **Botón de Control del Vaciado:** Este botón puede activarse cuando es necesario vaciar el tanque de crudo para mantener un funcionamiento eficiente del proceso. Al presionarlo, se inicia el procedimiento de vaciado, lo que contribuye a la gestión adecuada del crudo acumulado.
- **Botón de Regreso a la Pantalla Principal:** Al igual que en otras pantallas, aquí

también se encuentra un botón que facilita el regreso rápido a la pantalla principal. Esto permite a los operadores mantener un monitoreo integral del sistema y acceder a otras áreas de control cuando sea necesario.

La información presentada en esta pantalla es crucial para asegurar que el tanque de crudo se mantenga dentro de los niveles operativos adecuados y para evitar cualquier interrupción en el proceso de tratamiento de agua. La capacidad de interactuar con los botones en pantalla ofrece un control preciso y una respuesta inmediata a las necesidades operativas.

2.2.2.5. Pantalla del proceso de potabilización del agua

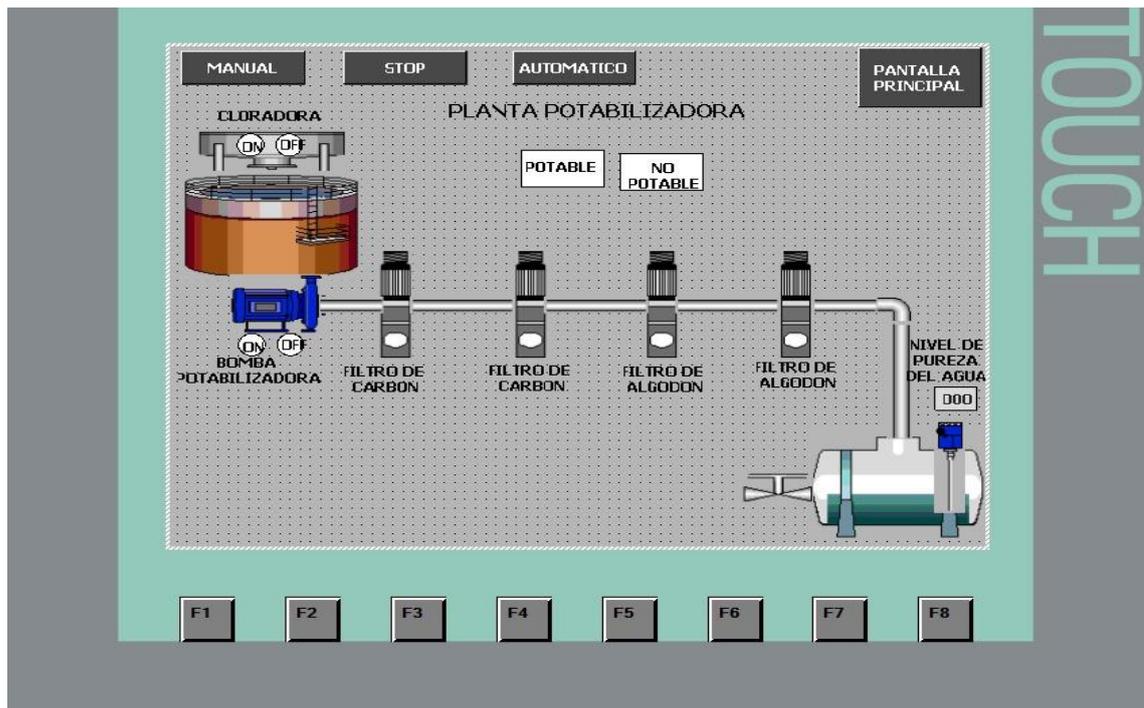
Esta pantalla ofrece una visualización detallada del proceso de purificación final del agua, que está destinada para el consumo humano. Aquí, los operadores pueden supervisar de manera minuciosa la calidad del agua tratada, teniendo en cuenta los medidores de pureza que proporcionan datos precisos sobre su estado.

Además de la visualización detallada de la purificación, esta pantalla permite a los operadores interactuar con varios botones en la interfaz, los cuales realizan diversas operaciones en el sistema. Estas operaciones incluyen:

- **Medición y Control de la Pureza:** Los medidores de pureza en pantalla permiten a los operadores monitorear constantemente la calidad del agua potabilizada. Si se detectan desviaciones de los estándares de calidad, se pueden tomar medidas correctivas de inmediato.
- **Ajuste de Parámetros:** Los operadores pueden utilizar los botones en pantalla para ajustar los parámetros del proceso de potabilización según sea necesario. Esto garantiza que el agua cumpla con los estándares de potabilidad antes de ser entregada para el consumo.
- **Registro de Datos:** La pantalla también registra datos importantes sobre la pureza del agua y el rendimiento del sistema. Estos datos son fundamentales para la documentación, el análisis y la mejora continua del proceso.
- **Botón de Regreso a la Pantalla Principal:** Al igual que en otras pantallas, se incluye un botón para regresar a la pantalla principal, lo que permite a los operadores mantener un monitoreo integral del sistema y acceder a otras áreas de control cuando sea necesario.

Figura 49

Pantalla del tanque de crudo



Fuente. Autor

En esta pantalla se puede realizar la visualización más a detalle de la purificación final del agua la cual va al consumo, teniendo en cuenta los medidores de pureza, aquí también se puede interactuar con ellos botones que se tienen en pantalla los cuales realizan diferentes operaciones en el sistema.

Se ha cumplido con ello los objetivos propuestos en un inicio, para poder saber en contexto la simulación de la planta de agua se lo puede verificar según ANEXO 1

2.2.3. Explicación del aporte

El proyecto de simulación de potabilización de agua contaminada con hidrocarburos aporta una solución tecnológica y sostenible para enfrentar el desafío de proporcionar agua potable a comunidades afectadas por derrames de crudo en los ríos, a través del desarrollo de técnicas de automatización, control y simulación, se busca mejorar la calidad del agua, mitigar riesgos para la salud pública y contribuir al desarrollo sostenible de las regiones afectadas.

El proyecto de simulación de potabilización de agua contaminada con hidrocarburos contribuye al bienestar de las comunidades afectadas, la salud pública, el medio ambiente y el avance tecnológico. Al ofrecer una solución efectiva y sostenible, demuestra el poder de la automatización y la simulación en la resolución de desafíos sociales y ambientales.

2.2.3.1. Beneficiarios y el cómo se benefician

Beneficio: Las comunidades que se ven directamente afectadas por el consumo de agua contaminada se beneficiarán al tener acceso a agua potable de mejor calidad.

Cómo: El proyecto permitirá potabilizar el agua contaminada, eliminando las trazas de hidrocarburos y asegurando que sea segura para el consumo humano. Esto reducirá los riesgos de enfermedades y mejorará la calidad de vida de los habitantes.

2.2.3.2. Autoridades y Organizaciones

Beneficio: Las autoridades y organizaciones de salud pública serían beneficiarios al contar con una solución efectiva para abordar la problemática de salud relacionada con el consumo de agua contaminada.

Cómo: El proyecto ayudará a prevenir brotes de enfermedades transmitidas por el agua, como infecciones gastrointestinales y otros problemas de salud relacionados con la exposición a hidrocarburos, esto reducirá la carga de atención médica y mejorará la salud pública.

2.2.3.3. Industrias y Medio Ambiente

Beneficio: Las industrias extractivas y el medio ambiente se beneficiarán al reducir los impactos negativos de los derrames de crudo en los ecosistemas acuáticos.

Cómo: La implementación de medidas de potabilización ayudará a mitigar la contaminación del agua y minimizar los daños ambientales. Esto puede contribuir a la mejora de la imagen de las industrias y a la conservación de la biodiversidad.

2.2.3.4. Investigadores y Profesionales en Ingeniería

Beneficio: Los investigadores y profesionales en automatización se beneficiarán al utilizar este proyecto como caso de estudio y ejemplo de aplicación práctica.

Cómo: El proyecto servirá como fuente de conocimiento y experiencia en la aplicación de tecnologías de automatización y control en situaciones reales. Esto puede impulsar la investigación y el desarrollo de soluciones similares en otros contextos.

Tabla 9

Beneficiarios del proyecto de simulación de potabilización

Beneficiarios	Beneficios
----------------------	-------------------

Comunidades Afectadas	Acceso a agua potable de calidad, mejora de la salud y calidad de vida.
Autoridades y Salud Pública	Reducción de enfermedades transmitidas por el agua, mejora en la salud pública.
Industrias y Medio Ambiente	Minimización de impactos ambientales, mejora de la imagen corporativa.
Investigadores y Profesionales	Caso de estudio valioso, fomento de la investigación en automatización.

2.2.4. Estrategias y/o técnicas

Este proyecto no solo demuestra el poder de la ingeniería y la automatización en la resolución de desafíos sociales y ambientales, sino que también destaca la importancia de la colaboración interdisciplinaria y la aplicación de normativas ambientales. La combinación de técnicas de modelado, control y simulación permitirá la optimización del proceso de potabilización, asegurando la calidad y seguridad del agua tratada.

A lo largo de este documento se exploran estrategias y técnicas clave que se aplican en cada fase del proyecto, desde la recolección del agua contaminada hasta la potabilización final. Cada etapa estará diseñada con la premisa de que la simulación virtual permitirá probar y perfeccionar el proceso antes de la implementación física. Además, analizaremos cómo estas estrategias contribuyen al bienestar de las comunidades afectadas, la salud pública y la conservación del medio ambiente.

Automatización y Control Integrados: Utilizar la automatización como eje central para controlar y supervisar todas las etapas del proceso de potabilización. Esto implica la programación de PLCs y la configuración de interfaces HMI para asegurar una operación eficiente y segura.

Modelado y Simulación Detallados: Utilizar software de simulación, como TIA Portal y Factory IO, para crear modelos detallados de cada etapa del proceso. Esto permitirá probar diferentes configuraciones y estrategias de control virtualmente antes de la implementación física.

Diseño Basado en Normativas y Estándares: Diseñar el sistema teniendo en cuenta las normativas y estándares pertinentes para la potabilización del agua y la seguridad industrial. Esto garantizará que el sistema cumpla con las regulaciones y sea seguro para su

implementación.

Sensores y Monitoreo en Tiempo Real: Utilizar una variedad de sensores para monitorear parámetros críticos en tiempo real, como niveles de contaminación, caudal, pH, turbidez, etc. Esto permitirá una respuesta rápida ante cualquier anomalía y garantizará la calidad del agua.

Optimización de procesos: Implementar algoritmos de control y estrategias de optimización para maximizar la eficiencia del proceso y reducir el consumo de recursos, como energía y reactivos químicos.

Redundancia y resiliencia: Incorporar sistemas de redundancia y resiliencia para garantizar la continuidad del proceso, incluso en caso de fallos de equipos o componentes.

Capacitación y entrenamiento: Proporcionar capacitación a los operadores y personal involucrado en la gestión del sistema automatizado. Un personal capacitado garantiza una operación eficiente y segura.

Monitoreo remoto y acceso en la nube: Integrar sistemas de monitoreo remoto y acceso en la nube para supervisar y controlar el proceso desde ubicaciones externas, lo que facilita la toma de decisiones a distancia.

Pruebas virtuales exhaustivas: Previa implementación del sistema físico, se deben realizar pruebas virtuales utilizando el entorno de simulación. Esto ayuda a identificar posibles problemas y a afinar la configuración antes de la implementación real.

Documentación y registro de datos: Mantener un registro detallado de los datos y eventos del sistema para análisis posterior y mejora continua.

Colaboración interdisciplinaria: Fomentar la colaboración entre expertos en automatización, ingenieros ambientales, químicos y otros profesionales para abordar todos los aspectos del proyecto de manera integral.

Evaluación de impacto ambiental: Evaluar el impacto ambiental de las soluciones propuestas y asegurarse de que la implementación no cause impactos negativos adicionales al ecosistema circundante.

Velasco (2020) menciona que la validación de software y hardware instalado a través de la planta de tratamiento es importante realizarla mediante pruebas de funcionamiento, pues es la única manera de verificar y validar que el sistema funcione de manera adecuada, sobre todo que sea confiable para quien se encargue de su posterior operación.

Por su parte Tituaña (2018) menciona que tras realizar la implementación de un sistema es necesario verificar su funcionamiento siguiendo un conjunto de pasos que incluyen el encendido de los dispositivos, funcionamiento de los sensores, funcionamiento de los actuadores y despliegue correcto del software; de manera adicional observar cual es el resultado final tras el proceso, cuidando que este no sea contaminante para el medio ambiente.

2.3. Validación de la propuesta

Para validar la propuesta se cuenta con la revisión de los profesionales que tienen más de 10 años de experiencia en áreas industriales, poseen títulos de cuarto y tercer nivel, han participado en proyectos de automatización dentro de empresas como: Cervecería Nacional, La Universidad Israel y El Oleoducto de Crudos Pesados, por lo que dan la seguridad de saber del tema tratado y los detallo en la tabla siguiente:

Tabla 10

Perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Bunce Sangoluiza Paúl Cesar	+11 años	Magister en producción y operaciones industriales	Analista de Procesos (Cervecería Nacional)
Parra Balza Fidel David	+27 años	Magister en Telemática PhD en Ciencias de la Educación	Profesor e Ingeniero de proyectos (U. Israel)
Báez Javier	+10 años	Ingeniero en Electrónica y Control	Especialista en confiabilidad (Oleoducto de Crudos Pesados)

Fuente. Autora

Tabla 11

Criterios de evaluación, con los que evaluaron los especialistas

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Fuente. Tomado de Universidad Israel

Tabla 12

Escala de evaluación por especialista Paúl Bunce

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Fuente: Elaboración de la autora

Tabla 13

Escala de evaluación por especialista Fidel Parra

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad			X		
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Fuente: Elaboración de la autora

Tabla 14

Escala de evaluación por especialista Javier Báez

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Fuente. Autor

Tabla 15

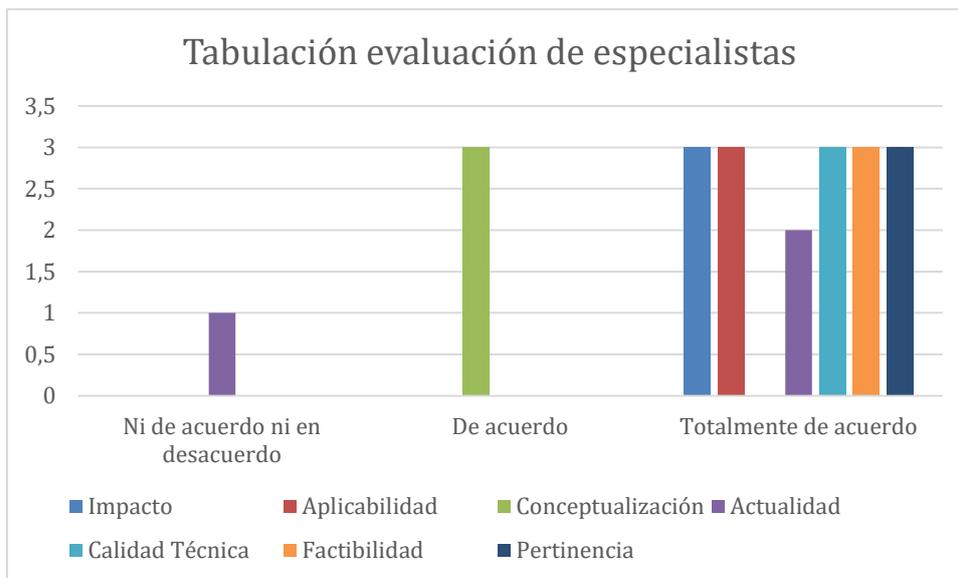
Escala de evaluación de las tablas por los tres especialistas

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Impacto					3
Aplicabilidad					3
Conceptualización				3	
Actualidad			1		2
Calidad Técnica					3
Factibilidad					3
Pertinencia					3

Fuente: Elaboración de la autora

Figura 50

Resumen tabulado de evaluación de la escala por los tres especialistas



Fuente. Autor

2.3.1. Análisis de los datos tomados, de las tablas que evaluaron los especialistas

Según datos recopilados de criterios dados por los especialistas, se puede deducir que:

La evaluación del criterio de Impacto refleja 3 personas en "Totalmente de acuerdo" en este caso la distribución puede explicarse por la perspectiva del evaluador en la que ha percibido la simulación de manera evidente y piensan que podría tener un impacto concreto y

transformador en la calidad y accesibilidad del agua potable. Es relevante señalar que existe el reconocimiento de que este proyecto podría ser una valiosa herramienta para ayudar a comunidades vulnerables ante derrames de crudo, aunque el impacto exacto no pueda ser observado de inmediato debido a la naturaleza simulada del proyecto, se reconoce su potencial para ofrecer soluciones innovadoras en la potabilización del agua y, por ende, mejorar las condiciones de vida en dichas comunidades.

La evaluación del criterio de Aplicabilidad refleja 3 personas en "Totalmente de acuerdo" esto indica que sería beneficioso si la simulación podría ejecutarse debido a que puede dar soluciones reales en el campo de la potabilización del agua, ya que la simulación indica como esta tecnología podría implementarse y beneficiar a las comunidades afectadas por la falta de agua potable.

La evaluación del criterio de Conceptualización refleja 3 personas en "De acuerdo" esto sugiere que hay un grado aceptable en cuanto a cómo se ha presentado el concepto de automatización en la simulación.

La evaluación del criterio de Actualidad refleja 2 personas en "Totalmente de acuerdo" y 1 persona "ni de acuerdo, ni en desacuerdo", esto sugiere que hay una opinión negativa en cuanto a lo actual y relevante que es la simulación en relación con el contexto actual. Para abordar esto, podría ser útil destacar cómo la automatización y las soluciones tecnológicas son tendencias en constante crecimiento y que la simulación está alineada con estos avances, es lo que sugirió uno de los especialistas y se realizó la corrección pertinente.

La evaluación del criterio de Calidad Técnica refleja 3 personas en "Totalmente de acuerdo", esto sugiere que no hay dudas en cuanto a la calidad técnica de la simulación y cómo se ha presentado. Según opiniones de especialistas dicen que es beneficioso que se haya proporcionado la información de manera detallada sobre la metodología utilizada en la simulación, la precisión de los datos y la robustez de los resultados obtenidos.

La evaluación del criterio de Factibilidad refleja 3 personas en "Totalmente de acuerdo", lo que indica que no existen inquietudes en cuanto a la viabilidad y realización de la simulación, abordar estas preocupaciones, es útil ya que se destaca cómo la simulación es una representación de un proceso posible y cómo podría sentar las bases para futuras investigaciones y desarrollos de proyectos.

La evaluación del criterio de Pertinencia refleja 3 personas en "Totalmente de acuerdo", esto destaca según los criterios de los especialistas que es relevante y valiosa la simulación del

proyecto debido a que es un tema real, que se da en comunidades vulnerables, por ello es meritorio que la simulación se haya enfocado en la potabilización del agua y con ello se puede contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades afectadas.

2.4. Matriz de articulación de la propuesta

Tabla 16

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1 Análisis de Dispositivos Electrónicos, Electrónicos y Neumáticos	Evaluación de dispositivos y componentes para su integración en el sistema.	Programación de PLC Visión por computador Principios de funcionamiento y especificaciones técnicas de dispositivos	Se analizó la información técnica presente en los Datasheet de los dispositivos y en fuentes oficiales de proyectos investigados similares
2 Desarrollo de la Simulación y control en los software usados	<ul style="list-style-type: none"> Creación de simulaciones detalladas de procesos de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos. Evaluación de dispositivos y componentes para su integración en el sistema. 	Conexiones en el Sistema HMI Simulación y control del proceso Proceso industrial mediante software	Software de simulación, programación en PLC 1200 Siemens Interfaces HMI.
3 Diseño de la Interfaz HMI y Verificación del Ciclo del Sistema	Creación de una interfaz gráfica para el control y monitoreo del proceso de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, junto con la verificación del ciclo operativo.	Principios de diseño de interfaces HMI y control de procesos industriales	Software de diseño de HMI, pruebas de ciclo operativo, verificación de control.



2.5. Análisis de resultados. Presentación y discusión.

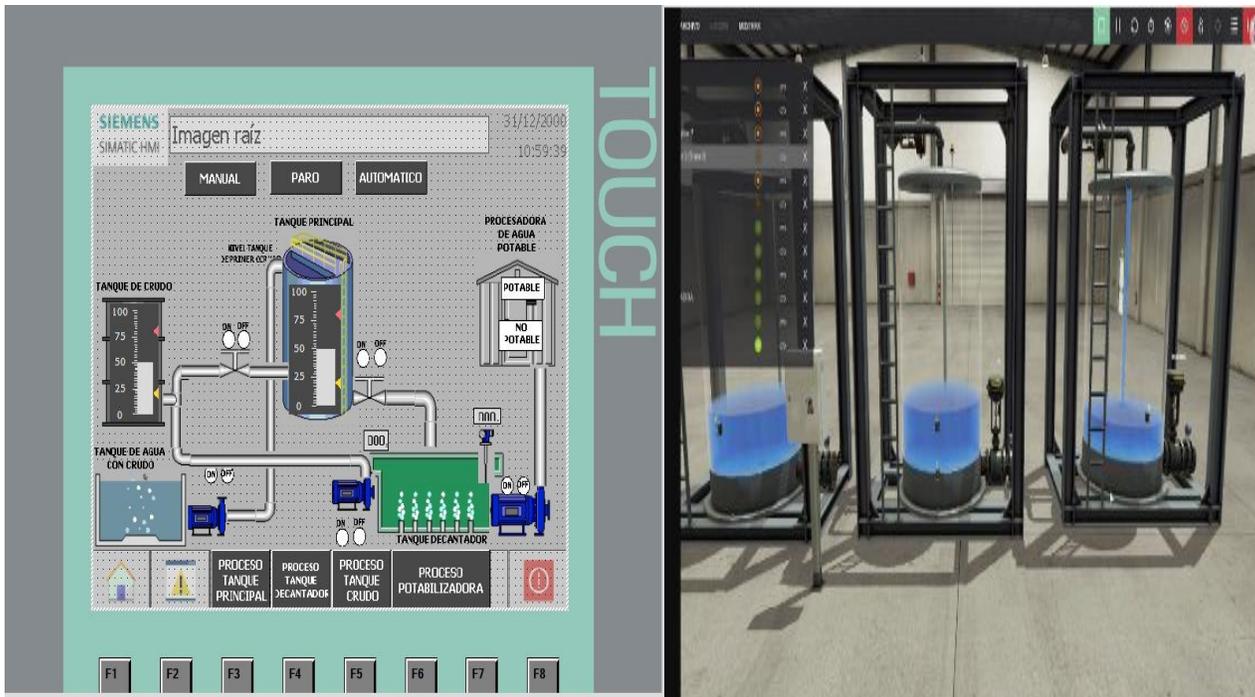
los resultados obtenidos en cada una de estas fases demuestran el éxito del proyecto en su conjunto. El sistema de recolección garantiza un suministro constante de agua cruda, la separación por placas coalescentes mejora significativamente la calidad del agua y la fase de potabilización asegura que el agua cumple con los estándares necesarios para su consumo humano. Estos logros son fundamentales para abordar el problema de la contaminación de aguas con hidrocarburos y contribuir al acceso a agua potable de calidad para comunidades afectadas.

Los resultados obtenidos se presentan tal como se desarrolló y se logró cumplir con los objetivos, son las 3 fases del proyecto y se las detallan a continuación:

- Sistema de recolección aguas contaminadas con hidrocarburos
- Separación cruda del agua, por medio de placas coalescentes
- Potabilización del agua

Figura 51

Desarrollo de las tres etapas de Tia Portal y Factory IO

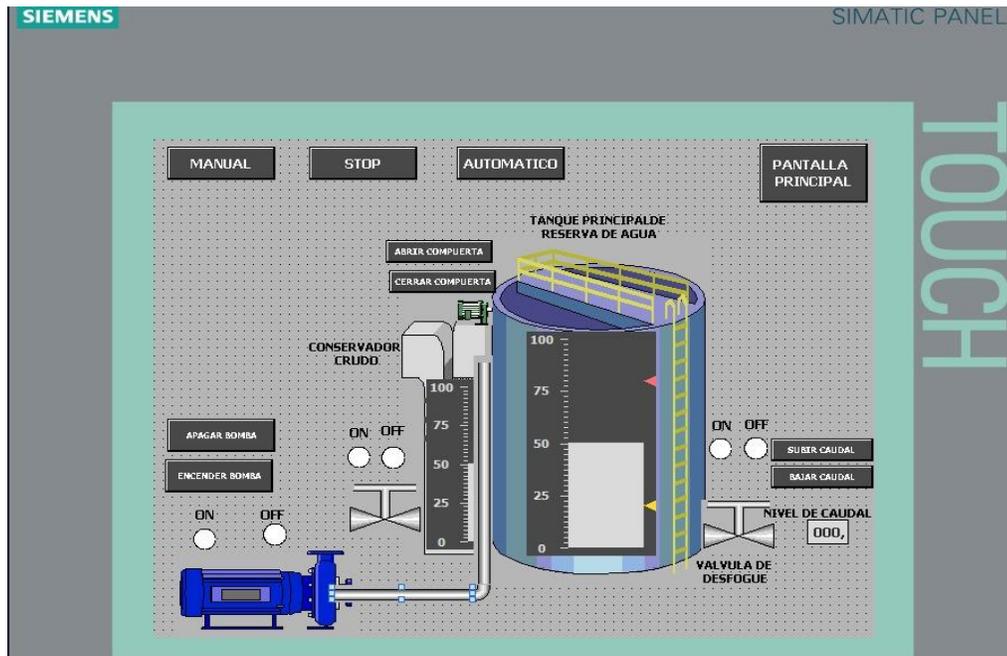


Fuente. Autor

2.5.1. Sistema de Recolección de Aguas Contaminadas con Hidrocarburos

Figura 52

Fase 1, Tia Portal

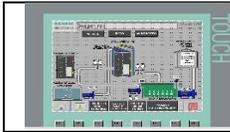


Fuente. Autor

La fase inicial del proyecto se centra en el sistema de recolección de aguas contaminadas con hidrocarburos. Esta fase es crítica ya que es la etapa en la que se captura el agua cruda y se inicia el proceso de separación de hidrocarburos para su posterior tratamiento y purificación. A continuación, se presenta una discusión detallada de cada etapa de esta fase:

Piscina de Agua Oleosa: En esta etapa, se recolecta agua contaminada con hidrocarburos directamente del río. Esto se logra utilizando un sensor de nivel de agua que mide el nivel del agua en la piscina. Una vez que se alcanza cierto nivel, se activa una bomba de captación para transferir el agua contaminada al siguiente paso del proceso. Esta configuración es esencial para garantizar la recopilación eficiente de agua contaminada.

Bomba de Tornillo: La bomba de tornillo desempeña un papel fundamental en la separación de trazas de hidrocarburos del agua. Utiliza un principio de bombeo especializado que permite la separación efectiva de los componentes. La elección de una bomba de tornillo como componente principal es crucial para garantizar la eficiencia de la separación.



Tanque API: En este punto, se almacena el agua contaminada con hidrocarburos en un tanque API que cumple con las normativas requeridas para la separación del crudo y el agua por densidad. Se utilizan sensores de nivel de tanque para monitorear y controlar el nivel de líquido en el tanque. Además, una válvula de control se utiliza para regular el flujo dentro del tanque, asegurando una separación efectiva.

Separación por Densidad: Este proceso permite que el crudo suba y sea redirigido hacia la parte superior del tanque, mientras que el agua libre de hidrocarburos se mantiene en la parte inferior. El uso de temporizadores y válvulas de direccionamiento es esencial para controlar este proceso y asegurar una separación eficiente.

Eliminación de Crudo: Finalmente, se utiliza una válvula check junto con un sensor de flujo para direccionar el agua sin hidrocarburos hacia la siguiente fase del proceso, asegurando que el agua tratada esté libre de contaminantes.

En resumen, esta fase inicial del proyecto se ha diseñado meticulosamente para garantizar la recopilación efectiva de agua contaminada, la separación de hidrocarburos y la preparación del agua para las etapas posteriores de purificación. La elección de sensores, bombas y válvulas adecuados, así como la implementación de temporizadores, son fundamentales para el funcionamiento eficiente de esta fase. La simulación exitosa de esta fase sienta las bases para el tratamiento efectivo del agua contaminada con hidrocarburos en etapas posteriores del proyecto

Tabla 17

Fase 1: Sistema de Recolección de Aguas Contaminadas con Hidrocarburos

Etapa	Descripción y Configuración	Ejemplos de Sensores, Actuadores o Bombas
Piscina de Agua oleosa	Ubicada en el río, se recoge agua contaminada con hidrocarburos.	Sensor de Nivel de Agua, Bomba de Captación
Bomba de Tornillo	Bomba de tornillo utilizada para bombear y separar trazas de hidrocarburos del agua.	Bomba de Tornillo
Tanque API	Tanque de almacenamiento con normativa API para separar crudo y agua por densidad.	Sensor de Nivel de Tanque, Válvula de Control
Separación por densidad	Proceso de espera para que el crudo suba y sea redirigido, dejando el agua libre de hidrocarburos.	Temporizador, Válvula de Direccionamiento



Eliminación de crudo

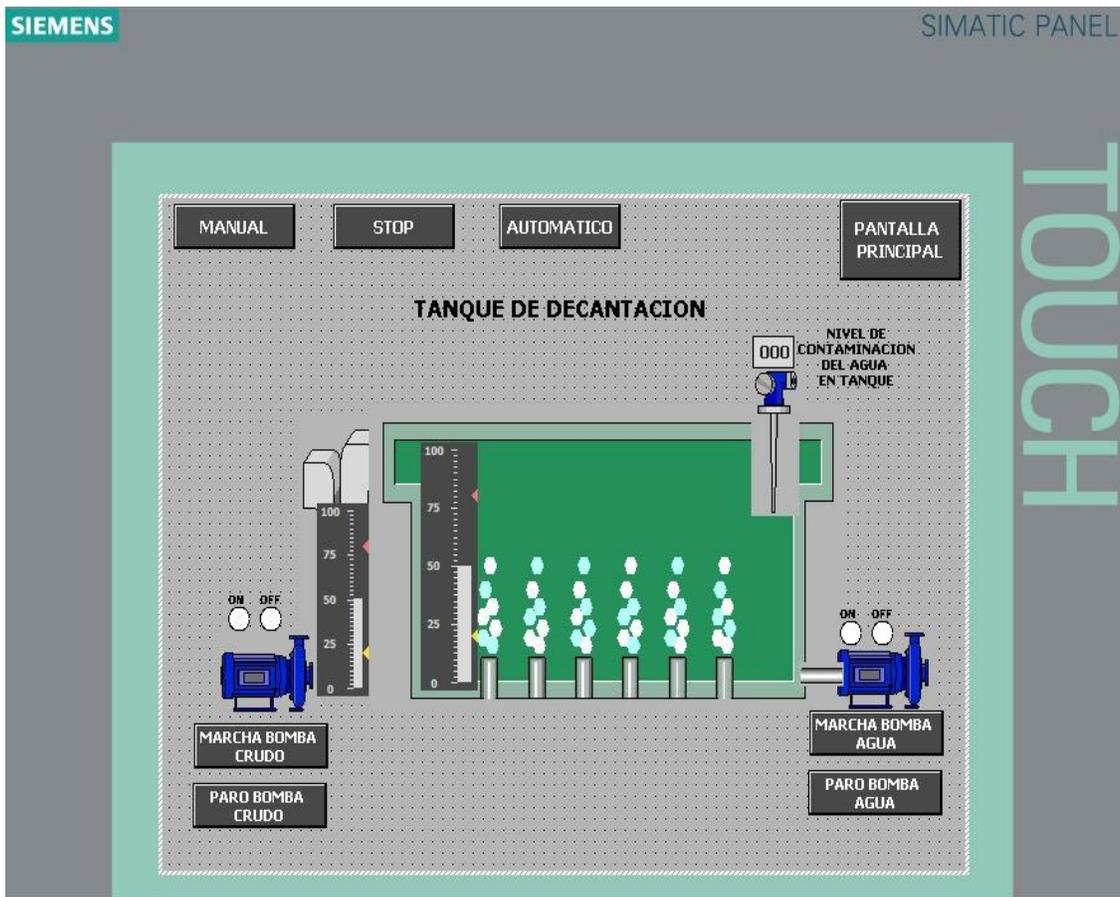
Utilización de una check para
direccionar el agua sin
hidrocarburos hacia la
siguiente fase.

Válvula Check, Sensor de
Flujo

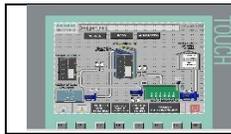
2.5.2. Separación del crudo y agua, por placas coalescentes

Figura 53

Fase 2, Tia Portal



Fuente. Autor



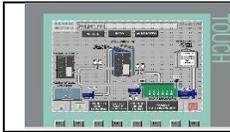
En esta fase del proyecto, denominada "Separación del Crudo con el Agua," se han logrado avances significativos en la purificación del agua contaminada con hidrocarburos. A continuación, se presenta un análisis detallado de las etapas y componentes clave de esta fase:

- **Separadora de Placas Coalescentes:** La utilización de placas coalescentes en esta etapa ha demostrado ser altamente efectiva para garantizar la separación completa del crudo del agua tratada. Estas placas funcionan como un mecanismo de coalescencia, permitiendo que las partículas de hidrocarburos se agrupen y se separen del agua de manera eficiente. La simulación ha validado la eficacia de este proceso, lo que garantiza que el agua esté lista para la siguiente fase de tratamiento.
- **Medición de ppm:** La implementación de sensores de conductividad y un indicador visual para medir las partes por millón (ppm) en el agua tratada es crucial para determinar si el agua cumple con los estándares de calidad necesarios. Estos sensores permiten verificar en tiempo real la pureza del agua y, por lo tanto, su aptitud para el consumo humano. Los resultados de la simulación indican que esta medición es precisa y confiable.
- **Bomba de Transferencia:** Una bomba de transferencia se encarga de transportar el agua tratada hacia la planta de potabilización si cumple con los estándares de calidad requeridos. Esta fase de transferencia es esencial para asegurar que solo el agua de alta calidad avance hacia la siguiente etapa del proceso de potabilización. La simulación ha demostrado que la bomba de transferencia funciona de manera efectiva, lo que garantiza un flujo continuo de agua purificada.

Tabla 18

Fase 2: Separación del Crudo con el Agua

Etapas	Descripción y Configuración	Ejemplos de Sensores, Actuadores o Bombas
Separadora de Placas	Uso de placas coalescentes para asegurar la completa separación del crudo del agua tratada.	Placas Coalescentes
Medición de ppm	Sensor para medir las ppm en el agua tratada. Indica si el agua está lista para la siguiente etapa.	Sensor de Conductividad, Indicador Visual

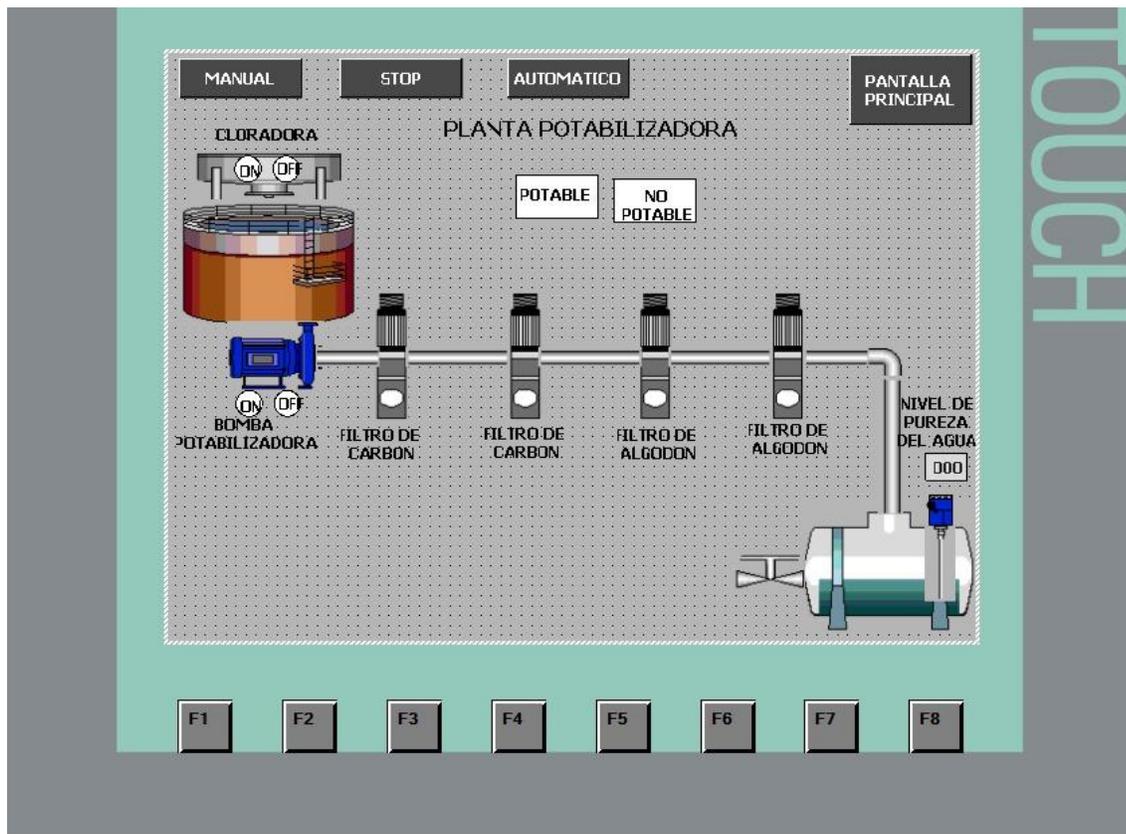


Bomba de transferencia Bomba que transporta el agua tratada hacia la planta de potabilización si cumple con los estándares de calidad. Bomba de Transferencia

2.5.3. Planta de tratamiento de agua

Figura 54

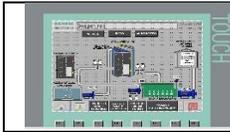
Fase 3, Tia Portal



Fuente. Autor

La fase final del proyecto, que involucra la "Potabilización del Agua para Consumo," es crítica para garantizar que el agua tratada sea segura y cumpla con los estándares necesarios para el consumo humano. A continuación, se presenta un análisis detallado de las etapas y componentes clave de esta fase:

Filtración Fina: El proceso de filtrado fino es esencial para eliminar partículas y sedimentos finos del agua tratada. La utilización de filtros de malla y válvulas de control ha demostrado ser altamente efectiva en la



simulación. Esto garantiza que el agua esté libre de impurezas visibles y sea más clara, lo que es fundamental para la potabilización.

Desinfección Química: La introducción controlada de agentes químicos desinfectantes, como el cloro, es una etapa crítica para eliminar microorganismos patógenos en el agua. La bomba dosificadora y el sensor de cloro son componentes clave que garantizan la dosificación precisa de los agentes químicos. La simulación ha validado la efectividad de esta etapa en la eliminación de patógenos.

Ajuste de pH: El ajuste del pH del agua es esencial para garantizar que esté dentro de los rangos seguros para el consumo humano. La bomba de dosificación y el sensor de pH permiten realizar ajustes precisos. Los resultados de la simulación indican que esta etapa es eficiente en el control del pH.

Eliminación de Gases y Olores: La eliminación de gases y olores no deseados es una consideración importante en la potabilización. La simulación ha demostrado que la utilización de un ventilador de aire y una válvula de escape es efectiva para este propósito, lo que asegura que el agua sea agradable al paladar y al olfato.

Almacenamiento de Agua: El almacenamiento adecuado del agua potable en un tanque es fundamental. El tanque de almacenamiento y el sensor de nivel son componentes clave en esta etapa. La simulación ha validado la capacidad de almacenamiento y el control del nivel del agua.

Verificación de Calidad: Sensores como el sensor de turbidez, el sensor de cloro y el indicador de calidad desempeñan un papel crucial en la verificación de la calidad del agua. La simulación ha demostrado que estos sensores son precisos en la medición de la calidad y garantizan que el agua cumpla con los estándares establecidos.

Automatización: La automatización del proceso de potabilización utilizando TIA Portal y Factory IO es fundamental para controlar y supervisar cada etapa del proceso. La combinación de PLC, HMI, actuadores y sensores garantiza un control preciso y eficiente.

Tabla 19

Fase 3: Potabilización del Agua para Consumo

Etapa	Descripción y configuración	Ejemplos de sensores, actuadores o bombas
Filtración Fina	Proceso de filtrado para eliminar partículas y sedimentos finos.	Filtro de malla, Válvula de control

Desinfección química	Introducción controlada de agentes químicos desinfectantes, como el cloro, para eliminar microorganismos patógenos.	Bomba dosificadora, Sensor de Cloro
Ajuste de pH	Utilización de reactivos químicos para ajustar el pH del agua.	Bomba de dosificación, Sensor de pH
Eliminación de gases y olores	Proceso para eliminar gases y olores no deseados.	Ventilador de aire, Válvula de escape
Almacenamiento de agua	Almacenamiento del agua potable en un tanque adecuado.	Tanque de almacenamiento, Sensor de nivel
Verificación de calidad	Sensores miden la calidad del agua y determinan si cumple con los estándares para ser potable.	Sensor de turbidez, Sensor de cloro, Indicador de calidad
Automatización	Uso de TIA Portal y Factory IO para automatizar y controlar cada etapa del proceso de potabilización.	PLC, HMI, Actuadores, Sensores

CONCLUSIONES

- Se logra de manera exitosamente el desarrollo de la simulación de la planta de tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos, gracias a la integración del software Factory IO y TIA Portal. Esta simulación permite comprender en detalle cada etapa del proceso de potabilización, desde la recolección hasta la purificación del agua, brindando una valiosa herramienta para el aprendizaje en automatización y control. El

resultado obtenido demuestra el potencial de estas herramientas en la formación profesional de las personas y en la generación de soluciones innovadoras para la gestión del agua en áreas afectadas por la contaminación, contribuyendo así al bienestar de las comunidades y al cuidado del entorno.

- Se logra establecer de manera precisa los parámetros operativos para cada fase del proceso de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, permitiendo así una comprensión exhaustiva de las condiciones ideales para la potabilización del agua.
- Se cumple con la definición meticulosa de los elementos requeridos para llevar a cabo la simulación de la planta de tratamiento de aguas contaminadas. La selección de sensores, actuadores, bombas y otros componentes ha asegurado la representación fiel y efectiva de cada fase del proceso.
- A través del diseño integral del sistema de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, se logra obtener una interconexión y configuración de los elementos del sistema han permitido simular con precisión la operación y los flujos de trabajo reales.
- La implementación exitosa de la simulación del sistema de tratamiento de aguas contaminadas utilizando Factory IO y TIA Portal constituye la realización del cuarto objetivo mediante el uso de herramientas, se demostró que son funcionales y versátiles en la creación de un entorno virtual coherente y realista.
- En línea con el quinto objetivo específico, se han llevado a cabo pruebas para validar tanto el funcionamiento como el desempeño del sistema de tratamiento de aguas contaminadas simulado, mediante el uso de sensores, estas pruebas han brindado una evaluación completa de la efectividad y eficiencia del sistema en la purificación del agua.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda ubicar los instrumentos en lugares específicos de la planta que permitan obtener resultados fiables, ya que de una correcta medición dependen los demás parámetros que intervienen en el proceso de tratamiento y potabilización del agua.
- Se recomienda que el sistema SCADA permita gestionar la operación integral de la planta, así como los datos productivos de la misma, lo que implica una completa automatización del sistema de tratamiento de agua.
- Se recomienda tomar esta investigación como modelo de implementación para el tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos optando por la aplicación de herramientas tecnológicas de automatización que permita manejar de manera óptima los recursos naturales disponibles como es el caso del agua, mitigando los efectos contaminantes sobre la naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA

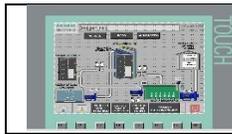
- ABT. (2023). *Válvulas de bola automatizadas*. Obtenido de <https://n9.cl/awcxa>
- Acciona. (2023). *Acciona Business as Unusual*. Obtenido de Potabilización del agua: <https://n9.cl/rmiwlz>
- Anáhuac. (2020). *Factory IO: Simulación 3D de fábrica*. Obtenido de <https://n9.cl/xuyjo>
- APV. (2023). *Aparatos para vapor*. Obtenido de Válvula tipo globo: <https://n9.cl/j4lf9>
- Aula21. (2022). *Centro de formación técnica para la industria*. Obtenido de TIA Portal: ¿Qué es y para qué sirve?: <https://www.cursosaula21.com/tia-portal/>
- Aula21. (2023). *Qué es un HMI: para qué sirve la Interfaz Humano-Máquina*. Obtenido de <https://n9.cl/jpq0n>
- Aula21. (2023). *Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona*. Obtenido de <https://n9.cl/uxm4z>
- BBVA. (2021). *BBVA*. Obtenido de ¿Qué es el proceso de potabilización del agua y cuáles son sus fases?: <https://n9.cl/e5fyq>
- Calderas industriales. (2023). *Calderas industriales*. Obtenido de Válvulas de piston: <https://n9.cl/vk5ln>
- Castaño, S. (2020). *Control Automático*. Obtenido de Medidor de nivel: <https://n9.cl/9a2g8>
- CLA-VAL. (2023). *Válvulas de control de flujo*. Obtenido de <https://n9.cl/nehvq>
- Colmáquinas. (2023). *Transmisores de flujo*. Obtenido de <https://n9.cl/obm2i>
- Comunicaciones inalámbricas. (2019). *Sensores inteligentes para monitorizar*. Obtenido de <https://n9.cl/01btm>
- Conde, W. (2019). *Sistema de monitoreo y control para el proceso de potabilización en las juntas administradoras de agua potable (JAAP)*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://n9.cl/7yewh>
- Cóndor, D. (2019). *Automatización de un sistema de refrigeración industrial mediante un PLC, interface HMI y control remoto desde dispositivos móviles*. Universidad Tecnológica Israel. Obtenido de <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/3087/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2020-043.pdf>
- Control Valves. (2022). *Actuador eléctrico con válvula mariposa*. Obtenido de <https://n9.cl/hspnsi>
- CTQ. (2022). *Objetivos de la automatización industrial*. Obtenido de <https://n9.cl/9f2lp>
- Dávalos, R. (2018). *Diseño de una planta para el tratamiento de 20000 barriles diarios de agua de formación en un campo maduro del oriente ecuatoriano*. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://n9.cl/519n1>
- Dinatek. (2023). *Bombas de caudal Hydrotek*. Obtenido de <https://n9.cl/v2xeaj>
- DISAI. (2023). *Transmisor de nivel Multivariable Mod IMV31 Foxboro*. Obtenido de <https://n9.cl/uyqse>
- Dominguez, A. (2023). *¿Qué es TIA Portal y para qué sirve?* Obtenido de <https://n9.cl/rygzx>
- Doria, S. (2023). *¿Cómo funciona un transmisor de presión?* Obtenido de <https://n9.cl/jfhi8>

	OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS	INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Página 93 de 19
---	--	---	----------------------------

- EcoWay. (2023). *¿Qué son los absorbentes selectivos?* Obtenido de <https://n9.cl/aou67>
- ECURED. (2020). *Bomba de tornillo*. Obtenido de <https://n9.cl/w8adz>
- Emerson. (2023). *Válvulas de globo*. Obtenido de ¿Qué es una válvula de globo?: <https://n9.cl/8i2lo>
- Equipos y Laboratorio. (2021). *Métodos de separación de mezclas*. Obtenido de <https://n9.cl/00c5n>
- Flow energy. (2020). *Válvulas para Oleoductos y Gasoductos*. Obtenido de <https://n9.cl/ugwyc>
- Fluideco. (2023). *¿Qué es una bomba dosificadora?* Obtenido de <https://n9.cl/a5sn>
- GSL. (2022). *GSL Industrias*. Obtenido de <https://n9.cl/uxoyh>
- Harb mecatrónica. (2020). *Válvula Solenoide*. Obtenido de <https://n9.cl/56kzl>
- Haro, D. (2022). *Sistema de control con interfaz HMI para el proceso de enfriamiento de las unidades de generación de la hidroeléctrica Topo*. Universidad Tecnológica Israel. Obtenido de <https://n9.cl/a7q6l>
- Helisa. (2023). *Válvulas Manuales para Lechos Filtrantes*. Obtenido de <https://n9.cl/9psb0>
- HIGIA. (12 de julio de 2023). *Seguridad y Sanidad Ambiental*. Obtenido de <https://www.higiaiberica.com/noticias/que-es-una-planta-potabilizadora-de-agua/>
- INOXPA. (2023). *Válvulas de presión vacío*. Obtenido de 7550 Válvula Presión-Vacío: <https://n9.cl/2c2e6>
- Interempresas. (2022). *Automatización en la industria 4.0*. Obtenido de <https://n9.cl/qwg6k>
- Intesista. (2020). *Actuadores hidráulicos*. Obtenido de <https://n9.cl/msdta>
- IQR. (2022). *Floculación para el tratamiento de aguas*. Obtenido de <https://n9.cl/dofwr>
- Jimenez, A. (2023). *Global Assessment of Accountability in Water and Sanitation Services Using GLAAS Data*. Obtenido de Bomba Rotativa de tornillo helicoidal: <https://n9.cl/9d0l8>
- Jimenez, A. (2023). *Global Assessment of Accountability in Water and Sanitation Services Using GLAAS Data*. Obtenido de Bomba Rotativa de tornillo helicoidal: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Bomba-rotativa-de-tornillo-helicoidal_fig3_279479588
- León, L. (9 de junio de 2020). *Propuesta de un sistema de potabilización para la comunidad unión y progreso, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://n9.cl/kj1ib>
- Líderes. (2020). Juan Carlos Bermeo: 'La producción de crudo es estable'. *Líderes*. Obtenido de <https://n9.cl/tendg>
- López, J. (2023). *Control automático de nivel del separador de gas de planta productora Shushufindi*. Universidad Tecnológica Israel. Obtenido de <https://n9.cl/zmthm>
- López, V. (2019). *Automatización del proceso de tratamiento de agua potable de la planta Caracoles - Mina Quellaveco*. Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://n9.cl/dcj2p7>
- MakroPiscinas. (2023). *Bomba ESPA Silen 75m*. Obtenido de <https://n9.cl/3ljuk>



- Marín, J. (2018). *Diseño de un sistema de control distribuido usando Factory IO y Codesys V3 (comunicación through OPC)*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://n9.cl/i8srf>
- Martínez, N. (2018). *Implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para el sistema hidroneumático del edificio Teatro Nacional Sucre*. Universidad Tecnológica Israel. Obtenido de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1570>
- MasterPLC. (2023). *Factory IO Ultimate edition*. Obtenido de <https://n9.cl/nwysm>
- Mecafenix. (2021). *Transmisores industriales*. Obtenido de Que son los transmisores industriales y que tipos existen: <https://n9.cl/94d3v>
- Mettler Toledo. (2023). *Sensores de pH de laboratorio y de medición en continuo*. Obtenido de <https://n9.cl/7uryh>
- Mettler Toledo. (2023). *Transmisores de conductividad*. Obtenido de Medición fiable de la conductividad en procesos y agua: <https://n9.cl/1coxv5>
- MITECO. (2020). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Obtenido de <https://n9.cl/r3amb>
- Mundo compresor. (2023). *Qué son y cómo funcionan los transmisores de presión*. Obtenido de <https://n9.cl/jpb6k>
- NTGD. (2023). *NTGD Valve*. Obtenido de Válvula de bola: <https://n9.cl/y21a5>
- NTGD. (2023). *NTGD Valve*. Obtenido de Válvula de diafragma: <https://n9.cl/v7rgw>
- OPS. (2019). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Obtenido de <https://n9.cl/tg5sw>
- Pérez, L. (2020). *SSWM*. Obtenido de Tanques de almacenamiento: <https://n9.cl/2d4v9>
- PMC1. (2023). *Serie ASH - Rangos hasta 6000 psi*. Obtenido de <https://n9.cl/xrs7b>
- PNGWing. (2023). *Válvula de fluido de vacío de presión. válvula de alivio*. Obtenido de <https://n9.cl/b9ti1>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2019). *Cómo operan y por qué fallan las plantas potabilizadoras de agua*. Obtenido de <https://n9.cl/t7xj1>
- Pradillo, B. (2019). *¡Agua!*. Obtenido de Parámetros de control del agua potable: <https://n9.cl/avlvf>
- Primicias. (23 de abril de 2022). *Gobierno reconoce daños ambientales por rotura de oleoductos y poliducto*. pág. 3.
- Pure water. (2019). *Valac – Dosificador de Cloro o Clorador en Línea*. Obtenido de <https://n9.cl/1e3aap>
- Ribimex S.A. (2021). *Bombas trifásicas*. Lago Agrio: Conferencia sobre bombas trifásicas.
- Rotor. (2021). *Tanques de plástico*. Obtenido de Tanques de alta durabilidad: <https://n9.cl/euds3k>
- Saldaña, R. (2019). *Protocolo de la investigación*. Obtenido de <https://n9.cl/yv6zq>
- SATEL. (2023). *Válvula de diafragma neumática / Vertedor*. Obtenido de <https://n9.cl/2t29jy>
- SAUR. (2023). *SAUR Caudalímetros*. Obtenido de <https://n9.cl/npf3d>



- Schlumberger. (2023). *Energy Glossary en Español*. Obtenido de Separador: <https://n9.cl/h1b9d>
- SDI. (2020). *Introducción a los actuadores eléctricos*. Obtenido de ¿Qué es un actuador eléctrico?: <https://n9.cl/rh11u>
- SeFiltrá. (2023). *Filtros de arena y carbón activo*. Obtenido de <https://n9.cl/hnata>
- SSWM. (2021). *Filtración por arena y grava*. Obtenido de <https://n9.cl/2k1pt>
- SYNERTECH. (2023). *Plantas de tratamiento de aguas residuales, modulares*. Obtenido de <https://n9.cl/9ti0n>
- Técnicas y controles. (2022). *Transmisores de flujo de líquidos*. Obtenido de <https://n9.cl/5sycq>
- Técnicas y controles industriales. (2022). *Técnicas y controles industriales*. Obtenido de <https://n9.cl/fphf1>
- TekWater. (2023). *TekWater Tratamiento de aguas*. Obtenido de Placas coalescentes (Separador de aceite y grasas): <https://n9.cl/2qr8f>
- TermoTran. (2023). *Válvulas de mariposa*. Obtenido de <https://n9.cl/w4829>
- TIBCO CLOUD. (03 de Febrero de 2023). *Centro de Procesos y Automatización*. Obtenido de Automatización de procesos : <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-process-automation>
- Tituaña, A. (2018). *Sistema automatizado para el control de temperatura, iluminación y humedad del suelo en el enreizamiento de esquejes con envío online de reporte de actividades*. Universidad Tecnológica Israel. Obtenido de <https://n9.cl/ar9znb>
- UAB. (2022). *Universitat Autònoma de Barcelona*. Obtenido de La contaminación petrolera del Amazonas está modificando la composición química del agua: <https://n9.cl/tshq>
- Velasco, J. (2020). *Sistema SCADA para el proceso de potabilización en la planta de tratamiento de agua potable Conocoto*. Universidad Tecnológica Israel. Obtenido de <https://n9.cl/kjczx>
- Viera, I. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de instrumentación para un separador de 2000 BDP clase 150 en la empresa SERTEPECT S.A. ESPE*. Obtenido de <https://n9.cl/j4ik2>
- Villa, E. (2018). *Diseño de un sistema de control para la automatización de la planta de agua potable de San Cristobal - Paute*. Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://n9.cl/g6jn5>
- Wia. (2022). *PLC Sistemas*. Obtenido de <https://n9.cl/ef2xi>
- Wika. (2022). *Transmisores de temperatura*. Obtenido de https://www.wika.es/landingpage_temperature_transmitter_es_es.WIKA

	OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS	INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Página 96 de 19
---	--	---	----------------------------

ANEXOS

ANEXO 1. Firma de Especialistas



Yo, **Báez Borja Javier Alejandro**, con C.I **171660040-6**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Desarrollo de la Simulación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante el uso de software Tia Portal y Factory IO**

Elaborado por el Ing. **Llumiyinga Bustos Judith Elena**, con C.I **171763409-9**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 30 de agosto de 2023



Báez Borja Javier Alejandro

C.I 171660040-6

Registro SENESCYT 1001-2017-1787935

	OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS	INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Página 97 de 19
---	--	--	-----------------



Yo, **Balza Parra David Fidel**, con C.I 175746995-0, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Desarrollo de la Simulación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante el uso de software Tia Portal y Factory IO**

Elaborado por el Ing. **Llumiyinga Bustos Judith Elena**, con C.I 1717634099, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 30 de agosto de 2023



Balza Parra David Fidel

C.I 175746995-0

Registro SENESCYT 8622105883-86224117

	OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS	INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Página 98 de 19
---	--	--	-----------------



Yo, **Bunce Sangoluiza Paúl Cesar**, con C.I **1719381525**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Desarrollo de la Simulación de una planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante el uso de software Tia Portal y Factory IO**

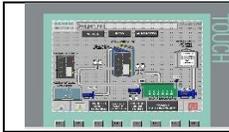
Elaborado por el Ing. **Llumiyinga Bustos Judith Elena**, con C.I **171763409-9**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 28 de agosto de 2023

Bunce Sangoluiza Paúl Cesar

C.I 1719381525

Registro SENESCYT 1034-2023-2603815



ANEXO 2. Programación Tia Portal

Totally Integrated Automation Portal									
PLANTA DE AGUA / PLC_1 [Unspecific CPU 1500 SIPLUS]									
Variables PLC									
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en Supervisión HMI Engineering	Comentario		
PARO EMERGENCIA	Bool	%M.0		True	True	True			
PARO GENERAL	Bool	%M.1		True	True	True			
MANUAL	Bool	%M.2		True	True	True			
AUTOMATICO	Bool	%M.3		True	True	True			
INICIO AUTO	Bool	%M.4		True	True	True			
MANUAL BOMBA INICIO	Bool	%M.5		True	True	True			
MANUAL DESCARGA	Bool	%M.6		True	True	True			
ANALOGA PRINCIPAL	Int	%IW64		True	True	True			
NORMAL PRINCIPAL	Real	%MD20		True	True	True			
ESCALA PRINCIPAL	Real	%MD24		True	True	True			
LLENO	Bool	%M.0		True	True	True			
VACIO	Bool	%M.1		True	True	True			
BOMBA 1	Bool	%Q0.0		True	True	True			
MANUAL BOMBA PARO	Bool	%M.7		True	True	True			
ELECTROVALVULA VACIADO	Bool	%Q0.2		True	True	True			
T1	Time	%QD1		True	True	True			
SEÑAL PARA ELECTRO VALVULA	Bool	%M.2		True	True	True			
ANALOGA CRUDO	Int	%IW66		True	True	True			
NORMAL CRUDO	Real	%MD22		True	True	True			
ESCALA CRUDO	Real	%MD28		True	True	True			
INICIO ELECTRO VALVULA VACIADO	Bool	%I.0		True	True	True			
PARO ELECTRO VALVULA VACIADO	Bool	%I.1		True	True	True			



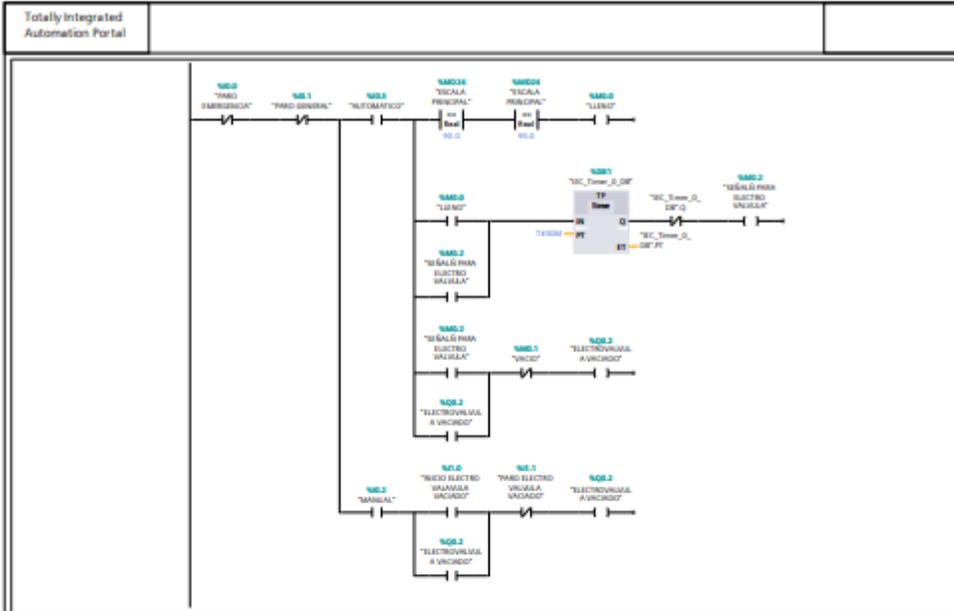
Totally Integrated Automation Portal			
PLANTA DE AGUA / PLC_1 [Unspecific CPU 1500 SIPLUS] / Bloques de programa			
Main [OB1]			
Main Propiedades			
General			
Nombre	Main	Número	1
Numeración	Automático	Tipo	OB
		Idioma	KOP
Información			
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor	
Versión	0.1	ID personalizado	
Main			
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		-True, if remanent data are available
Temp			
Constant			
Segmento 1: MANUAL AUTOMATICO			
Segmento 2: CONTROL DE NIVEL TANQUE PRINCIPAL			
Segmento 3: VACIADO TANQUE PRINCIPAL			
Segmento 4: VACIADO DE TANQUE PRINCIPAL			



OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO

Página 101
de 19



Segmento 5: CONTROL DE NIVEL DE TANQUE DE CRUDO



Segmento 6: LLENADO TANQUE DE CRUDO

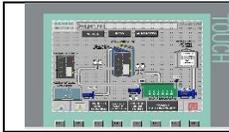


**OPERACIÓN PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS
CONTAMINADAS CON
HIDROCARBUROS**

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO

Página 102
de 19

ANEXO 3. Manual de la Planta de Tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos



Proceso 01

Operación Planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos mediante el uso de software Tia Portal y Factory IO

Instructivo de Operación

- Alcance
- Objetivo
- Definiciones
- Descripción de actividades
- Operación y mantenimiento
- Riesgos
- Anexos

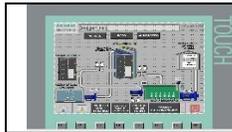


**OPERACIÓN PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS
CONTAMINADAS CON
HIDROCARBUROS**

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO

Página 104
de 19





1. Alcance

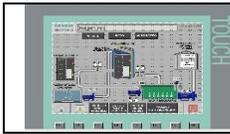
Este instructivo describe la operación y las facilidades de la planta de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos.

2. Objetivo

- Habituarse al personal con la operación del sistema de purificación de agua contaminada
- Potabilizar el agua que proviene de la captación y tanques de recolección de agua contaminada con hidrocarburos. El tratamiento cumplirá con las normas de potabilización para aguas aptas para consumo humano luego de un tratamiento exhaustivo, siendo fundamental que el agua a tratar sea adecuada para la potabilización.

3. Definiciones:

Término	Definición
Área de procesos	Término referente al área en donde se encuentran ubicados los equipos relacionados con algún proceso dentro de la planta
TANQUE API	Tanque API, para almacenar hidrocarburo o agua oleosa
Separador a de crudo	Unidad que posee placas coalescentes, separa el crudo del agua
Agua oleosa	Agua que contiene hidrocarburos en suspensión
ASH	Switch de análisis de alta concentración de hidrocarburo en el agua tratada, mide ppm
ppm	Partes por millón. Unidad de concentración usada frecuentemente para medir niveles de polución en el aire, agua, fluidos, etc. Una ppm es una parte en un millón. La unidad más común es mg/litro que es igual a 1 ppm. Cuatro gotas de tinta colocadas en un barril de agua de 55 galones, puede producir una "concentración de tinta" de 1 ppm
Emulsión	Mezcla entre agua y un hidrocarburo donde gotas pequeñas de agua están dispersas en el hidrocarburo (water-in- oil (w/o)) o donde gotas pequeñas de hidrocarburo están dispersas en el agua (oil-in-water (o/w)). Las gotas dispersas están estabilizadas por un agente emulsificante como detergente, jabón o glicol
AACH	Alarma de análisis de alta concentración de hidrocarburo en el agua tratada



VM-OXX	Válvula manual
VRP	Válvula reguladora de presión
VC	Válvula check
Bomba de tornillo	Bomba de desplazamiento positivo
Bomba de caudal	Bombea líquido hacia los tanques
Cloradora	Proceso en donde se clora el agua para ser potable
Filtros de carbón	Filtro de absorción compuestos orgánicos
Filtros de arena	Filtro de eliminación de partículas sólidas y sedimentos
Filtros de algodón	Filtro de adsorción y retención de compuestos orgánicos
NAHH	Alarma de nivel alto-alto
LAL	Alarma nivel bajo
LAH	Alarma nivel alto
LALL	Alarma nivel bajo-bajo
LAHH	Alarma nivel alto-alto

4. Descripción:

GENERALIDADES

El agua a tratar pasa por los siguientes tratamientos antes de ser enviada a consumo humano ver figura #1:

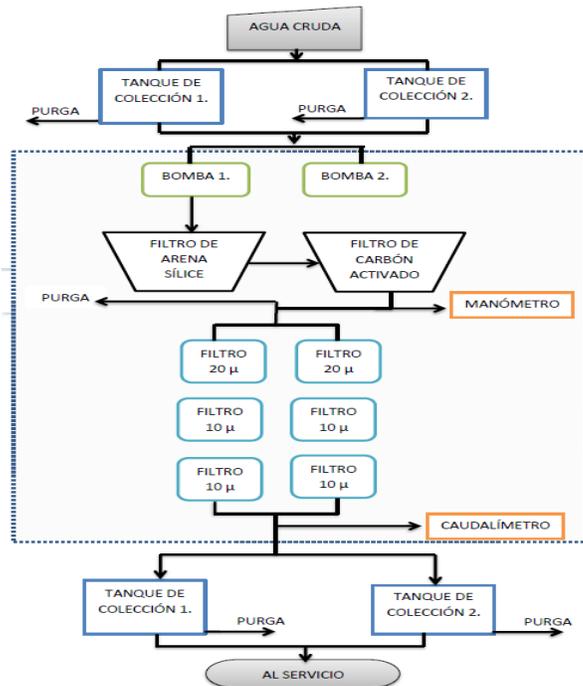
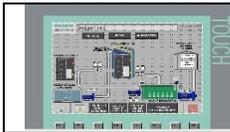


Figura 1. Esquema de accesorios

OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CONTAMINADA

La planta modular está diseñada en tres etapas sencillas y muy prácticas:

- Primera etapa se realiza los procesos captación o recolección de agua contaminada con hidrocarburos
- Segunda etapa, se realiza la separación del crudo y el agua mediante decantación por densidad de fluidos y a través de la separadora de plazas coalescentes
- Tercera etapa potabilización del agua, aquí se realiza el proceso de pre-filtración y filtración básicos retirando todo sólido en suspensión que afecte la turbiedad, como además realizando un proceso de eliminación de contaminantes a través de la cloración, mal sabor y mal olor, y verificación mediante un sensor ASH y puede ser usada.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

La planta de potabilización de agua incluye 3 fases y se detallan a continuación:

- a) Almacenamiento de agua cruda y bombeo hacia un tanque general
- b) Decantación del agua mediante un tanque que actúa por densidad de líquidos, y tiene un set de llenado
- c) Separadora de crudo, que mediante placas coalescentes separa el crudo del agua, y mide a su salida las partes por millón mediante un sensor ASH. Finalmente, el agua es bombeada a un tanque de cloración del agua
- d) En el tanque clorador, se dosifica la cantidad de cloro en el agua y se bombea a la pre-filtración y filtración de la planta.
- e) Zona de pre filtración y filtración.
- f) Zona de micro filtración y pulimento.
- g) Etapa de vertido y verificación del agua potable
- h) Zona de almacenamiento del agua tratada.

Explicación de la operación del sistema en cada una de las zonas:

a) Almacenamiento de agua cruda y bombeo hacia tanque general

Las capacidades en volumen del tanque API para recepción de agua contaminada es de 10 metros cúbicos, el tanque es sellado en su totalidad para proteger el ingreso de cualquier elemento extraño al sistema. Cuenta con tuberías de ingreso y salida de agua, así mismo tiene internamente una separación de dos subtanques que están separados por una compuerta que se la debe regular con el nivel seteado en el tanque para su decantación, tiene tuberías que ayudan al overflow del proceso Fig. 2-3

b) Decantación del agua mediante tanque de densidad de líquidos

El bombeo desde la captación de aguas contaminadas, se lo realiza mediante una bomba de tornillo la que ayudará desde ese instante

al proceso a retener trazas de crudo, palos o cualquier elemento que pueda ingresar al tanque principal para que el mismo realice solo el proceso de decantación y envíe el crudo a un tanque que lo almacenará Fig. 4

Todo el proceso empieza dándole click en ONN en el botón del HMI en el Tia Portal

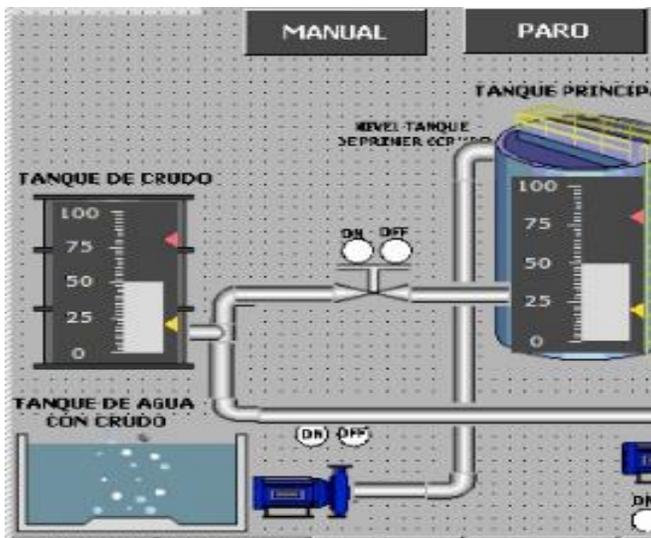


Figura 2.

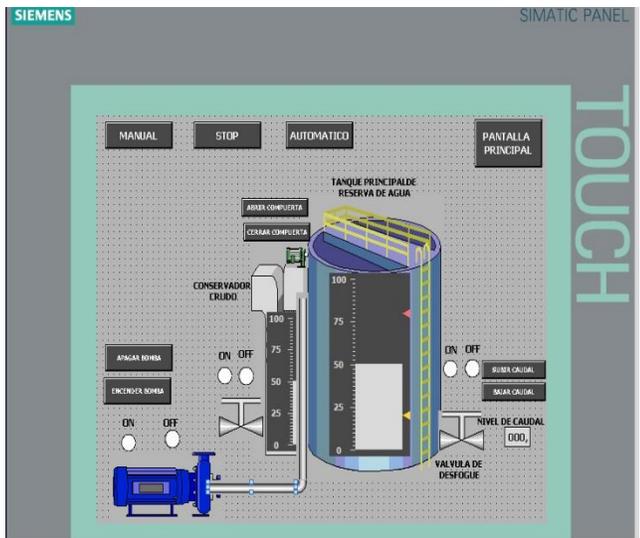


Figura 3.

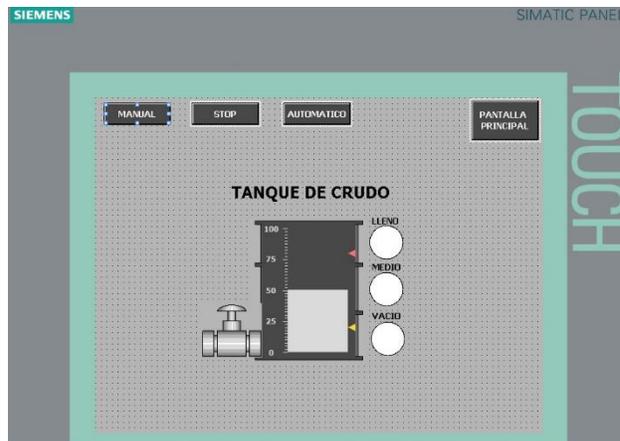
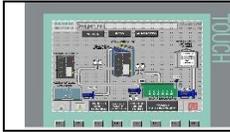


Figura 4.



c) Separadora de crudo

Las unidades separadoras de crudo, las cuales tienen una capacidad de 18864 BPD cada una procesan el agua oleosa para dar como resultado agua limpia con una concentración de crudo de 15 ppm (partes por millón) o menos.

La etapa más importante del sistema de tratamiento de agua son las unidades separadoras de crudo, debido a la concentración final de crudo que debe contener el agua. Las unidades separadoras de crudo son capaces de separar el crudo del agua oleosa mediante un proceso de coalescencia. Esta operación es posible debido a que cada unidad está compuesta por dos etapas. Cada etapa está provista con un paquete de placas múltiples, los cuales a su vez contienen láminas corrugadas que permiten la coalescencia de las gotas de crudo. Estas placas están instaladas con un ángulo adecuado para mejorar el contacto de las láminas con el agua oleosa y así facilitar la operación de separación de crudo. Fig. 5-6

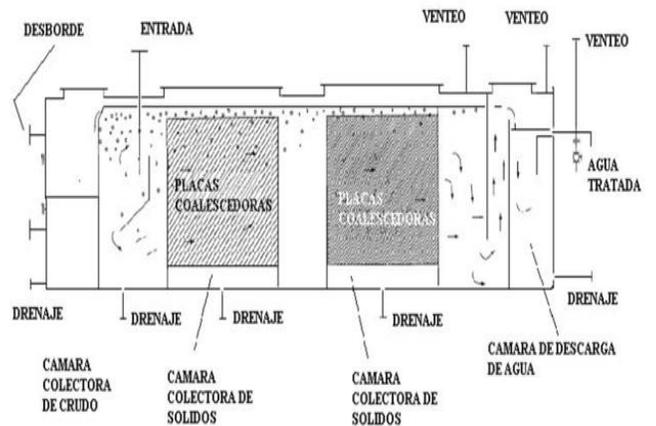
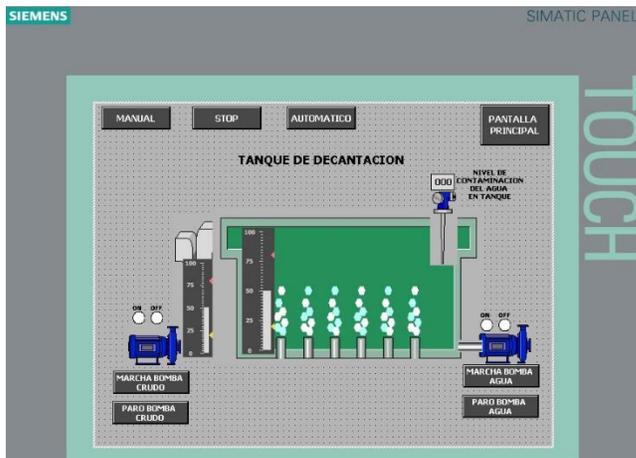




Figura 5

Figura 6

Planta de tratamiento de agua

Dentro de la planta de tratamiento de agua se encuentran 6 zonas que conforman la misma, por ello se la explicará en conjunto, figura 7

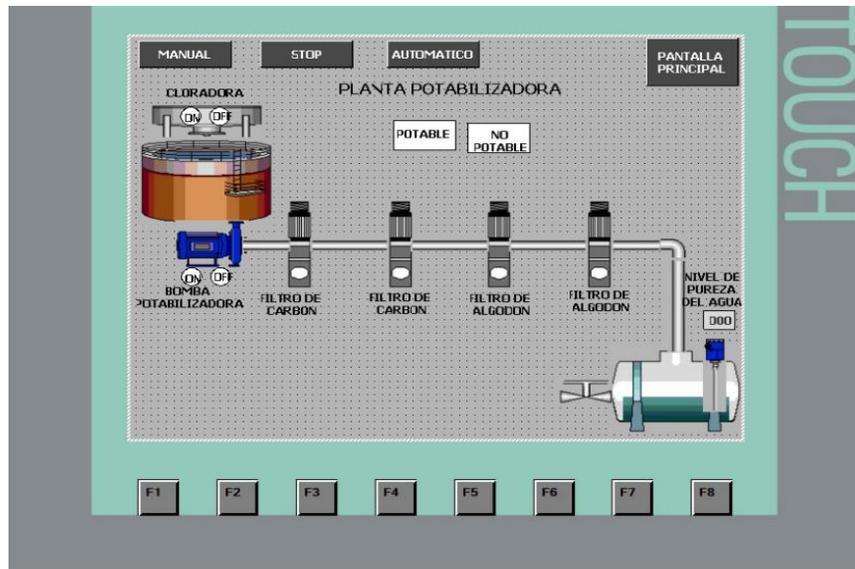


Figura 7

d) Tanque clorador

Recibe el agua y dosifica el cloro a la misma para pasar al proceso de pre filtración

e) zona de prefiltración

f) zona de pulimento

Luego de pasar por el filtro de carbón activado el agua pasará por cuatro filtros pulidores conectados en paralelo: dos filtros de cartucho de hilo de 20 micras, luego por dos filtros de cartucho de hilo de 10 micras partícula mayor a 5 micras que contenga el agua. Fig. 7

g) etapa de vertido y verificación de agua potable

Al pasar por la zona de pre filtración y pulimento lo que sucede es que el agua pasará por un sensor que me verificará la pureza del agua, si está apta o no para el consumo dándome una alarma para finalmente mediante una bomba enviar a verter el agua en un tanque que estará lista para el consumo

h) Etapa de vertido

Consiste en un tanque de 10 metros cúbicos donde se recibe el agua ya tratada.

**TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE**

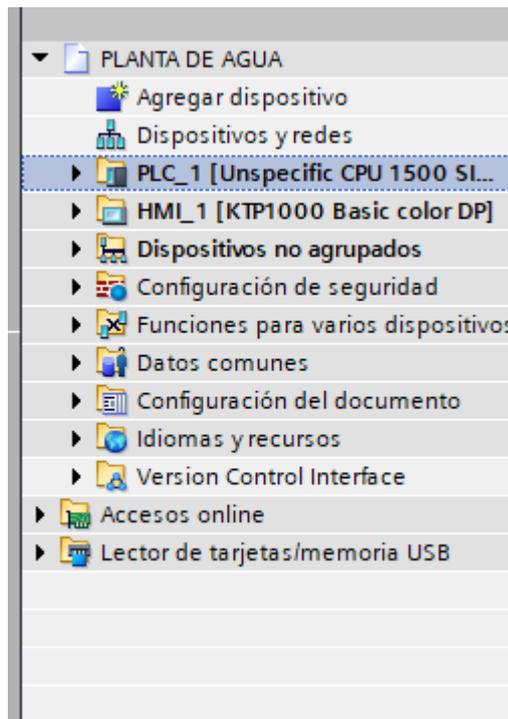
ZONA	OBJETIVO	META	ESTADO
A	Almacenamiento de agua cruda, dosificación de cloro y bombeo a la pre filtración y filtración de la planta.	Almacenamiento, Bombeo del agua y pre filtración.	Agua cruda en proceso de oxidación de materia orgánica. Agua clorinada.
B	Pre filtración y filtración.	Se elimina toda materia tóxica del agua. Se corrige residual de cloro. Eliminar mal color y mal sabor.	Agua filtrada.
C	Filtración y pulimento.	Micro filtración	Agua potable.
D	Etapa de vertido	Medir el volumen de agua tratada	Control.
E	Almacenamiento del agua pre tratada.	Tanque con agua casi lista para el consumo humano.	Agua lista para el consumo.

Tabla No. 1, se resume el tratamiento del agua a potabilizar.

MANERA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA EN EL SOFTWARE TIA PORTAL

Para dar inicio al programa se debe tener instalado TIA PORTAL V16, el cual debes tener todos los paquetes instalados, es sumamente importante este detalle ya que, si falta alguna librería o algún plugin, no va a funcionar el programa.

Una vez abierto el programa podremos observar que en el menú de la parte izquierda como se muestra en la imagen, tendremos los equipos asociados al sistema como el PLC y EL IHM usado para este proyecto.



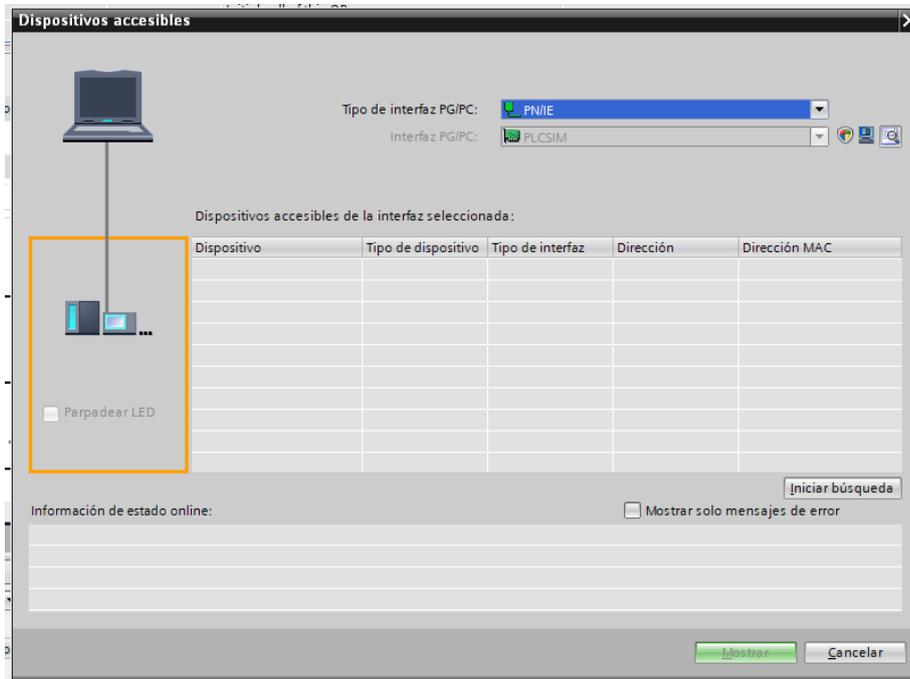
Seleccionamos el PLC y con ello podremos ingresar a la programación en lenguaje ladder realizada, con ellos también abrimos la interface de programación, en la cual se puede proceder con la simulación siguiendo los pasos siguientes:

1. Comunicación Interface- PLC Virtual

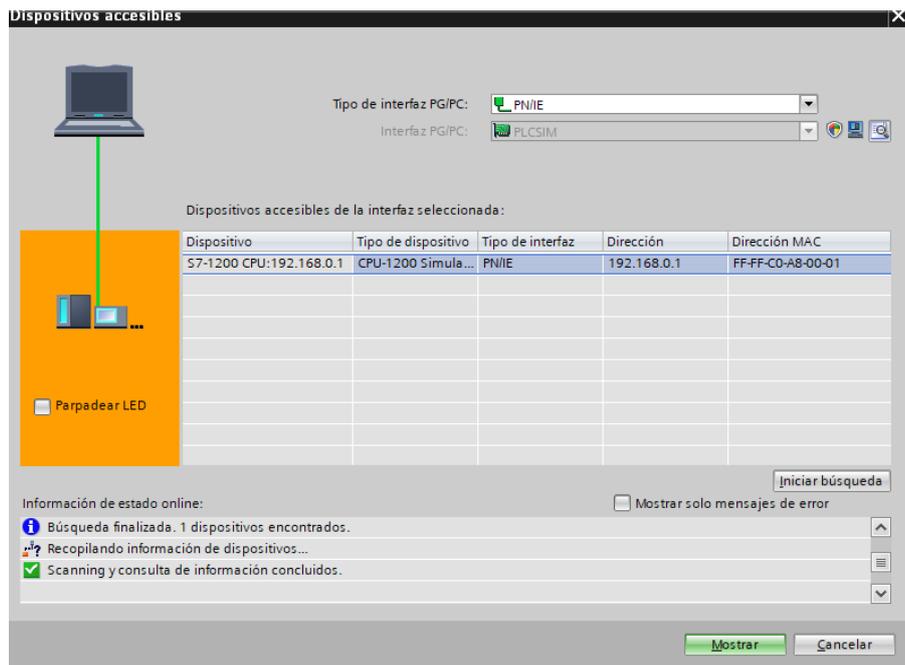
Seleccionar el símbolo de pantallas como muestra la siguiente imagen



Con este podremos conectar la interface del programa con el PLC virtual que se tiene en las librerías de TIA PORTAL. Una vez realizado este paso nos mostrara la siguiente pantalla



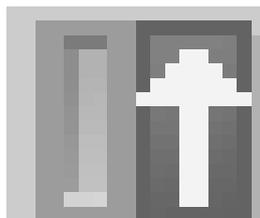
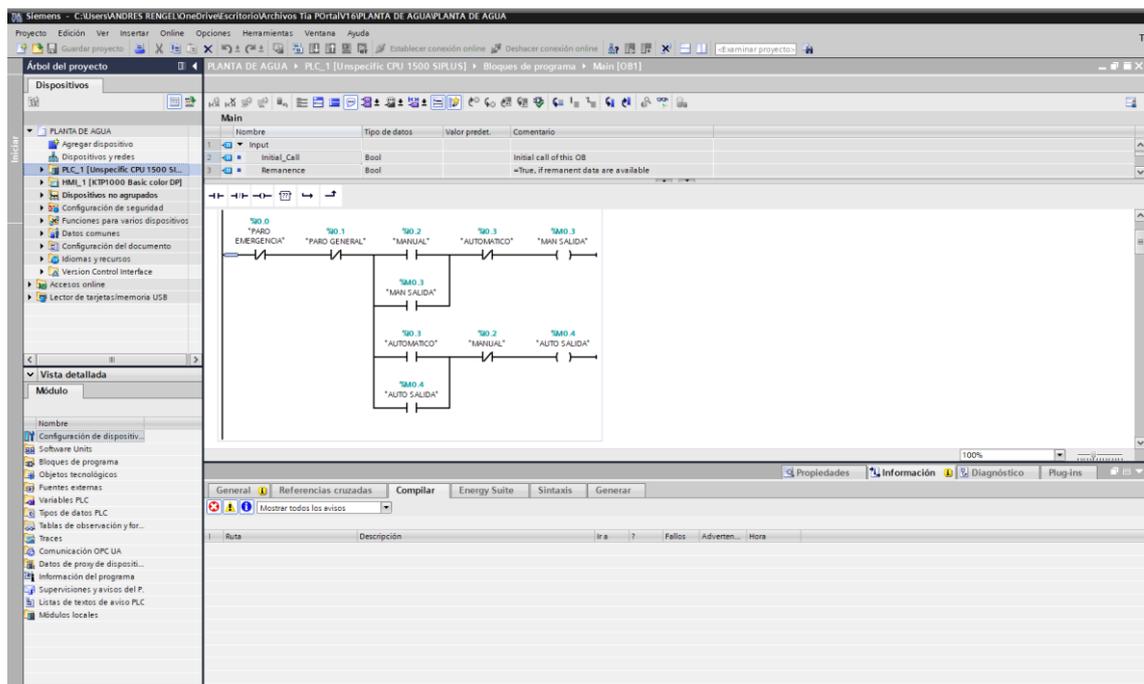
Dentro de esta pantalla se procede a dar clic en iniciar búsqueda, y a continuación nos saldrán los elementos disponibles en red, en los cuales se puede realizar la simulación, como se muestra a continuación.



Seleccionamos el equipo que esté disponible y al cual se desee conectar, y procedemos a dar clic en el botón mostrar. Así ya se tiene la conexión entre el programa y el PLC, siendo así se puede iniciar las pruebas o simulaciones necesarias.

2. Carga de proyecto en PLC.

Para poder simular el proyecto es necesario cargar el programa en el PLC, para ello se procede se debe estar en la pantalla MAIN OB, y procedemos a dar clic en el siguiente símbolo e iniciara la carga en el PLC.



Una vez cargado el programa ya se puede proceder con la simulación y realizar cualquier tipo de prueba en línea PLC-Interface de usuario.

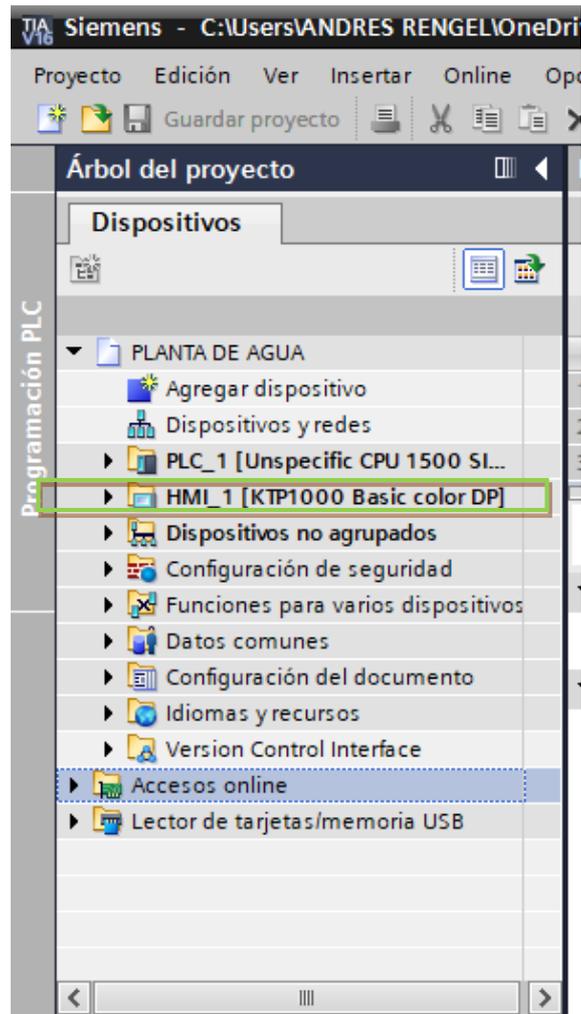
3. Interface IHM

En este apartado se explicara el funcionamiento de la interface IHm la cual contiene medidores, botones de accionamiento y una interacción del usuario con el proyecto, donde se puede visualizar el estado del proceso, asi como poder realizar un control de los elementos que hay en el proyecto

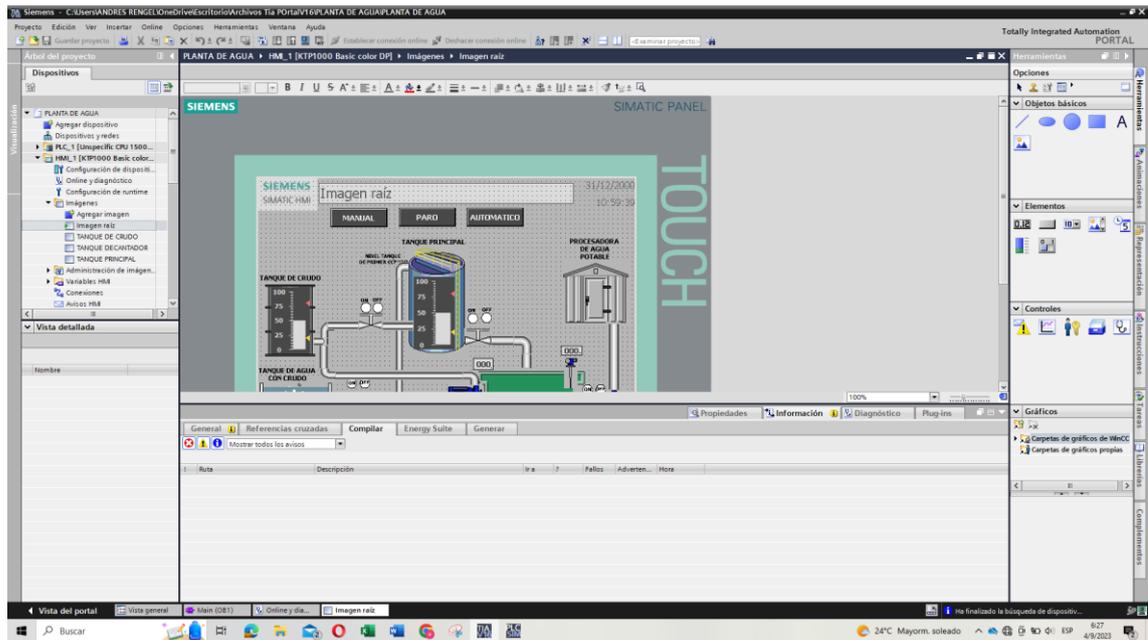
1.1. Apertura de IHM en TIA PORTAL V16

En este apartado se va a realizar la explicación de la apertura de la interface IHM para poder realizar la visualización del proyecto, aplicado a la pantalla IHM.

Para ello procedemos a dar clic en IHM 1 que se encuentra en la barra lateral izquierda como se muestra a continuación.



Ya iniciado el IHM nos mostrara una pantalla donde tenemos la interface de programación del IHM, con las imágenes y las variables asociadas a cada uno de los elementos del mismo como se muestra a continuación



5. Anexos:

- Manuales técnicos del sistema Factory IO y Tia Portal se encuentran en el siguiente link https://drive.google.com/drive/folders/15QlpfCIZ2E1IIBot6CoV TX4TA51Cf4wN?usp=drive_link