



TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero en Automática

Autor

Rolando Chaguez Isaac

Tutor

Ing. Ewar Altarriba Massó

Noviembre, 2023



**UNIVERSIDAD
DE ORIENTE**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática**

TRABAJO DE DIPLOMA

Título

**Propuesta de Automatización en la Planta de
tratamiento de agua residual de la Refinería
de Petróleo Hermanos Díaz**

Autor

Rolando Chaguez Isaac

Tutor

Ing. Ewar Altarriba Massó

Noviembre, 2023



Hago constar que el presente Trabajo de Diploma fue realizado en la Universidad de Oriente como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución para los fines que estime convenientes, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Nombre y firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Nombre y firma del autor

Nombre y firma del Tutor

Fecha

Nombre y firma del Jefe de Carrera

Fecha

Nombre y firma del Jefe de Departamento

Fecha

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, y a todas aquellas personas que colaboraron conmigo de manera directa e indirecta en la elaboración de este trabajo.

A mis padres, a mi esposa mis suegros por ese inmenso amor, cariño y respeto ,por ese gran esfuerzo y preocupación durante toda la carrera para ayudarme a forjar mi camino, cumplir mis metas, objetivos y ser una mejor persona cada día. Muchas gracias.

Sin su ayuda no hubiese sido esto posible, **este logro hoy va para ustedes.**

Rolando Chaguez Isaac.

Agradecimientos

Agradezco a mi Dios por permitirme llegar aquí, a mi familia por su apoyo constante y paciencia, a los profesores del departamento de automática, así como a todos los que en su momento me impartieron clases, a mis tutores Ewar Altarriba Massó, Michel Sanz, Ivan Bell Maine, a mis compañeros de trabajo por su apoyo y preocupación y a todos los que fueron parte de este proceso.

Listado de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas

API	(el líquido más denso abajo y el líquido de menor densidad arriba)
SLOP	Agua Oleosa
DDT	dicloro, difenil, tricloroetano
OMS	Organización Mundial de la Salud
UV	Ultravioleta
DI	Digital Input
DO	Digital Output
AI	Analogic Input
AO	Analogic Output
DC	Corriente Directa
A	Ampere
V	Voltaje
PLC	Controlador lógico programable
PN	PROFINET
DP	Decentral Periphery
PDM	Parametrizar, diagnosticar y mantener
HART	Transductor remoto direccionable de alta velocidad
PA	Process Automation
Max	Máximo
Min	Mínimo
HMI	interfaz hombre maquina
TQ	Tanque
m ³	Metro Cubico
Km ³	Kilometro Cubico
EAF	Elemento de acción final

Listado de imágenes

FIGURA 1. SEPARADOR API.....	14
FIGURA 2. CANAL A LAGUNA AUXILIAR.	14
FIGURA 3. TAQUES DE AGUA OLEOSA E HIDROCARBUROS.	15
FIGURA 4. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES LÍQUIDOS DE LA REFINERÍA “HERMANOS. DÍAZ”.	15
FIGURA 5. LAZO DE CONTROL DEL FLUJO DE AGUA A LOS SEPARADORES API.....	16
FIGURA 6. LAZO DE CONTROL DE NIVEL UTILIZADO EN LA CÁMARA DE REPARTO A API.	17
FIGURA 7 LAZO DE CONTROL DE NIVEL EN LA BALSA DE REGULACIÓN DE TORMENTA.....	17
FIGURA 8. LAZO DE CONTROL DE NIVEL EN LOS DEPÓSITOS DE, AGUA LODOSA, ACEITE Y BALSA DE ECUALIZACIÓN.....	18
FIGURA 9. SITRANS PROBE LU 180	20
FIGURA 10. SITRANS LG250.....	21
FIGURA 11. SITRANS F M MAG 6000 I EX	23
FIGURA 12. SITRANS P200.....	24
FIGURA 13. VÁLVULA DE CONTROL TIPO 3321-IP	25
FIGURA 14 ECUACIÓN DEL C_v	26
FIGURA 15. S7-300 CPU 317T-3 PN/DP	26
FIGURA 16. DI SM-321.....	27
FIGURA 17. DO SM-322.....	28
FIGURA 18. AI SM 331	28
FIGURA 19. AO SM 332	28
FIGURA 20. PS307 DC 24 V/5 A.....	30
FIGURA 21. PS307 DC 24 V/10 A.....	30
FIGURA 22. ARQUITECTURA EN LA TENDENCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	31
FIGURA 23. PRETRATAMIENTO.....	38
FIGURA 24. BALSA DE REGULACIÓN DE TORMENTA.....	38
FIGURA 25. PROCESO AUTOMÁTICO	41

Listado de tablas

TABLA 1 CANTIDAD DE SEÑALES	18
TABLA 2. SEÑALES DE ENTRADA ANALÓGICAS.	18
TABLA 3. SEÑALES DE SALIDAS ANALÓGICAS	19
TABLA 4. SALIDAS Y ENTRADAS DIGITALES	19
TABLA 5. VALORES	26
TABLA 6. INVERSIÓN.	32

Resumen

En el presente trabajo se presenta una propuesta de Automatización en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería de Petróleo Hermanos Díaz, ubicada en el municipio de Santiago de Cuba, de la provincia de Santiago de Cuba. La presente propuesta persigue como objetivo la modernización de la instrumentación y control de la planta de tratamiento de aguas residuales, enfocada en las etapas de pretratamiento y la de tratamiento primario. Se muestra brevemente la importancia de las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales y la de su modernización. Se expone la situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería Hermanos Díaz, además se realiza una descripción detallada del proceso de la misma. Se realiza una caracterización a las plantas de tratamiento de agua residuales, en donde se expone la trayectoria a través de la historia, así como el desarrollo que han tenido las diferentes tecnologías y sistemas que se utilizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se realiza una selección de la instrumentación, teniendo en cuenta las características del proceso donde serán utilizados para garantizar un funcionamiento eficiente en la planta.

Palabras claves: automatización, tratamiento de agua residual, evolución de las plantas de tratamiento de aguas.

Abstract

In this work, a modernization proposal is presented in the wastewater treatment plant of the Hermanos Díaz Oil Refiner, located in the municipality of Santiago de Cuba, in the province of Santiago de Cuba. The objective of this proposal is to modernize the instrumentation and control of the wastewater treatment plant, focused on the pretreatment and primary treatment stages. The importance of industrial wastewater treatment plants and their modernization is briefly shown. The current situation of the wastewater treatment plant of the Hermanos Díaz Refinery is presented, and a detailed description of its process is also made. A characterization of the wastewater treatment plants is carried out, where the trajectory through history towards the development of the different technologies and systems used in wastewater treatment plants is exposed. A selection of the instrumentation, taking into account the characteristics of the process where they will be used to guarantee efficient and optimal operation in the plant.

Key-words: *automation, wastewater treatment, evolution of water treatment plants.*

ÍNDICE

Listado de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas	I
Listado de imágenes	II
Listado de tablas	III
Resumen.....	IV
<i>Abstract</i>	V
Introducción.....	1
CAPITULO 1. Fundamentos Teóricos y Tecnológicos.	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Caracterización desde el punto de vista histórico.	4
1.3 Caracterización desde el punto vista gnoseológico.	6
1.4 Sistemas y Tecnologías más comunes utilizadas.	7
1.5 Importancia de la automatización de las Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	8
1.6 Antecedentes y estado actual de la automatización. [5]	9
1.6.1 Funciones de los PLC.....	11
1.6.2 Campos de Aplicación.	11
1.6.3 Ventajas de los PLC.	12
1.7 Descripción del funcionamiento de la planta de tratamiento de residuos líquido existente en la Refinería Hermanos Díaz.	13
1.8 Conclusiones parciales.	15
CAPITULO 2 Propuesta de Automatización con PLC en la Etapa1.	16
2.1 Descripción de los Lazos de control.....	16
2.2 Evaluación y Selección de la instrumentación a utilizar [8] [9].	20
2.2.1 Transmisores de nivel.....	20
2.2.2 Transmisores de flujo.....	23
2.2.3 Transmisor de presión.	24
2.2.4 Válvulas de control Samson.	25

2.2.5 Controlador Lógico Programable.....	26
2.2.6 Módulos de expansión (SIMATIC S7-300).....	27
2.2.7 Fuentes de Alimentación estabilizada PS307 (PLC e Instrumentos).29	
2.3 Estrategias de Automatización.....	30
2.4 Entorno de programación.....	31
2.5 Valoración económica y medioambiental.....	31
2.6 Conclusiones parciales.	34
CONCLUSIONES GENERALES.....	35
RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA.	37
ANEXOS	38

Introducción

Las refinerías de petróleo son instalaciones industriales que se encargan de procesar el petróleo crudo para producir una variedad de productos, como gasolina, diésel, queroseno, lubricantes y otros derivados. Sin embargo, estos procesos de refinación generan una gran cantidad de aguas residuales que contienen contaminantes peligrosos y compuestos tóxicos. Estas pueden contener una amplia gama de contaminantes, como hidrocarburos, metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, productos químicos tóxicos y subproductos de la descomposición del petróleo. Estos contaminantes representan una amenaza para los ecosistemas acuáticos y la salud humana si se liberan sin tratar al medio ambiente.

Para abordar este problema, las refinerías de petróleo deben contar con plantas de tratamiento de aguas residuales. Estas plantas están diseñadas específicamente para eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales y reducir su impacto ambiental antes de su descarga al medio ambiente.

Según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo titulado -Agua para todos, agua para la vida- efectuado en marzo del 2003, el 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, en 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1170 km³ por año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³ al año. El sector productivo no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina, siendo más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo producidos en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas son vertidos al agua sin ningún tipo de tratamiento previo.

El Sistema de tratamiento de residuales líquidos de la Refinería "Hermanos. Díaz" fue construido en el año 1956 por la Compañía Americana "The Texas Company". Su función principal era disminuir la carga contaminante de los residuales oleosos que se generan durante el proceso productivo en las diferentes unidades de procesos de refinación del petróleo y sus derivados, unidades de facilidades auxiliares, área de tanques de almacenaje de crudo e

hidrocarburos y otras instalaciones de la refinería como son cargadero de carros cisternas, muelle, sistema de lastre y laboratorio de ensayo de combustibles, así como el agua pluvial desde las plantas tecnológicas.

En la década de los años ochenta la refinería realizó un proceso inversionista que aumentó la capacidad instalada, se construyeron nuevas unidades de destilación primaria y secundarias y de facilidades auxiliares, un nuevo muelle y un cargadero por ferrocarril, manteniéndose el actual sistema de separación de sólidos y aceites en suspensión; en la actualidad la caracterización de la carga contaminante con respecto al diseño ha variado debido al mal estado del sistema de recolección de hidrocarburos y al descuido en la política de reparación, ocurriendo derrames de lodos y sedimentos, además de contaminar el manto freático y el foco receptor de los efluente de este sistema que es la bahía de Santiago de Cuba.

La laguna de oxidación no cumple las funciones para la cual fue diseñada, por lo que constantemente ocurren derrames a la bahía. Como medidas paliativas se han ubicado barreras en los diferentes puntos de vertimiento a la bahía y en la segunda sección de la laguna de oxidación se instaló un sistema de recolección y trasiego de hidrocarburos para su reprocesamiento.

La Refinería Hermanos Díaz necesita mantener un sistema de tratamiento de residual líquido capaz de recuperar la mayor cantidad de hidrocarburos posible al menor costo y disminuir el impacto medioambiental, por lo que se hace necesario valorar la utilización de tecnologías novedosas existentes hoy en el mercado internacional para el tratamiento de agua residuales que generan las industrias petroquímicas.

Todo lo anterior justifica la búsqueda de nuevas alternativas para alcanzar la calidad del efluente de la planta para su reúso y/o vertimiento a la bahía al menor costo posible, sin afectar al medio ambiente y con alta eficiencia energética.

Problema: Insuficiente capacidad de procesamiento y baja calidad de agua tratada debido al bajo nivel de automatización y a la poca instrumentación en el proceso.

Objetivo: Desarrollo de una propuesta de modernización de la instrumentación y control de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Refinería de

Petróleo Hermanos Díaz, enfocada a las etapas de pretratamiento y tratamiento primario.

Objeto: Automatización de plantas de tratamiento de agua residuales.

El campo de acción es: La Automatización de las etapas de pretratamiento y tratamiento primario de la planta de tratamiento de residuales líquidos de la Refinería Hermanos Díaz.

Hipótesis: Después de haberse realizado la automatización de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Refinería Hermanos Díaz, esta cumplirá con estándares de trabajo que garanticen el correcto procesamiento de los efluentes que lleguen a ser procesados, garantizando de que el agua tratada pueda ser reutilizada por la Refinería al igual que depositada en la bahía de Santiago de Cuba.

Tareas de investigación:

- Caracterizar desde el punto de vista histórico y gnoseológico las plantas de tratamiento de agua residuales y su automatización.
- Estudiar y seleccionar la instrumentación necesaria para la medición y control de los parámetros presentes en la etapa de pretratamiento y tratamiento primario.
- Diseñar el Grafcet que describa el funcionamiento de las etapas y realizar la programación del PLC.

CAPITULO 1. Fundamentos Teóricos y Tecnológicos.

1.1 Introducción.

En este capítulo se presenta todo el marco teórico de la investigación realizada, caracterizando desde el punto de vista histórico y gnoseológico las plantas de tratamiento de agua residuales; además de mostrarse los sistemas y tecnologías más comunes utilizadas. Se evidencia la importancia de la automatización y modernización de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

1.2 Caracterización desde el punto de vista histórico.

La primera instalación de saneamiento fue el pozo ciego o pozo negro que apareció en Babilonia hacia 4000 a.c. Una simple excavación en el suelo donde concentrar los excrementos que pronto se generalizó a otras ciudades del imperio y zonas rurales. Los babilonios ya habían desarrollado una hidráulica incipiente para el transporte del agua y aplicaron pronto sus conocimientos a la conducción de las heces a los pozos negros mediante el baldeo y las primeras tuberías de arcilla. Nacieron las aguas negras, compañeras inseparables de la civilización hasta nuestros días y una tecnología asociada para convivir con ellas.

Durante el renacimiento, la revolución de las artes y la ciencia no fue pareja a los avances en saneamiento, que se quedó estancado mientras las ciudades crecían más y más. En el siglo XVII, llegó un momento en Europa en que la suciedad y el olor eran espantosos en casi todas las grandes urbes. La defecación al aire libre se practicaba en muchos barrios y los pozos ciegos rezumaban saturados; mientras, los ciudadanos continuaban lanzando sus excrementos a la calle, donde las alcantarillas, que eran zanjas abiertas, las vertían parcialmente en los ríos.

Los notables avances que se realizaron en aquella época en hidráulica se aplicaron a la captación y distribución de agua, pero no llegaron al saneamiento.

Hacia 1830 la situación en Londres se hizo insostenible. Al tremendo hedor que expelía la ciudad (el famoso Great Stink) se sumaron varias epidemias de cólera de gran mortandad. En una de ellas, en 1847, un médico inglés, John Snow, que había dedicado su vida al estudio de las epidemias, tuvo el convencimiento de que el cólera era causado por el agua potable que se había contaminado con la fecal. Demostró su teoría cuando la epidemia cesó en las zonas donde se

cerraron los pozos de bombeo, pocos años después, las investigaciones de Louis Pasteur corroboraron científicamente la intuición de Snow: los microorganismos presentes en el agua fecal desencadenaban las enfermedades infecciosas como el cólera o la fiebre tifoidea.

A finales del siglo XIX comenzaron a utilizarse los avances en microbiología para tratar las aguas residuales y en 1914 los ingenieros Edward Arden y William T. Lockett, descubrieron los fangos activos, uno de los sistemas de tratamiento biológico para la depuración de la contaminación orgánica de aguas residuales que todavía usamos en las actuales depuradoras.

Sin embargo, la revolución industrial conllevó otro problema para el agua, como la contaminación química, que se sumó a la fecal de las aguas negras. De este modo se dio la paradoja de que mientras avanzábamos en el tratamiento de la contaminación orgánica, los vertidos industriales comenzaron a contaminar ríos y mares muchas veces de un modo inconsciente con productos de los que más tarde descubrimos su nocividad: metales pesados, pesticidas, dicloro, difenil, tricloroetano, nitratos, entre otros.

En la década de 1970 comenzó en el mundo desarrollado una gran reacción internacional en contra de la contaminación del agua, tanto la industrial como la fecal, pero hoy en día, en los países en vías de desarrollo, se calcula que el 90% de las aguas negras se vierten directamente sin depurar. Por esta causa, según la OMS, cada año fallecen 1,8 millones de niños menores de cinco años, uno cada 20 segundos. Aún no hemos ganado una batalla que comenzó hace más de 6.000 años.

En la actualidad, las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales están altamente desarrolladas y son capaces de eliminar una amplia variedad de contaminantes presentes en el agua residual. El proceso de tratamiento de aguas residuales industriales varía según el tipo de contaminante y la cantidad de agua residual generada, por lo que la automatización de estas plantas es fundamental para garantizar la supervisión continua de los procesos y la calidad del agua tratada. Esto asegura que los parámetros cumplan con los límites establecidos y que se cumplan las regulaciones ambientales.

En Cuba se han realizado diversas investigaciones en cuanto a procesamiento de aguas residuales, tanto industriales como fecales o (aguas negras), a fin de reducir la carga de contaminantes que se descargan al medio ambiente.

1.3 Caracterización desde el punto de vista geológico.

En cuanto al punto de vista geológico, las plantas de tratamiento de agua residuales se basan en el conocimiento científico y tecnológico para llevar a cabo los procesos de purificación del agua. A lo largo de los años, se ha acumulado una gran cantidad de conocimientos sobre la composición y los efectos de los contaminantes presentes en el agua residual, así como también sobre los métodos más eficientes para su eliminación.

Además, las plantas de tratamiento de agua residuales también se benefician de la investigación y el desarrollo continuos que buscan mejorar los procesos y hacerlos más eficientes, así como también encontrar soluciones más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Por ejemplo, se han desarrollado tecnologías de tratamiento avanzadas como la oxidación avanzada, la membrana de ultrafiltración y la inclusión de sistemas de energía renovable en las plantas de tratamiento.

A continuación se presentan las diferentes etapas que pueden existir en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

1. Pretratamiento: Etapa cuyo objetivo es eliminar los sólidos grandes y materiales flotantes presentes en el agua residual. Se utilizan rejillas para retener los sólidos más grandes y trampas de grasa para separar y recolectar los aceites y grasas presentes en el agua.
2. Tratamiento primario: Etapa donde se realiza una separación física de los sólidos suspendidos más pesados. El agua residual se dirige a grandes tanques de sedimentación, donde los sólidos más pesados se asientan en el fondo formando una capa de lodos primarios. Estos lodos se retiran y se envían a procesos posteriores para su tratamiento.
3. Tratamiento secundario: En el tratamiento secundario se realiza un tratamiento biológico del agua residual. El método más comúnmente utilizado es el proceso de lodos activados.

4. Tratamiento avanzado: En algunas refinerías de petróleo, se requiere un tratamiento adicional para eliminar contaminantes específicos o mejorar la calidad del agua tratada. En esta etapa, se utilizan tecnologías más avanzadas, como la filtración de membranas [1], la absorción con carbón activado [2], la oxidación avanzada o la desinfección, dependiendo de los requisitos específicos de tratamiento.

Es importante destacar que cada refinería de petróleo puede tener un proceso de tratamiento de aguas residuales ligeramente diferente, adaptado a sus necesidades y a las características del agua residual generada. Además, es común que las refinerías implementen sistemas de reciclaje y reutilización del agua tratada para reducir la demanda de agua fresca.

1.4 Sistemas y Tecnologías más comunes utilizadas.

1. Coagulación y floculación: Esta tecnología se utiliza para aglutinar partículas finas y coloides presentes en el agua residual. Se añaden coagulantes, como sulfato de aluminio o cloruro férrico, que forman flóculos que atrapan y aglutinan las partículas. Luego, se agrega un floculante, como polímeros, para unir los flóculos y formar partículas más grandes que se pueden separar más fácilmente [3].

2. Sedimentación: La sedimentación es un proceso en el que los sólidos suspendidos más pesados se asientan en el fondo de los tanques de sedimentación por gravedad. El agua residual se deja en reposo en estos tanques, permitiendo que los sólidos se sedimenten y se separen del agua. Los lodos sedimentados se retiran y se envían a procesos posteriores para su tratamiento.

3. Tratamiento biológico: El tratamiento biológico utiliza microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual. El método más comúnmente utilizado es el proceso de lodos activados, donde el agua residual se mezcla con microorganismos aeróbicos en un tanque de aireación. Los microorganismos consumen la materia orgánica, convirtiéndola en biogás y lodos biológicos. Otros métodos biológicos utilizados incluyen el filtro percolador, donde el agua residual fluye a través de un medio filtrante biológicamente activo,

y el reactor anaeróbico de flujo ascendente, que utiliza microorganismos anaeróbicos para descomponer la materia orgánica. [2]

4. Filtración de membranas: Esta tecnología utiliza membranas semipermeables para retener partículas, bacterias y otros contaminantes presentes en el agua residual. Las membranas pueden ser de diferentes tipos, como membranas de microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración, dependiendo de los requisitos de tratamiento. La filtración de membranas puede lograr una alta calidad de agua tratada y es especialmente útil para remover partículas y microorganismos [1].

5. Desinfección: La desinfección es un proceso final que se utiliza para eliminar o inactivar los microorganismos patógenos presentes en el agua residual tratada. Se pueden utilizar diferentes métodos de desinfección, como la cloración, la desinfección ultravioleta (UV) o la ozonización, dependiendo de los requisitos y regulaciones locales [2].

Es importante mencionar que estas son solo algunas de las tecnologías más comunes utilizadas, cada planta puede tener una configuración específica de tecnologías según las características del agua residual y los requisitos de tratamiento. Además, la implementación de tecnologías avanzadas, como la automatización y el monitoreo en tiempo real, también es importante para mejorar la eficiencia y el rendimiento de las plantas de tratamiento.

1.5 Importancia de la automatización de las Plantas de tratamiento de aguas residuales.

1. Mejora de la eficiencia operativa: La automatización permite un control más preciso y eficiente de los procesos de tratamiento de aguas residuales. Los sistemas automatizados pueden monitorear y ajustar automáticamente los parámetros de operación, como el flujo de agua, la dosificación de productos químicos y el tiempo de retención, lo que garantiza un tratamiento óptimo y una mayor eficiencia en el consumo de recursos, como energía y productos químicos. Además, la automatización reduce la necesidad de intervención manual, lo que a su vez reduce los errores humanos y mejora la consistencia y la confiabilidad del proceso de tratamiento.

2. Optimización de recursos: La modernización de las plantas de tratamiento de aguas residuales permite una mejor gestión de los recursos, como el agua y

la energía. La implementación de tecnologías avanzadas, como la filtración de membranas y la recuperación de calor, permite una mayor reutilización y reciclaje del agua tratada, reduciendo así la dependencia de fuentes de agua fresca y disminuyendo los costos asociados. Además, la automatización puede ayudar a optimizar el uso de energía mediante la programación y el control eficiente de los equipos y sistemas de tratamiento.

3. Reducción del impacto ambiental: La automatización y modernización de las plantas de tratamiento de aguas residuales en refinerías de petróleo contribuyen a la reducción del impacto ambiental. Al mejorar la eficiencia operativa, se reduce la cantidad de energía y productos químicos consumidos en el proceso de tratamiento, lo que a su vez reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de residuos. Además, la modernización con tecnologías avanzadas puede mejorar la calidad del agua tratada, asegurando que los límites de descarga sean cumplidos y protegiendo los cuerpos de agua receptores.

4. Cumplimiento normativo y responsabilidad social corporativa: La automatización y modernización de las plantas de tratamiento ayudan a las refinerías de petróleo a cumplir con las regulaciones ambientales y los estándares de calidad del agua establecidos por el Decreto-Ley-No.138 de las aguas terrestres ARTICULO 17. (El que producto de sus actividades genere sustancias residuales que puedan dañar la calidad de las aguas terrestres, estará en la obligación de controlar y garantizar el funcionamiento de las obras e instalaciones destinadas al tratamiento y la disposición final de dichas sustancias, según las normas y regulaciones establecidas). Esto demuestra el compromiso con la responsabilidad social corporativa y la protección del medio ambiente. [4]

1.6 Antecedentes y estado actual de la automatización. [5]

La historia del Controlador Lógico Programable comienza en 1968, cuando Ford y General Motors, preocupados por los elevados costos de los sistemas de control a base de relés de lógica cableada, comenzaron a trabajar con Digital en el desarrollo de un sistema de control que evitara estos inconvenientes, el resultado 20 de la colaboración fue un equipo programado, denominado PDP-

14, cuyo empleo no tardó en extenderse a otras industrias. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a los computadores industriales ya en servicio en la industria. A medio camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de autómatas, también llamados Controladores Lógicos Programables (PLC). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los autómatas se desarrollaron rápidamente, y extendieron sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas. En la actualidad es posible encontrar en el mercado entornos de desarrollo de aplicaciones para PLC que permiten crear programas siguiendo las recomendaciones IEC1131, simularlos en una PC y hacer automáticamente las conversiones necesarias para ejecutarlos en equipos de diferentes fabricantes. Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido. Dado el desarrollo obtenido internacionalmente en la Automatización en los tiempos actuales y en específico en los Autómatas Programables (PLC) así como la Periferia Descentralizada y utilización de Buses Estándares, paralelo al desarrollo de la electrónica, ha traído como consecuencia una estrategia generalizada para la Automática.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan, su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización; por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, de servicio, comercial o doméstico, es decir la satisfacción de cualquier cliente.

1.6.1 Funciones de los PLC.

Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes del sistema de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas en tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse mensajes e intercambiar tablas de memoria compartida [6]

Sistemas de supervisión: También los Autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entradas y salidas analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

Entradas-Salidas distribuidas: Los módulos de entrada/salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

Buses de campo: Mediante un solo cable de comunicación o bus se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores. [6] [7]

1.6.2 Campos de Aplicación.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. [7]

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a

transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Por mencionar algunos como:

- Maniobra de máquinas
- Maniobra de instalaciones.
- Instalaciones de seguridad.
- Señalización y control.
- Chequeo de programas.

1.6.3 Ventajas de los PLC.

La técnica estándar de los autómatas programables, su estructura modular y la gran potencia de los programadores se combinan para dar lugar a las características siguientes.

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Manejo fácil, gracias a un montaje simple y diferentes técnicas de conexión.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar los contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
- Programación sencilla, gracias a la estructuración del programa y al empleo de partes de programas normalizadas.
- Puesta en marcha fácil, gracias a los aparatos de programación y mantenimiento con numerosas ayudas en programas y pruebas.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Autómata.

1.7 Descripción del funcionamiento de la planta de tratamiento de residuos líquido existente en la Refinería Hermanos Díaz.

La planta de tratamiento de aguas residuales existente en la Refinería Hermanos Díaz está compuesta por los siguientes sistemas.

Separador de los líquidos más densos abajo y líquidos de menor densidad arriba (API).

Laguna de Oxidación.

Sistema de aguas residuales del nuevo muelle.

Trasiego de Agua Oleosa (SLOP) a tanque de crudo.

Redes de tubería desde las plantas de proceso, facilidades auxiliares, área de tanques, cargaderos de carros cisternas y vagones de ferrocarril y otros usuarios.

Trasiego del efluente hacia la laguna de oxidación.

El efluente que llega al separador API procedente de las unidades de proceso pluvial y de lavado de piso, así como el drenaje de tanques de almacenamiento de producto y el agua de lluvia controlada, así como de otros sitios que generan efluentes que se transportan a través de tuberías hasta el tanque situado a la entrada del separador API y desde aquí pasan a la sección de distribución del separador a través de compuertas. El separador tiene dos secciones, en cada una se encuentra un distribuidor con el propósito de disminuir la velocidad del fluido hasta alcanzar la velocidad de flujo laminar para lograr la decantación del hidrocarburo. Al final de cada sección se ubica un skimmer regulable manualmente, encargado de la recuperación del hidrocarburo, el cual es enviado al basin donde está ubicada una bomba para su trasiego a los tanques 121 y 122.

Estos tanques están equipados con un sistema de vapor y un brazo de succión a su interior para arrastrar el hidrocarburo, el hidrocarburo recogido se bombea hacia los tanques 123 y 124 y desde estos tanques es bombeado a los tanques de crudo para su reprocesamiento.



Figura 1. Separador API.

En caso de fallo de estas bombas o de una gran afluencia de agua al separador por intensas lluvias o por alguna contingencia, los efluentes son descargados a una laguna auxiliar que se encuentra al lado del separador API con una capacidad de almacenaje de 5.000,00 m³, a través de dos tuberías de hormigón con un diámetro de 1000 mm. En la laguna está instalado un dispositivo para la recolección de hidrocarburo, mientras que el agua tiene dos posibilidades, una hacia la laguna de oxidación y otra hacia la bahía.



Figura 2. Canal a laguna Auxiliar.



Figura 3. Taques de Agua Oleosa e Hidrocarburos.

1.7. Micro localización.



Figura 4. Sistema de tratamiento de residuales líquidos de la Refinería “Hermanos. Díaz”.

1.8 Conclusiones parciales.

En este capítulo se pudo ver, la importancia que tienen las plantas de tratamiento de aguas residuales, se muestra la evolución que han tenido estas plantas, así como la variedad de tecnologías y sistemas utilizados en la actualidad, se realiza una caracterización de los PLC en donde se muestra, su función, campo de aplicación y ventajas. Lo que nos empuja a la implementación de la automatización en estas plantas para garantizar un alto rendimiento, control y una supervisión continua del proceso.

Finalmente se describe el proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales existente.

CAPITULO 2 Propuesta de Automatización con PLC en la Etapa1.

En este capítulo se realizará una descripción de cada uno de los elementos que intervienen en el control automático del proceso, en función de elaborar una propuesta de automatización para la misma mediante la programación del PLC S7-300 de Siemens.

2.1 Descripción de los Lazos de control.

Dentro del autómatas se programarán las secuencias establecidas para la correcta operación de las etapas de pretratamiento y tratamiento primario.

Lazo de control de flujo a los separadores API.

El objetivo de este lazo de control es mantener un flujo constantes de 30 l/min hacia los separadores API, garantizando un leve tiempo de residencia del agua que le llega, para que sea posible una separación adecuada de lodos y los aceites. La medición de flujo se realiza por medio de transmisores de flujo de tipo electromagnéticos, la variable de medición (FIT205-FIT206) se conecta a través de uno de los módulos de entrada analógica la cual se procesa con un bloque PI que proporciona el PLC el devuelve la respuesta correspondiente a través de uno de los módulos de salidas analógicas, hacia las válvulas de control (VC) de tipo asiento correspondientes (CV100-CV101).

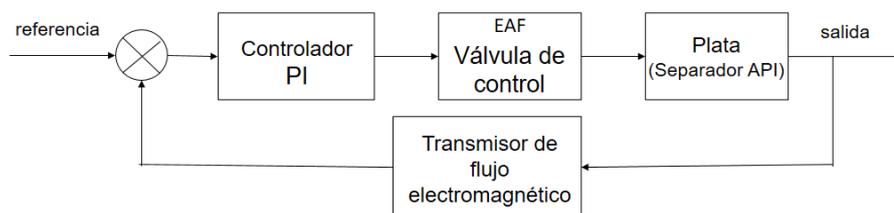


Figura 5. Lazo de control del flujo de agua a los separadores API.

Lazo de control de nivel utilizado en la cámara de reparto a API.

El objetivo de este lazo de control es mantener dentro de un rango establecido el nivel del agua, el transmisor de nivel (LT-201) envía la señal de medición al PLC a través de un módulo de entrada analógica, donde el control on/off se encarga de tomar la decisión de apagar o encender las bombas de agua, el control está programado con puntos de ajustes los cuales determinan en que nivel se encenderán y se apagaran la bombas. La acción tomada por el control on/off es enviada a través de un módulo de salida digital.

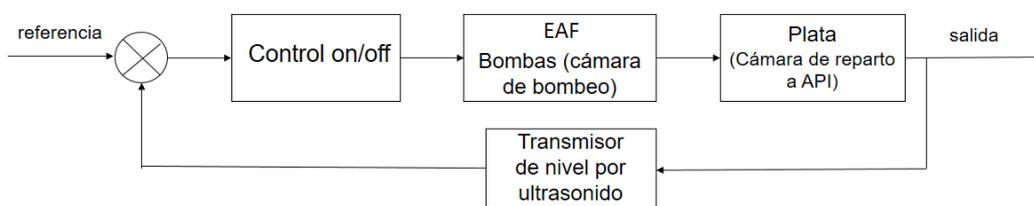


Figura 6. Lazo de control de nivel utilizado en la cámara de reparto a API.

Lazo de control de nivel en la balsa de regulación de tormenta.

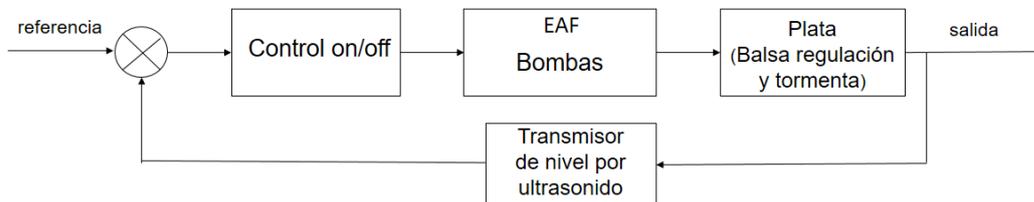


Figura 7 Lazo de control de nivel en la balsa de regulación de tormenta.

Este lazo de control tiene el objetivo de mantener dentro de un rango establecido el nivel del agua, la medición de nivel es realizada por el transmisor de nivel (LT-104) envía la señal de medición al PLC a través de un módulo de entrada analógica, donde el control on/off se encarga de tomar la decisión de apagar o encender las bombas de agua, el control está programado con puntos de ajustes los cuales determinan en que nivel se encenderán y se apagaran la bombas, la acción tomada por el control on/off es enviada a través de un módulo de salida digital.

Lazo de control de nivel en los depósitos de, agua lodosa, aceite y balsa de ecualización.

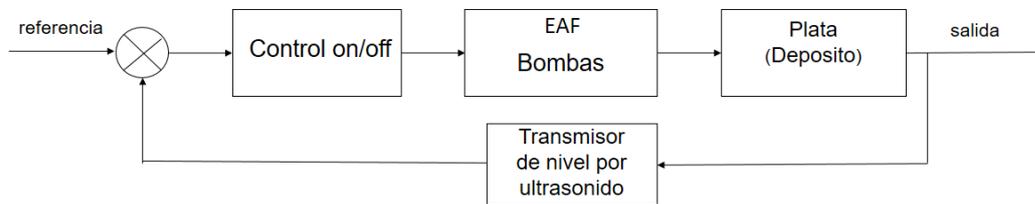


Figura 8. Lazo de control de nivel en los depósitos de, agua lodosa, aceite y balsa de ecualización

Este lazo de control tiene el objetivo de mantener dentro de un rango establecido el nivel del agua, la variable de medición (LT-203, LT204, LT-205) es enviada al PLC a través de un módulo de entrada analógica, donde el control on/off se encarga de tomar la decisión de apagar o encender las bombas de agua, el control está programado con puntos de ajustes los cuales determinan en que nivel se encenderán y se apagaran la bombas, la acción tomada por el control on/off es enviada a través de un módulo de salida digital, cabe mencionar que este lazo de control de nivel on/off funciona de manera cíclica y continua.

Tabla 1 Cantidad de señales

Entradas Digitales	Salidas Digitales	Entradas Analógicas	Salidas Analógicas
20	17	17	2

Tabla 2. Señales de entrada analógicas.

Transmisores	Ubicación
LT-101	Sistema de Desbaste
LT-103	Cámara de bombeo
LT-105	Cámara de bombeo
LT-104	Balsa Regulación Tormenta
PT-103B	Balsa Regulación Tormenta
FT-202	Cámara de reparto API
FT-201	Cámara de reparto API

LT-201	Cámara de reparto API
FT-206	Línea a Paquete Remoción de Aceite y Grasas
FT-205	Línea a Paquete Remoción de Aceite y Grasas
LT-203	Tanque Recogida de Aceite de API
LT-205	Tanque de Lodos Aceitosos
LT-204	Balsa de Ecuilización

Tabla 3. Señales de salidas Analógicas

Válvula de Control	Ubicación
CV-100	Línea a Paquete Remoción de Aceite y Grasas
CV-101	Línea a Paquete Remoción de Aceite y Grasas

Tabla 4. Salidas y entradas digitales

Bombas	Ubicación
P-001A	Cámara de Bombeo
P-001B	Cámara de Bombeo
P-001C	Cámara de Bombeo
P-002A	Balsa de Regulación y Tormenta
P-002B	Balsa de Regulación y Tormenta
P-003A	Balsa de Ecuilización
P-003B	Balsa de Ecuilización
AG-001A	Balsa de Ecuilización
AG-001B	Balsa de Ecuilización
P-004A	Recogida de Aceite API a SLP
P-004B	Recogida de Aceite API a SLP
P-005A	Salida a TQ de Lodos Aceitosos
P-005B	Salida a TQ de Lodos Aceitosos
Z-003A	Barre lodos
Z-003B	Barre lodos

2.2 Evaluación y Selección de la instrumentación a utilizar [8] [9].

Se tomó la decisión de que toda la instrumentación seleccionada sea de la marca Siemens y Samson, basado en que ya existe experiencia utilizando los equipos de estos fabricantes, ya que los productos de estos fabricantes poseen las regulaciones y los protocolos de seguridad que la refinería exige para su implementación.

2.2.1 Transmisores de nivel.



Figura 9. SITRANS PROBE LU 180.

El objetivo de este instrumento es tener una medición de nivel continua en los depósitos que se encuentran en esta etapa de tratamiento algunas de sus características principales son.

Rango de medida 0,25... 5 m (0.8... 16.4 ft), frecuencia 54 kHz, su salida de 4...20 mA, tensión de alimentación 12...30 V DC, sobretensión de 0,1 A.

Fácil de programar mediante el programador manual por infrarrojo, SIMATIC PDM o Comunicador HART.

Comunicación HART o PROFIBUS PA.

Principio de funcionamiento:

Los transmisores de nivel por ultrasonido de Siemens funcionan utilizando ondas ultrasónicas para medir la distancia entre el transmisor y el objeto o superficie que se desea medir. El transmisor genera una señal ultrasónica de alta frecuencia, generalmente en el rango de 20 kHz a 200 kHz, la señal ultrasónica se emite a través de un transductor o sensor que convierte la señal eléctrica en una onda sonora en el rango ultrasónico, esta onda sonora se propaga en forma

de un pulso hacia el objeto o superficie a medir, cuando el pulso de ultrasonido alcanza el objeto o superficie, parte de la energía es reflejada de vuelta hacia el transmisor, el transductor o sensor también actúa como receptor y recoge el pulso ultrasónico reflejado.

El transmisor mide el tiempo que tarda el pulso en viajar desde el transmisor hasta el objeto y de vuelta al receptor. Utilizando la velocidad del sonido en el medio de propagación, que generalmente es el aire, el transmisor calcula la distancia entre el transmisor y el objeto o superficie, convirtiendo la distancia medida en una señal de salida, que puede ser en forma de corriente, voltaje o una señal digital, dependiendo del tipo de transmisor y la configuración deseada.

Este transmisor se considera el adecuado por varios motivos, su alcance de medición de hasta 5 m, el principio de funcionamiento que posee este transmisor, ya que este difiere del tipo de producto que se esté almacenando, fácil montaje, comunicación entre otras, basado en todo esto se considera el adecuado para ser utilizado para la detección de nivel en la planta de tratamiento de aguas residuales.



Figura 10. SITRANS LG250

Transmisor de nivel radar por microondas guiadas, miden el nivel y volumen de líquidos y sólidos a granel.

Este transmisor será utilizado en los separadores API para medir el nivel, ya que este es muy conveniente debido a la variedad de sustancias que están presentes en ese proceso, siendo capaz de discernir mediante la constante dieléctrica entre

productos diferente, aportando haci una medición más confiable. También se toma en cuenta sus características como su rango de medida que es de 300...75 000 mm y su señal de salida analógica de 4...20 mA con protocolo HART.

Algunas características que presenta este instrumento.

Salida

Analógica (mA) con señal digital HART 4...20 mA/HART (SIL opcional).

Analógica Corriente: mínimo 3,8 mA, máximo 20,5 mA.

Comunicación

Compatible HART versión 7 x y multidrop. Modbus.

Modbus RTU, Modbus ASCII.

PROFIBUS PA PROFIBUS PA perfil 3.02

FOUNDATION Fieldbus Protocolo FOUNDATION Fieldbus, capa física según IEC 61158-2

Principio de funcionamiento:

El transmisor genera una señal de microondas de alta frecuencia, generalmente en el rango de gigahercios (GHz), esta señal se emite a través de una antena o guía de ondas hacia el objeto o superficie a medir, cuando la señal de microondas alcanza el objeto o superficie, parte de la energía es reflejada de vuelta hacia el transmisor, el cual también actúa como receptor y recoge la señal de microondas reflejada midiendo el tiempo que tarda la señal de microondas en viajar desde el transmisor hasta el objeto y de vuelta al receptor. Utilizando la velocidad de propagación de las microondas, el transmisor calcula la distancia entre el transmisor y el objeto o superficie.

El transmisor convierte la distancia medida en una señal de salida, que puede ser en forma de corriente, voltaje o una señal digital, dependiendo del tipo de transmisor y la configuración deseada.

2.2.2 Transmisores de flujo.



Figura 11. SITRANS F M MAG 6000 I Ex

Para la medición de flujo que llega a la cámara de reparto a API y el flujo hacia los separadores API este transmisor es adecuado, por su fácil montaje, su principio de funcionamiento que garantiza una medición precisa y confiable, cuenta con resistencia a la corrosión, no requiere de partes móviles lo que reduce el desgaste y el riesgo de fallos mecánicos.

Algunas de las características que posee.

Entrada

Digital 11... 30 V DC, $R_i = 4.4 \text{ k}\Omega$.

Corriente I 11V DC = 2,5 mA, I 30V DC = 7 mA.

Salida de corriente

Rango de señal 4... 20 mA (activa/pasiva).

Principio de funcionamiento:

Se basa en la ley de inducción electromagnética, el medidor cuenta con un tubo de flujo por el cual circula el líquido conductivo, al aplicar un campo magnético al tubo de flujo mediante unas bobinas, se genera una fuerza electromagnética proporcional a la velocidad del fluido, esta fuerza induce una tensión en los electrodos colocados en el tubo, la cual es proporcional al caudal del líquido. a través de la medición de esta tensión, el medidor calcula y muestra el caudal volumétrico o másico del líquido en tiempo real, además, el medidor cuenta con funciones de autoverificación y diagnóstico para garantizar una medición precisa y confiable.

2.2.3 Transmisor de presión.



Figura 12. SITRANS P200.

El objetivo de este transmisor de presión es medir la presión en la línea de bombeo de la balsa de regulación de tormentas que esta puede ser propensa a obstrucciones.

Principio de medición:

La presión se conduce a través de la conexión del proceso al cabezal de medición, este se continúa transmitiendo a través de la membrana de separación y el líquido de relleno sobre el sensor de presión de silicio y con ello se desvía su membrana de medición. Cuatro piezoresistencias dotadas en la membrana de medición y conectadas en puente, modifican su valor de resistencia. El cambio de resistencia actúa con una tensión de salida de puente proporcional a la presión de entrada.

Este transmisor de presión cumple con los parámetros para su implementación, ya que cuenta con una entrada de presión relativa de 1...60 bar o de (15...870 psi), y una señal de salida de 4...20 mA, sumado a las siguientes ventajas que ofrece, alta precisión de medida, apto para medios corrosivos y un diseño compacto todo lo anterior justifica su implementación.

2.2.4 Válvulas de control Samson.



Figura 13. Válvula de control Tipo 3321-IP

Esta válvula de Control cuenta con altas prestaciones en industrias, adecuadas para la regulación de líquidos, gases y vapores. Características que presenta entre otras.

Posicionador Tipo3725, función de cierre hermético, punto de consigna de 4 a 20 mA, presión de alimentación máx. 6 bar.

Paso nominal ½...4 pulgadas.

La acción de la válvula es Air-to-Open o normalmente cerrada.

Esta válvula es de tipo globo simple asiento, comportamiento lineal ya que la presión a la que estará sometida es constante.

Las válvulas de control serán del fabricante Samson gracias a su sistema de construcción modular se garantizan un equipamiento posterior y mantenimiento sencillos, estas pueden equiparse con accionamiento neumático, eléctrico, electrohidráulico o manual, para controlar y señalar la carrera, se pueden montar accesorios como posicionadores, finales de carrera y electroválvulas, además el material del cuerpo de las válvulas pueden ser de fundición gris, fundición esferoidal, acero fundido, acero inoxidable o acero para bajas temperaturas, acero forjado o acero inoxidable forjado, además de múltiples materiales especiales. Mencionar que el fabricante integra sus propios posicionadores lo que es muy conveniente, todo esto justifica su selección. [10]

Cálculo preliminar del (Cv). [11]

$$C_v = \frac{q}{N_1 \cdot F_p} \sqrt{\frac{G_f}{P_1 - P_2}} =$$

Figura 14 Ecuación del Cv

Para este cálculo se tiene que.

Tabla 5. Valores

Factor de recuperación (FL)	0.90 (válvula de globo)
Coeficiente implícito (N1)	0.865
Factor de geometría de tubos (Fp)	1 bar
Gravedad específica del agua (Gf)	1 bar
Presión a la entrada de la válvula (P1)	2 bar
Presión a la salida de la válvula (P2)	1,5 bar
Caudal (q)	2.4 m ³ /h

Al calcular el Cv se obtiene (3.7), ya con esto podemos auxiliarnos en la hoja de pedidos que proporciona el fabricante Samson para el pedido de válvulas de control. Anexo [2]

2.2.5 Controlador Lógico Programable.



Figura 15. S7-300 CPU 317T-3 PN/DP.

Se seleccionó el PLC S7-300 por los siguientes motivos, utiliza el paquete de programación STEP 7 V5.5 SP2 o superior, y el paquete opcional S7-Technology V4.2 SP3, comunicación PROFIBUS DP/PROFINET, MPI, Maestro PROFIBUS DP, Esclavo PROFIBUS DP, comunicación IE abierta, mediante TCP/IP, ISO con TCP, UDP, memoria de trabajo integrada 1024 kbyte, memoria de carga enchufable (MMC), enchufable (MMC), máx. 8 Mbyte, conservación de datos en MMC (tras última programación). Respaldo existente garantizado por la MMC (sin mantenimiento).

2.2.6 Módulos de expansión (SIMATIC S7-300).

El uso de estos módulos permite expandir la capacidad de entradas y salidas del PLC, lo que significa que se pueden conectar y controlar más dispositivos o sensores, ofrecen flexibilidad y adaptabilidad al sistema de control, son fáciles de configurar lo que permite una mayor personalización y optimización del sistema de control, ofrecen aislamiento de señales lo cual protege al PLC de interferencias o daños causados por señales eléctricas no deseadas. Esto garantiza una mayor confiabilidad y reduce el riesgo de fallos en el sistema de control.

Son componentes modulares que pueden ser fácilmente reemplazados en caso de fallo o actualizaciones. Esto simplifica el mantenimiento del sistema de control y reduce el tiempo de inactividad.



Figura 16. DI SM-321

Entradas digitales SM 321, aislado galvánicamente 32 DI, DC 24V. Tipo de tensión de entrada DC; Valor nominal (DC) 24 V, para señal "0" -30 a +5 V, para señal "1" 13 a 30 V.



Figura 17. DO SM-322.

Salidas digitales SM 322, aislado galvánicamente, 32 DO, DC 24V, 0,5A. Tensión de alimentación Tensión de carga Valor nominal (DC) 24 V.



Figura 18. AI SM 331.

Entrada analógica SM 331, aislado galvánicamente, 8 AI, resolución 9/12/14 bits, U/I/termopar/resistencia, alarma, diagnóstico, 24 V DC.

Conexión de los sensores, para medición de tensión, para medición de corriente como transductor a 2 hilos, para medición de corriente como transductor a 4 hilos, para medición de resistencia con conexión a 2 hilos, para medición de resistencia con conexión a 3 hilos, para medición de resistencia con conexión a 4 hilos.



Figura 19. AO SM 332.

Salida analógica SM 332, aislado galvánicamente, 8 AO, U/I; diagnóstico; resolución de 11/12 bits, 24 V DC.

Número de salidas analógicas 8, protección contra cortocircuito, intensidad de cortocircuito, máx. 25 mA, rangos de salida, tensión 0 a 10 V, 1 V a 5 V, -10 V a +10 V, rangos de salida, intensidad 0 a 20 mA, -20 mA a + 20 mA, 4 mA a 20 mA.

2.2.7 Fuentes de Alimentación estabilizada PS307 (PLC e Instrumentos).

Para alimentar el PLC S7-300 y la Instrumentación se seleccionó la fuente de alimentación PS307 del fabricante Siemens, ya que con las características que poseen cumple con los requisitos para su uso. Se utilizarán dos modelos diferentes que tendrán como diferencia principal, la cantidad de Amperes que suministran, apoyado en el uso que se le dará, (PLC-5A) y (Instrumentación-10A).

Por razones de seguridad, se debe planificar una reserva de corriente, de lo contrario existe el riesgo de que un aparato defectuoso sobrecargue el bus por un elevado consumo de corriente. Esto puede provocar que falle por completo la alimentación y la comunicación con todos los participantes no defectuosos, además las fuentes contarán con un respaldo por motivos de seguridad garantizando de que en caso de que fallara algunas de las fuentes el sistema no se vea comprometido.]

Mencionar que estas fuentes cuentan con un sistema de protección para el sobre consumo indicando que si la corriente es mayor a su capacidad de suministro entonces habrá un corte de tensión a la salida, y un restablecimiento automático de la tensión luego de ser eliminado. En caso de salida cortocircuitada la tensión de salida será 0 V, y habrá un restablecimiento automático de la tensión tras la eliminación del cortocircuito. Ambos cuentan con una tensión de entrada de 120/230 V AC (conmutación automática).

Consumo por equipos.

Transmisores 20-30 mA; PLC-1000 mA; módulo AI-50 mA; módulo AO-100 mA; módulo DO-60 mA; módulo DI-15 mA, posicionadores 20 mA.

Consumo total: 2000 mA.

Todo lo expuesto justifica la selección de estas fuentes de alimentación.



Figura 20. PS307 DC 24 V/5 A.



Figura 21. PS307 DC 24 V/10 A.

2.3 Estrategias de Automatización.

El sistema de control está concebido por un procesador central lógico programable PLC S7-300 que es el encargado de recibir todas las señales del campo, transmisores y elementos de acción final, todo esto por medio de los módulos de entradas-salidas analógicas y digitales, ya que este modelo de PLC S7 300 es compacto. Este procesador tiene incluido funciones de control PI el cuál se utiliza como regulador principal en lazos de control, como son los lazos de control de flujo a los separadores API. A continuación se muestra en la siguiente figura las tendencias de automatización destinada para dicha propuesta.

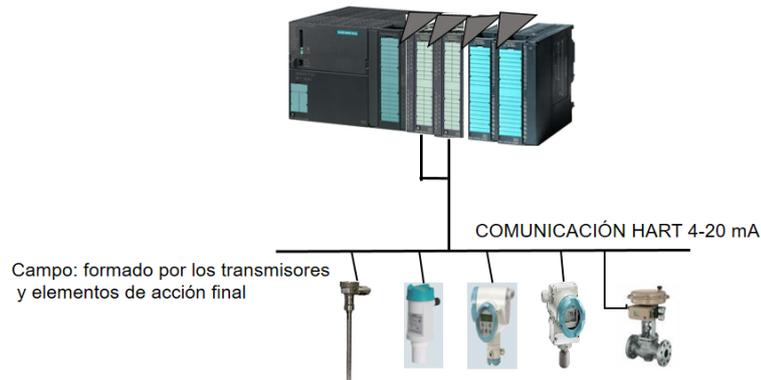


Figura 22. Arquitectura en la tendencia de la automatización.

2.4 Entorno de programación.

El software STEP7 de Siemens es una herramienta de programación utilizada en la industria para desarrollar y mantener programas de control para los controladores lógicos programables (PLC) de Siemens. Algunas de las principales características del software STEP7 son.

Proporciona un entorno de desarrollo integrado que incluye un editor de programas, un depurador y herramientas de simulación. Esto facilita el desarrollo, la edición y la depuración de programas de control.

Programación en lenguajes de programación estándar: STEP7 permite programar en lenguajes de programación estándar como lenguaje de contactos, lenguaje de instrucciones y lenguaje de diagrama de bloques de función. También es compatible con el lenguaje de programación de alto nivel lenguaje de control estructurado.

Permite la configuración y la comunicación con otros dispositivos, como interfaces hombre-máquina (HMI) y sistemas de supervisión y control (SCADA). También proporciona herramientas de diagnóstico para la detección y solución de problemas en los controladores y en la red de comunicación.

2.5 Valoración económica y medioambiental.

Beneficios económicos.

Reducción de costos operativos: El tratamiento adecuado de las aguas residuales en la refinería de petróleo puede resultar en una reducción significativa de los costos operativos. Al implementar tecnologías y procesos

eficientes de tratamiento, se puede minimizar la cantidad de agua fresca necesaria para las operaciones y, por lo tanto, reducir los costos asociados con el suministro y tratamiento de agua. Además la reutilización del agua tratada en procesos industriales reduce aún más la demanda de agua fresca y disminuye los costos de suministro.

Recuperación de subproductos valiosos: Durante el proceso de tratamiento de aguas residuales, se pueden recuperar subproductos valiosos, como biogás o subproductos químicos. El biogás, que se produce durante el proceso de tratamiento biológico, puede ser utilizado como fuente de energía para alimentar los sistemas de tratamiento o ser convertido en electricidad. Además, ciertos subproductos químicos presentes en el agua residual pueden ser recuperados y reutilizados, lo que puede generar ingresos adicionales para la refinería.

Análisis Económico.

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto estimado de la inversión en la planta de tratamiento de agua residual.

Tabla 6. Inversión.

Instrumento	Cantidad	Precio (EUR)
Transmisor de nivel SITRANS PROBE LU 180	7	9,030.65
Transmisor de nivel SITRANS LG250	2	2,770.50
Transmisor de flujo SITRANS F M MAG 6000 I Ex	2	4,800.00
Transmisor de presión SITRANS P200	1	1,598.37
Válvula de control	2	2,770.80
PLC S7.300 CPU 317	1	4,580.12
Módulos de entradas digitales	2	840.00
Módulos de salidas digitales	2	1,489.30

Módulos de entradas analógicas	3	2,200.32
Módulos de salidas analógicas	2	1,540.07
Fuente de alimentación PS307 DC 24 V/10 A	2	450.05
Fuente de alimentación PS307 DC 24 V/10 A	2	545.10
Total general		32,947.00

Costo total de la inversión = 4,447,845 de peso cubano.

Período de recuperación = Utilidades/Inversión = 99.9 % en un periodo de 5 meses de corrida.

Beneficios ambientales.

Reducción de la contaminación del agua: El tratamiento adecuado de las aguas residuales ayuda a eliminar los contaminantes presentes en el agua, como aceites, grasos, productos químicos y metales pesados. Esto reduce la carga contaminante que se descarga en los cuerpos de agua receptores, protegiendo así la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

Protección de los ecosistemas acuáticos: Las descargas de aguas residuales no tratadas pueden causar daños significativos a los ecosistemas acuáticos, incluyendo la muerte de peces y la degradación de hábitats acuáticos. El tratamiento adecuado de las aguas residuales en refinerías de petróleo ayuda a prevenir estos impactos negativos y a preservar la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos.

2.6 Conclusiones parciales.

- Se seleccionó la instrumentación adecuada para garantizar un funcionamiento óptimo.
- Se empleó un PLC del fabricante Siemens
- Se diseñó el Graficet describiendo el funcionamiento del sistema de Control.
- Se realizó la programación del PLC en lenguaje LADDER.
- Se realizó una valoración económica y medioambiental a la modernización de la planta de tratamiento propuesta.

CONCLUSIONES GENERALES.

Con el desarrollo de este trabajo realizado se cumplieron los objetivos propuestos en esta investigación, entre los cuáles se encuentran los siguientes:

- 1- Se caracterizó la instrumentación propuesta a utilizar en el campo.
- 2- La elaboración del diseño de una estrategia de automatización basado en un PLC.
- 3- Se programaron las secuencias establecidas para el control de las variables más importante del proceso, con la ayuda de la función PI implementada en el autómeta S7 300 de Siemens.

RECOMENDACIONES

- Implementar la automatización propuesta.
- Integrar el sistema de control diseñado a la sala de control general
- Implementar un sistema de supervisión.
- Implementar una arquitectura de PLCs redundantes utilizando dos o más controladores idénticos.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] L. M. ESPINOSA RODRÍGUEZ, «ESTUDIOS DE TRATABILIDAD DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS,» Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, 2015.
- [2] Rodríguez Fernández-Alba, Antonio; Letón García, Pedro; Rosal García, Roberto, tratamientos avanzados de aguas residuales industriales, Madrid: Elecé Industria Gráfica, 2006.
- [3] F. M. Navarro, «TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN Y COAGULACIÓN CONVENCIONAL,» I.S.B.N. Ediciones de la UCLM, castilla, 2008.
- [4] *Decreto Ley No. 138 de las aguas terrenales*, 1993.
- [5] R. C. Engineering, «“Automatización Industrial Integrada,» 2001.
- [6] C. d. Autores, *Autómatas Programables, Fundamentos, Manejos,, Edición Revolucionaria*, 1999.
- [7] I. Loyola Zubia, *Curso Básico de Autómatas Programables*, Grupo Tecnológico Maser, 2007.
- [8] Siemens, «Catalogo,» 2023. [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045207>.
- [9] J. B. y. Romeral, *Autómatas Programables”*, Editorial Marcombo, 2000.
- [10] Samsunggroup, «Samson,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.samsunggroup.com/es/descargas/documentacion/>.
- [11] L. Campo y Antonio, *Valvulas de control selección y cálculo*, España, 2014.
- [12] Ángel López Ramírez, Miguel; Pirene Castellanos Onorio, Olaya; , Lango Reynoso, Fabiola; Castañeda Chávez, María del Refugio; Montoya Mendoza, Jesús; Sosa Villalobos, Cinthya Alejandra; Ortiz Muñiz, Benigno, «Oxidación avanzada como tratamiento alternativo,» 1 10 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.769>.
- [13] Sánchez Proaño, Renato G; , García Gualoto, Katty J, «TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CARGAS INDUSTRIALES CON OXIDACIÓN AVANZADA EN SISTEMAS CONVENCIONALES,» LA GRANJA, Salesiana, Ecuador, 2017.
- [14] Cabrera Bermúdez, Xiomara; ; Fleites Ramírez, Marisol; Contreras Moya, Ana M., «redalyc.org,» 3 12 2009. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543760009>. [Último acceso: 1 10 2009].
- [15] «wearewater.org,» wearewater.org, [En línea]. Available: https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141.

[16] Pozo Bejerano, Javier; Reinoso Valladares, Mirtha ; García Gutiérrez, José A, «Diagnóstico para la gestión de los residuales líquidos en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,» Habana, Cuba, 2020.

[17] AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA); GRUPO DE TRABAJO DEL ESTADO PARA EL SANEAMIENTO, CONSERVACIÓN Y DESARROLLO DE LA BAHÍA DE LA HABANA (GTE) , «ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPÚBLICA DE CUBA,» NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD., Habana, Cuba, 2004.

[18] MSc. Ing. Gutiérrez Benítez, Omar; MSc. Ing. Alomá Oramas, Regla M; MSc. Ing. Castro Rodríguez, David J, «Manejo de las aguas residuales en el sector empresarial de Cienfuegos,» CITMA, Cienfuego, Cuba, 2021.

[19] Loyola Zubia, Ivan, Curso Básico de Autómatas Programables”, Grupo Tecnológico Maser, 2007.

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de Flujo y PI&D de la Etapa1.

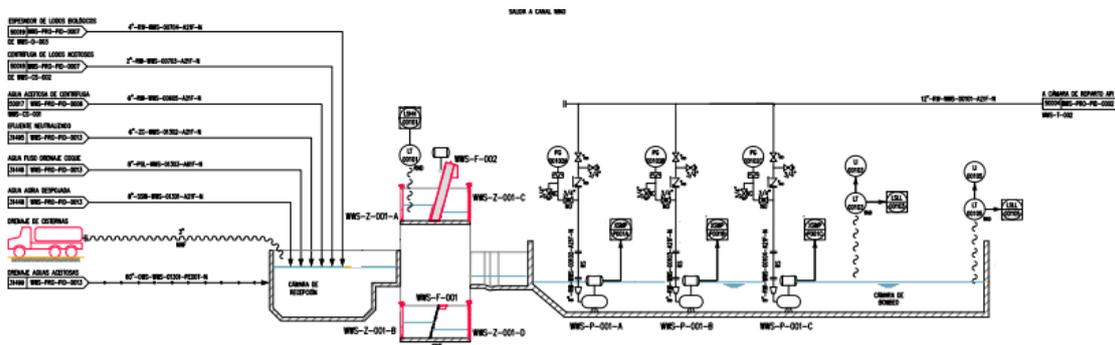


Figura 23. Pretratamiento.

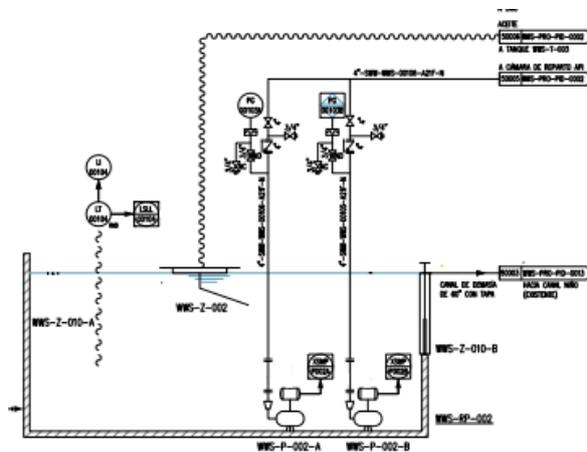


Figura 24. Balsa de regulación de tormenta.

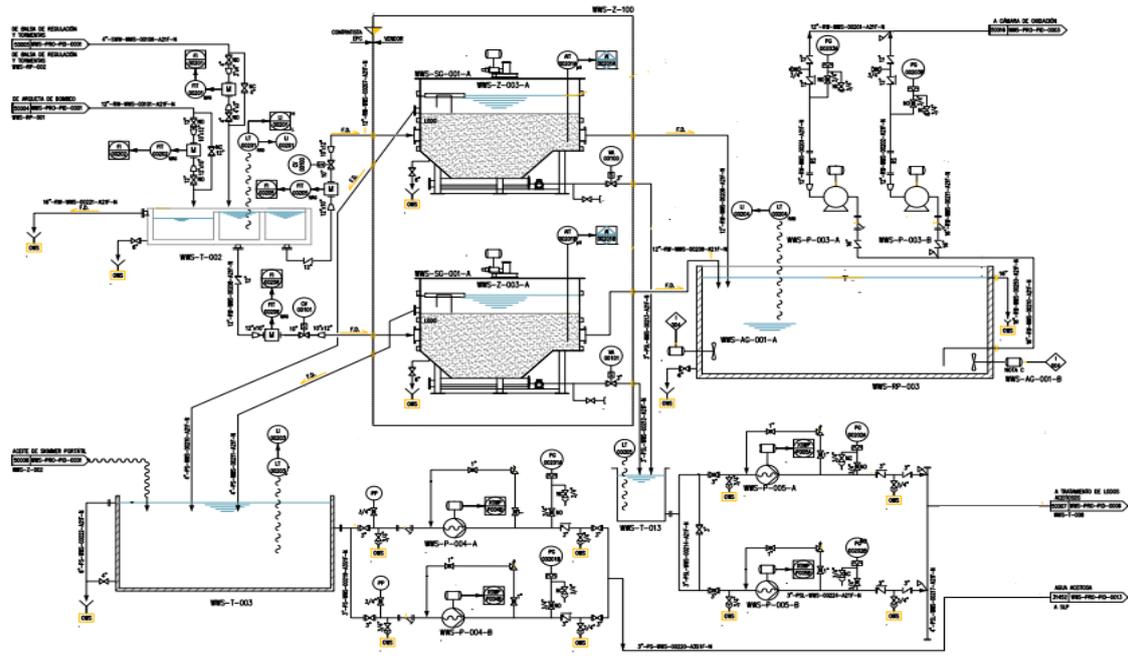


Figura 25. Tratamiento primario.

Anexo 2. Hoja de datos para válvula de control.

		Hoja de datos para válvula de control según DIN EN 60534-7			
		<input checked="" type="checkbox"/> · Datos mínimos necesarios para la selección y especificación			
1		Ubicación			
2		Servicio			
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Tubería	DN	PN	NPS ¾ Class
8		Material de la tubería			
12	<input checked="" type="checkbox"/>	Fluido			
13	<input checked="" type="checkbox"/>	Estado en la entrada			
			líquido	vapor	gas
15			min.	normal	máx. Unidad
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal			
17	<input checked="" type="checkbox"/>	Presión de entrada p_1			
18	<input checked="" type="checkbox"/>	Presión de salida p_2			
19	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura T_1			
20	<input checked="" type="checkbox"/>	Densidad de entrada ρ_1 o M			
21	<input checked="" type="checkbox"/>	Presión de vapor P_v			
22	<input checked="" type="checkbox"/>	Presión crítica P_c			
23	<input checked="" type="checkbox"/>	Viscosidad cinemática ν			
31		Coeficiente de caudal máx. K_v (C_v) calculado			
32		Coeficiente de caudal mín. K_v (C_v) calculado			
33		Coeficiente de caudal K_{vs} o C_v seleccionado			
34		Nivel de ruido calculado			
					dB(A)
35		Válvula de control Tipo ...			
36		Construcción			
38		Presión nominal	PN	Class	
39		Paso nominal	DN	NPS ¾	
40		Tipo de conexiones	Bridas	Ext. soldados	Manguitos soldar DIN/ ANSI
43		Parte superior	Normal	Pieza de aislamiento	Fuelle de estanqueidad Camisa de calefacción
45		Material del cuerpo/parte superior			
47		Característica	lineal	isoporcentual	
48		Material del obturador/vástago			
49		Material de casquillos/asiento			
52		Endurecimiento	ninguno	parci. estillitado®	Stellite® endurecido
54		Clase de fuga	% K_{vs}	Close	
55		Material empaquetadura	estándar	forma	
57		Tipo de accionamiento			
60		Superficie accionamiento			cm ²
62		presión de alimentación	min.	máx.	
63		Margen de señal nominal			
64		Posición de seguridad	cerrada	abierta	última posición
66		Otro tipo de accionamiento	eléctrico	electrohidráulico	mando manual
67		Posición de seguridad válvula de 3-vías			
68		Volante manual adicional	no	si	
70		Posicionador Tipo			
71		Señal de entrada	neumático	eléctrico	
72		Válvula "abierta" con	bar		mA
73		Válvula "cerrada" con	bar		mA
76		Presión de aire máx.	bar		
78		Protección Ex	Ex i	Ex d	
80		Final de carrera Tipo			
81		Final de carrera	eléctrico	inductivo	neumático
82		Posición de conmutación	cerrada	% carrera	abierta
83		Función de conmutación	cierra	abre	
84		Protección Ex	Ex i	Ex d	

Figura 26. Hoja de datos para pedido de válvula.

Anexo 3. Descripción Parcial del proceso en la Etapa1 mediante Grafcet.

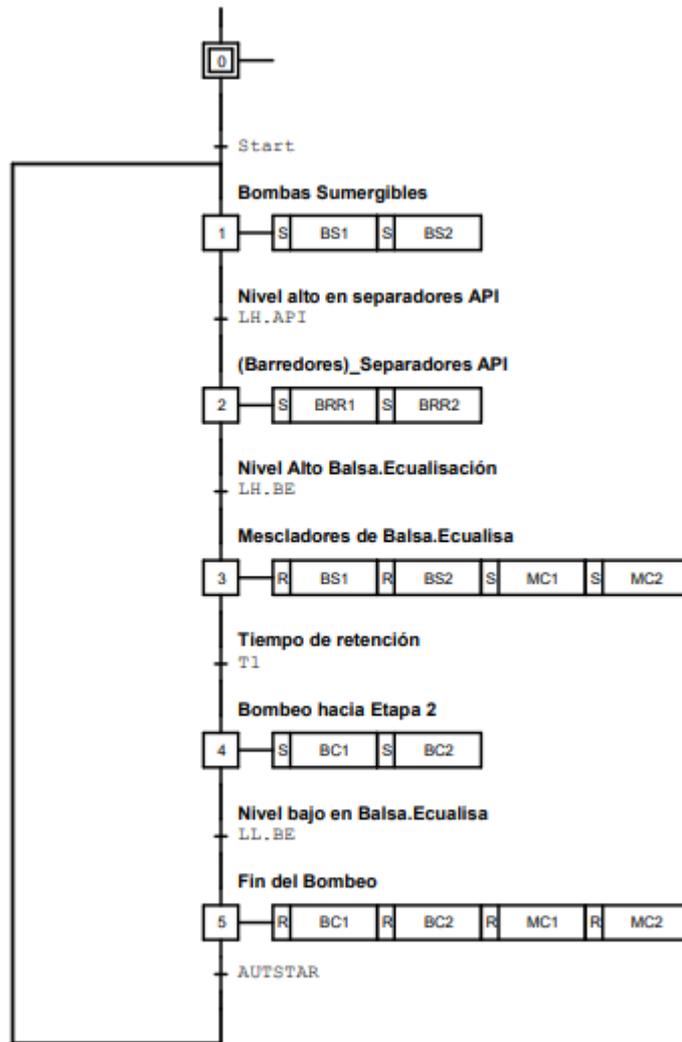


Figura 27. Proceso Automático.

Anexo 4. Programación del PLC S7-300 con el software STEP7 de Siemens.

Referencias cruzadas

SIMATIC

PCS 7 AP Library V81\SIMATIC 300(1)\
CPU 317-2 PN/DP\...\Blocks -- Cross-references

11/17/2023 01:14:42 PM

Cross-reference list

Address (symbol)	Block (symbol)	Type	Language	Location
<input type="checkbox"/> I 0.0 (START)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /O NW 5 /O
<input type="checkbox"/> I 0.1 (STP)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /AN NW 23 /A
I 0.4 (DESBASTE)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /A
I 0.5 (P1AIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /A
I 0.6 (P1BIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /A
I 0.7 (P1CIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /A
I 1.0 (P2AIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 2 /A
I 1.1 (P2BIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 2 /A
I 1.2 (Z3AIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 4 /A
I 1.3 (Z3BIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 5 /A
I 1.4 (BL1IN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 4 /A
I 1.5 (BL2IN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 5 /A
I 1.6 (P4AIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 6 /A
I 1.7 (P4BIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 6 /A
I 2.0 (P5AIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 7 /A
I 2.1 (P5BIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 7 /A
I 2.2 (AGIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 8 /A
I 2.3 (AG2IN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 8 /A
I 2.4 (P3AIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 8 /A
I 2.5 (P3BIN)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 8 /A
I 3.0 (PARO_RD)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 26 /O
<input type="checkbox"/> I 3.1 (LLAVE)	OB1	R	LAD	NW 3 /AN NW 4 /A
I 28.0 (BsARQT)	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 1 /A
I 28.1	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 2 /A
I 28.2	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 3 /A
I 28.3	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 4 /A
I 28.4	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 5 /A
I 28.5	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 6 /A
I 28.6	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 7 /A
I 28.7	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 8 /A
I 29.0	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 9 /A
<input type="checkbox"/> I 29.1	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 10 /A NW 12 /A
I 29.2	FC13 (REG.MANL.BOMBAS)	R	LAD	NW 11 /A
<input type="checkbox"/> M 8.0	FC10 (SCALADO)	R	LAD	NW 1 /A NW 2 /A NW 3 /A NW 4 /A NW 5 /A NW 6 /A NW 7 /A NW 8 /A NW 9 /A NW 10 /A NW 11 /A

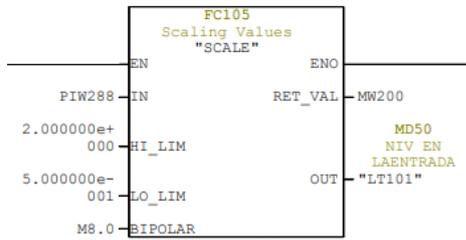
Address (symbol)	Block (symbol)	Type	Language	Location
				NW 12 /A
				NW 13 /A
				NW 14 /A
☐ M 10.0 (LSHH)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 26 /O
M 10.1 (LAHH)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
☐ M 10.2 (AUXP1A)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 6 /ON
				NW 7 /AN
☐ M 10.3 (AUXP1B)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 6 /ON
				NW 7 /AN
☐ M 10.4 (AUXP1C)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 7 /A
☐ M 10.5 (LT103LL)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 2 /AN
				NW 17 /O
M 10.6 (LAH)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
☐ M 10.7 (LT105LL)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 2 /AN
				NW 17 /O
☐ M 11.0 (LLLT104)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 2 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 3 /AN
				NW 24 /O
☐ M 11.1 (LALT104)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 2 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 3 /AN
				NW 24 /O
☐ M 11.2 (AUXP2A)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 2 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 6 /AN
				NW 8 /AN
☐ M 11.3 (AUXP2B)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 2 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 8 /A
M 11.4	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 2 /CALL
M 11.5	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 2 /CALL
M 11.6	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 1 /CALL
☐ M 12.0 (LT201LH)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 3 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 9 /A
M 12.1 (LLL201)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 3 /CALL
M 12.6 (LARPAPI)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 3 /CALL
M 13.0	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 4 /CALL
☐ M 13.1 (AIT201ALH)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 4 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 10 /A
M 13.2 (AUX23A)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 4 /CALL
M 13.4 (AUXMINB1)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 4 /CALL
M 14.0	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 5 /CALL
☐ M 14.1 (AIT201BLH)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 5 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 11 /A
M 14.2 (AUXMINB2)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 5 /CALL
M 14.4 (AUX23B)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 5 /CALL
☐ M 15.0 (LSHTA)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 6 /CALL

Address (symbol)	Block (symbol)	Type	Language	Location
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 18 /A
M 15.1 (LT203ALE)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 6 /CALL
☐ M 15.2 (LSLTAAC)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 6 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 19 /A
M 15.3 (LT203ALL)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 6 /CALL
M 15.4 (AUXP4A)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 6 /CALL
M 15.5 (AUXP4B)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 6 /CALL
☐ M 16.0 (LLODO)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 7 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 21 /A
☐ M 16.1 (LHTLOD)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 7 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 20 /A
M 16.3 (AUXP5A)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 7 /CALL
M 16.4 (AUXP5B)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 7 /CALL
☐ M 17.0 (LSLBE)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 15 /O
				NW 16 /O
☐ M 17.1 (LALBE)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 1 /AN
				NW 15 /O
				NW 16 /O
☐ M 17.2 (LSBE)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 12 /O
☐ M 17.3 (LAHH204)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 12 /O
				NW 13 /A
M 17.4 (AUXP3A)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
M 17.5 (AUXP3B)	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
M 17.6	FC9 (INSPECTOR)	W	LAD	NW 8 /CALL
☐ M 20.0 (NIVEL)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /A
		W	LAD	NW 1 /=
☐ M 20.1 (RST_T5)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 13 /A
		W	LAD	NW 15 /=
☐ M 20.2 (AUT_STR)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /O
				NW 5 /O
		W	LAD	NW 16 /=
☐ M 20.3 (AUT_STP)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /AN
				NW 13 /A
				NW 22 /A
		W	LAD	NW 9 /=
				NW 12 /=
				NW 17 /=
☐ M 20.4 (REDYARQ)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /A
		W	LAD	NW 2 /=
☐ M 20.5 (NIVEL.BRT)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 4 /A
		W	LAD	NW 3 /=
M 22.0 (TIME2H)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 16 /AN
☐ M 23.1 (REST_T6)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 5 /A
		W	LAD	NW 7 /=
☐ M 24.0 (PRO_RUN)	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 16 /A
				NW 17 /A

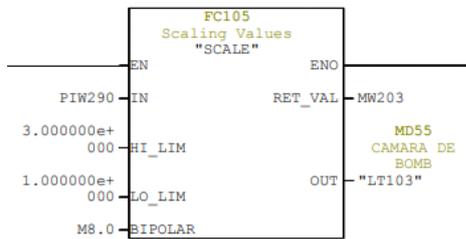
Address (symbol)	Block (symbol)	Type	Language	Location
				NW 18 /A
				NW 20 /A
				NW 22 /A
				NW 24 /A
		W	LAD	NW 4 /S
				NW 23 /R
M 135.0 (FALLO)	FC11 (PROCESO)	W	LAD	NW 6 /=
M 135.1 (FAILP1A)	FC11 (PROCESO)	W	LAD	NW 7 /=
M 135.2 (FAILP1B)	FC11 (PROCESO)	W	LAD	NW 7 /=
M 135.3 (FAILP2A)	FC11 (PROCESO)	W	LAD	NW 8 /=
M 136.3	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 24 /O
M 136.5	FC11 (PROCESO)	R	LAD	NW 25 /A
☐ M 155.0	FC14 (CONTROL_PI)	R	LAD	NW 1 /A
				NW 2 /A
☐ M 155.1 (ACTIVO)	FC14 (CONTROL_PI)	R	LAD	NW 1 /A
				NW 1 /A
				NW 2 /A
				NW 2 /A
☐ MD 50 (LT101)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 1 /CALL
☐ MD 55 (LT103)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 2 /CALL
☐ MD 60 (LT105)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 1 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 3 /CALL
☐ MD 65 (LT104)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 2 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 4 /CALL
☐ MD 70 (PT103B)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 2 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 5 /CALL
☐ MD 75 (FIT201)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 3 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 6 /CALL
☐ MD 80 (FIT202)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 3 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 7 /CALL
☐ MD 85 (FIT206)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 3 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 8 /CALL
☐ MD 90 (MD90)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 3 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 9 /CALL
☐ MD 95 (FIT205)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 4 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 10 /CALL
☐ MD 100 (AIT201A)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 5 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 11 /CALL
☐ MD 105 (LT203)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 6 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 12 /CALL
☐ MD 110 (LT204)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 8 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 13 /CALL
☐ MD 115 (LT205)	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 7 /CALL
	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 14 /CALL
MD 140	FC9 (INSPECTOR)	R	LAD	NW 3 /CALL
MD 260 (spintl)	FC14 (CONTROL_PI)	R	LAD	NW 2 /CALL
MD 270 (SP_INT2)	FC14 (CONTROL_PI)	R	LAD	NW 1 /CALL
MW 200	FC10 (SCALADO)	W	LAD	NW 1 /CALL

Escalado de las señales analógicas.

Network: 1
LT-101

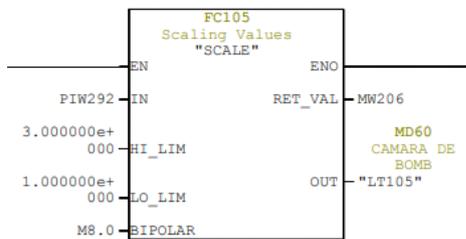


Network: 2 LT103



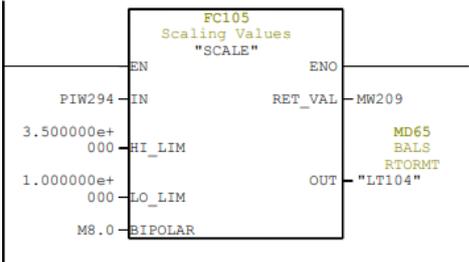
SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:07:14 PM
SIMATIC 300(1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC10 - <offline>

Network: 3 LT105

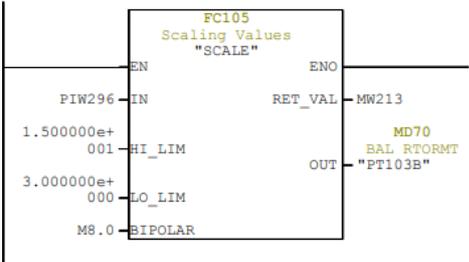


Network: 4 LT104

Network: 4 LT104

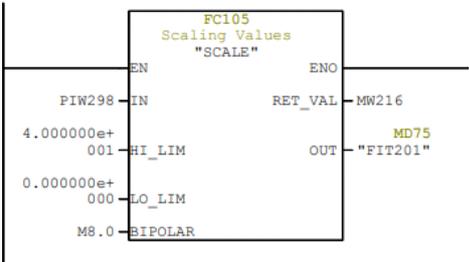


Network: 5 PT103B



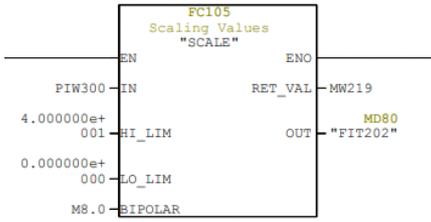
SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:07:14 PM
SIMATIC 300(1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC10 - <offline>

Network: 6 FIT201



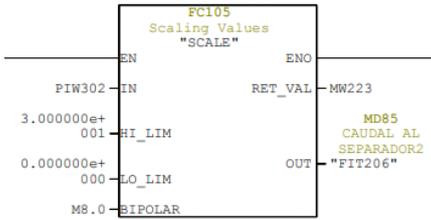
Network: 7 FIT202

Network: 7 FIT202



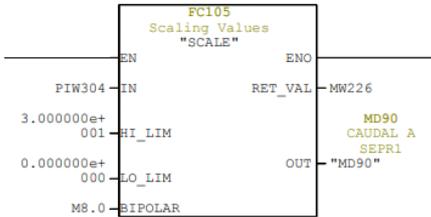
Network: 8 FIT206

CAUDAL TIENE UN RANGO DE (0...30) LITROS/MINUTOS

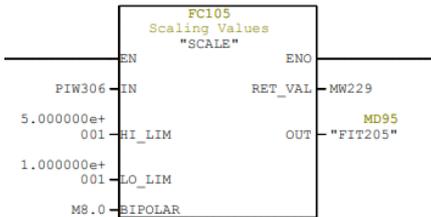


Network: 9 FIT205

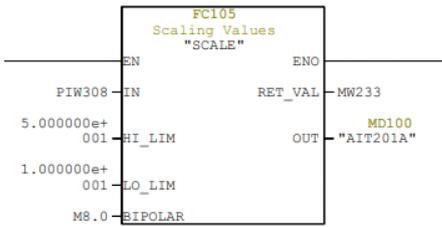
CAUDAL TIENE UN RANGO DE (0...30) LITROS/MINUTOS



Network: 10 AIT201A

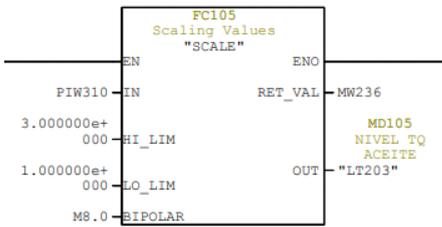


Network: 11 AIT201B

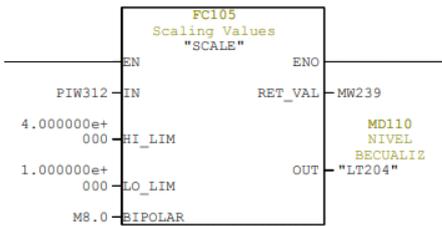


SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:07:14 PM
SIMATIC 300(1)\CPU 317-2 PN/DP...\FC10 - <offline>

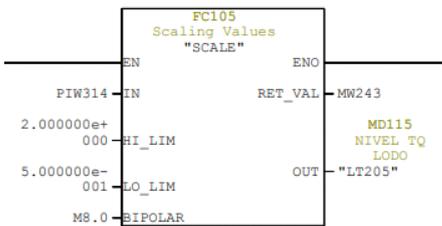
Network: 12 LT203



Network: 13 LT204



Network: 14 LT205



Asignación de variables.

Network: 1

		FC1 ARQUETA DE ENTRADA CAMARA DE BOMBEO "ARQTA DE ENTRADA"		
		EN		ENO
MD50 NIV EN LAENTRADA "LT101"	LT_101	LSHH_101	"LSHH"	M10.0 NIVEL LT101
MD55 CAMARA DE BOMB "LT103"	LT_103	LAHH_101	"LAHH"	M10.1 NIVEL LT101
MD60 CAMARA DE BOMB "LT105"	LT_105	P1A	"AUXP1A"	M10.2 CONTACTO AUXILIAR
I0.4 AUXILIA "DESBASTE"	DESBA	P1B	"AUXP1B"	M10.3 CONTACTO AUXILIAR
I0.5 AUX "P1AIN"	P_001A	P1C	"AUXPIC"	M10.4 CONTACTO AUXILIAR
I0.6 AUX "P1BIN"	P_001B	LSLL_103	"LT103LL"	M10.5 NIVEL LT103
I0.7 AUX "P1CIN"	P_001C	LAH_103	"LAH"	M10.6 NIVEL LT103
		LSLL_105	"LT105LL"	M10.7 NIVEL LT105
		LALL_101	M11.6	

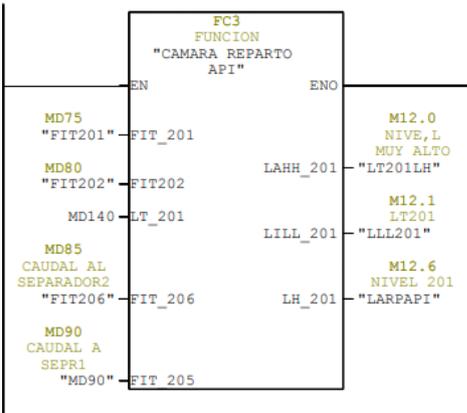
Page 1 of 5

SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:07:32 PM
SIMATIC 300 (1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC9 - <offline>

Network: 2

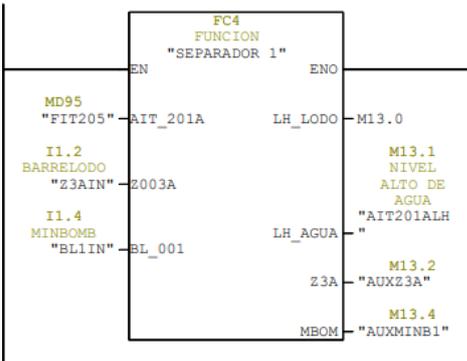
		FC2 FUNCION "BR.TORMENTA"		
		EN		ENO
MD65 BALS RTORMT "LT104"	LT_104	LSLL_104	"LLLTT104"	M11.0 NIVEL MUY BAJO PRT
I1.0 AUX "P2AIN"	P002A	LALL_104	"LALTT104"	M11.1 NIVEL BAJO BRT
I1.1 AUX "P2BIN"	P002B	P2A	"AUXP2A"	M11.2 CONTACTO AUXILIAR
MD70 BAL RTORMT "PT103B"	PG_103B	P2B	"AUXP2B"	M11.3 CONTACTO AUXILIAR
		PG_LL	M11.4	
		PG_HH	M11.5	

Network: 3

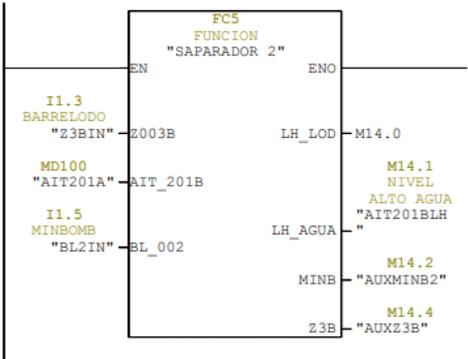


SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:07:32 PM
SIMATIC 300 (1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC9 - <offline>

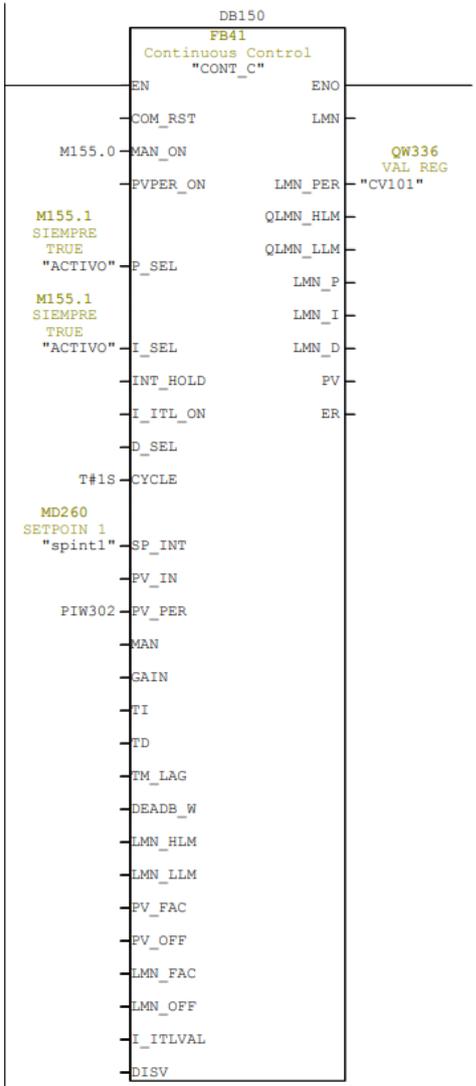
Network: 4

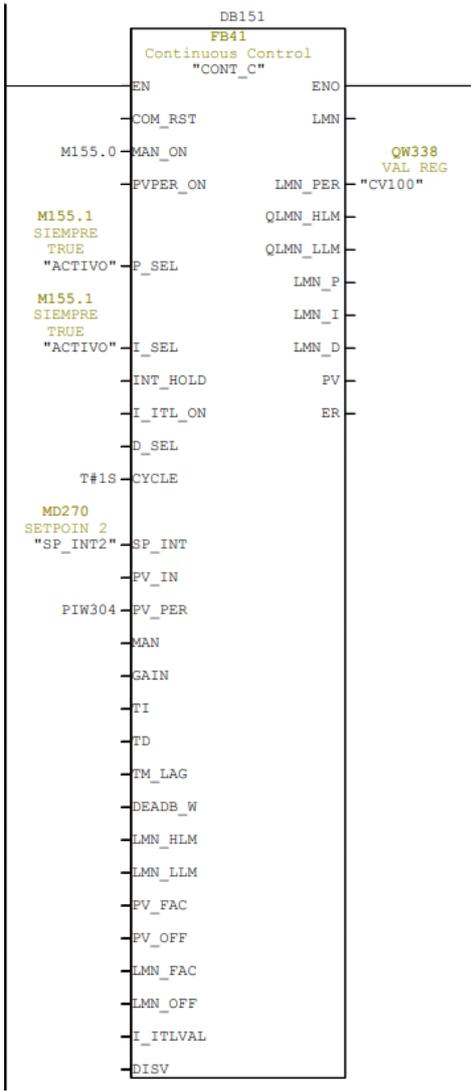


Network: 5



Lazos de control de flujo a los separadores API



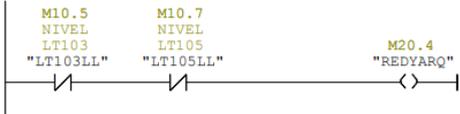


Proceso.

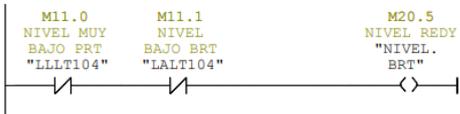
Network: 1 CONDIC BALS EC



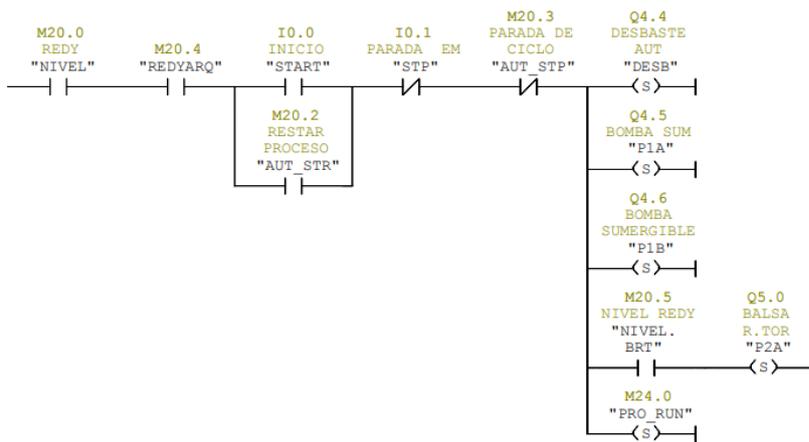
Network: 2 NIVEL ARQUETA



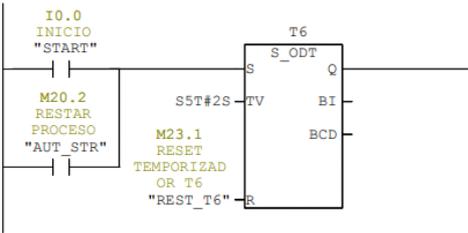
Network: 3 NIVEL REDY Balsa R TORMENTA



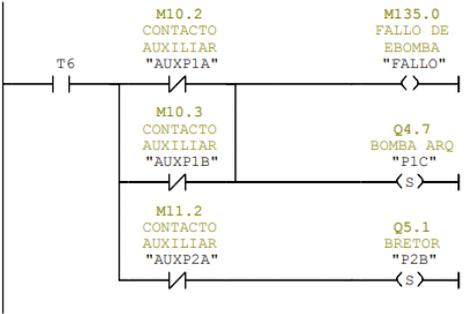
Network: 4 INICIO DEL PROCESO (MEJORAR CON UNA LOGICA)



Network: 5 REVISION DE ESTADOS

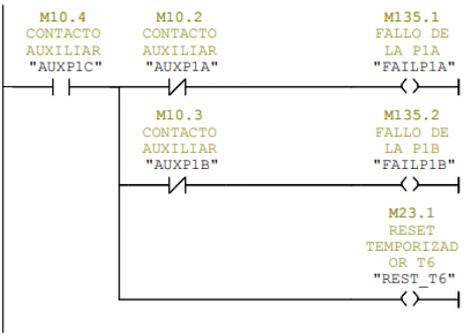


Network: 6 FALLO DE EBOMBA



SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:06:59 PM
SIMATIC 300(1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC11 - <offline>

Network: 7 FALLO DE LA P1A O P1B



Network: 8 BALSA DE R TORMENTA



Network: 9 NIVEL MUY ALTO EN REP'API



Network: 10 SEPARADOR 1



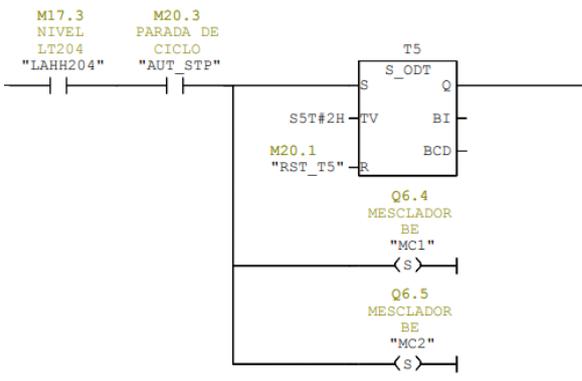
Network: 11 SEPARADOR 2



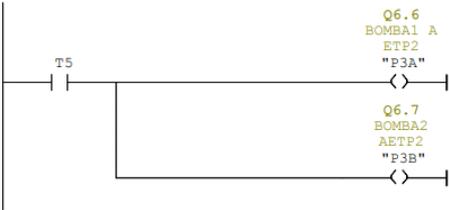
Network: 12 AUTO STOP POR NIVEL EN LA Balsa ECUALIZACION



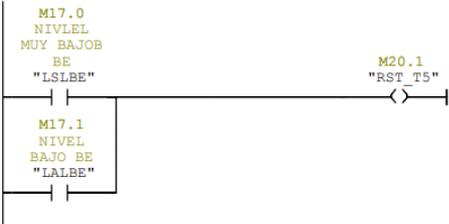
Network: 13 COMIENSO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE 2HPORAS



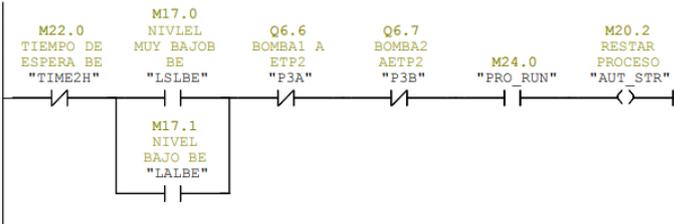
Network: 14 BOMBEO A ETP2



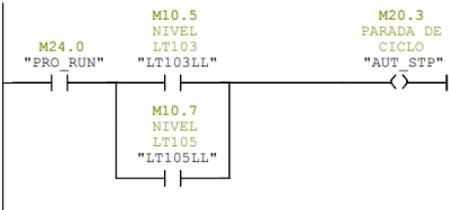
Network: 15 NIVEL BAJO EN BALSA DE ECUALIZACION



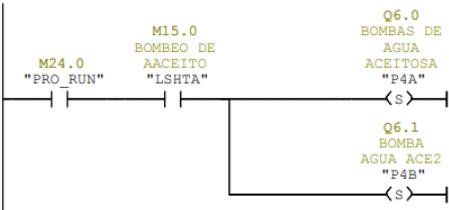
Network: 16 REINICIO DEL PROCESO



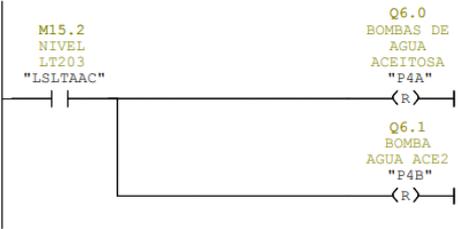
Network: 17 PARADA POR NIVEL DE AGUA BAJO EN LA ARQT



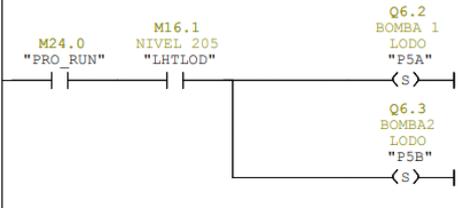
Network: 18 BOMBEO DE AGUA ACEITOSA



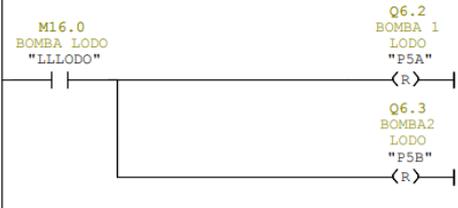
Network: 19 PARADA DE BOMBA ACEITE



Network: 20 BOMBEO DE LODO

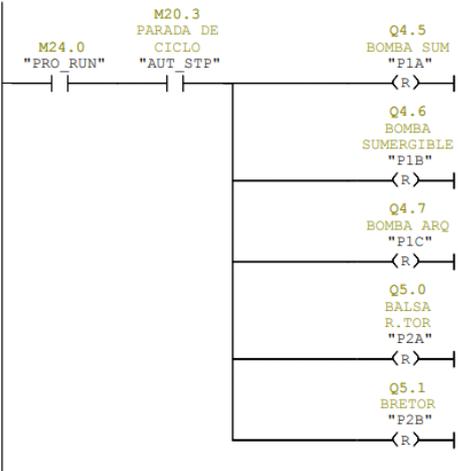


Network: 21 PARO DE BOMBA DE LODO

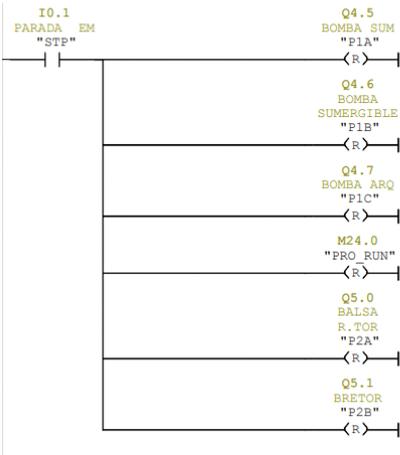


SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:06:59 PM
 SIMATIC 300(1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC11 - <offline>

Network: 22 PARADA EN PROCESO

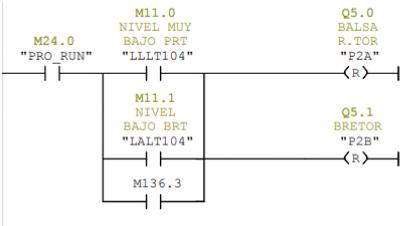


Network: 23 PARADA DE EMERG E PROCESO

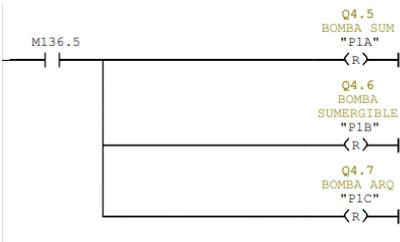


SIMATIC PCS 7 AP Library V81\ 11/17/2023 01:07:00 PM
SIMATIC 300(1)\CPU 317-2 PN/DP\...\FC11 - <offline>

Network: 24 BALSA R.TORMENTA PARADA DE NIVEL



Network: 25 PARADA BOMBAS DE BALSA ECUALIZA



Network: 26 PARADA DESBASTE AUT Y MANUAL



Bloque ciclico

Name: Family:
Author: Version: 0.1
 Block version: 2
Time stamp Code: 11/15/2023 09:18:57 AM
Interface: 02/15/1996 04:51:05 PM
Lengths (block/logic/data): 00130 00018 00022

Name	Data Type	Address	Comment
TEMP		0.0	
OB32_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB32_STRT_INF	Byte	1.0	16#33 (OB 32 has started)
OB32_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB32_OB_NUMBR	Byte	3.0	32 (Organization block 32, OB32)
OB32_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB32_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB32_PHS_OFFSET	Int	6.0	Phase offset (integer, milliseconds)
OB32_RESERVED_3	Int	8.0	Reserved for system
OB32_EXC_FREQ	Int	10.0	Frequency of execution (msec)
OB32_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB32 started

Block: OB32 "Cyclic Interrupt"

Network: 1

