



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

**Diseño e implementación de aplicaciones de automatización
de procesos industriales utilizando PLC's S7-1200, S7-300 y
HMI.**

AUTOR:

Merchán Anchundia, Marcos Adrián

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero en Electricidad**

TUTOR:

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Mgs.

Guayaquil, Ecuador

25 de enero del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Merchán Anchundia, Marcos Adrián**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**.

TUTOR

f. _____
Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, Mgs

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, a los 25 días del mes de enero del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Merchán Anchundia, Marcos Adrián**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño e implementación de aplicaciones de automatización de procesos industriales utilizando PLC's S7-1200, S7-300 y HMI** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 25 días del mes de enero del año 2024

EL AUTOR:

f. _____
Merchán Anchundia, Marcos Adrián



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Merchán Anchundia, Marcos Adrián**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño e implementación de aplicaciones de automatización de procesos industriales utilizando PLC's S7-1200, S7-300 y HMI**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 25 días del mes de enero del año 2024

EL AUTOR:

f. _____
Merchán Anchundia, Marcos Adrián



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD
REPORTE COMPILATIO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS MERCHAN, MARCOS

2%
Textos sospechosos

2% Similitudes
0% similitudes entre comillas
= 1% entre las fuentes mencionadas.
= 1% idioma no reconocido (ignorado)

Nombre del documento: TESIS MERCHAN, MARCOS.pdf
ID del documento: 7b6b03079c4073509bb32414c12c56a0c5b409f
Tamaño del documento original: 1.8 MB

Depositante: Luis Orlando Philco-Asqui
Fecha de depósito: 28/1/2024
Tipo de carga: Interface
Fecha de fin de análisis: 28/1/2024

Número de palabras: 11.686
Número de caracteres: 86.505

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.ornam.com https://www.ornam.com/multimedia/2018/11/30/1000403378/04003378.pdf	< 1%		Palabras idénticas: = 1% (12 palabras)
2	repositorio.uscg.edu.ec http://repositorio.uscg.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1000403378/04003378.pdf	< 1%		Palabras idénticas: = 1% (10 palabras) 1 fuente similar
3	revista.escueladecad.org Automatización del proceso de elaboración de bebidas a... https://revista.escueladecad.org/revistas/ingles/2018/11/30/1000403378/04003378.pdf	< 1%		Palabras idénticas: = 1% (11 palabras) 1 fuente similar

Reporte Compilatio del trabajo de titulación de la Carrera Ingeniería en Electricidad denominado: **“Diseño e implementación de aplicaciones de automatización de procesos industriales utilizando PLC’s S7-1200, S7-300 y HMI.”**, del estudiante **Merchán Anchundia, Marcos Adrián** se encuentra al 2% de coincidencias.

Atentamente,

Ing. Orlando Philco A.
DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por todas las bendiciones y por todo el amor que ha dado en mi vida.

Agradecimiento especial a mi familia por ser parte de este logro, por su apoyo durante todo este proceso y su guía incondicional.

Agradezco a Annabell López por su gran ayuda durante mi etapa final de titulación.

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor el Ing. Luis Orlando Philco por brindarme su apoyo total al desarrollo de este proyecto de titulación.

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación se lo dedico a Dios, a mi familia que son mi pilar fundamental y han estado en todo momento para mí. En especial se lo dedico a Samantha Belén, mi mayor motivación y bendición.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, PhD.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Ricardo Xavier, Ubilla González, Msc.

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Jaime Rafael Hidalgo Aguilar, Msc,

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO 1.....	2
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del problema	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Metodología de Investigación.....	5
1.4.1 Diseño Conceptual.....	6
1.4.2 Metodología de Diseño	8
CAPÍTULO 2.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Definición de redes de comunicación industriales	9
2.2 Protocolos de comunicación.....	9
2.3 PLC SIMATIC S7-1200	11
2.4 PLC SIMATIC S7-300	11
2.5 Panel HMI OP 177B.....	12
2.6 Panel HMI KTP 600	13
2.7 Switch SCALANCE X208.....	14
2.8 Módulos de automatización S7-1200 y S7-300	15

2.9	Software empleado para el desarrollo de las prácticas	16
2.10	Simatic SCADA	17
2.11	Pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing)	18
2.12	USO DEL PLC EN EL PROYECTO	20
2.13	ARQUITECTURA BÁSICA DE UN PLC	22
2.14	CICLO DE LA CPU DE UN PLC	23
2.15	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA TRATAMIENTO DE AGUA	24
2.15.1.	SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL	25
2.15.2.	POZO DE BOMBEO	27
2.15.3.	TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	27
2.15.4.	REACTOR BIOLÓGICO DE LODOS ACTIVOS.....	27
2.15.5.	DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	28
2.15.6.	TRATAMIENTO TERCARIO: SISTEMA DE DESINFECCIÓN	28
2.15.7.	DIGESTOR LODOS.....	29
	CAPÍTULO 3.....	30
3.	CONFIGURACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	30
3.1	Diseño y Arquitectura de Red Módulo S7-1200.....	30
3.2	Diseño y Arquitectura de Red Módulo S7-300.....	31
3.3	Diseño y Arquitectura de Red SCADA	32
3.4	Filosofía de operación y control de proceso.	34
3.4.1	Pozo de Bombeo.....	34
3.4.2	Tratamiento Biológico	36

3.4.3	Decantación Secundaria	36
3.4.4	Sistema de Desinfección.....	37
3.4.5	Digestor Lodos.....	38
3.5	Programación en KOP	39
CAPÍTULO 4.....		40
4.	PROPUESTA DE PROYECTO	40
4.1	Configuración de hardware.	40
4.2	Configuración de software.....	41
4.3	Configuración PLC S7-1200.....	42
4.4	Configuración PLC S7-300.....	42
4.5	Programación PLC S-7 1200.....	43
4.6	Programación PLC S-7 300	43
4.7	Desarrollo SCADA	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45
REFERENCIAS		47
ANEXO 1		50
ANEXO 2.....		57
ANEXO 3.....		62

ABREVIATURAS

UCSG	Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
FETD	Facultad Técnica para el Desarrollo.
IP	Protocolo de internet
OB	Bloque de organización
FB	Bloque de función
DB	Bloque de datos
HMI	Interfaz humano-máquina
PLC	Controlador Lógico Programable
TIA PORTAL	Totally Integrated Automation PORTAL
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
RS-485	Recommended Standard 485
DP	Decentral Peripherals
PA	Process Automation
VDF	Variador de Frecuencia
FMS	Fieldbus Message Specification
USB	Universal serial bus

SIMBOLOGÍA

Hz	Hercios
V	Voltaje
VDC	Voltios de corriente directa
A	Amperios
HP	Caballos de fuerza
kW	KiloVatio
HEX	Hexadecimal
DEC	Decimal
INT	Entero
UINT	Entero sin signo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2: Diagrama de Gantt.....	8
Figura 3.2: PLC S7-300	12
Figura 2.4: HMI OP177B.....	13
Figura 2.5: HMI KTP 600	14
Figura 2.7: Módulo S7-1200 académico de laboratorio de automatización ..	15
Figura 2.8: Módulo S7-300 académico de laboratorio de automatización	15
Figura 2.9: Software TIA PORTAL.....	16
Figura 2.10: Simatic SCADA.....	17
Figura 2. 11: Piramide CIM	20
Figura 2.12: PLC SIEMENS.....	21
Figura 2. 13: Arquitectura PLC.....	22
Figura 2. 14: Ciclo CPU de PLC	23
Figura 2. 15: Sistema convencional tratamiento aguas.....	24
Figura 2. 16: Sistema convencional tratamiento aguas	26
Figura 3. 17: Topología de red S7-1200	30
Figura 3. 18: Topología de red S7-300	31
Figura 3. 19: Topología de red SCADA.....	32
Figura 3. 20: Arquitectura SCADA	33
Figura 4. 21: Configuración de hardware	40
Figura 4.22: Configuración de software	41
Figura 4.23: Configuración PLC S7-1200	42

Figura 4.24: Configuración PLC S7-300	42
Figura 4.25: Programación PLC S7-1200	43
Figura 4.26: Programación PLC S7-300	43
Figura 4.27: Programación SCADA	44
Figura 4.28: Programación SCADA	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Diseño conceptual	6
------------------------------------	---

RESUMEN

El proyecto de titulación tiene como objetivo desarrollar guías prácticas para que los estudiantes de Ingeniería en Electricidad de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) puedan profundizar en el desarrollo de programación de controladores S7-1200, S7-300 y de aplicaciones industriales integrales por medio de sistemas SCADA, utilizando el software SIMATIC TIA PORTAL. Estas guías permitirán a los estudiantes profundizar sus conocimientos y habilidades en el campo de la automatización, y contribuirán a su formación profesional. El objetivo general del proyecto es desarrollar una guía de laboratorio y un plan de actividades prácticas que permita a los estudiantes de Ingeniería en Electricidad diseñar e implementar la programación de controladores PLC de la marca Siemens para aplicaciones industriales, mientras que los objetivos específicos incluyen el desarrollo de tres aplicaciones industriales, evaluar la efectividad de la guía y ajustarla según las necesidades de los estudiantes. El proyecto se desarrolló teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes, exigencias del sector industrial y soluciones vanguardistas. En conclusión, las guías experimentales de aplicaciones industriales corresponden a una herramienta eficaz para la formación en automatización y el desarrollo de habilidades.

Palabras Claves: Automatización, TIA PORTAL, S7-1200, S7-300, SCADA, Programación, Guías, PLC.

ABSTRACT

The graduation project aims to develop practical guides for students of Electrical Engineering at the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) to deepen their development of programming for S7-1200, S7-300 controllers and integral industrial applications through SCADA systems, using the SIMATIC TIA PORTAL software. These guides will allow students to deepen their knowledge and skills in the field of automation and will contribute to their professional development. The general objective of the project is to develop a laboratory guide and a plan of practical activities that allows students of Electrical Engineering to design and implement the programming of Siemens PLC controllers for industrial applications, while the specific objectives include the development of three industrial applications, evaluating the effectiveness of the guide and adjusting it according to the needs of the students. The project was developed considering the needs of the students, the demands of the industrial sector, and cutting-edge solutions. In conclusion, experimental guides of industrial applications correspond to an effective tool for training in automation and the development of skills.

Keywords: Automation, TIA PORTAL, S7-1200, S7-300, SCADA, Programming, Guides, PLC.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo de la tecnología representa un reto para los estudiantes de pregrado en Electrónica y Automatización de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), quienes desean mantenerse actualizados con los últimos avances. La ingeniería en Electrónica y Automatización de la UCSG aborda este reto de varias maneras.

El programa de Ingeniería en Electrónica y Automatización de la UCSG se centra en proporcionar a los estudiantes una base sólida en los fundamentos de la automatización y el control. Los estudiantes aprenden sobre los principios básicos de la teoría de control, los sistemas de control modernos, la robótica y la inteligencia artificial. Esta base les permite a los estudiantes comprender los conceptos fundamentales de la automatización y el control.

En segundo lugar, el programa ofrece a los estudiantes la oportunidad de explorar las últimas tendencias en la automatización y el control. Los estudiantes pueden elegir cursos que se centran en temas como la visión artificial, el aprendizaje automático y la robótica autónoma. Estos cursos les permiten a los estudiantes mantenerse al día con las últimas novedades en la automatización y el control y cómo pueden utilizarlas en su carrera profesional.

En tercer lugar, el programa promueve la investigación y la colaboración. Los estudiantes pueden trabajar con profesores e investigadores en proyectos de investigación. Esto les permite a los estudiantes mantenerse al día con los últimos avances en la automatización y el control, así como desarrollar sus habilidades de investigación.

El sistema educativo busca trabajar según el "método de proyectos" que enfatiza la combinación del aprendizaje teórico y práctico, la cooperación entre los estudiantes y la inclusión de elementos cotidianos en las instituciones educativas, a partir de este enfoque la UCSG mediante su programa de pregrado de Ingeniería en Electrónica y Automatización, fortalecerá la práctica de los estudiantes en la adquisición de competencias específicas y en el desarrollo de proyectos de investigación aplicada e innovación tecnológica para el análisis, descripción e implementación de sistemas de control, automatización y monitoreo. (Huber, 2008)

Por las razones anteriores, teniendo en cuenta la presencia y versatilidad de los módulos de control de automatización industrial en el laboratorio de automatización de FETD, el objetivo del trabajo de titulación es desarrollar e implementar pautas experimentales para aplicaciones industriales mediante la programación SIMATIC TIA PORTAL S7-1200 y S7-300, la cual permita a los participantes utilizar sus conocimientos previos en análisis y monitorización de procesos industriales, así como su capacidad para resolver diversos problemas de automatización industrial y monitoreo.

Al contar la UCSG con una estructura académica integrada, la propuesta promueve la investigación y la innovación en el campo del pregrado, respondiendo así a altos estándares internacionales.

1.1 Descripción del problema

Las instituciones de educación superior, profesionales de la electrónica y la automatización en la industria entienden la importancia de estar a la vanguardia de las tendencias tecnológicas en este campo. Es por ello por lo que las universidades deben alinear la formación académica con las necesidades del sector profesional y, para lograr sus objetivos, desarrollar e implementar áreas prácticas que profundicen la educación y las habilidades en el campo de la automatización. (Páez, Zabala & Zamora, 2015)

Este trabajo de titulación presenta el desarrollo e implementación de guías experimentales para aplicaciones industriales, mediante el software SIMATIC TIA PORTAL con los controladores S7-1200 y S7-300 para el laboratorio de automatización FETD de la UCSG, en donde se visualizan las necesidades aplicadas en los diferentes programas en ingeniería eléctrica, requisitos en el campo de la automatización industrial.

Para complementar el desarrollo experimental de procedimientos de automatización y control basados en situaciones reales, este trabajo está establecido para cubrir de manera secuencial los temas y aplicaciones requeridas en automatización y control en los sectores industrial y comercial, además está orientado a la enseñanza práctica de conocimientos encaminados a construir conceptos de aplicación para los estudiantes de pregrado.

1.2 Justificación del problema

Sabiendo que una gran cantidad de procesos industriales y laboratorios cuentan con equipos marca Siemens, se propone implementar pautas experimentales utilizando módulos de control y automatización de laboratorio de automatización FETD, como una mejora al rendimiento y complemento de las actividades de estudiantes de Ingeniería en Electricidad, lo que significa una respuesta rápida y eficiente a incidentes comunes en la industria y procesos, por lo que las prácticas con el mismo equipo son de vital importancia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una guía de laboratorio y un plan de actividades prácticas que permita a los estudiantes de Ingeniería en Electricidad diseñar e implementar la programación de controladores PLC de la marca Siemens para aplicaciones industriales.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Describir los procesos de automatización industrial utilizando los controladores lógicos programables.
2. Diseñar un sistema SCADA mediante la interacción y programación de los módulos PLC S7 1200, S7 300 y HMI.
3. Elaborar guías de laboratorio que apoyen la formación de automatización industrial para los estudiantes de Ingeniería en Electricidad de la FETD.

1.4 Metodología de Investigación

Se consideraron varias soluciones para solucionar este problema, incluida la creación de un módulo didáctico con equipamiento básico para la práctica de laboratorio de los graduados. Sin embargo, esta opción se abandonó porque el laboratorio ya contaba con módulos similares con varios componentes.

Después de analizar la situación, se decidió crear 3 guías que cubren el curso de formación básico de Siemens para el laboratorio de automatización.

La primera guía del curso de entrenamiento se centró en el reconocimiento de los dispositivos del módulo de entrenamiento SIEMENS S7-1200, pasos básicos para programar el controlador y HMI en TIA PORTAL, además de la carga de programa de automatización donde se parametriza e intercambia señales con el controlador.

La segunda guía del curso de entrenamiento se centró en la exploración de los dispositivos del módulo de entrenamiento SIEMENS S7-300, integra todo lo efectuado en la primera guía haciendo un programa mucho más completo y complejo, lo cual consolidaría lo aprendido.

Finalmente, la tercera guía corresponde al desarrollo de un Sistema SCADA local integrador, mediante los módulos de entrenamiento S7-1200 y S7-300, con el desarrollo de una aplicación para la automatización de una planta de tratamiento de agua.

1.4.1 Diseño Conceptual

El diseño conceptual del asistente se basa en el conocimiento actual de los sensores analógicos. Se simula utilizando elementos integrados en la plataforma TIA Portal, como los módulos de entrada analógica.

Luego, la aplicación de las guías se basa en un escenario de automatización para el control de una planta de tratamiento de agua. Parte del diseño conceptual se desarrolló para coincidir con las actividades propuestas en el plan de estudios y los elementos incluidos en los módulos del laboratorio de automatización para optimizar la formación del alumno. El diseño se rige por los siguientes esquemas:

Tabla 1.1: Diseño conceptual

Factibilidad	Definición de requerimientos del proyecto	Diseño del sistema	Desarrollo de aplicaciones	Comisionado y pruebas de validación
--------------	---	--------------------	----------------------------	-------------------------------------

Fuente: El autor

Factibilidad: En esta fase del proyecto de automatización se debe definir la probabilidad de que el proyecto se pueda llevar a cabo con éxito. Se debe evaluar teniendo en cuenta una serie de factores, que incluyen los objetivos del proyecto, los recursos necesarios y los riesgos asociados.

Además, se debe determinar qué se quiere lograr con la aplicación industrial, qué procesos se desean automatizar y qué características deben tener los equipos.

Definición de requerimientos del proyecto: En esta fase del proyecto se aplican criterios de ingeniería básica para la selección de los módulos idóneos para la aplicación, esto incluye S7-1200, S7-300, HMI y sistema SCADA.

Diseño del sistema: En esta fase del proyecto se debe analizar el sistema y se propone un diseño de la arquitectura del proyecto y tipo de comunicación.

Desarrollo de aplicaciones: En esta fase del proyecto se debe desarrollar la programación de las aplicaciones industriales y configuraciones de los sistemas de control, topología de redes, desarrollo de los HMI's y sistemas SCADA.

Comisionado y pruebas de validación: Para finalizar, se deben realizar pruebas y comprobaciones para garantizar que toda la ejecución y desarrollo del proyecto funcione correctamente y ejecute todos los requisitos establecidos al principio de la definición del proyecto, además se debe generar la documentación y registros necesarios.

El objetivo es desarrollar aplicaciones industriales confiables con los criterios y protocolos de etiquetado y seguridad que permitan automatizar procesos industriales en el laboratorio de automatización de la UCSG, utilizando módulos eléctricos y la programación de TIA PORTAL SIMATIC S7-1200 y S7-300.

1.4.2 Metodología de Diseño

Una vez realizada la factibilidad y definición de requerimientos del proyecto, se vuelven a leer las guías subrayando y anotando información relevante para el marco teórico. Esto ayuda a familiarizar al estudiante con el entorno de la práctica. En este paso, también se plantean los objetivos de la guía.

Después de estudiar el marco teórico de la práctica, se aplica en el software TIA PORTAL, tomando capturas de cada paso realizado. Esto permite que los estudiantes desarrollen sus prácticas sin inconveniente alguno. La primera guía hace énfasis en compilar el programa y cargarlo al controlador. Posteriormente, se sugiere un diagrama de conexiones físicas para desarrollar la actividad.

Una vez completada la guía, se identifica un desafío relacionado con el tema tratado.

El siguiente diagrama de Gantt ilustra la metodología utilizada y el tiempo estimado para cada actividad.

Figura 1.2: Diagrama de Gantt



Fuente: El autor

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de redes de comunicación industriales

En el diseño de un sistema automatizado, los datos de los sensores o dispositivos de adquisición de datos deben transmitirse al controlador lógico programable (PLC). Este, a su vez, es responsable de realizar una tarea específica según la programación diseñada por el cliente.

Anteriormente, cada fabricante de PLC tenía su propio protocolo de comunicación, lo que obligaba a los clientes a comprar sensores y actuadores de la misma marca. Ahora, las redes de comunicación tienden a ser abiertas, lo que permite conectar dispositivos de diferentes fabricantes. (Guerrero, Yuste, & Martínez, , 2009)

2.2 Protocolos de comunicación

Ethernet/IP. - Un protocolo de comunicación industrial que permite conectar dispositivos electrónicos a través de una red Ethernet. Se basa en los protocolos estándar TCP/IP y asigna una identificación única a cada dispositivo. Fue diseñado para ser utilizado en una amplia gama de aplicaciones industriales, como la automatización de fábricas y el control de procesos. (Estrada Roque, J. A., s.f.)

PROFINET. - Una red industrial basada en Ethernet, TCP/IP y otros protocolos estándar, permite el intercambio de datos en tiempo real entre una amplia gama de dispositivos y sistemas. Esta tecnología es especialmente útil en industrias donde se requiere una comunicación confiable y en tiempo real, como la fabricación, la automoción y el procesamiento. (Estrada Roque, J. A., s.f.)

MODBUS. – Un protocolo de comunicación industrial utilizado para el control de procesos y automatización. Fue desarrollado por Modicon en 1979 y se ha convertido en un estándar en todo el mundo. (Estrada Roque, J. A., s.f.)

Modbus se divide principalmente en dos versiones:

MODBUS TCP/IP

- Permite la comunicación entre dispositivos industriales en una red Ethernet.
- Utiliza el protocolo TCP/IP estándar.
- Es una buena opción para aplicaciones que requieren una comunicación confiable y en tiempo real.

MODBUS RTU

- Transmite datos en formato binario.
- Utiliza un medio de transmisión de datos serie, como un cable RS-485.
- Es una buena opción para aplicaciones que requieren una comunicación simple y de bajo costo. (Estrada Roque, J. A., s.f.)

PROFIBUS. - Es un sistema de comunicación industrial que permite conectar dispositivos de diferentes fabricantes. Fue creado en 1987 para facilitar la integración de redes industriales. (Estrada Roque, J. A., s.f.)

Actualmente existen tres versiones principales de PROFIBUS: PROFIBUS DP, PA y FMS.

PROFIBUS DP

Es la versión más utilizada y preferida para automatizar procesos y controlar el movimiento de máquinas y sistemas.

PROFIBUS PA

Es una versión de PROFIBUS diseñada para entornos peligrosos. Se utiliza en aplicaciones como la industria petrolera y la automatización de centrales nucleares.

PROFIBUS FMS

Es una versión mejorada de PROFIBUS que ofrece una mayor velocidad y flexibilidad de transmisión de datos. Es ideal para aplicaciones que requieren una comunicación rápida y eficiente, como el control de procesos y el diagnóstico de sistemas.

2.3 PLC SIMATIC S7-1200

Los controladores básicos SIMATIC S7-1200 son una solución de automatización versátil y eficiente para aplicaciones de rendimiento medio a bajo. Ofrecen una amplia gama de funciones y opciones de E/S, así como un diseño compacto y ahorrador de espacio. (SIEMENS, s.f.)

Las amplias opciones de expansión de los controladores SIMATIC S7-1200 permiten adaptarlos a las necesidades específicas de cada tarea de automatización. La interfaz PROFINET integrada facilita la comunicación con otros componentes de automatización, mientras que el concepto de placa modular permite ampliar el controlador sin cambiar su tamaño físico. (SIEMENS, s.f.)

Los controladores SIMATIC S7-1200 tienen un diseño modular que permite escalarlos para adaptarse a las necesidades específicas de cada aplicación. Una amplia gama de módulos de E/S, módulos de tecnología y módulos de comunicación están disponibles para proporcionar la funcionalidad necesaria. Los controladores están aprobados para la clase de protección IP20 y están diseñados para su instalación en un gabinete de control. (SIEMENS, s.f.)

2.4 PLC SIMATIC S7-300

El SIMATIC S7-300 es una plataforma de automatización robusta y fiable que ha demostrado su éxito en una amplia gama de aplicaciones industriales. Los controladores universales SIMATIC S7-300 son compactos y modulares, lo que los hace ideales para su instalación en espacios reducidos. La marca SIMATIC es sinónimo de fiabilidad y calidad, y los

controladores SIMATIC S7-300 no son una excepción. (SIEMENS S7-300, s.f.)

El sistema de automatización S7-300 cumple con los requisitos y criterios de la norma EN 61131-2, que establece los requisitos de seguridad y rendimiento para los autómatas programables. El S7-300 está diseñado para su uso en entornos industriales, pero puede afectar negativamente a la recepción de radio y televisión si se utiliza en entornos residenciales o mixtos. El S7-300 cuenta con varias fuentes de alimentación internas que pueden alimentar el controlador y los sensores/actuadores con 24 VCC. (SIEMENS S7-300, s.f.)

Figura 2.2: PLC S7-300



Fuente: El autor

2.5 Panel HMI OP 177B

Los paneles de operador son dispositivos de visualización y control que se utilizan en la automatización de procesos y producción. La pantalla táctil es la unidad de entrada estándar de los paneles de operador. Los objetos de control, como botones, campos de texto y ventanas de avisos, se representan en la pantalla táctil y se pueden manejar tocándolos con un dedo. (SIEMENS, Catálogo OP 177B SIEMENS, s.f.)

Los paneles de operador están diseñados para ser duraderos y requerir poco mantenimiento. Sin embargo, es importante limpiar la pantalla

táctil y la lámina del teclado con regularidad para evitar que se acumulen la suciedad y la grasa.

En partes separadas de una instalación, pueden producirse diferencias de potencial que pueden provocar corrientes de compensación a través de las líneas de datos. Estas corrientes pueden dañar las interfaces de los paneles de operador. Las diferencias de potencial pueden producirse por diferentes razones, como diferentes alimentaciones de red. (SIEMENS, Catálogo OP 177B SIEMENS, s.f.)

Figura 2.3: HMI OP177B



Fuente: El autor

2.6 Panel HMI KTP 600

Los paneles HMI permiten mejorar la calidad de los procesos en plantas compactas o aplicaciones pequeñas. Los paneles HMI SIMATIC Basic de segunda generación ofrecen todas las funciones básicas importantes de HMI a un precio atractivo.

Estos paneles ofrecen la calidad SIMATIC comprobada y numerosas funciones de software de serie, como registro de alarmas, gestión de recetas, funciones de tendencias y cambio de idioma. (SIEMENS, Catálogo HMI KTP 600 SIEMENS, s.f.)

Se pueden configurar con SIMATIC WinCC (TIA Portal) en la rentable Basic Edition, que ofrece una excelente capacidad de uso y eficiencia de ingeniería. El usuario puede crear aplicaciones de visualización fácilmente

en poco tiempo. Como el software es escalable, se puede comenzar con una pequeña solución y ampliarla en cualquier momento, según sea necesario. (SIEMENS, Catálogo HMI KTP 600 SIEMENS, s.f.)

Figura 2.4: HMI KTP 600



Fuente: El autor

2.7 Switch SCALANCE X208

La tecnología de conmutación permite conectar varios dispositivos en una red, lo que facilita la ampliación de la red. Los conmutadores IE-Switches SCALANCE X-200 también pueden utilizarse en redes PROFINET IO. Para ello, es necesario integrarlos en PROFINET IO con STEP 7. Los conmutadores IE ofrecen numerosas funciones de configuración y diagnóstico. Para acceder a estas funciones a través de la red, se utiliza el protocolo Internet. (SIEMENS, Catálogo Switch SIEMENS, s.f.)

El protocolo Internet utiliza direcciones IP para identificar los dispositivos de la red. Como protocolo del nivel 3 del modelo de referencia ISO/OSI, el protocolo IP es independiente del hardware, lo que permite asignar direcciones de forma flexible. A diferencia de las direcciones MAC, que se asignan de forma fija a los dispositivos en el nivel 2, las direcciones IP deben asignarse explícitamente a cada dispositivo. (SIEMENS, Catálogo Switch SIEMENS, s.f.)

2.8 Módulos de automatización S7-1200 y S7-300

Un conjunto de equipos como controladores S7-1200, S7-300, modules de señales digitales y analógicas, comunicación PROFINET, Switch industrial, HMI y sistema SCADA.

Figura 2.5: Módulo S7-1200 académico de laboratorio de automatización



Fuente: El autor

El módulo también incluye indicadores luminosos que permiten visualizar el estado de las salidas del controlador. También incluye botones pulsadores e interruptores que permiten interactuar con el proceso. Los botones pulsadores pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados, siendo los normalmente cerrados los que se utilizan para las entradas de seguridad. Además, el módulo tiene potenciómetros de perilla que pueden utilizarse para emular sensores analógicos.

Figura 2.6: Módulo S7-300 académico de laboratorio de automatización



Fuente: El autor

2.9 Software empleado para el desarrollo de las prácticas

TIA PORTAL:

TIA Portal es una plataforma de automatización digital que ofrece todo lo que necesita para diseñar máquinas innovadoras. Desde la planificación digital hasta la ingeniería integrada y la operación transparente, el TIA Portal le proporciona las herramientas y los recursos que necesita para crear máquinas y procesos competitivos. (SIEMENS, s.f.)

El TIA Portal es una plataforma de automatización digital que ofrece una amplia gama de funciones para diseñar, construir y operar máquinas innovadoras. Las nuevas opciones de TIA Portal hacen que sea aún más flexible, rápido y productivo. Estas opciones benefician a los integradores de sistemas, fabricantes de máquinas y operadores de plantas. (SIEMENS, s.f.)

El TIA Portal integra el software básico de automatización de Siemens, como STEP 7, WinCC y SINAMICS Startdrive. También ofrece nuevas opciones, como TIA Portal Multiuser Engineering y Power Management con SIMATIC Energy Suite. Estas opciones permiten a los usuarios aprovechar las últimas tecnologías de automatización y obtener una ventaja competitiva. (SIEMENS, s.f.)

Figura 2.7: Software TIA PORTAL



Fuente: El autor

2.10 Simatic SCADA

Los sistemas SCADA son una tecnología esencial para la automatización industrial. Sin embargo, el volumen de datos de las plantas industriales está creciendo rápidamente, lo que plantea nuevos desafíos para los sistemas SCADA. (SCADA SIEMENS, s.f.)

SIMATIC SCADA es una plataforma SCADA de Siemens que ofrece una base preparada para el futuro para gestionar grandes cantidades de datos. SIMATIC SCADA puede utilizarse para monitorizar, controlar y optimizar continuamente procesos complejos. (SCADA SIEMENS, s.f.)

Con SIMATIC SCADA, las empresas pueden descubrir potenciales de productividad ocultos y utilizar los recursos de forma más eficiente. SIMATIC SCADA también ayuda a las empresas a gestionar y archivar sus crecientes volúmenes de datos y convertirlos en información significativa. (SCADA SIEMENS, s.f.)

SIMATIC SCADA es la solución ideal para las empresas que buscan una plataforma SCADA preparada para el futuro que les ayude a aprovechar las ventajas de la digitalización. (SCADA SIEMENS, s.f.)

Figura 2.8: Simatic SCADA



Fuente: El autor

Criterios de Selección de equipos y ventajas

Tamaño de la memoria o tarjeta de memoria del controlador.

Sistemas flexibles.

Bajo costo.

Fácil instalación.

Tipo de entradas/salidas a utilizar.

Módulos de comunicación

Software de programación

2.11 Pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing)

Con el objetivo de integrar toda la información de las áreas administrativas y de producción de una empresa, surgió la pirámide CIM, que en inglés significa " Computer Integrated Manufacturing". Esta pirámide divide a la empresa en distintos niveles, los cuales están conectados a través de una red.

El nivel 0 de la pirámide CIM, también conocido como el nivel de entradas y salidas, es el más cercano al proceso de producción. En este nivel se encuentran los sensores, que miden las señales del proceso, y los actuadores, que ejecutan las órdenes del controlador.

El nivel 1 de la pirámide CIM, también conocido como el nivel de control de célula, es el encargado de controlar el proceso de producción. En este nivel se encuentran los controladores, como los PLC y los microprocesadores, que pueden comunicarse entre sí para intercambiar información. En muchas industrias, estos dos niveles son suficientes para controlar el proceso de producción completo.

El nivel 2 de la pirámide CIM, también conocido como el nivel de adquisición y supervisión de datos, es el encargado de recopilar y visualizar la información del proceso de producción. En este nivel se encuentra el sistema SCADA, que se utiliza para monitorear fallas, alarmas, variables del proceso, mantenimiento preventivo, etc. Toda esta información se puede visualizar a través de paneles que muestran una imagen global de la planta.

El nivel 3 de la pirámide CIM, también conocido como el nivel de gestión, es el encargado de analizar la información del proceso de producción para mejorarlo. En este nivel, la información recopilada en los niveles inferiores se utiliza para identificar problemas y oportunidades de mejora. Esta información se puede utilizar para corregir fallas, optimizar el proceso y mejorar la eficiencia.

El nivel 4 de la pirámide CIM, también conocido como el nivel de ERP (Enterprise Resource Planning), Los sistemas para la administración de recursos empresariales (ERP) son un conjunto de programas informáticos que recopilan, almacenan y distribuyen información de una empresa para que los directivos puedan tomar decisiones en tiempo real.

Los sistemas ERP solucionan los problemas que existían en el pasado, cuando las empresas utilizaban diferentes programas informáticos para cada departamento. Esto dificultaba la obtención de una visión global de la empresa y la toma de decisiones informadas.

Los niveles inferiores de la pirámide CIM manejan una menor cantidad de datos, por lo que su velocidad de transmisión es más rápida. Los niveles superiores, por el contrario, manejan una mayor cantidad de datos, lo que hace que su velocidad de transmisión sea más lenta. (Guerrero, Yuste, & Martínez, , 2009)

Figura 2. 9: Piramide CIM



Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, , 2009)

2.12 USO DEL PLC EN EL PROYECTO

La mayoría de los procesos industriales requieren algún tipo de control. La automatización de estas funciones de control es una tarea importante que se puede realizar de diferentes maneras. En el pasado, se utilizaban sistemas mecánicos, electromecánicos, hidráulicos y neumáticos. Sin embargo, estos sistemas eran difíciles de modificar y sus componentes mecánicos tenían una vida limitada que requería un mantenimiento constante.

Para solucionar los problemas de los sistemas de control anteriores, se crearon los autómatas programables. Los autómatas programables no tienen los mismos problemas que los sistemas anteriores, ya que permiten cambiar la funcionalidad del control del proceso industrial simplemente cambiando el programa. Además, la mayoría de los elementos de control, como contactores, temporizadores, contadores y relés auxiliares, se encuentran en el programa.

Los PLC, o Controladores Lógicos Programables, son dispositivos electrónicos que se utilizan para automatizar procesos industriales. Son fáciles de programar y pueden cambiarse rápidamente para adaptarse a nuevas necesidades. Se conectan a sensores y actuadores para controlar el proceso industrial.

La solución de implementar un PLC se justifica por su alta confiabilidad, su diseño para entornos industriales hostiles y su flexibilidad. La solución actual, basada en lógica cableada, no permite ampliaciones ni modificaciones, y requiere un mantenimiento constante. Por lo tanto, la implementación de un PLC es la solución más adecuada para mejorar la confiabilidad y el rendimiento del sistema de control.

Ventajas de los PLC:

Flexibilidad y rapidez de programación: El software permite programar la lógica de control de forma rápida y sencilla, lo que reduce los tiempos de diseño, instalación y puesta a punto.

Reducción de costos de mantenimiento: Los PLC son dispositivos electrónicos que no requieren un mantenimiento tan frecuente como los sistemas de control basados en lógica cableada.

Gran capacidad de procesamiento y entradas y salidas: Los PLC pueden controlar grandes sistemas con un gran número de elementos de entrada y salida.

Aplicación de algoritmos de control complejos: Los PLC pueden implementar algoritmos de control complejos que requieren una gran capacidad de cálculo.

Detección y corrección de errores: Los PLC cuentan con funciones de detección y corrección de errores que ayudan a garantizar el funcionamiento correcto del sistema.

Figura 2.10: PLC SIEMENS



Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, , 2009)

2.13 ARQUITECTURA BÁSICA DE UN PLC

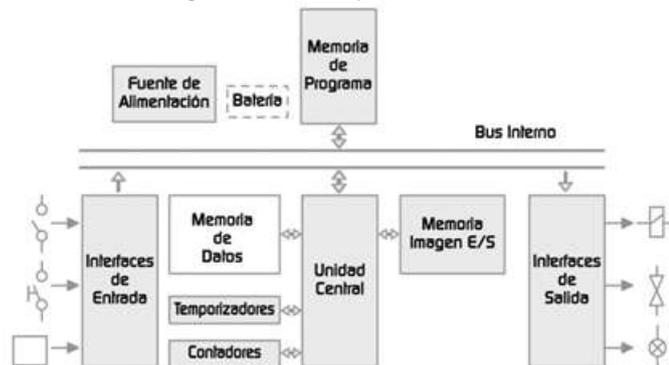
La unidad de control (CPU): Es el cerebro del PLC. Se encarga de leer el estado de las entradas, analizar el programa almacenado y escribir las instrucciones para las salidas. El ciclo de exploración del programa (lectura de entradas, lectura de programa y escritura de salidas) se realiza por defecto cada 150 milisegundos. Durante este tiempo, el PLC traduce el programa a lenguaje máquina y realiza operaciones lógicas para controlar el proceso requerido.

La memoria de programa: Es donde se almacena el programa que controla el PLC. Este programa define la secuencia de acciones que se realizarán en función de las señales de entrada. También almacena los datos de configuración del PLC, como la dirección de las entradas y salidas, el tipo de temporizadores y contadores, etc.

Las interfaces de entrada y salida (I/O): Son las encargadas de comunicar el PLC con el entorno. Las entradas reciben información del entorno, como la posición de un sensor o el estado de un interruptor. Las salidas envían información al entorno, como la activación de un actuador o la iluminación de un LED.

La fuente de alimentación: Es el dispositivo que suministra la energía eléctrica necesaria para que el PLC funcione. Recibe la tensión de la red eléctrica y la convierte en la tensión adecuada para los componentes internos del PLC.

Figura 2. 11: Arquitectura PLC



Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, , 2009)

2.14 CICLO DE LA CPU DE UN PLC

La CPU de un PLC realiza un ciclo de exploración continuo, en el que lee las entradas, ejecuta el programa, escribe en las salidas y ejecuta funciones del sistema y de comunicación. Este ciclo se repite varias veces por segundo.

Aunque STEP 7 puede solicitar el estado del programa rápidamente, es importante tener en cuenta que el usuario no puede observar todos los eventos que ocurren en la CPU. Esto se debe a que hay un retardo de comunicación entre la CPU y la unidad de programación.

Debido a este retardo, el valor de un operando que aparezca en la pantalla puede cambiar en la CPU antes de que se actualice la visualización. Por lo tanto, es posible forzar un operando cuyo valor haya cambiado ya en la CPU, pero no en la visualización del estado del programa.

Si visualiza el estado del programa en el modo "Estado de fin de ciclo", los datos se recogerán durante varios ciclos. En el modo "Estado de ejecución", todos los valores de estado del programa visualizados provendrán de un solo ciclo.

Figura 2. 12: Ciclo CPU de PLC



Fuente: (SIEMENS, s.f.)

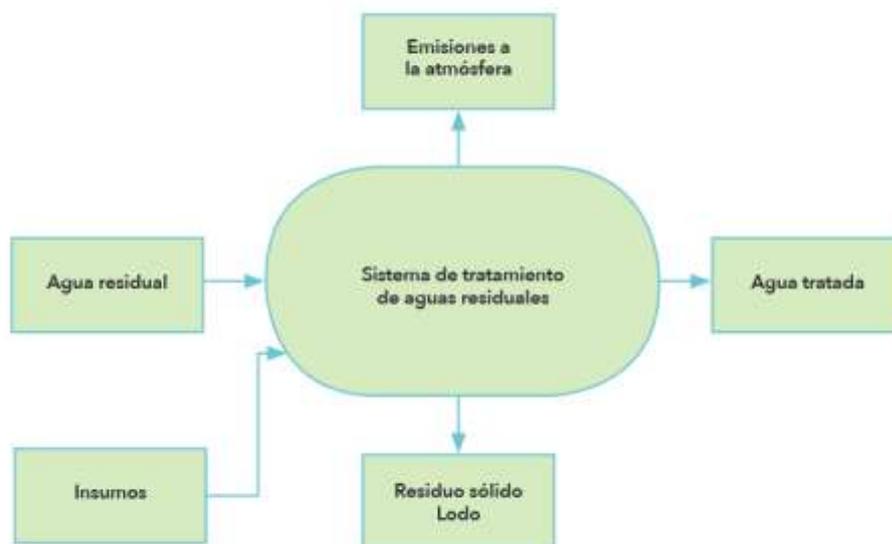
2.15 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA TRATAMIENTO DE AGUA

El objetivo principal del tratamiento de aguas residuales es eliminar los contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos, que puedan estar presentes en el agua. Estos contaminantes pueden estar en forma de partículas en suspensión o disueltas. El agua tratada debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la normativa de descarga o por el uso previsto.

El tratamiento de aguas residuales consiste en eliminar los contaminantes del agua. Para ello, se utilizan operaciones físicas, químicas y biológicas. La selección de las operaciones y procesos adecuados depende de las características del agua residual y de la calidad deseada del agua tratada.

El tratamiento de aguas residuales puede generar emisiones gaseosas a la atmósfera. Además, siempre se produce un residuo, que puede ser sólido, como la materia retenida en las rejillas o tamices, o semisólido, como los lodos. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

Figura 2. 13: Sistema convencional tratamiento aguas



Fuente: (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

La ley de la conservación de la materia establece que la materia no se crea ni se destruye, sino que solo se transforma o se transfiere. Por lo tanto, al tratar las aguas residuales, los contaminantes no desaparecen, sino que se transforman en otros compuestos o se transfieren a otro lugar.

Como resultado de este proceso, siempre se producen residuos, como los lodos, y se emiten gases a la atmósfera. La cantidad y calidad de estos residuos y emisiones dependerán de las características del agua residual a tratar y de la configuración del sistema de tratamiento.

Además, la cantidad de energía eléctrica y reactivos químicos necesarios para tratar las aguas residuales dependerá de las tecnologías utilizadas en el sistema de tratamiento. Esto, a su vez, influirá en el costo de operación del sistema. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.1. SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL

El proceso de lodos activados tiene como objetivo la remoción de la materia orgánica, en términos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), de las aguas residuales. La remoción de la DBO5 se logra por la conversión biológica realizada por microorganismos de la DBO5 en CO₂ y H₂O y en nuevas células de microorganismos, en presencia de oxígeno molecular. Los microorganismos formados se separan por sedimentación gravimétrica, una parte se recircula al tanque de aeración para mantener una biomasa adecuada a la concentración de materia orgánica presente en las aguas residuales y el resto son removidos.

La combinación de microorganismos y agua residual se conoce como lodo activado. Los lodos en el reactor biológico están sujetos a un proceso de auto oxidación, conocido como respiración endógena, proceso que también consume oxígeno.

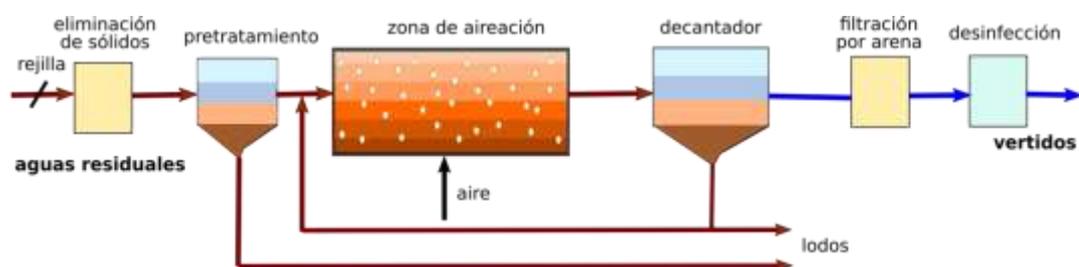
El oxígeno requerido para el funcionamiento del proceso se suministra por medio de aireadores mecánicos o por compresores (comúnmente son sopladores) que inyectan aire comprimido a través de difusores. Los

aireadores mecánicos pueden ser de turbina sumergida o superficial de alta o baja velocidad.

Debido a que en el tanque de aireación se producen microorganismos (lodo activado) por su propia reproducción, una cierta cantidad se debe desechar del sistema con objeto de mantener constante su concentración en el reactor biológico; esto es lo que se conoce como purgado de lodos. Los lodos que no son retornados al sistema de tratamiento y que son desechados, tienen que pasar por procesos de estabilización y de deshidratación antes de su disposición final. El hecho de generar lodos en el sistema encarece los costos de inversión de las obras en su totalidad, por el tratamiento adicional que se le tienen que dar a los lodos.

El tren de tratamiento de esta alternativa lo conforman las siguientes unidades 1.- Tratamiento Primario (rejillas, desarenador, cárcamo de bombeo y caja de distribución), 2.- Reactor biológico (tanque de aireación), 3.- Sedimentación secundaria, 4.- Tanque de contacto de cloro, 5.- Espesamiento de lodos 6.- Digestión de lodos, y 7.- Deshidratado de lodos por medio de filtro banda como se ilustra en la figura siguiente: (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

Figura 2. 14: Sistema convencional tratamiento aguas



Fuente: (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.2. POZO DE BOMBEO

La canastilla a instalarse en el pozo de bombeo constituye el primer paso en el tratamiento del agua residual. Se colocará previo a la entrada al cárcamo de bombeo donde se encuentran las bombas sumergibles.

La operación de pretratamiento supone un conjunto de operaciones de naturaleza física, cuyo fin es eliminar a aquellos elementos de mayor tamaño del agua residual que puede tener consecuencias graves en las etapas posteriores, pudiendo producir atascos en bombas, en conducciones y en abrasión de equipos. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario tiene como objetivo principal reducir al 90 % los contaminantes presentes en el agua, ya que es la etapa final antes de la desinfección de las aguas para poder ser vertidas al cauce sin ocasionar problemas medioambientales.

Para el tratamiento se necesita un sistema de biomasa que desarrolle el proceso de eliminación de materia orgánica presente en las aguas residuales provenientes del tratamiento primario.

El desarrollo de este proceso se debe a la magnitud de la superficie de contacto que existe entre el agua residual y los microorganismos y de la aportación de oxígeno que ayuda al crecimiento de estos. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.4. REACTOR BIOLÓGICO DE LODOS ACTIVOS

Los lodos activados son el tratamiento biológico más utilizado habitualmente para el tratamiento de aguas residuales. Este es un proceso aerobio y continuo en el que se produce recirculación del lodo mediante un procedimiento de cultivo en suspensión.

El proceso biológico de cultivo en suspensión es el proceso que consta de una decantación y posterior recirculación de la biomasa. Este proceso es utilizado con más frecuencia en lodos activados.

Tiene como función principal la eliminación de materia orgánica y materia en suspensión (SS). La eliminación de la materia orgánica y los sólidos coloidales presentes en el agua residual se realizan en un ambiente aerobio mediante la intervención de microorganismos capaces de su degradación. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.5. DECANTACIÓN SECUNDARIA

La decantación es un proceso de eliminación de materia orgánica mediante una sedimentación de esta en el fondo del decantador, que posteriormente será purgada para retirar el fango sobrante.

La etapa de clarificación o decantación secundaria tiene como función la separación por diferencia de densidad de los sólidos biológicos del agua, obteniendo un lodo en la parte inferior y un agua clarificada por el vertedero de salida.

La sedimentación secundaria en el tratamiento biológico es el proceso unitario en el que la biomasa proveniente del proceso secundario es separada de la fase líquida del agua, generándose un sobrenadante clarificado y un lodo de fondo. La clarificación o decantación secundaria se realiza en una cámara con flujos optimizados. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.6. TRATAMIENTO TERCIARIO: SISTEMA DE DESINFECCIÓN

La desinfección de agua residual tratada consiste en la destrucción de microorganismos patógenos causantes de enfermedades en los seres humanos, principalmente de bacterias y virus; y constituye la etapa final de todo tratamiento de agua.

Un desinfectante ideal para el agua residual debe cumplir con las siguientes propiedades:

- Destruir todas las clases y cantidades de agentes patógenos
- No ser tóxico para el hombre ni para los animales domésticos
- No tener un sabor desagradable
- Tener un costo razonable
- Ser de manejo, transporte, almacenamiento y aplicación seguros y fáciles.
- Proporcionar protección residual contra la posible contaminación en las líneas de conducción y tanques de almacenamiento
- No reaccionar con los compuestos presentes en el agua para producir sustancias tóxicas

La desinfección secundaria es llevada a cabo en el agua tratada, siendo el último escalón antes de ser vertida. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

2.15.7. DIGESTOR LODOS

La digestión de los lodos activados provenientes del proceso biológico puede realizarse por vía aerobia y anaerobia. Dos parámetros muy importantes en toda digestión son la estabilización del lodo y la temperatura del proceso.

La digestión por vía aerobia produce un lodo estabilizado que se puede poner en un vertedero. La digestión aerobia la realizan microorganismos aerobios y facultativos que gastan el oxígeno presente en el lodo a estabilizar para su crecimiento, mediante la obtención de energía. (Jairo Alberto Romero Rojas, 2004)

CAPÍTULO 3

3. CONFIGURACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

3.1 Diseño y Arquitectura de Red Módulo S7-1200

El PLC S7-1200 de Siemens es un controlador lógico programable versátil y compacto diseñado para aplicaciones de automatización de bajo y medio coste. Cuando se trabaja con un HMI (interfaz hombre-máquina), existen varias opciones de configuración de red dependiendo de las necesidades y complejidad del sistema, además ofrece varias ventajas.

Red Ethernet/IP:

- Permite integrar el PLC S7-300 y el HMI dentro de una red industrial más grande con otros dispositivos compatibles con Ethernet/IP.
- Ofrece mayor flexibilidad y escalabilidad para sistemas complejos.
- Requiere configuración de direcciones IP y máscaras de subred para cada dispositivo.
- Brinda opciones avanzadas de comunicación y seguridad.

A continuación, se muestra la topología de red Ethernet entre el PLC y HMI.

Figura 3. 15: Topología de red S7-1200



Fuente: El autor

3.2 Diseño y Arquitectura de Red Módulo S7-300

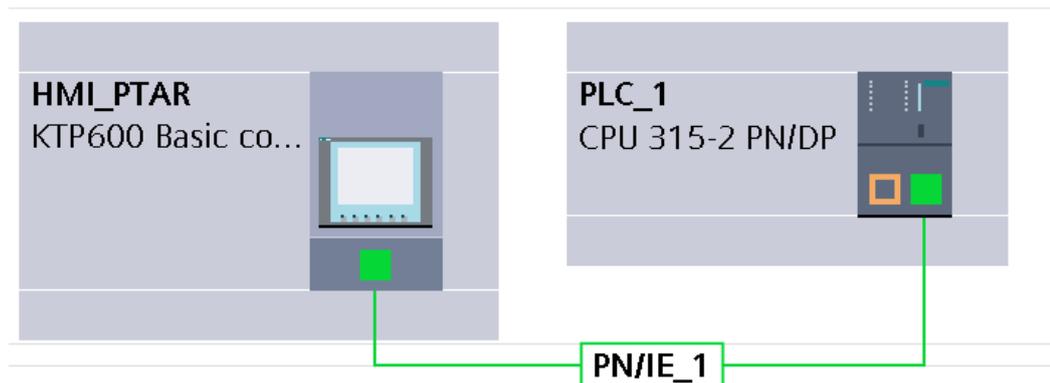
El PLC S7-300 de Siemens es un controlador lógico programable potente y flexible usado en diversas aplicaciones industriales. Conectar un HMI (interfaz hombre-máquina) a un S7-300 mediante Ethernet es una configuración común y ofrece varias ventajas.

Conexión punto a punto:

- La configuración más simple y común.
- El PLC S7-300 posee un puerto Ethernet integrado que permite conectarse directamente al HMI mediante un cable Ethernet cruzado.
- Adecuada para sistemas pequeños y medianos con un único HMI.
- Fácil de configurar y operar.

A continuación, se muestra la topología de red Ethernet entre el PLC y HMI.

Figura 3. 16: Topología de red S7-300



Fuente: El autor

3.3 Diseño y Arquitectura de Red SCADA

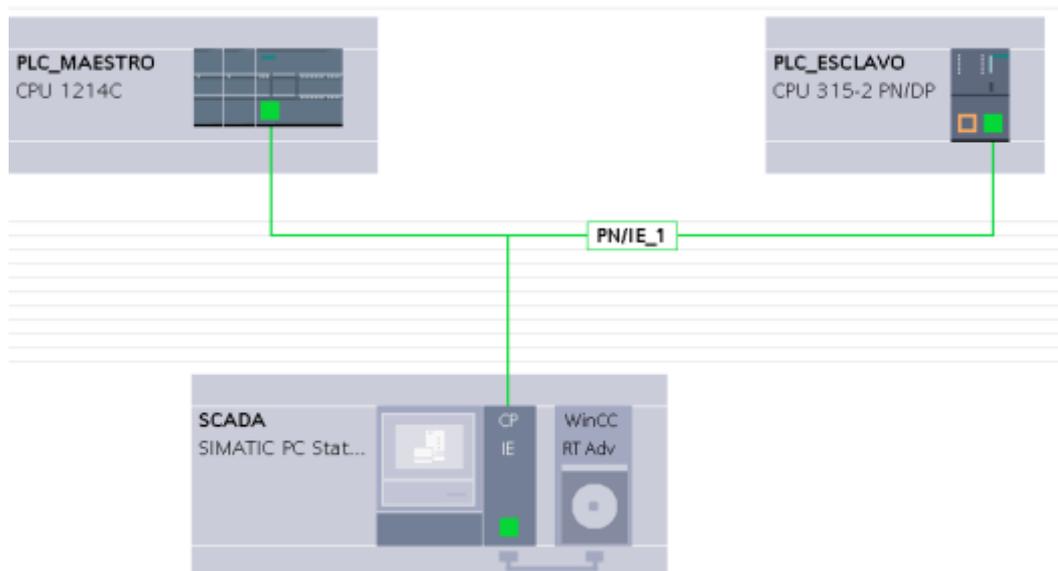
El PLC S7-1200 de Siemens, junto con un software SCADA, es una excelente combinación para sistemas de automatización de bajo y medio coste. Conectarlos mediante una red Ethernet ofrece alta velocidad, compatibilidad y flexibilidad.

Conexión punto a punto:

- Es la más simple y utilizada en sistemas pequeños.
- El PLC S7-1200 posee un puerto Ethernet integrado para conectarse directamente al PC SCADA mediante un cable Ethernet cruzado.
- Fácil de configurar y operar, ideal para principiantes

A continuación, se muestra la topología de red Ethernet entre el PLC y HMI.

Figura 3. 17: Topología de red SCADA



Fuente: El autor

Consideraciones al elegir la arquitectura:

- Tamaño y complejidad del sistema: Determina la necesidad de conexiones adicionales o redes más extensas.
- Presupuesto: Las redes Ethernet/IP e infraestructuras con conmutadores suelen ser más costosas.
- Habilidades técnicas: Configurar redes más complejas requiere mayor conocimiento y herramientas de administración.
- Seguridad: Implementar medidas de seguridad para proteger la red de ataques cibernéticos.

Herramientas de configuración:

- TIA Portal de Siemens es el software principal para configurar el PLC S7-300 y el HMI, incluyendo la red Ethernet.
- Ofrece asistentes de configuración y herramientas de diagnóstico para simplificar el proceso.

Figura 3. 18: Arquitectura SCADA



Fuente: (SCADA SIEMENS, s.f.)

3.4 Filosofía de operación y control de proceso.

3.4.1 Pozo de Bombeo

El afluente será bombeado mediante un SISTEMA DE ALIMENTACIÓN, compuesto por tres bombas que trabajarán en alternancia, pasando el flujo por un sistema de desbaste, la cual permitirá la eliminación de residuos sólidos gruesos y finos con limpieza manual, que de no ser separados dañarían mecánicamente los equipos, obstruyéndolos o produciendo pérdida de eficiencia.

Grupo bombas sumergibles de bombeo de agua bruta.

- Nº unidades: 2, 1 unidad. en servicio. Alternancia de Arranques.
- Ubicación: Pozo de Bombeo.
- Mando: 2 unidades. Arranque directo.
- Modo de funcionamiento: Manual – 0 – Automático. Se incluye un selector de tres posiciones en tablero, así como pilotos para indicación de marcha/fallo.
- Arranque:
 - Modo de funcionamiento en automático: Funcionamiento escalado del arranque de una o dos bombas según nivel en boyas. Nivel L1: Apagado de bombas para seguridad y no trabajen en vacío, nivel H1: arranque de bomba 1, nivel H2: arranque de bomba 2. En caso de fallo de una protección térmica automáticamente se indica la incidencia en piloto local.
- En la posición de parada, las bombas siempre se encontrarán parcialmente sumergidas, con el nivel de sumergencia mínimo marcado por el fabricante. Este nivel de agua coincidirá con la altura del regulador de nivel No. 1, que cortará el funcionamiento de las bombas para que éstas no trabajen en seco.

- Cuando el afluente entra en el pozo, el nivel de agua va subiendo hasta alcanzar el regulador de nivel No. 2 que informa al armario eléctrico de poner en marcha una de las bombas. El funcionamiento de las bombas es alternativo, con el objetivo de evitar el excesivo desgaste de una de ellas.
- Si el nivel de agua, después de la puesta en marcha de una de las bombas siguiera subiendo, al alcanzar el regulador No. 3, se enviaría una señal de puesta en marcha, y serían 2 bombas las que, simultáneamente evacuarían el agua.
- Se regularán las alturas de los reguladores de nivel para que el caudal diario previsto se regule en el mayor número de horas posibles. Es recomendable adaptar el ciclo de trabajo de las bombas al caudal de agua residual de llegada, de tal manera que el caudal máximo diario sea bombeado en el mayor número de horas.
- Al llegar el agua de nuevo al regulador No 2, pararía una de las bombas y si tras un tiempo, el nivel de agua descendiera hasta llegar a los reguladores No 1, se pararían las bombas.

3.4.2 Tratamiento Biológico

Nº unidades: 2, 1 unidad en servicio

- Ubicación: Reactor biológico.
- Mando: 1 unidad, Arranque directo.
- Modo de funcionamiento: Manual – 0 –. Se incluye un selector de dos posiciones en tablero, así como pilotos para indicación de marcha/fallo.
- Arranque:
- Modo de funcionamiento en automático: Funcionamiento cíclico por tiempos de encendido y apagado. Ton= 3horas; Toff= 1hora;
- Modo de funcionamiento en manual: Con conmutador de marcha en el tablero, siempre que no haya fallo térmico.
- Parada: Parada por tiempos y fallo térmico.

3.4.3 Decantación Secundaria

Existen determinadas sustancias químicas que pueden actuar sobre los microorganismos, con una acción no selectiva sobre las células en las que actúan, conocidas como desinfectantes y antisépticos. El desinfectante se utiliza para el control de microorganismos sobre objetos inanimados que pueden causar enfermedades; remueven parte o la totalidad de ellos. Estos agentes destruyen las formas vegetativas de los microorganismos, pero no necesariamente sus esporas.

Grupo bomba de lodos.

- N° unidades: 1 unidad, 1 unidad en servicio.
- Ubicación: Cámara de decantación secundaria lamelar.
- Mando: 1 unidad. Arranque directo.
- Modo de funcionamiento: Manual – 0 – Automático. Se incluye un selector de tres posiciones en tablero, así como pilotos para indicación de marcha/fallo.
- Arranque:
- Modo de funcionamiento en automático: Arranque temporizado cíclico configurado desde el PLC.

Ton= 3min; Toff= 15min;

- Modo de funcionamiento en manual: Con conmutador de marcha en el tablero, siempre que no haya fallo térmico.

3.4.4 Sistema de Desinfección

El afluente será bombeado mediante un SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE RIEGO, compuesto por dos bombas que trabajarán en alternancia pasando el flujo al tanque de riego, la cual podrá ser utilizada para el respectivo riego de las áreas verdes

Grupo bomba dosificadora de hipoclorito.

- N° unidades: 1, 1 unidad. en servicio.
- Ubicación: Cuarto Control
- Mando: 1 unidad. Arranque directo.

- Modo de funcionamiento: Manual – 0 – Automático. Se incluye un selector de tres posiciones en tablero, así como pilotos para indicación de marcha/fallo.
- Arranque:
- Modo de funcionamiento en automático: Arranque temporizado cíclico configurado en PLC.
- Modo de funcionamiento en manual: Con conmutador de marcha en el tablero, siempre que no haya mínimo de seguridad en el tanque de hipoclorito o fallo térmico.
- Parada: Parada por programación y/o por nivel de mínimo en tanque hipoclorito. Fallo térmico.

3.4.5 Digestor Lodos

Grupo bomba sumergible hacia Lechos de Secado

- Nº unidades: 1, 1 unidad. en servicio.
- Ubicación: Tanque Digestor Lodos.
- Mando: 1 unidad. Arranque directo.
- Modo de funcionamiento: Manual – 0 – Automático. Se incluye un selector de tres posiciones en tablero, así como pilotos para indicación de marcha/fallo.
- Arranque:
- Modo de funcionamiento en automático: Se puede configurar funcionamiento cíclico en el PLC.
- Modo de funcionamiento en manual: Con conmutador de marcha manual en el tablero, siempre que no haya fallo térmico.

3.5 Programación en KOP

Para programar el PLC, se utilizó el editor KOP, que es un lenguaje de programación que describe la lógica del programa de forma similar a un esquema de circuitos eléctricos. Es un lenguaje muy utilizado en todo el mundo, ya que es fácil de aprender y usar, incluso para personas con poca experiencia en programación.

La lógica del programa se estructura en unidades pequeñas llamadas segmentos o redes. El programa se ejecuta de forma secuencial, de izquierda a derecha, segmento a segmento. Las operaciones se representan como elementos gráficos que se dividen en tres formas básicas:

Contactos: Representan entradas al programa. Pueden ser de tipo normal abierto (NO) o normal cerrado (NC).

Bobinas: Representan salidas al programa. Pueden ser de tipo normalmente abierto (NO) o normalmente cerrado (NC). [Image de Bobina NC]

Operadores lógicos: Representan operaciones lógicas básicas, como la suma, la resta, la multiplicación y la división.

Estas tres formas básicas se pueden combinar para crear cualquier lógica que se necesite.

El editor KOP es una herramienta poderosa que permite a los usuarios crear programas de PLC de forma rápida y sencilla.

CAPÍTULO 4

4. PROPUESTA DE PROYECTO

4.1 Configuración de hardware.

La configuración de hardware constituye un paso muy importante al momento de la ejecución del proyecto y que garantizará un buen funcionamiento del PLC y de todos sus componentes como del HMI y de la PC. Para el desarrollo de la configuración se siguieron los siguientes pasos.

1. Identificar modelos y firmware de la CPU de los PLC's S7-1200 y S7-300.
2. Identificar modelos y firmware del HMI de los módulos del PLC's S7-1200 y S7-300.
3. Identificar los modelos y características de e/s del módulo del PLC S7-1200.
4. Identificar los modelos y características de e/s del módulo del PLC S7-300.
5. Identificar los modelos y características de la fuente de voltaje a utilizar.
6. Desarrollar la topología de red para cada dispositivo.
7. Conectar los equipos al Switch Ethernet.
8. Energizar los módulos.

Figura 4. 19: Configuración de hardware



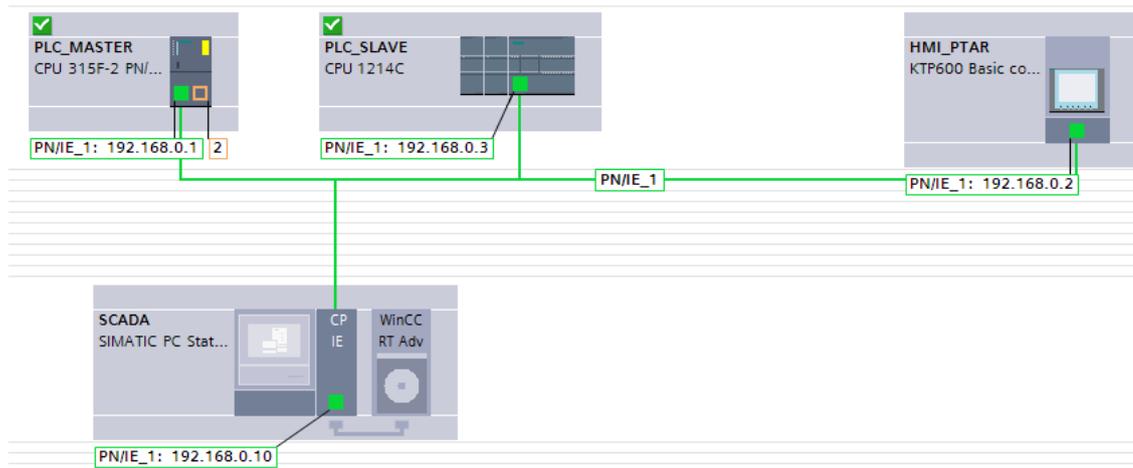
Fuente: El autor

4.2 Configuración de software

La configuración de software adecuada garantizará un buen funcionamiento del PLC y de todos sus componentes como del HMI y de la PC así como también garantizará la ejecución del programa de automatización. Para el desarrollo de la configuración se siguieron los siguientes pasos.

1. Selección programa de automatización.
2. Selección del lenguaje de programación.
3. Asignación y direccionamiento IP.
4. Análisis de filosofía de operación y control
5. Diseño programa de control en PLC's
6. Diseño programa de control en HMI
7. Diseño programa de control en PC

Figura 4.20: Configuración de software



Fuente: El autor

4.3 Configuración PLC S7-1200

Para la configuración del PLC S7-1200 se siguieron los siguientes pasos.

1. Selección módulos de comunicación.
2. Selección de la CPU
3. Selección de módulo e/s.
4. Asignación direcciones de entrada digital y analógica.
5. Asignación direcciones de salida digital y analógica.

Figura 4.21: Configuración PLC S7-1200

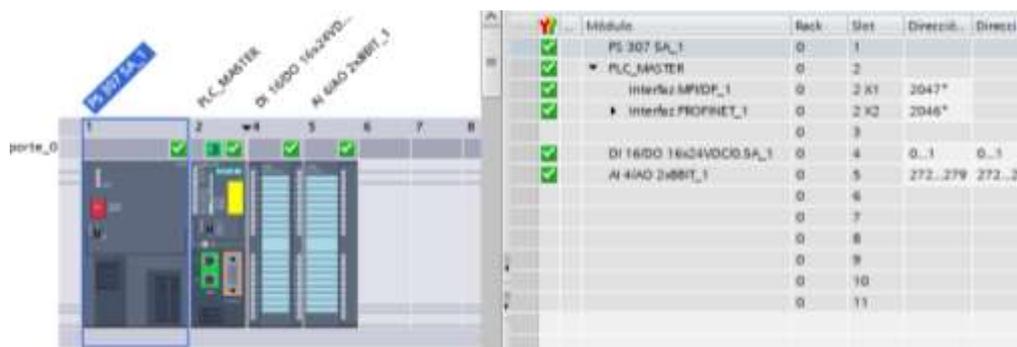


Fuente: El autor

4.4 Configuración PLC S7-300

La configuración del PLC S7-300 se realizó de forma similar al del S7-1200.

Figura 4.22: Configuración PLC S7-300

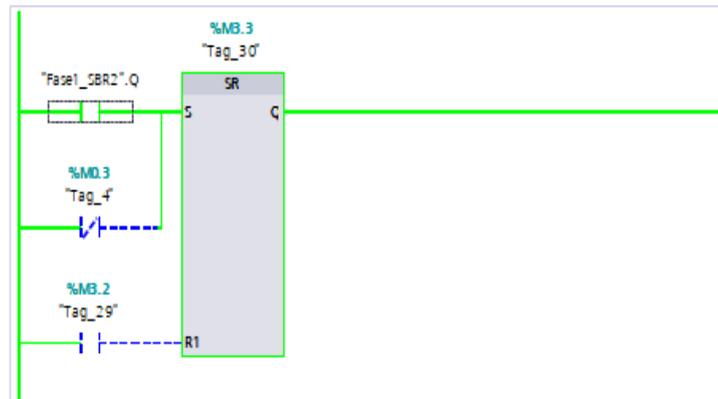


Fuente: El autor

4.5 Programación PLC S-7 1200

Se realizó verificación de la programación del PLC S7-1200 mediante la conexión y revisión en línea con el módulo.

Figura 4.23: Programación PLC S7-1200

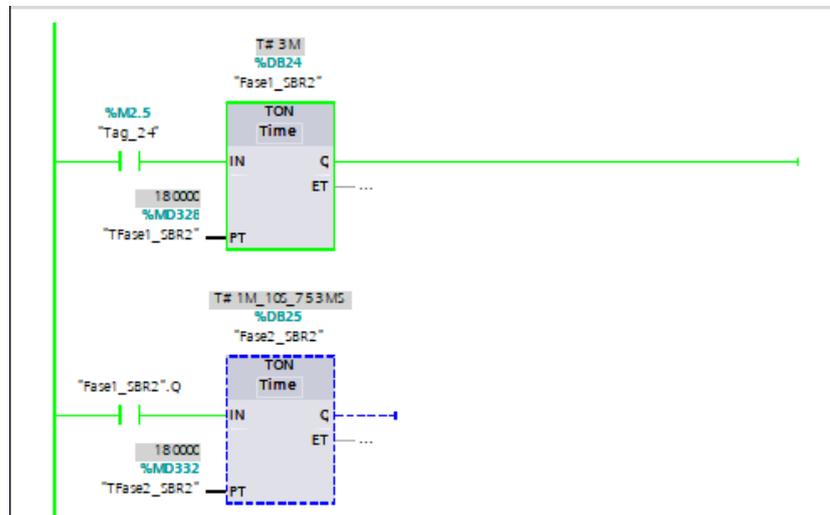


Fuente: El autor

4.6 Programación PLC S-7 300

Se realizó verificación de la programación del PLC S7-300 mediante la conexión y revisión en línea con el módulo.

Figura 4.24: Programación PLC S7-300



Fuente: El autor

4.7 Desarrollo SCADA

El desarrollo del programa SCADA se realizó con el programa TIA PORTAL.

Una vez configurada y seleccionada la interfaz de WinCC para ejecutar el SCADA en la PC se realiza la programación.

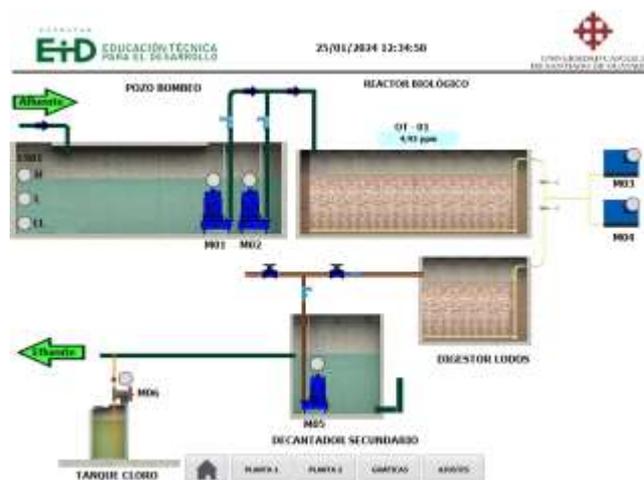
Figura 4.25: Programación SCADA



Fuente: El autor

Desarrollo interfaz programación SCADA para la planta de tratamiento de aguas.

Figura 4.26: Programación SCADA



Fuente: El autor

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En resumen, la guía de laboratorio de aplicaciones industriales ha cumplido con su objetivo de proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica en el ámbito de la automatización industrial. La utilización de módulos didácticos y la programación de controladores industriales de Siemens permitió a los estudiantes aplicar los conceptos teóricos aprendidos en clase. Esta guía es un recurso valioso para la formación de los estudiantes, ya que les brinda las habilidades necesarias para trabajar en el campo de la automatización industrial.
- Se verificó que las aplicaciones industriales programadas en TIA Portal funcionan correctamente, utilizando los módulos de automatización del laboratorio. Para ello, se cargaron los programas creados en los dispositivos de automatización de Siemens y se simuló su funcionamiento.
- Se creó una guía de laboratorio para aplicar los conocimientos teóricos en aplicaciones industriales reales, utilizando un módulo de automatización. Esto permitió a los estudiantes aprender de forma activa y desarrollar sus habilidades para resolver problemas en el entorno industrial.
- Se obtuvo un mayor conocimiento acerca de cómo utilizar, configurar y programar equipos y softwares Siemens con el protocolo Ethernet, que es el más utilizado en la industria.
- Se promovió el desarrollo de aplicaciones industriales utilizando el sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) de Siemens, TIA Portal. Para ello, se mostraron las diversas herramientas y opciones

de la interfaz del software, que permiten ejecutar un proyecto de principio a fin.

- Es importante verificar la compatibilidad del sistema operativo de Microsoft con los softwares de la plataforma TIA Portal, ya que pueden surgir problemas de instalación si se utiliza un sistema operativo incompatible.
- Para trabajos industriales, que no sean proyectos académicos, se recomienda utilizar licencias originales y permanentes de los softwares de automatización industrial. Esto evitará problemas legales en el futuro, ya que la ley de propiedad intelectual establece que el uso de software sin licencia es ilegal.
- Al configurar los equipos para su programación, es importante verificar la revisión del equipo y el firmware del controlador. Esto ayudará a evitar problemas de comunicación.

REFERENCIAS

- Benítez & Mora. (2010). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista Cubana de Física*, 175-179.
- Estrada Roque, J. A. (s.f.). *Logicbus SA*. Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Protocolos-de-Comunicacion-Industrial.pdf>
- FETD. (s.f.). *FETD UCSG*. Obtenido de <https://www.ucsg.edu.ec/etd/c029433/>
- Guerrero, Yuste, & Martínez, . (2009). *Comunicaciones industriales*. Barcelona: Marcombo. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=fPCVCoDCa8IC&oi=fnd&pg=PT41&dq=redes+de+comunicacion+industriales&ots=>
- Huber, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación*, 59-81. Obtenido de <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/72275/00820083000386.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jairo Alberto Romero Rojas. (2004). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño*. ECI, 2016, ISBN 9588060133.
- Páez, Zabala & Zamora. (2015). Análisis y actualización del programa de la asignatura Automatización Industrial en la formación profesional de ingenieros electrónicos. *Revista Educación en Ingeniería*, 1-2. Obtenido de <https://educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/609>
- SCADA SIEMENS. (s.f.). *Simatic Scada Siemens*. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/scada.html>
- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo CM1241 RS232 SIEMENS*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7241-1AH32-0XB0>

- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo CM1241 RS485 SIEMENS*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7241-1CH32-0XB0>
- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo HMI KTP 600 SIEMENS*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/326210?pdtdi=td&dl=es&lc=es-EC>
- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo OP 177B SIEMENS*. Obtenido de [https://support.industry.siemens.com/cs/document/21084461/simatic-hmi-hmi-device-tp-177a-tp-177b-op-177b-\(wincc-flexible\)?dti=0&lc=en-EC](https://support.industry.siemens.com/cs/document/21084461/simatic-hmi-hmi-device-tp-177a-tp-177b-op-177b-(wincc-flexible)?dti=0&lc=en-EC)
- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo PLC S7-1200 SIEMENS*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1BG40-0XB0>
- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo PLC S7-300 SIEMENS*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7315-2FJ14-0AB0>
- SIEMENS. (s.f.). *Catálogo Switch SIEMENS*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6GK5208-0BA10-2AA3>
- SIEMENS S7-300. (s.f.). *Manual Simatic PLC S7-300*. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55798/v1/s7300_module_data_manual_es-ES_es-ES.pdf
- SIEMENS. (s.f.). *SIMATIC HMI SIEMENS*. Obtenido de https://support.industry.siemens.com/dl/dl-media/350/90114350/att_1069134/v2/144938652299_es-ES/es-ES/index.html#
- SIEMENS. (s.f.). *SIMATIC PLC S7-1200*. Obtenido de <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

SIEMENS. (s.f.). *Simatic Tia Portal SIEMENS*. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>

UCSG. (s.f.). *FETD UCSG*. Obtenido de <https://www.ucsg.edu.ec/etd/mision/>

ANEXO 1

PRÁCTICA 1

Tema: Desarrollo sistema HMI para la automatización de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante la integración del controlador SIMATIC S7-1200.

Objetivos:

- Crear un programa de PLC S7-1200 que funcione de acuerdo con las condiciones establecidas por el usuario. Para ello, se pueden utilizar bloques de funciones para representar la lógica del programa.
- Implementar contadores y temporizadores para el uso de sensores y Actuadores.
- Aprender a utilizar las etiquetas en TIA Portal para crear programas de PLC para aplicaciones industriales.

Introducción:

En los últimos años, la necesidad de un control óptimo en la industria ha aumentado. Para satisfacer esta necesidad, surgió el control HMI, que permite controlar y recopilar datos de un proceso en tiempo real, incluso desde lugares remotos. Esto facilita la resolución rápida y eficaz de problemas y peligros en las plantas.

La plataforma de TIA PORTAL ofrece un software HMI que permite a los operadores supervisar y controlar variables de producción de forma inmediata. Este software proporciona una visión global de cualquier parte del proceso, lo que facilita el monitoreo de sensores y actuadores desde cualquier ubicación.

Procedimiento:

9. Creación del proyecto en TIA PORTAL V15.

Figura 1: TIA PORTAL V15

Crear proyecto

Nombre proyecto: PRACTICA1

Ruta: C:\Users\Marcos Merchan\OneDrive - Universidad Catolica Santiago de Guayaquil

Versión: V15

Autor: Marcos Merchan

Comentario

Crear

Fuente: El autor

10. Creación de funciones

Figura 2: Función

Agregar nuevo bloque

Búsqueda: POZO BOMBEO

QB Bloque de ingeniería

FB Bloque de función

FC Función

FB Bloque de datos

Lenguaje: CFC

Número: 1

Manual

Automático

Descripción: Los finales son Bloques lógicos de memoria.

Más información

Aceptar Cancelar

Fuente: El autor

11. Creación de variables PLC

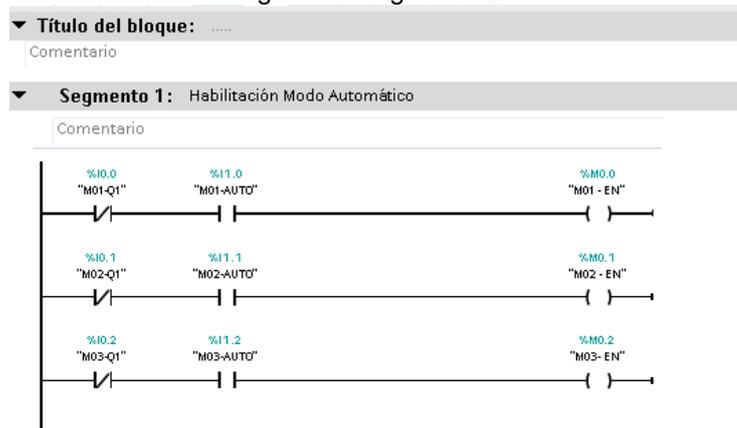
Figura 3: Variables PLC

NO PLC	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Acces.	Excl.	Modif.	Comentarios
1	M01-Q1	Bool	%I0.0				Protección térmica M01
2	M02-Q1	Bool	%I0.1				Protección térmica M02
3	M03-Q1	Bool	%I0.2				Protección térmica M03
4	M04-Q1	Bool	%I0.3				Protección térmica M04
5	M05-Q1	Bool	%I0.4				Protección térmica M05
6	M06-Q1	Bool	%I0.5				Protección térmica M06
7	M07-Q1	Bool	%I0.6				Protección térmica M07
8	M08-Q1	Bool	%I0.7				Protección térmica M08
9	M01-AUTO	Bool	%I1.0				Selector Automático M01
10	M02-AUTO	Bool	%I1.1				Selector Automático M02
11	M03-AUTO	Bool	%I1.2				Selector Automático M03
12	M04-AUTO	Bool	%I1.3				Selector Automático M04
13	M05-AUTO	Bool	%I1.4				Selector Automático M05
14	M06-AUTO	Bool	%I1.5				Selector Automático M06
15	M07-AUTO	Bool	%I1.6				Selector Automático M07
16	M08-AUTO	Bool	%I1.7				Selector Automático M08
17	M01-CM	Bool	%Q0.0				Confirmación Mancha M01
18	M02-CM	Bool	%Q0.1				Confirmación Mancha M02
19	M03-CM	Bool	%Q0.2				Confirmación Mancha M03
20	M04-CM	Bool	%Q0.3				Confirmación Mancha M04
21	M05-CM	Bool	%Q0.4				Confirmación Mancha M05
22	M06-CM	Bool	%Q0.5				Confirmación Mancha M06

Fuente: El autor

12. Creación programa PLC

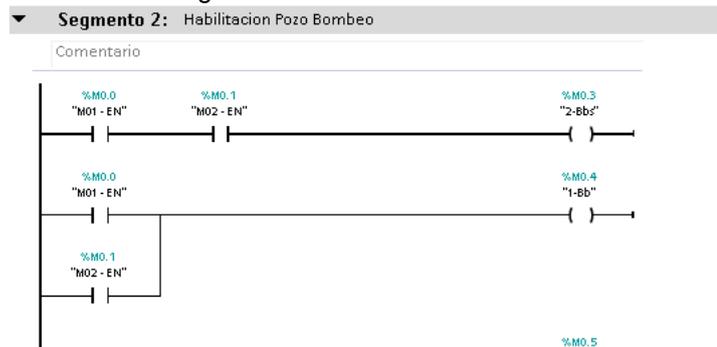
Figura 4: Programa PLC



Fuente: El autor

13. Creación variables internas PLC

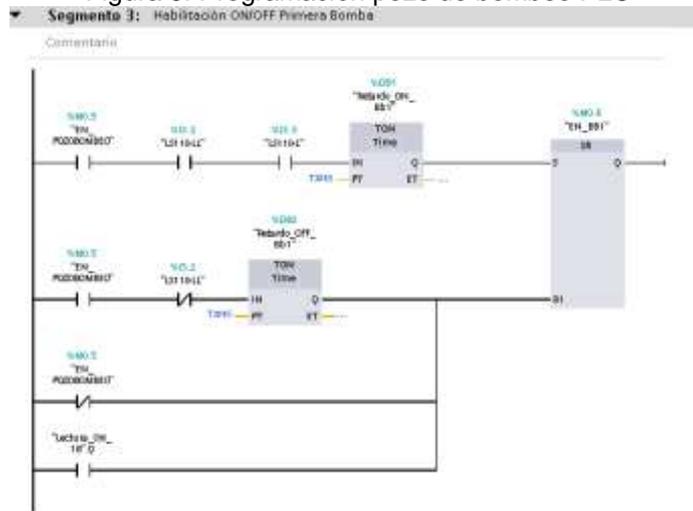
Figura 5: Variables internas PLC



Fuente: El autor

14. Programación Pozo de bombeo

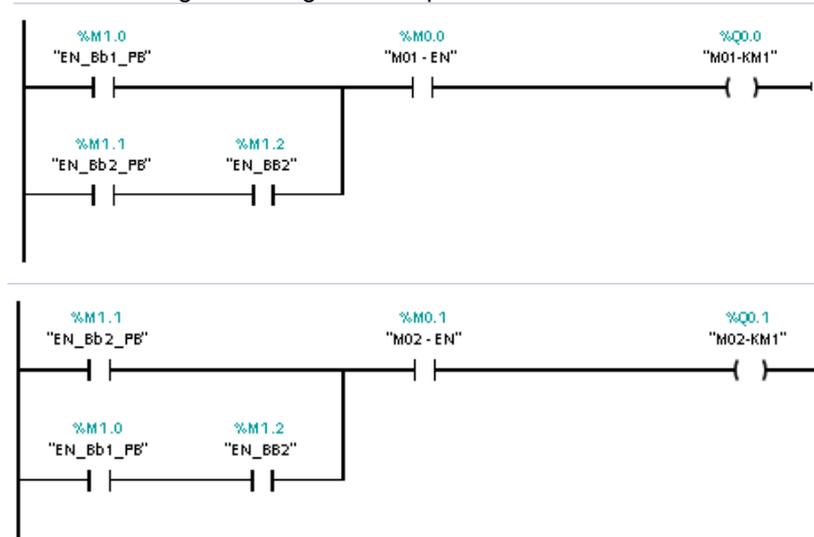
Figura 6: Programación pozo de bombeo PLC



Fuente: El autor

15. Seguridades pozo de bombeo PLC

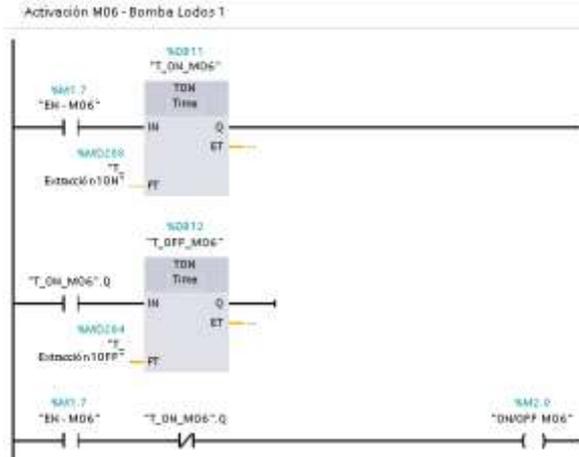
Figura 7: Seguridades pozo de bombeo PLC



Fuente: El autor

16. Bloques de temporización PLC

Figura 8: Bloques de temporización PLC



Fuente: El autor

17. Creación variables alarmas PLC

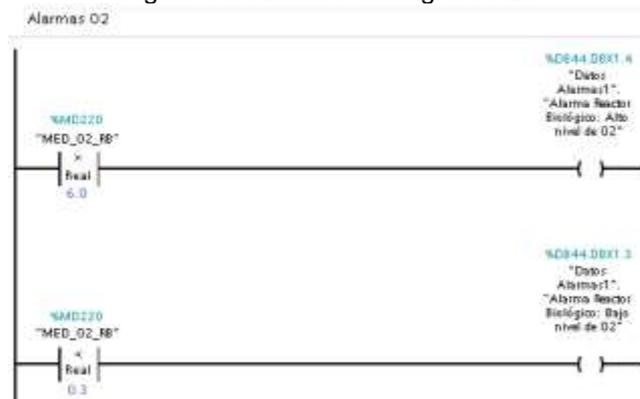
Figura 9: Variables alarmas PLC

ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	Variable de d...	Bit de...	Dirección de ...
1	Aviso de bit_1	Salto Térmico guardamotor Bomba4 Errors	Alarmas1	8	%D44.DBX0.0	
2	Aviso de bit_2	Salto Térmico guardamotor Bomba4 Errors	Alarmas1	9	%D44.DBX0.1	
3	Aviso de bit_3	Salto Térmico guardamotor Tania Rc Errors	Alarmas1	10	%D44.DBX0.2	
4	Aviso de bit_4	Salto Térmico guardamotor Blower1 Errors	Alarmas1	11	%D44.DBX0.3	
5	Aviso de bit_5	Salto Térmico guardamotor Blower2 Errors	Alarmas1	12	%D44.DBX0.4	
6	Aviso de bit_6	Salto Térmico guardamotor Bomba I Errors	Alarmas1	13	%D44.DBX0.5	
7	Aviso de bit_7	Salto Térmico guardamotor Bomba I Errors	Alarmas1	14	%D44.DBX0.6	
8	Aviso de bit_8	Salto Térmico guardamotor Bomba I Errors	Alarmas1	15	%D44.DBX0.7	
9	Aviso de bit_9	Alarma Pozo Bombeo: Nivel de agua Errors	Alarmas1	0	%D44.DBX1.0	
10	Aviso de bit_10	Alarma Decantador Primario: Nivel c Errors	Alarmas1	1	%D44.DBX1.1	
11	Aviso de bit_11	Alarma Decantador Secundario: Niv Errors	Alarmas1	2	%D44.DBX1.2	
12	Aviso de bit_12	Alarma Reactor Biológico: Bajo nivel Errors	Alarmas1	3	%D44.DBX1.3	
13	Aviso de bit_13	Alarma Reactor Biológico: Alto nivel Errors	Alarmas1	4	%D44.DBX1.4	

Fuente: El autor

18. Alarmas analógicas PLC

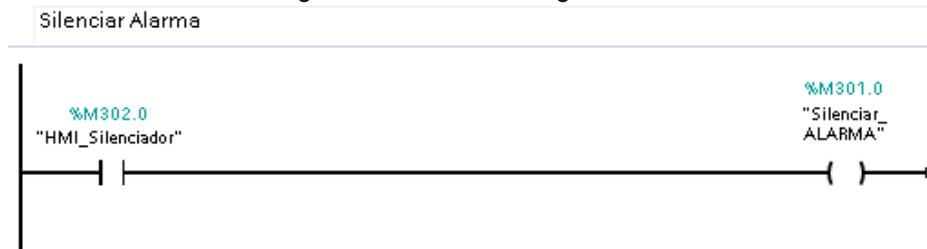
Figura 10: Alarmas analógicas PLC



Fuente: El autor

19. Configuración de alarma emergencia PLC

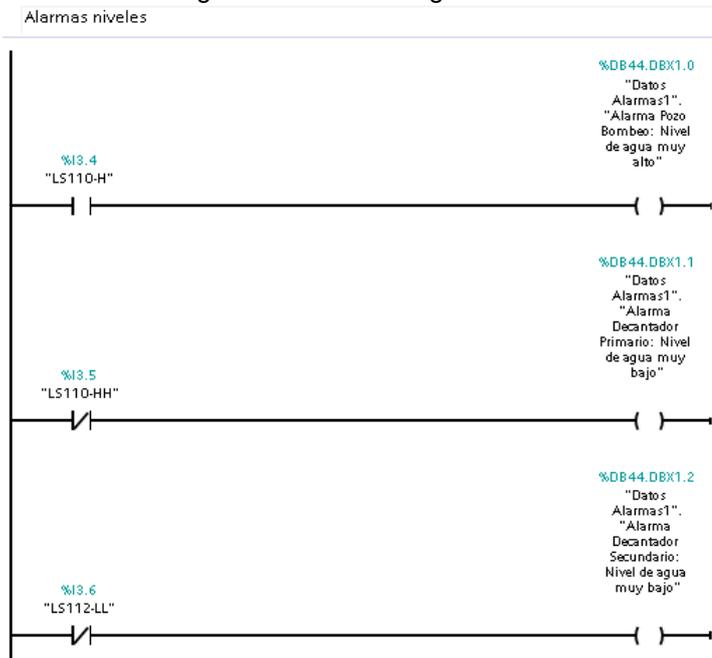
Figura 11: Alarma emergencia PLC



Fuente: El autor

20. Programa alarmas digitales PLC

Figura 12: Alarmas digitales PLC



Fuente: El autor

21. Creación bloque de función PLC

Figura 13: Bloque de Función



Fuente: El autor

22. Creación variables bloque de función PLC

Figura 14: Variables bloque de función

Nombre	Tipo de dato	Valor predet.	Retención	Asociable a...	Escrib.	Visible en...	Valor de...
Input							
1	in	Bool	Falso	No retiene...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Clock	Bool	Falso	No retiene...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Reset	Bool	Falso	No retiene...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Output						
5	Output						
6	Output						
7	Output						
8	Seconds	Dint	0	Retiene...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Minutos	Dint	0	Retiene...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Hours	Dint	0	Retiene...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Stack						
12	Stack						
13	Temp						
14	Temp						
15	Constant						
16	Constant						

Fuente: El autor

ANEXO 2

PRÁCTICA 2

Tema: Desarrollo sistema HMI para la automatización de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante la integración del controlador SIMATIC S7-300.

Objetivos:

- Crear un programa de PLC S7-300 que funcione de acuerdo con las condiciones establecidas por el usuario. Para ello, se pueden utilizar bloques de funciones para representar la lógica del programa.
- Implementar interfaz gráfica de usuario mediante HMI en TIA PORTAL.
- Aprender a utilizar las variables en TIA Portal para crear programas de HMI para aplicaciones industriales.

Introducción:

La línea de controladores SIMATIC S7-300 ha incorporado a su gama de productos, los nuevos modelos de paneles llamados "Basic Panels". Estos son paneles con funcionalidad básica para pequeñas máquinas ó instalaciones.

Características de la pantalla HMI:

- Manejo con teclado/táctil.
- pantalla TFT de 6".
- 256 colores.
- Interfaz PROFINET.
- configurable a partir de WinCC flexible 2008 SP2 Compact/ WinCC

Basic V10.5/ STEP 7 Basic V10.5.

1. Creación del proyecto en TIA PORTAL V15.

Figura 15: Variables bloque de Función



Fuente: El autor

2. Creaciones variables en TIA PORTAL V15.

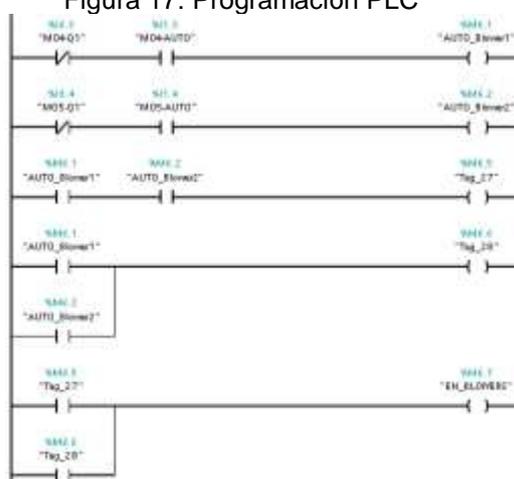
Figura 16: Variables PLC

31	M01-KM1	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M01
32	M02-KM1	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M02
33	M03-KM1	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M03
34	M04-KM1	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M04
35	M05-KM1	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M05
36	M06-KM1	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M06
37	M07-KM1	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M07
38	M08-KM1	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha M08
39	EV01-KA1	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Marcha EV01
40	OT101	Int	%RW112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Entrada Analógica Origen Desulfit
41	Reserva1-KA1	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA1
42	Reserva2-KA1	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA2
43	Reserva3-KA1	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA3
44	Reserva4-KA1	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA4
45	Reserva5-KA1	Bool	%Q1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA5
46	Reserva1-InAnalog	Int	%RW114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA ANALOG IN1
47	Reserva2-InAnalog	Int	%RW116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESERVA ANALOG IN2

Fuente: El autor

3. Programación grupo reactor biológico.

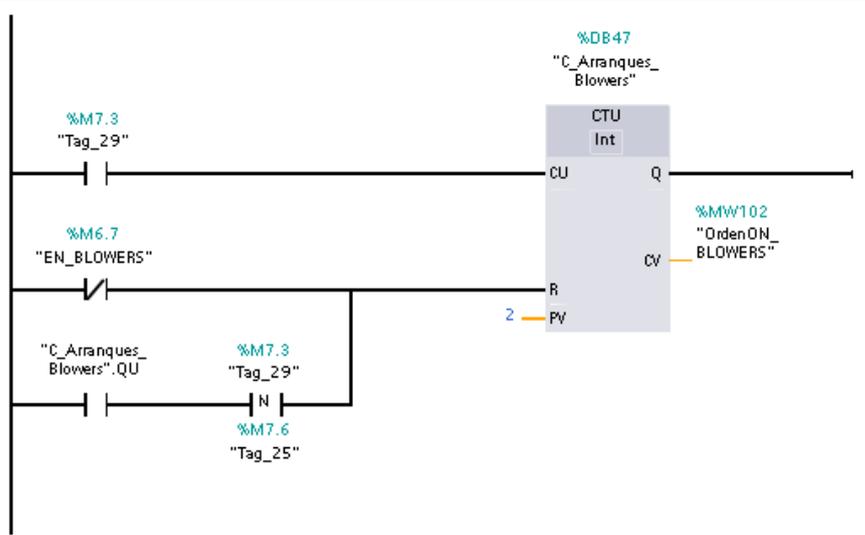
Figura 17: Programación PLC



Fuente: El autor

4. Creación del bloque contador.

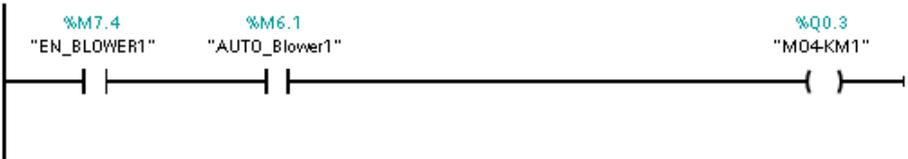
Figura 18: Bloque contador PLC



Fuente: El autor

5. Activación salida digital PLC

Figura 19: Salida digital PLC



Fuente: El autor

6. Creación de variables en bloque de función

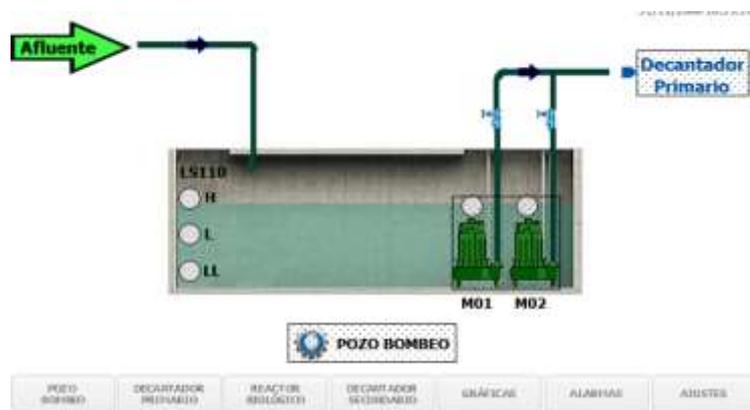
Figura 20: Variables bloque de Función

Linealización	Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible d.	Escrib.	Visible en...	Valor de...
1	Input							
2	Ventrada_4mA	Real	0.0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Ventrada_20mA	Real	0.0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	EntradaEW	Int	0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	LinMax	Real	0.0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	LinMin	Real	0.0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Filtro_4mA	Real	0.0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Output							
9	FALLO_MED_ANALOG	Bool	false	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	InOut							
11	Valor_medida	Real	0.0	No reman...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Static							
13	<Agregar>							
14	Temp							
15	X_Entrada	Real			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	X_VEntrada_min	Real			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	X_Vmax_min	Real			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	X_VEmax_min	Real			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	X_numerador	Real			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	X_num_den	Real			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	X_Alarma_med_min	Bool			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	X_Alarma_med_max	Bool			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Constant							
24	<Agregar>							

Fuente: El autor

7. Creación de interfaz HMI

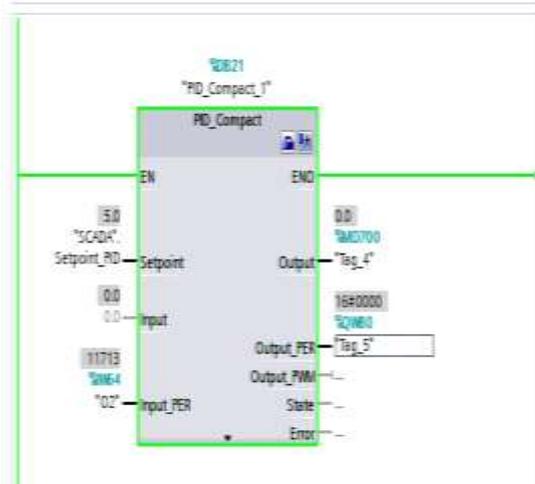
Figura 21: Interfaz HMI – Pozo Bombeo



Fuente: El autor

- 8.
- 9. Creación de interfaz HMI

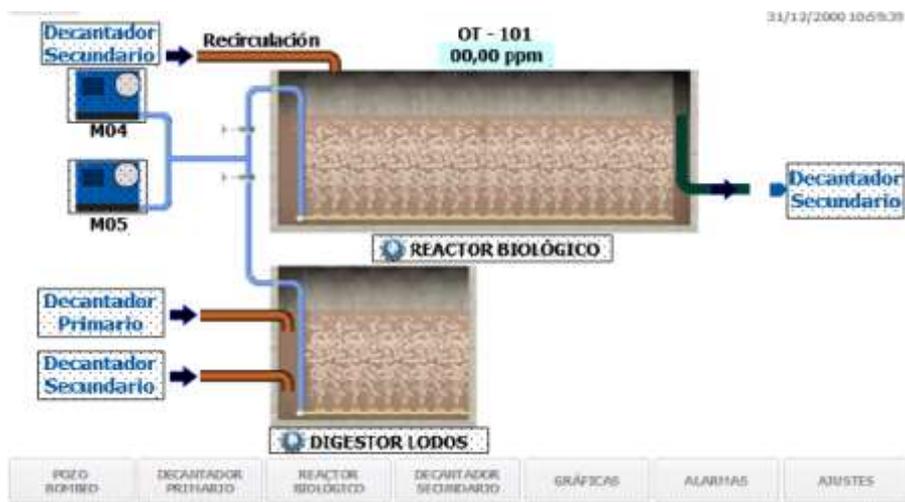
Figura 22: Programación – PID



Fuente: El autor

- 10. Creación de interfaz HMI

Figura 23: Interfaz HMI – Reactor Biológico



Fuente: El autor

ANEXO 3

PRÁCTICA 3

Tema: Desarrollo sistema SCADA para la automatización de una planta de tratamiento de aguas residuales mediante la integración de controladores S7-1200 y S7-300

Objetivos:

- Crear un programa de PLC S7-300 y S7-1200 que funcione de acuerdo con las condiciones establecidas por el usuario. Para ello, se pueden utilizar bloques de funciones para representar la lógica del programa.
- Implementar interfaz gráfica de usuario mediante SCADA en TIA PORTAL.
- Aprender a utilizar las variables en TIA Portal para crear programas de SCADA para aplicaciones industriales.

Introducción:

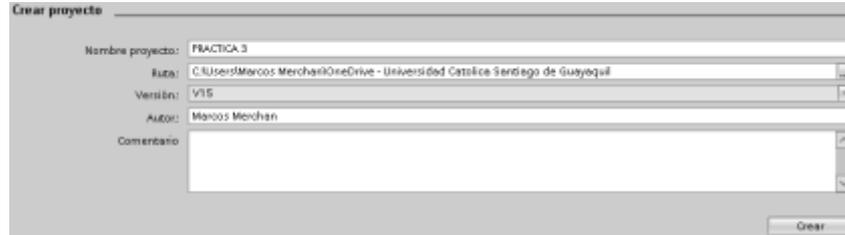
SCADA, que significa Supervisory Control and Data Acquisition, es un sistema de software y hardware que se utiliza para controlar y supervisar procesos industriales. Los sistemas SCADA se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde la fabricación hasta la energía y los servicios públicos.

Los sistemas SCADA suelen constar de los siguientes componentes:

- Centro de control.
- Red de comunicaciones.
- Dispositivos de campo

1. Creación del proyecto en TIA PORTAL V15.

Figura 24: Creación proyecto SCADA



Fuente: El autor

2. Creación de variables SCADA

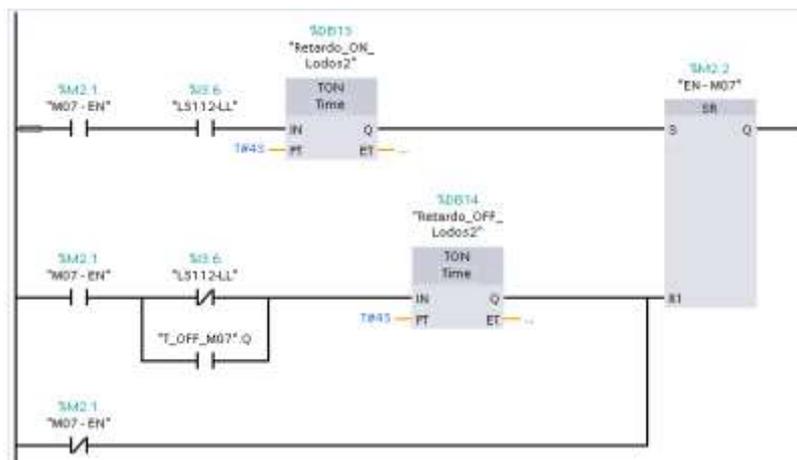
Figura 25: Creación variables SCADA

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Reservado	Accesible a	Excluido	Visible en	Valor de
Static							
Tempo_Evnt_ON	Int	0					
Tempo_AlarmaON	Int	0					
Tempo_AlarmaOFF	Int	0					
Tempo_Estacione1ON	Int	0					
Tempo_Estacione1OFF	Int	0					
Tempo_Estacione2ON	Int	0					
Tempo_Estacione2OFF	Int	0					
Tempo_DobleEstacionON	Int	0					
Tempo_DobleEstacionOFF	Int	0					
Alarma_Origens_Alto	Real	0.0					
Alarma_Origens_Bajo	Real	0.0					
HMI_AUTO_EV01	Bool	False					
HMI_MANUAL_EV01	Bool	False					
swait_Anticoque1_M01	Int	0					
swait_Anticoque1_M02	Int	0					

Fuente: El autor

3. Programación PLC

Figura 26: Programación control SCADA



Fuente: El autor

4. Activación salida digital PLC

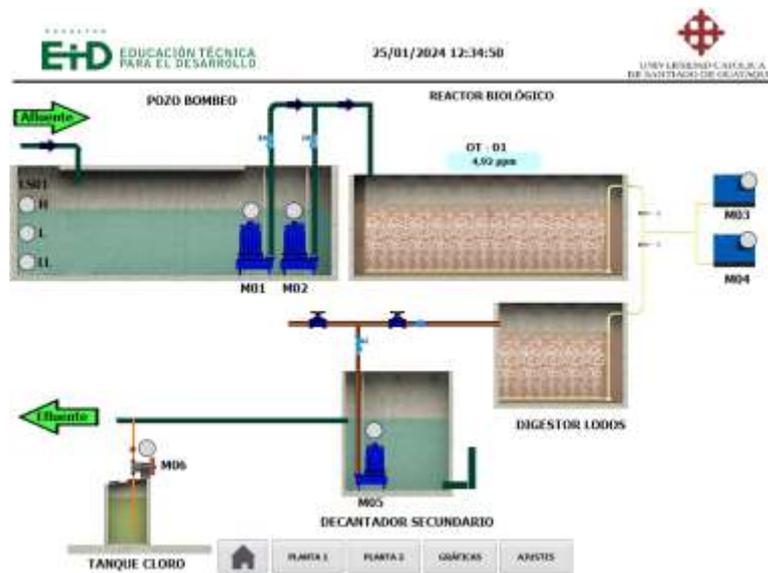
Figura 27: Programación salida digital decantador secundario



Fuente: El autor

5. Creación interfaz SCADA

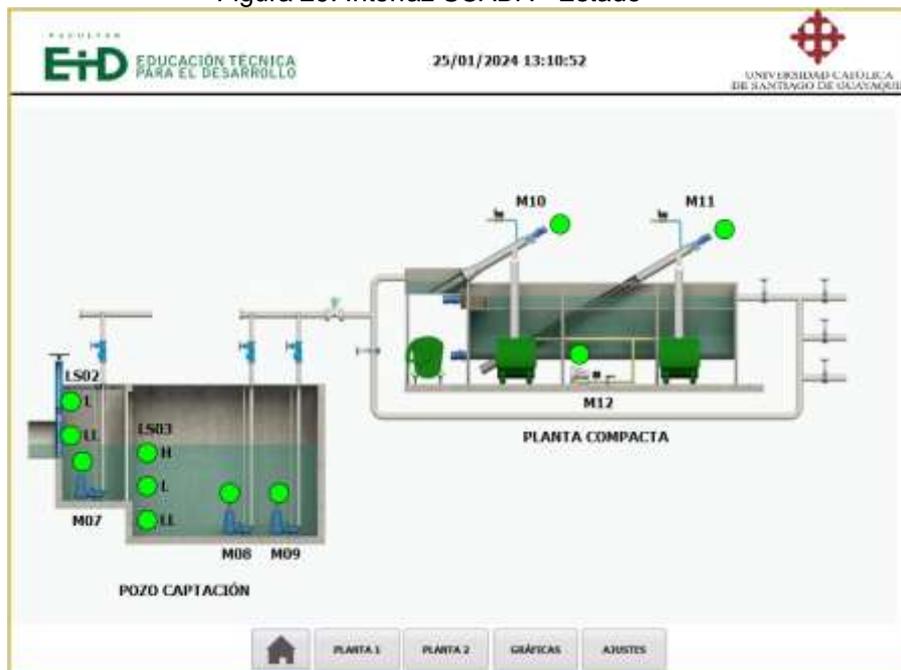
Figura 28: Interfaz SCADA



Fuente: El autor

6. Creación interfaz SCADA

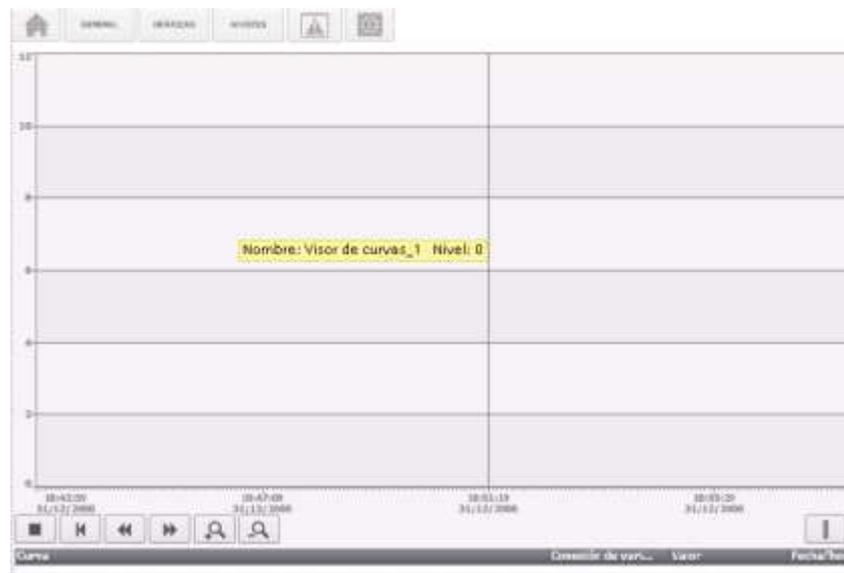
Figura 29: Interfaz SCADA - Estado



Fuente: El autor

7. Creación interfaz SCADA

Figura 30: Interfaz SCADA - Gráfica



Fuente: El autor

8. Creación interfaz SCADA

Figura 31: Interfaz SCADA - Configuración



Fuente: El autor



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Merchán Anchundia, Marcos Adrián**, con C.C: # **0930763669** autor del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de aplicaciones de automatización de procesos industriales utilizando PLC's S7-1200, S7-300 y HMI**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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 a la SENESCYT en formato digital una copia del referido 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.- 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 propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **25 de enero del 2024**

f. _____

Merchán Anchundia, Marcos Adrián

C.C: 0930763669

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Diseño e implementación de aplicaciones de automatización de procesos industriales utilizando PLC's S7-1200, S7-300 y HMI.		
AUTOR(ES)	Marcos Adrián, Merchán Anchundia		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Luis Orlando, Philco Asqui		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	25 de enero del 2024	No. DE PÁGINAS:	67
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electricidad, Automatización y Electrónica.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Automatización, TIA PORTAL, S7-1200, S7-300, SCADA, Programación, Guías, PLC.		
RESUMEN:	<p>El proyecto de titulación tiene como objetivo desarrollar guías prácticas para que los estudiantes de Ingeniería en Electricidad de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) puedan profundizar en el desarrollo de programación de controladores S7-1200, S7-300 y de aplicaciones industriales integrales por medio de sistemas SCADA, utilizando el software SIMATIC TIA PORTAL. Estas guías permitirán a los estudiantes profundizar sus conocimientos y habilidades en el campo de la automatización, y contribuirán a su formación profesional. El objetivo general del proyecto es desarrollar una guía de laboratorio y un plan de actividades prácticas que permita a los estudiantes de Ingeniería en Electricidad diseñar e implementar la programación de controladores PLC de la marca Siemens para aplicaciones industriales, mientras que los objetivos específicos incluyen el desarrollo de tres aplicaciones industriales, evaluar la efectividad de la guía y ajustarla según las necesidades de los estudiantes. El proyecto se desarrolló teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes, exigencias del sector industrial y soluciones vanguardistas. En conclusión, las guías experimentales de aplicaciones industriales corresponden a una herramienta eficaz para la formación en automatización y el desarrollo de habilidades.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593-989335865	E-mail: marcos.merchan@cu.ucsg.edu.ec m.merchan.20@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN(COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: +593-9809160875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			