


Aprobado

MSc. Carlos Ruiz

19/03/2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Ruiz', enclosed within a large, hand-drawn circular scribble.



**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
VIDA NUEVA**

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL
SOBRELLENADO DEL TANQUE V4H EN LA EMPRESA
INTERQUIMEC S.A

PRESENTADO POR:

MENDOZA CASA MARCO SANTIAGO

TUTOR:

ING. RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MSC.

ABRIL 2021

QUITO – ECUADOR

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL SOBRELLENADO DEL TANQUE V4H EN LA EMPRESA INTERQUIMEC S.A”** en la ciudad de Quito, presentado por el ciudadano **MENDOZA CASA MARCO SANTIAGO**, para optar por el título de Tecnólogo Electromecánico, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de abril de 2021.

TUTOR: ING.RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO MSC.

C.I.: 0604030635

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL SOBRELLENADO DEL TANQUE V4H EN LA EMPRESA INTERQUIMEC S.A”** en la ciudad de Quito, del estudiante: **MENDOZA CASA MARCO SANTIAGO** de la Carrera en Tecnología Electromecánica.

Para constancia firman:

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **MENDOZA CASA MARCO SANTIAGO** portador de la cédula de ciudadanía **1725124067**, facultado de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**, autor de esta obra certifico y proveo al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, usar plenamente el contenido del informe con el tema **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL SOBRELLENADO DEL TANQUE V4H EN LA EMPRESA INTERQUIMEC S.A”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de abril de 2021.

MENDOZA CASA MARCO SANTIAGO

C.I.: 1725124067

DEDICATORIA

Primeramente, esto se lo dedico a Dios y a mis padres
quienes son mi fortaleza para seguir adelante
gracias a todas las personas que he tenido
la dicha de conocer, compartir y que me han
brindado su apoyo abnegado, con sus consejos,
ánimos y acciones que han contribuido en mi
formación profesional y que se ve reflejado
en este proyecto de aplicación práctica.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a mis padres, hermanas y a mi esposa que siempre me apoyaron para llegar a cumplir con este sueño que es de ser un hombre de bien y con una profesión, y los compañeros que de una u otra manera siempre estaban en los momentos difíciles de mi vida estudiantil. Además, agradezco a los ingenieros que me brindaron sus conocimientos y sus consejos para ser un profesional de éxito, también en ámbito personal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes.....	5
Justificación	7
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos	8
MARCO TEÓRICO.....	9
Tipos de tanques	9
Cilíndricos horizontales.	9
Cilíndricos verticales.....	10
Tanque de techo fijo.....	10
Tanque de techo flotante.	11
Motorreductor	11
Sistemas de agitación.....	12
Clases de agitadores.....	12
Agitadores de hélice.	13
Agitadores de turbina	14

Tablero de control	14
Tipos de tableros	15
Disyuntor	16
Tipos de disyuntores	17
Guarda Motor.....	17
Contactador.....	18
LOGO SIEMENS	19
Controlador Lógico programable (PLC).....	20
Estructura del PLC.....	21
Unidad de procesamiento central (CPU).....	22
Ciclo de SCAN.....	22
Unidad de programación	23
Módulos de entrada/salida discretos	23
Módulos de entrada/salida analógicos	23
Bastidor.....	24
Profibus DP.....	24
Activos.	25
Pasivos.	25
Tipos de lenguajes de programación del PLC S7-1200.....	26
Lenguaje Ladder o KOP.....	26
Lenguaje booleano o AWL.	27

Diagrama de funciones FUP.	28
Bases portafusibles	29
Sensores de nivel	30
METODOLOGÍA DEL PROYECTO - DESARROLLO	32
Instalación de tubería eléctrica	33
Instalación del transmisor de nivel ultrasónico.....	33
Repartidores modulares y de potencia.....	34
Supervisores de nivel.....	34
Porta fusible tipo bornera.....	35
Fuente de alimentación SITOP	35
Características del switch ADAM-6520	37
Controlador lógico programable.....	37
Programación en el software TIA PORTAL V 15.1	38
Instrucción NORM_X.....	38
Variables PLC.....	41
Visualización pantalla HMI	41
RESULTADOS.....	43
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	51

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1 Tanque cilíndrico horizontal	10
Imagen No. 2 Tanque cilíndrico vertical de techo fijo.....	10
Imagen No. 3 Tanque cilíndrico vertical de techo flotante	11
Imagen No. 4 Motorreductor.....	12
Imagen No. 5 Agitador tipo hélice de tres aspas.....	13
Imagen No. 6 Agitador de tipo turbina	14
Imagen No. 7 Tablero de control	15
Imagen No. 8 Disyuntor trifásico.....	17
Imagen No. 9 Guarda Motor	18
Imagen No. 10 Contactor marca SIEMENS	19
Imagen No. 11 LOGO SIEMENS.....	20
Imagen No. 12 SIMATIC S7-1200.....	21
Imagen No. 13 Sistema maestro/esclavo en Profibus DP	25
Imagen No. 14 Lenguaje FUP.....	29
Imagen No. 15 Base Porta Fusibles	29
Imagen No. 16 Transmisor de nivel.....	30
Imagen No. 17 Elaboración de tubería eléctrica	33
Imagen No. 18 Instalación del transmisor de nivel.....	34
Imagen No. 19 Repartidor de cargas eléctricas.....	34
Imagen No. 20 Supervisor de nivel.....	35

Imagen No. 21	Fusibles tipo borne	35
Imagen No. 22	Fusibles tipo bornera	36
Imagen No. 23	Switch Ethernet	36
Imagen No. 24	PLC S7-1200	38
Imagen No. 25	Instrucción básica NORM_X	38
Imagen No. 26	Instrucción básica SCALE_X	39
Imagen No. 27	Instrucción comparación	39
Imagen No. 28	Parámetro de temporización nivel Alto.....	40
Imagen No. 29	Parámetro de temporización nivel Alto - Alto	40
Imagen No. 30	Variables PLC	41
Imagen No. 31	Variables HMI.....	41
Imagen No. 32	Visualización de nivel	42
Imagen No. 33	Medición de voltajes	44
Imagen No. 34	Medición de voltajes	44
Imagen No. 35	Nivel Alto	45
Imagen No. 36	Nivel Alto - Alto.....	46
Imagen No. 37	Comprobación de comunicación del PLC.....	51
Imagen No. 38	Comprobación de comunicación del HMI	51
Imagen No. 39	Medición del voltaje en PLC.....	52
Imagen No. 40	Imagen de presentación	52
Imagen No. 41	Nivel Alto-Alto activado	53

Imagen No. 42 Comprobación de la activación mediante el parpadeo de la luz piloto	53
Imagen No. 43 Diseño del diagrama de conexiones en Auto CAD.....	54
Imagen No. 44 Conexión del relé de monitoreo	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1 Clases de agitadores	13
Gráfico No. 2 Tipos de tableros eléctricos	16
Gráfico No. 3 Tipos de disyuntores y funciones	17
Gráfico No. 4 Estructura del PLC	21
Gráfico No. 5 Ciclo SCAN de un PLC	22
Gráfico No. 6 Tipos de lenguaje de programación del PLC	26
Gráfico No. 7 Asignación de instrucciones lógicas operacionales	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Características del agitador hélice	14
Tabla No. 2 Señales analógicas más utilizadas	23
Tabla No. 3 Simbología de elementos básicos en programación Ladder.	27
Tabla No. 4 Señales analógicas más utilizadas	31
Tabla No. 5 Presupuesto	32
Tabla No. 6 Especificaciones del producto	37
Tabla No. 7 Temperaturas de operación	37
Tabla No. 8 Medición de voltaje	43

RESUMEN

El proyecto actual trata de la implementación de un nuevo sistema de control para el sobrellenado del tanque V4H en la planta de INTERQUIMEC S.A. con el fin de crear un sistema más amigable y confiable para las personas encargadas del área, para cumplir con lo mencionado anteriormente se hizo uso de un transmisor de nivel ultrasónico tipo radar, un PLC S7-1200 y para su visualización se empleó una pantalla HMI KTP 700 BASIC de la marca SIEMENS. En el contenido se puede encontrar información sobre las definiciones, características, beneficios y utilidades de cada uno de los dispositivos que se utilizaron para la creación del mismo, el sensor de ultrasonido tiene como función calcular la distancia que mantiene con el líquido dentro del tanque a medida que este disminuya o aumente su caudal, para controlar las señales emitidas por el sensor se utilizó el software TIA PORTAL V 15.1 donde se creó la programación empleando instrucciones básicas como conversión, comparación y temporizadores que a su vez fueron cargados al PLC que cuenta con la capacidad de procesar los datos enviados por el sensor permitiendo así la activación de unas luces piloto y alarmas al detectar el sobrellenado, para la puesta en marcha del sistema se ocuparon las técnicas de caja negra y caja blanca para determinar su correcto funcionamiento. Se realizaron pruebas bajo la supervisión de los operadores logrando así capacitarlos para la manipulación de los equipos y cómo actuar en caso de presentarse fallas en el sistema por lo que se brindó la información necesaria con el fin de evitar errores de operación.

PALABRAS CLAVE:

Unidad de procesamiento

Lenguajes de programación

PLC

Transmisor de nivel

Comunicación

ABSTRACT

This project deals with the implementation of a new control system for V4H tank overfilling at the INTERQUIMEC S.A. plant in order to create a more friendly and reliable system for the people in charge of the area. To comply with the aforementioned, a radar type ultrasonic level transmitter, a PLC S7-1200, and a SIEMENS KTP 700 BASIC HMI display were used for its visualization. In the content, you can find information on the definitions, characteristics, benefits, and utilities of each of the devices used to create it. The ultrasonic sensor has the function of calculating the distance it maintains with the liquid inside the tank as the flow rate decreases or increases. TIA PORTAL V 15.1 software was used to control the signals emitted by the sensor, where the programming was created using basic instructions such as conversion, comparison, and timers, which were in turn uploaded to the PLC allowing the activation of pilot lights and alarms when overfilling was detected. For the system start-up, black box and white box techniques were used to establish its correct operation. Tests were conducted under the supervision of the operators, thus training them on how to handle the equipment and how to act in the event of system failures, and the necessary information was provided to avoid operating errors.

KEYWORDS:

Processing unit

Programming languages

PLC

Level transmitter

Level supervisor



Lcdo. Ricardo Quishpe

INTRODUCCIÓN

A nivel global se puede evidenciar que la mayoría de empresas cuentan con instalaciones de almacenamiento, actualmente se puede hacer uso de equipos tecnológicos que permiten implementar sistemas de seguridad ofreciendo una mejor precisión y confiabilidad al proceso de producción protegiendo la integridad del personal y el medio ambiente, el contar con un sistema de control automático de nivel ayuda a las empresas a evitar un costo elevado por derrames del producto y tiempos de paro por fallas o descuidos de operación.

Para garantizar que el llenado del tanque con formol no presente mayor novedad en la empresa INTERQUIMEC S.A se ha propuesto la implementación de un sistema automático controlado a través de un transmisor ultrasónico el cual indicará el nivel de trabajo y el nivel de seguridad, para que esto sea posible se ocupa un controlador lógico programable que estará encargado de recolectar las señales emitidas por el sensor, mediante las salidas del PLC se podrán activar unas luces piloto y alarmas alertando al operador.

Se implementan relés de monitoreo los cuales funcionan en base a la medición de la resistencia eléctrica del líquido entre las sondas de nivel mínimo y nivel máximo emitidas por el transmisor instalado en el tanque, estos dispositivos actúan bajo los parámetros requeridos por el operador.

Con la automatización del sistema permite al operador trabajar de forma más segura ya que se encuentra en comunicación con un LOGO 230RC almacenando en su interior una programación que permite proteger al sistema con el apagado automático del motor y bomba que se encuentren operativos, esta programación es desarrollada de acuerdo a las necesidades de funcionamiento del sistema.

La realidad de los sistemas automatizados es la facilidad que ofrecen a las empresas para mejorar sus tiempos en cuanto a la producción siendo más efectiva por otro lado, el mantenimiento del sistema no requiere de una inspección frecuente

ya que este no se encuentra en contacto directo con el producto evitando así que el formol tienda a polimerizarse en el equipo.

Antecedentes

Con la introducción de los PLC las industrias lograron mejorar sus áreas productivas al contar con sistemas automatizados ya que el controlador lógico programable en la actualidad es capaz de comunicarse con una gran variedad de actuadores, sensores entre otros cumpliendo órdenes dadas por un usuario y ejecutadas por el controlador a continuación, se puede ver los inicios del PLC.

Munuera (2020) complementa lo siguiente:

Los PLC se implementaron en los años 60 para la sustitución de la circuitería con relés lógicos electromecánicos e interruptores utilizando la lógica combinacional, que eran los sistemas convencionales en aquella época, en la cual la tecnología no había llegado hasta el punto de poder prescindir del conexionado punto a punto. En los años 70 surgieron los PLC en la automoción, para conseguir reducir los costes de fabricación de automóviles, ya que se necesitaba un sistema con robustez, y que fuese modificable de manera sencilla. Así surgió el primer PLC, que fue nombrado MODICON 084, el cual fue utilizado en procesos industriales en 1968. A partir de entonces aparecieron los protocolos de comunicación, para que fuera posible formar una red de controladores, donde los PLC pueden intercambiar información entre ellos, lo que hace más sencillo el control de un proceso industrial en tiempo real. (p.16).

Desde épocas anteriores en las empresas ya se veía la necesidad de introducir este tipo de controladores con el fin de automatizar los procesos por lo que se han venido desarrollando diferentes tipos de autómatas programables mejorando día a día sus características para un mejor desempeño.

Bohorquez, Fonseca, & Gutiérrez (2017) confirman que:

En los procesos industriales es frecuente encontrar sistemas que requieren controlar el nivel de dos o más tanques, cuyo comportamiento dinámico depende del caudal resultante de otros tanques, ante esto, la estrategia de control debe considerar que cada parámetro puede mostrar una fuerte

dependencia y por ende su respuesta ante un estímulo se hace imprevisible. Los sistemas de nivel de líquido representan un ejemplo concreto de sistemas de control con amplia difusión en medios industriales. Todo proceso que necesite almacenar sustancias en cualquiera de sus estados requiere realizar registros sobre el nivel de depósito de las mismas. Algunos de los sectores en los que es de gran importancia mantener el nivel de líquido entre parámetros previamente establecidos son: la industria petroquímica, la producción de papel, el tratamiento de aguas y procesos químicos, en los que por el grado de riesgo por contacto humano se requieren procedimientos automatizados. (p.17).

Para controlar el nivel de líquidos es recomendable automatizar los procesos ya que esto hace más seguro el llenado en los tanques de almacenamiento, esto se toma en consideración a que existen productos muy perjudiciales para el ser humano por lo que se pretende evitar que el control de llenado se efectúe de forma manual.

Justificación

Los sensores empleados actualmente en la empresa han sido analizados minuciosamente ya que estos presentan fallas de forma frecuente al ser utilizados en tanques de almacenamiento de formol, estos sensores por lo general entran en contacto directo con el producto para emitir señales que indican el nivel del líquido almacenado, el sistema funciona adecuadamente hasta una semana por lo que no era tan confiable contar con ese tipo de sensores conductivos.

En la empresa INTERQUIMEC se busca mejorar la productividad operacional lo cual conlleva a buscar nuevos dispositivos tecnológicos que mejoren los procesos de producción reduciendo los paros no programados, para los sistemas de control del sobrellenado de tanques se analizan nuevos sensores que no entren en contacto directo con los productos para evitar que el formol se polimerice alrededor de los mismos, permitiendo al operador obtener datos reales en cuanto a la cantidad de producto almacenado en los tanques.

Con la implementación de sensores ultrasónicos la empresa espera reducir los costos por mantenimiento correctivo, ayudando a cumplir con los tiempos establecidos por el departamento de producción en el desarrollo y fabricación de resinas y adhesivos los cuales son utilizados en la producción de aglomerados y otros.

La automatización del proceso de llenado busca brindar a la empresa la oportunidad de optar por una modificación de los sistemas instalados anteriormente al presentar un cambio notable en el rendimiento y efectividad que ofrecen los transmisores de nivel ultrasónico que con ayuda de un controlador lógico programable PLC S7-1200.

El PLC S7-1200 es un dispositivo que permite controlar infinidad de procesos dentro de las industrias, haciéndolo ideal para la implementación del sistema que requiere controlar el sobrellenado del tanque V4H, para la programación del mismo se encuentra disponible un software denominado TIA Portal el cual permite establecer funciones de acorde a las necesidades del proceso.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema de control para el sobrellenado de nivel del tanque V4H en la empresa INTERQUIMEC, en el periodo académico abril 2020 - septiembre 2020.

Objetivos Específicos

- Investigar las principales características de los diferentes tipos de sensores de nivel que existen en el mercado.
- Diseñar el diagrama unifilar del sistema eléctrico y la programación del PLC S7 – 1200 usando el software TIA PORTAL V15.1.
- Implementar el sistema de control de nivel usando un sensor ultrasónico e indicadores sonoros y luminosos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Tipos de tanques

Actualmente las empresas hacen uso de tanques de almacenamiento en función a las necesidades de los procesos, debido a esto existen tanques de diferentes tipos y medidas a continuación, se detallarán sus diferencias y características con las que cuentan, por lo cual se brindara la información necesaria para un mejor entendimiento.

García (2020) asegura que:

Los tanques de almacenamiento industriales se usan como depósitos para manipular o almacenar algún producto, por ejemplo: gases, líquidos, productos de origen químico o petrolíferos, para usarlo posteriormente o para comercializarlo. Suelen usarse en diferentes sectores como el alimentario, químico, cosmético o farmacéutico. Existen principalmente dos tipos de tanques de almacenamiento: (p.37).

Los tanques sirven para almacenar productos sin importar su composición ya que existen diferentes materiales para su construcción lo que ha permitido que estos puedan ser implementados en varios procesos industriales que requieran el almacenamiento de líquidos contando con dos clases conocidas como cilíndricos horizontales y cilíndricos verticales mencionados a continuación.

Cilíndricos horizontales.

Ver imagen 1 para identificar la apariencia que presenta un tanque instalado de forma horizontal, estos tanques por lo general carecen de un espacio amplio.



Imagen No. 1 Tanque cilíndrico horizontal
Elaborado por: García (2020)
Fuente: Datos de la investigación

Cilíndricos verticales.

Los tanques de forma vertical permiten almacenar mayor cantidad de producto, además deben de contar con los estándares de seguridad en base a la presión que se encuentran diseñados a continuación, se puede observar la clasificación de los mismos:

Tanque de techo fijo.

Son comúnmente utilizados en el área industrial ya que permiten almacenar productos químicos que a su vez emiten gases por lo que se requiere contar con recipientes cerrados con el fin de evitar que ingresen residuos de polvo o agua para evitar alteraciones en el producto almacenado.



Imagen No. 2 Tanque cilíndrico vertical de techo fijo
Elaborado por: García (2020)
Fuente: Datos de la investigación

Tanque de techo flotante.

Se utilizan para almacenar productos como el metanol que es un químico altamente inflamable, estos ayudan a evitar la formación de gases inflamables ya que al no controlar eso puede ser algo perjudicial para el entorno en el que se encuentren ubicados estos tipos de recipientes.



Imagen No. 3 Tanque cilíndrico vertical de techo flotante

Elaborado por: García (2020)

Fuente: Datos de la investigación

Motorreductor

Gutierrez & Quispe (2017) informan que, “los motorreductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesitan reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura” (p.27). Los motorreductores son usados en los procesos industriales para reducir la velocidad de un equipo, esto se logra a través de la caja reductora ya que regula la velocidad de entrada y así genera otra velocidad de salida permitiendo que la maquinaria trabaje a cierta fuerza sin dañar el equipo, el motorreductor instalado en el tanque se acopla a un sistema para agitar el formol en el tanque V4H.



Imagen No. 4 Motorreductor
Elaborado por: Martínez (2020)
Fuente: Datos de la investigación

Sistemas de agitación

Esteban (2018) describe que:

El sistema de agitación consta de un recipiente y un impulso; el recipiente puede ser abierto o cerrado, y el sistema de agitación puede ser accionado mediante el acople directo, con el uso de reductores de velocidad o mediante el uso de poleas y fajas de transmisión. (p.42).

Los sistemas de agitación generan movimientos de forma circular para la mezcla de productos, estos se pueden emplear en tanques de almacenamiento ya que existen procesos en los que se requiere agitar el producto para enfriarlos a temperatura ambiente y así poder almacenarlos, con lo que respecta al formol la agitación del mismo es indispensable para su almacenamiento.

Clases de agitadores

A continuación, se brinda información sobre las clases de agitadores que se encuentran divididas en dos clases más conocidas como se puede observar en el gráfico 1, para brindar una mejor información se brindara una explicación breve de las funciones y características con las que cuentan estos tipos de agitadores.

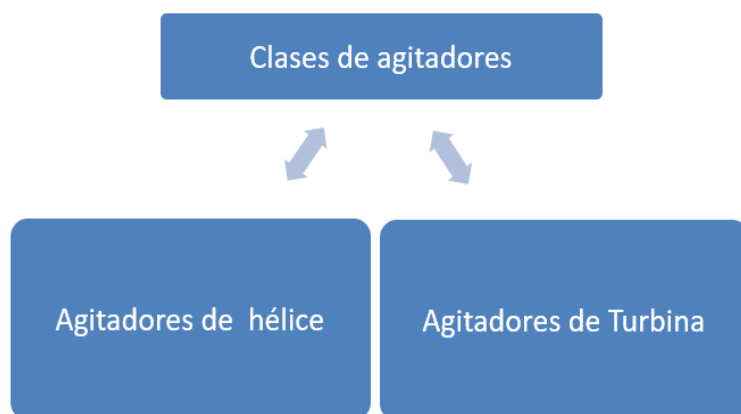


Gráfico No. 1 Clases de agitadores
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Agitadores de hélice.

El agitador de hélice es un agitador de flujo axial, este sistema comúnmente se emplea en tanques de almacenamiento que contengan líquidos poco viscosos que requieran de un movimiento circulatorio dentro del mismo a fuerzas elevadas, esto a su vez empuja al producto contra las paredes y el fondo del tanque con el objetivo de efectuar operaciones de mezcla, este tipo de agitación se encuentran más en el área industrial.

En la imagen 5 se muestra un agitador de tipo hélice de tres aspas.

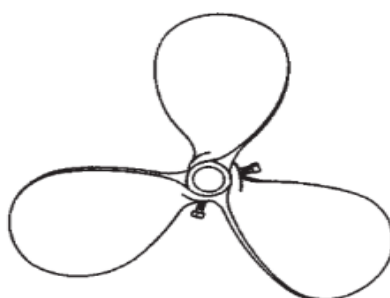


Imagen No. 5 Agitador tipo hélice de tres aspas
Elaborado por: Esteban (2018)
Fuente: Datos de la investigación

En la tabla 1 se muestran las características principales de un agitador de hélice para que se consideren en un posible manual o plan de mantenimiento requerido para la empresa.

Tabla No. 1 Características del agitador hélice

Descripción	Generalmente utilizan 3 alabes
Campo de flujo generado	Axial
Régimen alcanzado	Turbulento
Velocidad tangencial	3-15 m/s
Viscosidad del medio	< 8 Pa. S
Aplicaciones	Homogenizar – Suspender Favorece al intercambio de calor

Nota: Se detallan cada una de las características con las que cuenta un agitador tipo hélice

Elaborado por: Esteban (2018)

Fuente: Datos de la investigación

Agitadores de turbina

Mencionado anteriormente en el agitador de hélice cumple con las mismas funciones de agitación en los tanques de almacenamiento con la diferencia que este tipo de agitador opera a velocidades bajas empleados para líquidos de viscosidad variable.

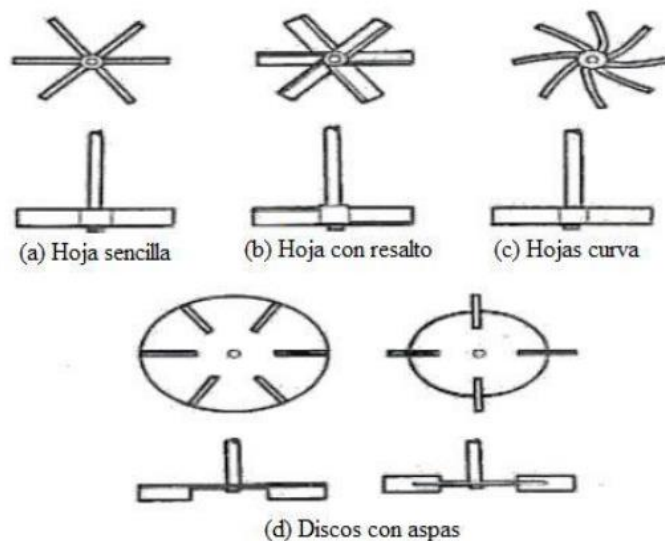


Imagen No. 6 Agitador de tipo turbina

Elaborado por: Martínez (2020)

Fuente: Datos de la investigación

Tablero de control

Velasco & Collaguazo (2018) argumentan lo siguiente:

Son aquellos cuadros eléctricos que albergan los elementos de protección, maniobra, control y medición. Es típico en industrias, donde se desea activar

o desactivar interruptores, generalmente de tipo rotativo, para realizar tareas en el proceso productivo y visualizar su estado actual, indicado mediante lámparas de señalización de diversos colores, principalmente verde y rojo. (p.7).

Los tableros generalmente son usados para alojar equipos en su interior con el fin de facilitar el armado de circuitos y a su vez protegerlos del alcance de cualquier persona ya que para su intervención tienen que contar con la autorización necesaria. Estos son diseñados con la finalidad de realizar funciones específicas dentro de las industrias en sus procesos de automatización.



Imagen No. 7 Tablero de control
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Tipos de tableros

En el gráfico 2 se detallan los tipos de tableros eléctricos, su clasificación según la ubicación asignada para ser instalados ya que estos pueden ser de uso industrial o residencial. Para este proyecto se utilizó un tablero de control diseñado para el sector industrial con el fin de abarcar cada uno de los dispositivos tomados en consideración para la construcción del sistema de sobrellenado en el tanque V4H.

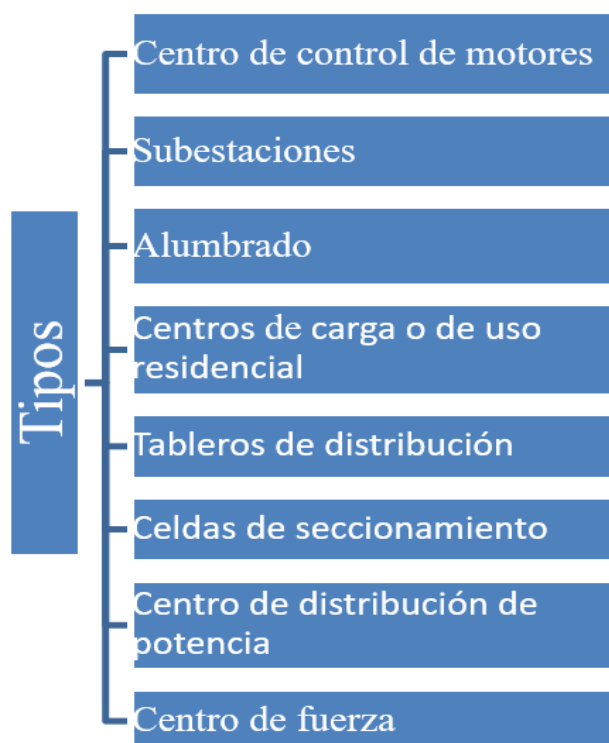


Gráfico No. 2 Tipos de tableros eléctricos
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Disyuntor

Velasco & Collaguazo (2018) mencionan que, “es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar, e interrumpir la corriente del circuito siendo ésta la normal de servicio estando en carga o, circunstancialmente, en condiciones específicas de sobre intensidades. Capaz de cortar intensidades de cortocircuito” (p.8). El disyuntor que se muestra en la imagen 8 es empleado en los sistemas eléctricos con el fin de proteger al cableado y conductores eléctricos ya sea por una sobrecarga o un cortocircuito asumiendo la protección contra calentamientos excesivos cumpliendo así con su función principal de proteger al conductor.

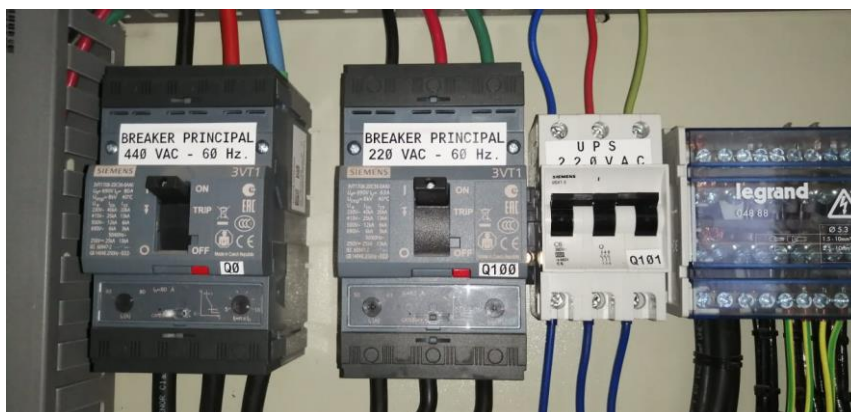


Imagen No. 8 Disyuntor trifásico
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Tipos de disyuntores

A continuación, se detallan los disyuntores más utilizados para sistemas de corriente alterna visualizar gráfico 3:

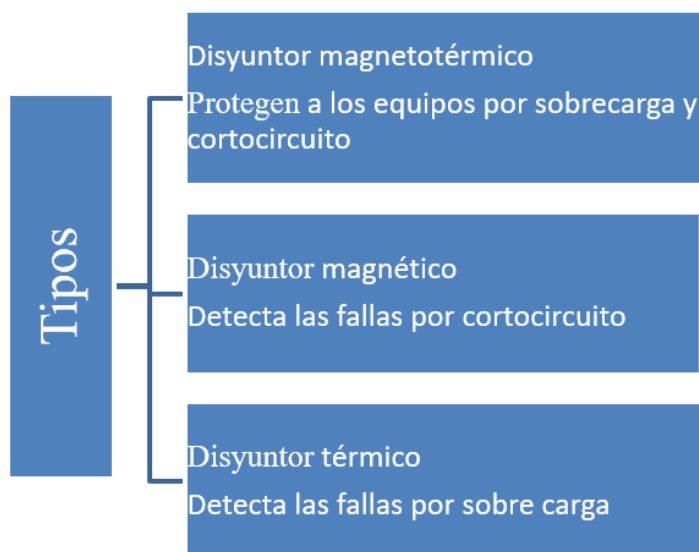


Gráfico No. 3 Tipos de disyuntores y funciones
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Guarda Motor

Chancusig & Guanoquiza (2019) describen que:

Es un elemento de protección eléctrica que se encarga de proteger al motor de sobrecargas o cortocircuitos. El guarda-motor sensa la corriente la

corriente de consumo del motor y si ésta sobrepasa la corriente nominal se activará el dispositivo de protección abriendo los circuitos o los contactos de fuerza protegiendo así al motor. (p.17).

El guarda motor es un elemento muy utilizado en los circuitos que requieren la operación de motores ya que es diseñado para la protección de motores cuando sienta una sobrecarga de manera brusca, para su protección se instala un contacto normalmente cerrado en el circuito de mando lo que abre el circuito impidiendo así el accionamiento del mismo.



Imagen No. 9 Guarda Motor
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Contactor

Velasco & Collaguazo (2018) informan lo siguiente:

Es un aparato electromecánico, accionado generalmente de forma eléctrica, que es capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente que circula por el circuito en condiciones normales, incluidas determinadas condiciones de sobrecarga en servicio. Su función en el circuito consiste en conectar y desconectar los elementos en el circuito de mando. (p.8).

El contactor es un dispositivo muy empleado en los sistemas eléctricos ya que es el encargado de accionar o desconectar el circuito, a su vez este puede ser

controlado a distancia por el circuito de mando, en este sistema se emplea para la activación del motorreductor instalado en el tanque de almacenamiento.



Imagen No. 10 Contactor marca SIEMENS
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

LOGO SIEMENS

Jacho (2017) menciona que:

Es un relé lógico programable, perteneciente a la familia de los PLC's de baja gama, es utilizado para la implementación de control en pequeños proyectos de automatización. Está compuesto por un módulo básico y módulos de expansión que se van conectando dependiendo del número de entradas y salidas. (p.19).

Se emplea un LOGO 230 RC ya que este facilita su ampliación mediante un módulo de expansión adecuado para la programación que se encargara de controlar el apagado automático del motor, a través de la señal emitida por el relé de monitoreo al detectar el nivel de seguridad dentro del tanque de almacenamiento V4H.



Imagen No. 11 LOGO SIEMENS
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Controlador Lógico programable (PLC)

De acuerdo a Sánchez (2018):

Un PLC es un dispositivo electrónico de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. (p.56).

El PLC también conocido como autómeta programable es muy utilizado en el sector industrial por su amplia capacidad que tiene para procesar datos de una maquina como sensores o cualquier señal determinada como entrada, una vez efectuado el procesamiento permite controlar actuadores como pistones, motores, entre otros. Ver imagen 13.



Imagen No. 12 SIMATIC S7-1200
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Estructura del PLC

Un PLC está constituido por los siguientes elementos mencionados en la figura 4: Entre ellos se encuentra una fuente de alimentación, CPU, módulos de entradas/salidas, módulos de memorias y la unidad de programación.

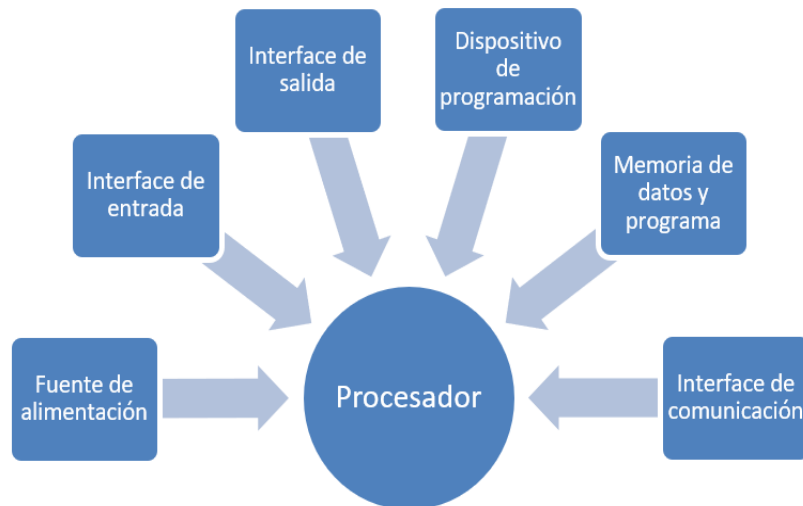


Gráfico No. 4 Estructura del PLC
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Unidad de procesamiento central (CPU)

Munuera (2020) expone lo siguiente:

Un elemento fundamental de un PLC es la unidad central del proceso (CPU), que es considerado el cerebro del PLC, donde se halla el microprocesador, que hace posible la correcta lectura del programa de usuario ejecutando un control de errores de software y hardware. Previamente a la ejecución del programa ejecuta la lectura de las entradas, las cuales son almacenadas en la memoria RAM volátil. Los datos del programa de usuario son almacenados en la memoria interna de la CPU (usualmente EEPROM). (p.18).

La unidad de procesamiento es como el cerebro de los dispositivos programables con la capacidad de interpretar las instrucciones de un programa y darle una correcta lectura del mismo mediante unas operaciones básicas, lógicas y externamente por la condición de 0 y 1 de las entradas y salidas.

Ciclo de SCAN.

Tiempo que tarda un autómata programable en ejecutar todas las operaciones de programa:



Gráfico No. 5 Ciclo SCAN de un PLC
Elaborado por: Munuera (2020)
Fuente: Datos de la investigación

Unidad de programación

Reinel & Velásquez (2019) aseguran que, “es el medio que se utiliza para realizar la comunicación Hombre-Máquina se encuentra compuesta por teclados y dispositivos para la visualización” (p.54). En la unidad de programación se declaran los parámetros adecuados para cumplir con los requerimientos deseados del programador.

Módulos de entrada/salida discretos

Camposano & Rivera (2016) informan que:

Controlar problemas con secuencias de señales discretas es uno de los hechos más comunes en la industria, por esto es el tipo de módulo más utilizado. Un sensor de señal discreta tiene solo dos estados: ON / OFF, abierto/cerrado, funcionando/detenido, etc. (p.12).

Estos módulos permiten ampliar la capacidad del PLC esto se efectúa cuando se necesita instalar más pulsadores o dispositivos de accionamiento, a su vez con la ampliación sus salidas aumentan haciendo el sistema más funcional ya que permite controlar mayor cantidad de dispositivos de un proceso.

Módulos de entrada/salida analógicos

Conforme a Camposano & Rivera (2016) mencionan que, “aunque los PLC fueron originalmente diseñados para manejar señales discretas, a menudo existe la necesidad de manejar señales continuas. Estas señales pueden estar representadas por infinitas cantidades de valores” (p.13). Estos módulos son empleados ya que el PLC tiene entradas y salidas analógicas limitadas, pero al contar con módulos de expansión se puede conectar mayor cantidad de los diferentes sensores que existen en el mercado, para ver las señales más utilizadas dirigirse a tabla 2.

Tabla No. 2 Señales analógicas más utilizadas

Rangos de voltaje	Rangos de corriente
1 a 5 V	4 a 20 Ma
0 a 5 V	0 a 20 mA
0 a 10 V	-20 a 20 mA

-5 a +5 V

-10 a +10 V

Nota: Se muestran los rangos típicos usados en señales analógicas. EL rango de 4 a 20 mA es la señal más comúnmente utilizada.

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Propia

Bastidor

De acuerdo a Munuera (2020):

El rack (bastidor), es un elemento sobre el que se montan todos los módulos del PLC. Dispone de slots, que son las ranuras donde se introduce el módulo correspondiente. El bastidor se encarga de que mecánicamente los módulos estén correctamente fijados, y también las interconexiones eléctricas necesarias entre algunos módulos. (p.20).

El bastidor es un elemento muy útil ya que permite desmontar los bornes para facilitar la introducción y ajuste de los cables, una vez realizado ese procedimiento se pueden volver a instalar en el PLC y quedan correctamente fijados al equipo.

Profibus DP

En las industrias implementan esta red ya que es capaz de cumplir con actividades rápidas estableciendo una comunicación entre sensores instalados en campo y controladores a continuación, se informa de forma más detallada.

Munuera (2020) informa lo siguiente:

Profibus DP (periferia descentralizada) es un estándar abierto de comunicaciones para buses de campo que se emplea para la interconexión de dispositivos de campo de entrada y salida: En cuanto a su medio físico, trabaja bajo las especificaciones de la norma física RS-485. Se usa un par diferencial con cable trenzado, previsto para comunicación Half-duplex, cuya velocidad de transmisión varía entre 9.6Kbits/s y 12Mbits/s. Se colocan unas resistencias terminadoras en cada extremo de la red. Se aplica para el intercambio de un volumen medio de datos a gran velocidad entre

un controlador principal, que actúa como maestro de la red, y el resto de equipos conectados y distribuidos por la red Profibus son denominados esclavos.

Profibus DP está a cargo de diagnosticar posibles errores de red o en los dispositivos al momento de realizar la comunicación mediante el envío de datos, este a su vez puede sufrir interferencias por lo que no se recomienda instalarlo por acometidas eléctricas. Profibus DP incluye dos tipos de dispositivos en la red de comunicación estos son conocidos como activos y pasivos:

Activos.

Son dispositivos capaces de validar el estado o información que ofrecen los elementos pasivos como son los equipos instalados en campo sensores, actuadores entre otros.

Pasivos.

Estos son los dispositivos denominados esclavos ya que no pueden ejercer ninguna acción si el controlador principal denominado maestro no emite ninguna señal de accionamiento.

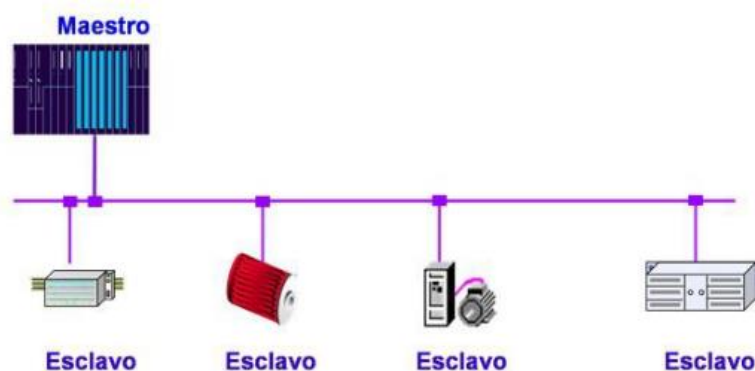


Imagen No. 13 Sistema maestro/esclavo en Profibus DP

Elaborado por: Munuera (2020)

Fuente: Datos de la investigación

Tipos de lenguajes de programación del PLC S7-1200

A continuación, se puede visualizar los tipos de lenguaje que existen para el controlador lógico programable S7-1200 donde se brindarán datos como definiciones, características y simbología.

Según Chico (2017):

En la actualidad existen muchos tipos de software de programación, lo que significa que existen gran variedad comparable con la cantidad de fabricantes de PLC's que hay en el mercado. Sin embargo, actualmente existen tres tipos de lenguaje de programación más utilizados a nivel mundial y son: (p.43).

Actualmente existen diferentes lenguajes de programación, como se menciona en el párrafo anterior existen diferentes softwares para la ejecución del mismo, recalando que cada controlador lógico programable cuenta con su propia aplicación de programación.



Gráfico No. 6 Tipos de lenguaje de programación del PLC

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación



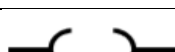

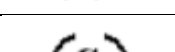

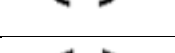
Lenguaje Ladder o KOP.

Según Chico (2017) argumenta lo siguiente:

El lenguaje Ladder, o también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes. (p.43).

Este tipo de lenguaje es el más empleado ya que cuenta con una interfaz de programación más amigable para el programador en la tabla 3 se muestran los símbolos más básicos empleados en la programación Ladder o KOP y una breve descripción de los mismos.

Tabla No. 3 Simbología de elementos básicos en programación Ladder.

Símbolo	Denominación	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa
	Contacto NC	En este caso se activa cuando hay un cero lógico por lo que es importante tenerlo en cuenta
	Bobina NA	Se activa cuando su entrada detecta un uno lógico permitiendo activar elementos de salida
	Bobina NC	Se activa cuando en su entrada detecta un cero lógico
	Bobina SET	Una vez activada no se puede desactivar si no es por su correspondiente bobina RESET
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada
	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones de programa e ir a una parte de la programación deseada

Elaborado por: Chico (2017)

Fuente: Datos de la investigación

Lenguaje booleano o AWL.

Chico (2017)

El lenguaje booleano utiliza la metodología del álgebra de Boole para llevar a cabo la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. (p.46).

El lenguaje booleano requiere de operaciones lógicas para ser implementados en un sistema de control que a base de instrucciones cumplen determinadas funciones en base a la metodología del álgebra de Boole, como es conocido este tipo de lenguaje se utiliza en la programación de estadística, electrónica y matemática.

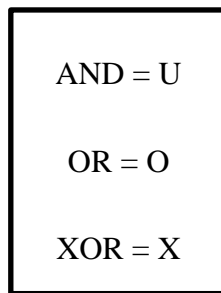


Gráfico No. 7 Asignación de instrucciones lógicas operacionales
Elaborado por: Chico (2017)
Fuente: Datos de la investigación

Diagrama de funciones FUP.

Chico (2017) comparte que, “el diagrama de funciones utiliza el lenguaje gráfico (bloques de funciones del PLC) de tal forma que estos elementos están interconectados al igual que un circuito eléctrico” (p.48). Este lenguaje grafico es implementado en la programación del proyecto ya que permite programar elementos como bloques para ser cableados entres si de forma analógica, esto ayudo a la elección del bloque NOM_X y SCALE_X con los que se puedo realizar el escalado de la señal emitida por el sensor.

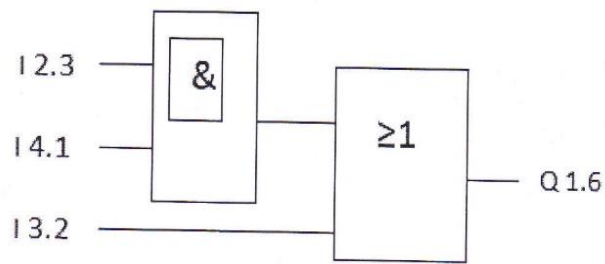


Imagen No. 14 Lenguaje FUP
Elaborado por: Chico (2017)
Fuente: Datos de la investigación

Bases portafusibles

Según Reinel & Velásquez (2019):

Son utilizados para protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos que se generan en las líneas eléctricas y para protección de motores e instalaciones eléctricas. Entre sus características principales están, que garantizan la desconexión, pero no son apropiados para aislamiento. (p.48).

Los portafusibles son utilizados con la finalidad de hacer más seguro el sistema eléctrico ya que esta cuenta con un fusible instalado en su interior con el fin de proteger de sobrecargas y cortocircuitos a todo tipo de dispositivo eléctrico ver imagen 16.



Imagen No. 15 Base Porta Fusibles
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Sensores de nivel

Jacho (2017) menciona que:

Los sensores de nivel son dispositivos que transforman las señales de nivel a señales digitales, con el objetivo de que estas señales puedan ser manejadas por un controlador lógico programable. Según las propiedades eléctricas del producto a medir los sensores de nivel pueden ser de tipos capacitivos, ultrasónicos, conductivos y por desplazamiento. (p.17).

Como se puede ver en la imagen 18 el proyecto cuenta con un transmisor ultrasónico encargado del monitoreo de nivel dentro del tanque, este dispositivo es capaz de enviar señales al PLC para que este se encargue de procesar las señales permitiendo visualizar el nivel actual con el fin de evitar el desbordamiento del producto.



Imagen No. 16 Transmisor de nivel

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

A continuación, se presenta la tabla 4 con las especificaciones del transmisor de nivel el cual es instalado en el sistema construido para cumplir los requerimientos y lineamientos establecidos por la empresa en cuanto a los niveles de producción:

Tabla No. 4 Señales analógicas más utilizadas

Especificaciones	
Marca	SIEMENS
Rango de medición	6M – 12M
Conexión al proceso	2" G
Presión Max	350 BAR
Señal de salida	4 – 20 mA – 0 – 10 V
Alimentación	24 VDC

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DEL PROYECTO - DESARROLLO

Para el presente proyecto se hace uso de una investigación aplicada, la cual, de acuerdo a Arias, (2017) establece que:

La investigación aplicada utiliza como punto de partida y sustento el conocimiento suministrado por la investigación básica, pero sus resultados son empleados de forma inmediata, a corto o a mediano plazo, para solventar problemas sociales, administrativos, educativos, de salud, entre otros. (p.8).

Como primer punto se procede a analizar los diferentes dispositivos como sensores, pulsadores de mando, un PLC Siemens, pantalla HMI, fuente de poder y un switch ethernet que se pueden emplear en un control de sobrellenado, se revisan las características de cada dispositivo para seleccionar el que más se adapte a las necesidades del proceso al cual se desea automatizar.

Una vez realizada la selección de los sensores se procede a cotizar con diferentes proveedores para diferenciar precios y adquirir los dispositivos que estén al alcance del presupuesto establecido al inicio de la investigación.

Tabla No. 5 Presupuesto

Ítem	Rubro	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	PLC SIMATIC S7-1200 1211C AC/DC/RLY	1	\$200	\$200
2	Pantalla HMI KTP700 Basic	1	\$1,455	\$1,455
3	Interruptor ADAM -6520 5-port	1	\$200	\$200
4	Transmisor de nivel ultrasónico Siemens 24VDC salida 24-20mA	1	\$970	\$970
5	Fuente de alimentación SITOP 5A carril DIN AC/DC	1	\$345	\$345
6	Módulo de expansión para señales analógicas 4AI	1	\$240	\$240
7	Tubos IMC ½	8	\$85	\$680
8	Cable apantallado 4*16 AWG	100m	\$100	\$100
9	Cable 18 AWG	50m	\$40	\$40
10	Imprevistos	1	\$423	\$423

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Se implementa un nuevo sistema para controlar el sobrellenado del tanque V4H ubicado en la planta de formol dentro de la empresa INTERQUIMEC S.A. utilizando una nueva tecnología con el fin de mejorar el proceso de llenado del producto mediante un transmisor ultrasónico encargado de la medición del nivel. A continuación, se detalla paso a paso la implementación de cada uno de los pasos que se han desarrollado para la construcción del sistema.

Instalación de tubería eléctrica

Para la distribución del cableado se procede a instalar tramos de tubería rígida ya que esto ayuda a la protección del sistema evitando el deterioro del conductor que se produce cuando se encuentra en la intemperie.



Imagen No. 17 Elaboración de tubería eléctrica

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Instalación del transmisor de nivel ultrasónico.

Implementación del transmisor de nivel ultrasónico en la parte superior del tanque mediante una brida de 2" perteneciente al equipo, acople de tubería y cableado para conexión del transmisor, se verifica que no exista presencia de gases en la atmosfera determinando así la unión de bridas de forma correcta.



Imagen No. 18 Instalación del transmisor de nivel
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Repartidores modulares y de potencia

Para la distribución del voltaje se ocupa un repartidor de cargas ya que es un dispositivo diseñado para facilitar la organización y distribución del cableado en un gabinete, el repartidor modular y de potencia cuenta con una cubierta plástica que evita el contacto de las personas con partes energizadas cumpliendo así con los requerimientos de seguridad establecidos en la empresa INTERQUIMEC S.A.



Imagen No. 19 Repartidor de cargas eléctricas
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Supervisores de nivel

Para mejorar la protección del sistema se hace uso de unos relés de monitoreo instalados previamente en el sistema antiguo con el fin de que estos

supervisen el nivel del tanque para el apagado automático del motor y bomba y así evitar derrames inesperados.



Imagen No. 20 Supervisor de nivel
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Porta fusible tipo bornera

Se emplean estos fusibles con el objetivo de proteger las entradas y salidas del PLC, esto se aplica ya que es más fácil invertir en fusibles que en otro controlador lógico programable, además permite realizar pruebas y conexiones de forma segura sin afectar los bornes del mismo.



Imagen No. 21 Fusibles tipo borne
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Fuente de alimentación SITOP

Para abastecer de energía a todos los dispositivos se implementa una fuente SITOP la cual es ideal para brindar un voltaje de 24 VDC y así conectar de una

forma más segura los equipos, cada uno de los cables conectados en la fuente se encuentran señalizados para no cometer errores al momento de complementarlos con el resto de elementos.



Imagen No. 22 Fusibles tipo bornera

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Módulo de ethernet ADAM

Se instala el switch ethernet de la marca ADAM en la parte interna del tablero para posterior a eso energizarlo con un voltaje de 24 VDC, se ocupan dos puertos para establecer la comunicación entre el PLC S7-1200 y una pantalla HMI instalada anteriormente para una mejor visualización del proceso.



Imagen No. 23 Switch Ethernet

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Características del switch ADAM-6520

En la tabla 6 se detallan las especificaciones generales de cómo está compuesto el switch de ethernet cuyas características permiten identificar y establecer la información importante al momento de desarrollar futuras conexiones para el sistema.

Tabla No. 6 Especificaciones del producto

Especificaciones generales	
Marca	ADAM
Recuento de puertos	5
Montaje	2" G
Poder	350 BAR
Tecnología	4 – 20 mA – 0 – 10 V

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Para conocer los rangos de temperatura a los que puede estar expuesto el switch visualizar la tabla 7 donde se brinda toda la información necesaria a tener en cuenta al momento de su instalación.

Tabla No. 7 Temperaturas de operación

Especificaciones de ambiente	
Marca	ADAM
Temp. Mínima	10°C – 14°F
Temp. Máxima	70°C – 158°F
Temp. Rango de operación	-10 a 70°C – 14 a 158°F
Temp. Rango de almacenamiento	-20 a 80°C - -4 a 176°F

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Controlador lógico programable

Se implementa el controlador lógico programable S7-1200, este está instalado sobre un Riel Din el cual sirve como soporte de fijación del dispositivo, se procede a la colocación de cables en todos los bornes del PLC, para finalizar las conexiones se colocan punteras y marquillas con el fin de señalar cada uno de los cables y así poderlos identificar además de contar una mejor estética al momento de su visualización.



Imagen No. 24 PLC S7-1200
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Programación en el software TIA PORTAL V 15.1

Instrucción NORM_X

En la pestaña de instrucciones se puede observar la carpeta de conversión, al dar clic en la carpeta se despliega una lista de opciones, para la programación se hace uso del bloque NORM_X lo arrastramos hasta el apartado de segmento, se declara el nivel MIN y MAX que sirven para definir los límites del rango que se refleja en la salida este número se lo define como coma flotante.



Imagen No. 25 Instrucción básica NORM_X
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Continuando con el escalado se efectúan los mismos pasos ejecutados anteriormente en el bloque NORM_X, en este caso se emplea la instrucción SCALE_X tomando la entrada VALUE, donde se declaran rangos de valores en los parámetros MIN y MAX dejando como resultado de la escala un número real que se puede visualizar en el parámetro de salida.

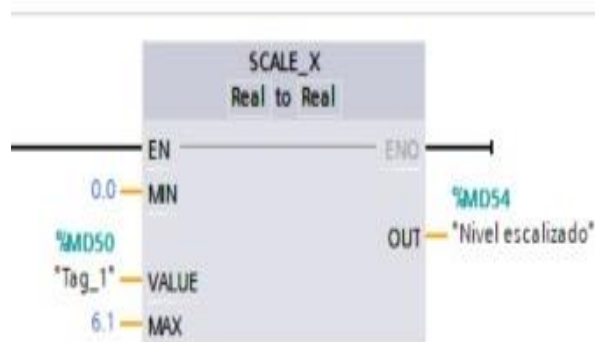


Imagen No. 26 Instrucción básica SCALE_X
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Se tomo como referencia el valor escalado de la variable MD54 junto a la instrucción de comparación ver imagen 27, en este parámetro se declara un valor de \geq a 5.90, cuando eso pase entra en función el temporizador DB1 cumpliendo con el conteo de 1 segundo el cual permite activar una luz piloto que indicara el nivel Alto y secuencialmente se activara una sirena que alertara al operador.

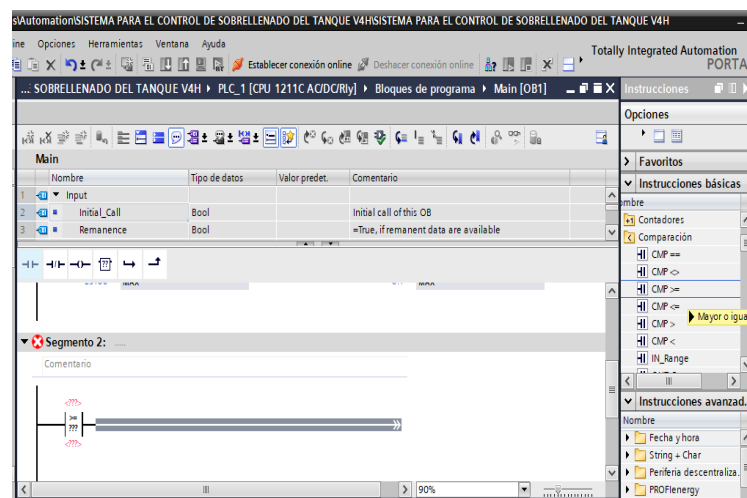


Imagen No. 27 Instrucción comparación
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

De acuerdo a la imagen 28, se evidencia la selección del bloque descrito anteriormente el cual cumple la función de temporización de la salida y por ende la activación de la luz piloto instalada.

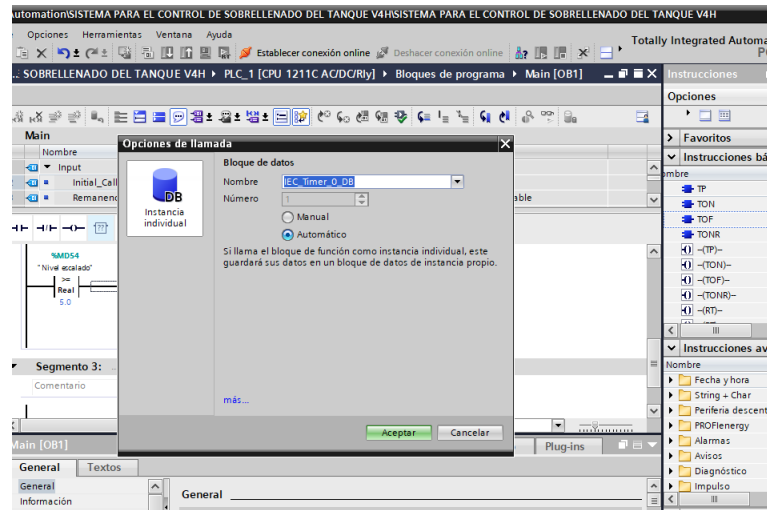


Imagen No. 28 Parámetro de temporización nivel Alto

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

A continuación, se muestra el dato tomado de la misma variable MD54 con un rango de ≥ 6.08 activando el temporizador DB2 y la luz indicadora de nivel Alto - Alto el cual se encarga de apagar automáticamente el motor y bomba después de haber enviado la señal al relé de monitoreo, en este mismo paso se activa la alarma de sobrellenado indicando a los operadores que el proceso ha terminado. Observar la programación en la imagen 29.

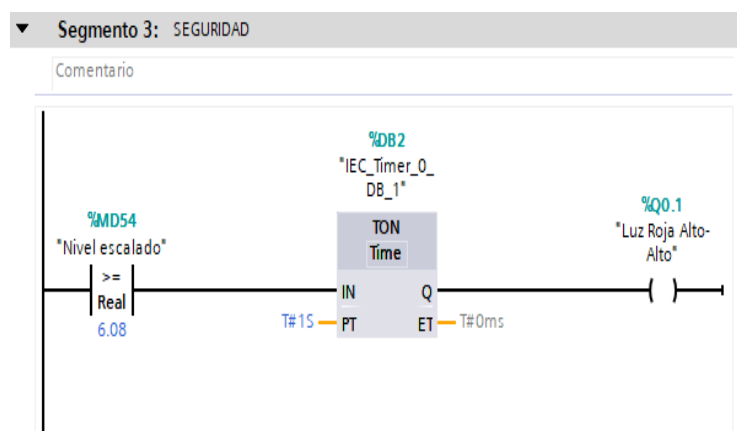


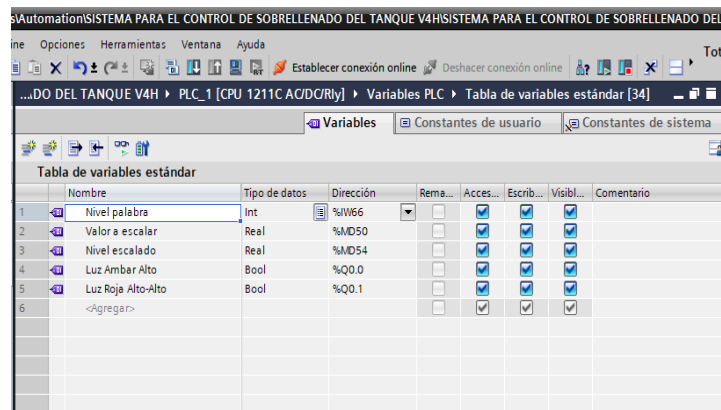
Imagen No. 29 Parámetro de temporización nivel Alto - Alto

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Variables PLC

En la imagen 30 se puede visualizar las variables, el tipo de datos y direcciones que fueron designadas para dar vida a la programación verificando el correcto funcionamiento del mismo.

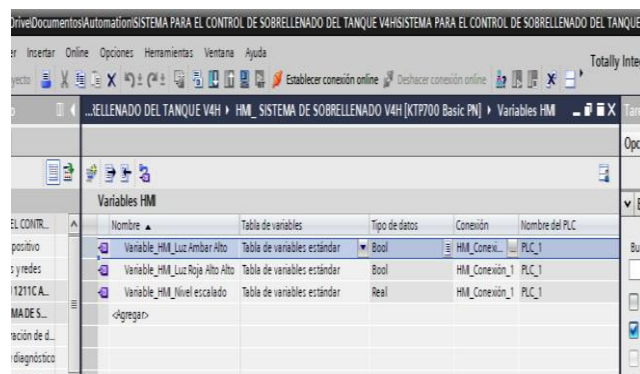


	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	Nivel palabra	Int	%IW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Valor a escalar	Real	%MD50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Nivel escalado	Real	%MD54		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Luz Ambar Alto	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Luz Roja Alto-Alto	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<Agregar>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Imagen No. 30 Variables PLC
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Visualización pantalla HMI

Con la programación comprobada y funcional se procede a comunicar con la tabla de variables declaradas en la pantalla HMI ver imagen 31, Una vez culminada la programación se procede a crear una plantilla de imagen para la pantalla HMI, dirigirse a la pestaña herramienta donde se encuentran gráficos como tanques, sensores, barras, entre otros. Haciendo uso de esas herramientas ya estaría creada la imagen de acorde al sistema del control de sobrellenado.



	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC
	Variable_HMI_Luz Ambar Alto	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conex...	PLC_1
	Variable_HMI_Luz Roja Alto	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1
	Variable_HMI_Nivel escalado	Tabla de variables estándar	Real	HMI_Conexión_1	PLC_1
	<Agregar>				

Imagen No. 31 Variables HMI
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Ver imagen 32 para evidenciar la plantilla creada para una mejor visualización por parte de los operadores a través de una pantalla HMI.

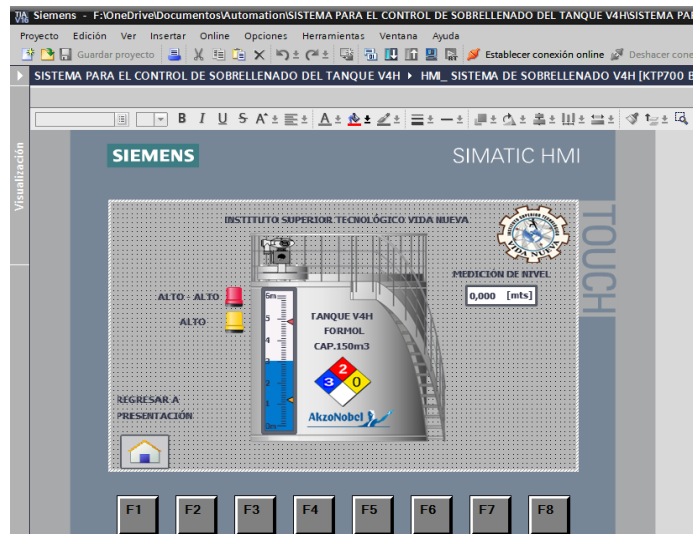


Imagen No. 32 Visualización de nivel
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Para poner en funcionamiento el sistema se efectuaron pruebas de funcionalidad y pruebas eléctricas con el fin de evitar daños en el sistema.

En la siguiente tabla se puede visualizar los datos obtenidos con respecto a la medición inicial del voltaje en cada uno de los elementos, esta inspección se la realizó bajo la técnica de caja blanca que es conocida como las pruebas eléctricas.

Tabla No. 8 Medición de voltaje

Ítem	Dispositivo	Voltaje	Cumple= C	No cumple= NC
1	Repartidor modular	220.4 VAC	C	
2	Fuente de alimentación SITOP (entrada)	220.4 VAC	C	
3	Fuente de alimentación SITOP (salida)	23.9 VDC	C	
4	Pantalla HMI KTP 700 BASIC	23.9 VDC	C	
5	PLC S7 – 1200	220.4 VAC	C	
6	Switch ethernet ADAM	23.9 VDC	C	

Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa

Fuente: Datos de la investigación

Se realizan pruebas de continuidad en cada punto de conexión tanto en el circuito de fuerza como en el de mando basándose en la técnica de caja negra, para la medición de voltaje se ocupó una pinza amperimétrica la cual brindara información sobre el voltaje que circula por los equipos. Ver los datos obtenidos en la imagen 33.



Imagen No. 33 Medición de voltajes
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Una vez revisado la alimentación de energía de cada uno de los elementos se valida si los mismos se encuentran comunicados mediante las pruebas de pin con la IP 192.168.0.1 perteneciente al PLC S7-1200 y la IP 192.168.0.3 respectivamente para la pantalla HMI. Ver imagen 34.



Imagen No. 34 Medición de voltajes
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Para la calibración del transmisor de nivel se solicitó la supervisión de los operadores a cargo del área con el fin de evitar un derrame de producto y contaminación en el ambiente al momento de su ejecución.

Con el proceso de calibración se reajustan los valores ingresados en el bloque NORM_X ya que presento una variación de 1 metro, una vez declarado los nuevos parámetros se procede nuevamente a poner en marcha el sistema evidenciando que la programación realizada funciona de acorde a lo establecido.

En la imagen 35 se puede evidenciar que el indicador de nivel Alto se acciona en el momento indicado lo que facilita al operador estar alerta en el proceso de llenado ya que el mismo se encuentra a punto de finalizar.

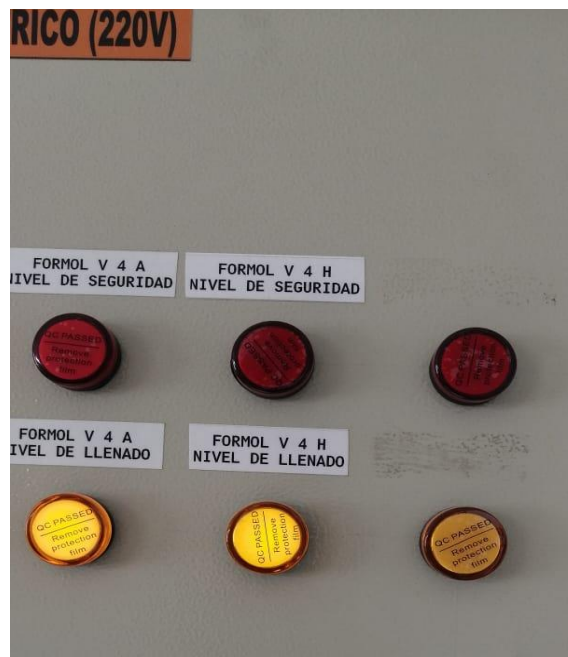


Imagen No. 35 Nivel Alto
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Continuando con el llenado del tanque se visualiza que el indicador de nivel Alto-Alto se acciona de forma correcta, simultáneamente el relé de monitoreo instalado en el sistema antiguo recibe la señal del nivel de seguridad lo que facilita el apagado del motor y bomba utilizados en las pruebas de llenado.



Imagen No. 36 Nivel Alto - Alto
Elaborado por: Marco Santiago Mendoza Casa
Fuente: Datos de la investigación

Una vez terminadas las pruebas bajo las técnicas de caja blanca y caja negra se procede a entregar el sistema a los encargados de la planta de formol, cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos de la empresa, los operadores fueron participes de las pruebas y cuentan con la capacitación necesaria para hacer uso del mismo.

CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de control para el sobrellenado del tanque V4H que almacena Formaldehído en la empresa Interquimec S.A. ayudo al departamento de productividad y servicio con el cuidado del medio ambiente, adicional para mayor seguridad este se encuentra dentro de un dique de contención.

La automatización permite a la empresa tener un proceso más confiable y seguro, al contar con una pantalla HMI ya que facilita la toma de datos para los operadores, el sistema ha logrado disminuir los errores de operación ya que este se encuentra en comunicación con un sistema de protección que apaga automáticamente a la bomba al detectar el sobrellenado del tanque.

Con la implementación del sistema para controlar el llenado del tanque V4H se puede evidenciar que los tiempos y costos por mantenimiento han reducido, esto se debe a que el transmisor ultrasónico es un dispositivo capaz de enviar señales constantemente mostrando el estado actual del nivel sin la necesidad de entrar en contacto directo con el producto.

El PLC S7-1200 es ideal para trabajos industriales ya que permite automatizar varias tareas, también se puede observar que con la implementación del mismo se redujo la mano de obra en ciertos procesos lo cual ha permitido que los operadores puedan ocupar de mejor manera su tiempo en otras actividades.

Con las revisiones preventivas antes de la puesta en marcha del sistema se puede evidenciar que el sistema funciona sin problemas y el accionamiento de cada uno de los dispositivos siguen el orden y tiempos establecidos por el programador controlando correctamente el llenado del tanque.

RECOMENDACIONES

Para la instalación de equipos de medición se debe tener en consideración el producto almacenado en el tanque ya que al contar con químicos se puede poner en riesgo la integridad de las personas, por lo cual es importante revisar las hojas de seguridad del material y trabajar con el equipo de protección personal adecuado.

Se debe crear una planificación para revisar el dispositivo de forma preventiva, para esto la empresa debe contar con personal capacitado y que tenga las competencias necesarias para intervenir en los equipos con el fin de prevenir daños y garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Compartir la información necesaria a los operadores como es el modo de operación que ofrece el sistema, realizar el seguimiento de los valores emitidos por el transmisor y en caso de existir variación de datos comunicar al personal de mantenimiento generando el respectivo aviso con el cual se procederá a la revisión del mismo.

Es indispensable contar una mascarilla full fase al momento del desmontaje del transmisor ya que los gases emitidos por el producto conocido como formol produce irritación en los ojos y en la piel afectando a la salud de las personas ya que este producto químico es considerado como cancerígeno.

Para una mejor estética en la presentación de la instalación de equipos y conexiones se debe usar punteras, marquillas y canal plástico estructurado para la organización del cableado, esto permite que el personal encargado de la revisión de los tableros eléctricos pueda identificar de manera más fácil como está estructurada la conexión de cada elemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bohorquez, K., Fonseca, D., & Gutiérrez, S. (2017). Sistema didáctico para el control de nivel con tanques acoplados [Universidad Católica de Colombia]. In *Universidad Católica de Colombia* (Vol. 4). [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15297/1/Documento Tanques Acoplados 12-12-2017 Versión Final.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15297/1/Documento%20Tanques%20Acoplados%2012-12-2017%20Versión%20Final.pdf)
- Camposano, J., & Rivera, J. (2016). *Tablero para el aprendizaje de comunicaciones industriales con equipos siemens* [Escuela superior politécnica del litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97671/D-103365.pdf>
- Chancusig, K., & Guanoquiza, V. (2019). *Repotenciación de los modulos del laboratorio de control y análisis instrumental con accionadores de potencia y motores* [Escuela Politécnica Nacional]. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20419/1/CD 9897.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20419/1/CD%209897.pdf)
- Chico, D. (2017). *Diseño e implementación de la comunicación ethernet industrial entre el PLC SIEMENES S7-1200 y LOGO V8 para el control de una pluma grúa*. [Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7844>
- Esteban, F. (2018). *Diseño de un tanque agitador de concentrado de zinc para optimizar la producción en el filtro larox de la mina Andaychagua en el departamento de Junín* [Universidad tecnológica del Perú]. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/1698>
- García, M. (2020). *Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el proceso de fabricación de tanques industriales* [Universidad Politécnica de Cartagena]. [http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13331/Silvestre Ramos%2C Víctor Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13331/Silvestre%20Ramos%20V%C3%ADctor%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gutierrez, P., & Quispe, J. (2017). *Diseño, construcción de un equipo prototipo optimizador de tratamientos a pequeña escala y su validación en el*

procesamiento de queso [Universidad Nacional del Altiplano].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19841/1/CD-9247.pdf>

Jacho, Z. (2017). *Implementacion de un sistema de llenado automatico para tanques de almacenamiento masivo de monomero de acetato de vinilo (VAM), en la Planta Interquimec S.A.* [Escuela Politecnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17550>

Martínez, P. (2020). *Diseño de un tanque mezclador con sistema de calentamiento para la producción de protectores solares* [Universitat Jaume I].
http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/187003/TFG_Paula_Martínez_Aguilella.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Munuera, N. (2020). *Estudio de las etapas de automatización de un proceso industrial: comunicaciones y operación* [Universitat Politecnica de Catalunya]. <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/58883/PACHECO-automatizacion.pdf>

Reinel, P., & Velásquez, N. (2019). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para la elaboración de prácticas orientadas a procesos industriales con énfasis en sistemas neumáticos, electroneumáticos e interfaz plc-hmi.* Universidad Politécnica Salesiana.

Sánchez, V. (2018). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Facultad De Ingeniería De Producción Y Servicios Escuela Profesional De Ingeniería Industrial Arequipa-Perú 2018 [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA]. In *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8671>

Velasco, F., & Collaguazo, A. (2018). *Repotenciación del tablero de distribución del laboratorio de control en esfoT* [Escuela de formación de tecnólogos].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19841/1/CD-9247.pdf>

ANEXOS

```
C:\Users\Dell>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=4ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=3ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 4ms, Media = 2ms
```

Imagen No. 37 Comprobación de comunicación del PLC

Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago

Fuente: Datos de la investigación

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\Users\Dell>ping 192.168.0.3

Haciendo ping a 192.168.0.3 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.3: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.3:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms
```

Imagen No. 38 Comprobación de comunicación del HMI

Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago

Fuente: Datos de la investigación



Imagen No. 39 Medición del voltaje en PLC
Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago
Fuente: Datos de la investigación



Imagen No. 40 Imagen de presentación
Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago
Fuente: Datos de la investigación

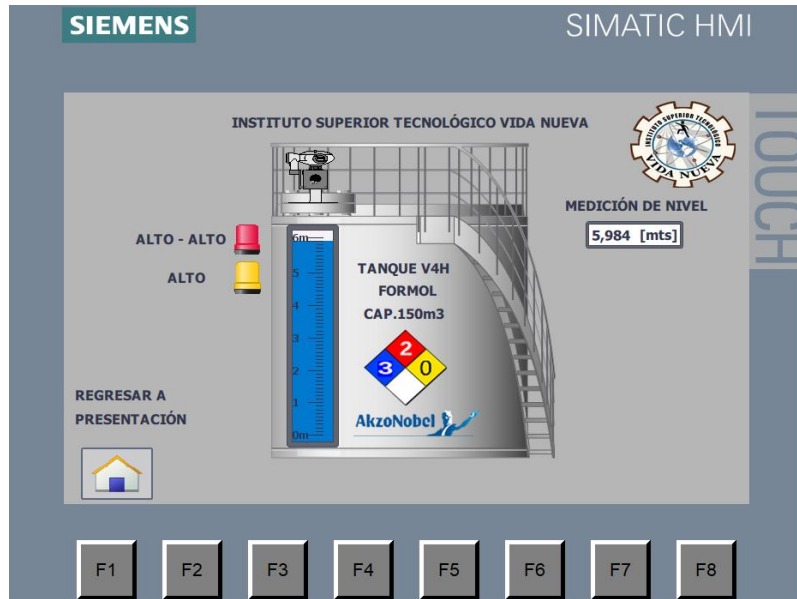


Imagen No. 41 Nivel Alto-Alto activado
Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago
Fuente: Datos de la investigación

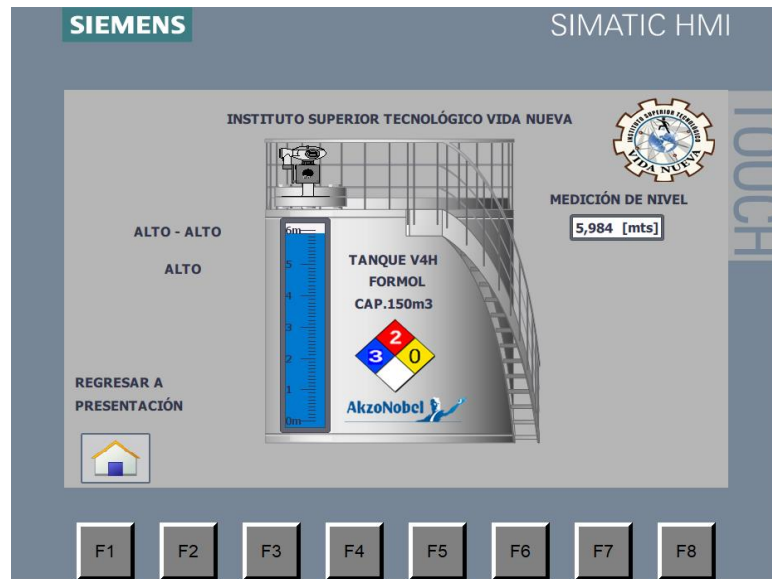


Imagen No. 42 Comprobación de la activación mediante el parpadeo de la luz piloto
Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago
Fuente: Datos de la investigación

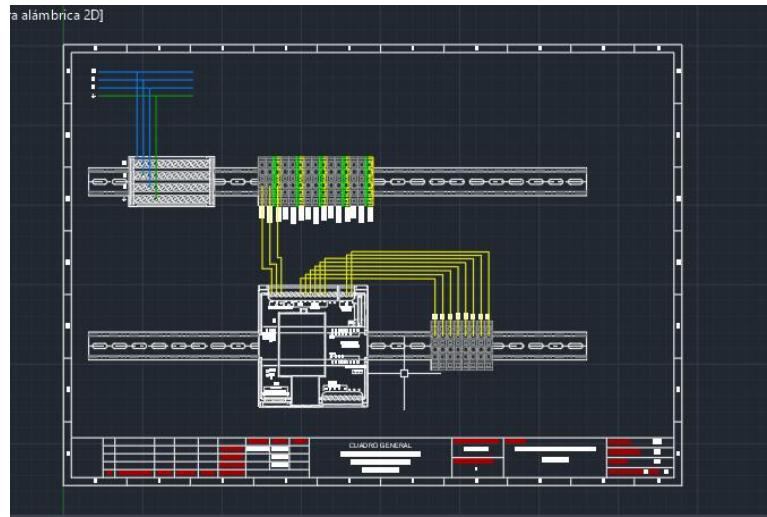


Imagen No. 43 Diseño del diagrama de conexiones en Auto CAD
Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago
Fuente: Datos de la investigación



Imagen No. 44 Conexión del relé de monitoreo
Elaborado por: Mendoza Casa Marco Santiago
Fuente: Datos de la investigación