

Propuesta De Automatización Del Sistema De Drenaje De Los Tanques De Almacenamiento De Crudo (Caso Estación Acacias)



John Eduar Herran Castillo
Noviembre 2023.

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Industrial
Programa Ingeniería Industrial

Propuesta De Automatización Del Sistema De Drenaje De Los Tanques De Almacenamiento De Crudo (Caso Estación Acacias)

John Eduar Herran Castillo
Noviembre 2023.

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Industrial
Programa Ingeniería Industrial

Notas de Autor

John Eduar Herran Castillo, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Villavicencio.

El proyecto de tesis tuvo colaboración de la Empresa Ecopetrol S.A.

Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

A Dios padre- madre conciencia unificada de amor y generador de ideas creativas e innovadoras dentro de un campo cuántico de creación de soluciones en un mundo de constantes y variables, que optimizan los procesos industriales y del entorno; orientados a la realización de soluciones que faciliten una evolución continua en el desarrollo humano, a mis padres Miguel y Dora por su motivación y enseñanza, a mis hermanas Lina, Maribel y Mariana la cual personifico esta idea y con su entusiasmo, colaboro a traer a la realidad este proyecto.

Agradecimiento

Expreso profundo agradecimiento personal a la universidad Antonio Nariño gestora de conocimiento científico, industrial y formadora de profesionales, a las Ingenieras: Nancy Saray y Daniela Saldaña mentoras de investigación que guiaron la realización de este proyecto, a mi compañero de trabajo, Ingeniero Wilman Ojeda quien fue un facilitador de información para este proyecto y a la empresa Ecopetrol S.A que ha brindado la oportunidad de vincularme a los procesos industriales a través de mi experiencia laboral, aplicando el conocimiento industrial y científico desarrollado por la organización como pionera y productora de recursos energéticos para el desarrollo sostenible de Colombia y el mundo.

Resumen

La automatización de procesos en la industria desempeña un papel fundamental en la mejora de la eficiencia, la calidad, la seguridad y la competitividad, al reducir la dependencia de la mano de obra humana en tareas repetitivas y monótonas, la automatización permite una mayor productividad y precisión en la ejecución de procesos, al tiempo que minimiza errores humanos; además, la tecnología de automatización ofrece la capacidad de operar las 24 horas del día, los 7 días de la semana, lo que impulsa la producción continua y reduce los costos laborales.

A partir de un estudio descriptivo bajo un enfoque de investigación mixta, se analiza el proceso actual de drenaje de los tanques de crudo de la Estación Acacias obteniendo los diferentes recursos y factores que influyen en dicha actividad, a su vez, a través de diferentes estudios de caso asociados a la automatización de tanques de hidrocarburos, se establecen los insumos requeridos que permitan presupuestar la automatización

Palabras clave: *Automatización, sistema de drenaje, válvulas, tanques de almacenamiento, crudo*

Abstract

Process automation in industry plays a key role in improving efficiency, quality, safety and competitiveness, by reducing the dependence on human labor in repetitive and monotonous tasks, automation allows greater productivity and accuracy in the execution of processes, while minimizing human errors; in addition, automation technology offers the ability to operate 24 hours a day, 7 days a week, which boosts continuous production and reduces labor costs.

Based on a descriptive study under a mixed research approach, the current process of draining the crude oil tanks of the Acacias Station is analyzed, obtaining the different resources and factors that influence this activity, at the same time, through different case studies associated to the automation of hydrocarbon tanks, the required inputs that allow budgeting the automation are established.

Keywords: Automation, drainage system, valves, storage tanks, crude oil

Contenido

Dedicatoria	4
Agradecimiento.....	5
Resumen.....	6
Abstract	7
Introducción	12
Planteamiento del problema.....	13
Descripción del Problema	14
Formulación del problema	14
Justificación	15
Objetivos	16
General	16
Específicos	16
Marco de Referencia	17
Antecedentes	17
Marco Teórico.....	21
Marco Conceptual.....	29
Marco Geográfico	30
Marco Legal	30
Diseño Metodológico.....	31
Tipo y Enfoque de Investigación	31
Método de Investigación.....	32
Recolección y Análisis De Datos.....	32

Población y Muestra	32
Fases y Actividades Metodológicas.....	33
Desarrollo del Proyecto.....	35
Descripción Del Proceso Actual de Drenaje.....	35
Modelo de Automatización.....	38
Análisis Económico para la automatización	46
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Referencias.....	50

Lista de Figuras

Figura 1	Automatismo a finales del Siglo XIX	22
Figura 2	DCS 1800 IBM.....	23
Figura 3	La automatización: una convergencia de tecnologías	24
Figura 4	Tipos de Tanques de Almacenamiento según su forma	25
Figura 5	Estación Acacias- Ecopetrol.....	30
<i>Figura 6</i>	<i>Tanque de almacenamiento ATK 7310/11/12 Estación Acacias Ecopetrol</i>	<i>35</i>
Figura 7	Cursograma Analítico del Proceso	36
<i>Figura 8</i>	<i>Tanques de almacenamiento de crudo.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9</i>	<i>Estructura Interna del Drenaje del Tanque.....</i>	<i>38</i>
Figura 10	Detector De Interfaz ID-200.....	39
Figura 11	Válvula Neumática de Bola.....	39
Figura 12	Controladores DCS Delva V	40
<i>Figura 13</i>	<i>Bosquejo de filosofía de control nueva tecnología en el tanque</i>	<i>41</i>
Figura 14	Matriz Causa Y Efecto de Automatización de Drenajes	44
Figura 15	Cursograma Analítico del Proceso de Drenaje Propuesto.....	45

Lista de Tablas

Tabla 1 Medidas para Diseño de Tanques	28
Tabla 1 Relación de Normatividad aplicada a la Investigación.....	30
Tabla 3 Población de la Investigación	33
<i>Tabla 4 Listado De Señales de PLC A Controlador General de Delta V</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 5 Listado De Señales De Instrumentación A PLC.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6 Lista De Alarmas De La Filosofía De Control</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7 Presupuesto de automatización de Drenaje de un Tanque</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 8 Valores Comparativos Entre El Presupuesto Del Drenaje Automático Y El Gasto Operativo Del Drenaje Manual</i>	<i>47</i>

Introducción

La automatización en la industria ha sido un avance tecnológico de suma importancia que ha transformado radicalmente la forma en que las empresas producen bienes y servicios en todo el mundo, este fenómeno se ha convertido en un pilar esencial de la revolución industrial moderna y ha desencadenado un cambio profundo en la eficiencia, la calidad y la competitividad de las empresas.

La automatización implica el uso de tecnologías avanzadas, como robots, sistemas de control, sensores y software, para realizar tareas y procesos de producción de manera autónoma o semiautónoma, sin necesidad de una intervención humana constante, en el presente trabajo realizado, sobre la propuesta de automatizar el sistema de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo es una innovación tecnológica fundamental que ha revolucionado la industria del petróleo y el gas; iniciando por una gestión eficiente de los tanques de almacenamiento, lo cual es esencial para garantizar la seguridad, la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones en el sector energético

Esta propuesta se realizó para la planta de tratamiento de la estación Acacias, la cual, aunque es una de las más automatizadas del país, la actividad de drenaje se realiza de forma manual por un operario, lo cual ha generado situaciones de inconformidad en el producto, lo cual repercute en el buen nombre de la organización, dado que los estándares de calidad que maneja son exigentes, siendo un competidor fuerte frente a las grandes industrias del mundo del sector petrolero.

Planteamiento del problema

La separación del petróleo y el agua es una de las tareas más complejas en la industria y se remonta hasta las primeras etapas de refinamiento del petróleo para producir sus derivados, el petróleo crudo que llega a las refinerías contiene muchos compuestos indeseables, tales como, lodos, polímeros, sales, agua y subproductos de la corrosión, entre otros.

La deshidratación de crudos es un proceso de separación del agua asociada con el crudo, ya sea en forma emulsionada o libre, hasta reducir dicho contenido de agua a un porcentaje previamente especificado, para este caso es igual o inferior al 0.8 % de agua; una parte del agua producida por el pozo petrolero, llamada agua libre, se separa fácilmente del crudo por acción de la gravedad, tan pronto como la velocidad de los fluidos es suficientemente baja, la otra parte del agua está íntimamente combinada con el crudo en forma de una emulsión de gotas de agua dispersadas en el aceite, la cual se llama emulsión agua/aceite (W/O) (Marfisi & Salager, 2004)

En los procesos en donde se requiere almacenamiento de combustibles o cualquier tipo de hidrocarburo, la condensación de agua o la entrada de algo de agua en algunos de los procesos es bastante habitual, la detección del nivel de este agua, así como la eliminación de la misma es un problema habitual de los responsables de estos procesos, dicho almacenamiento sufre de un problema continuo: la presencia de agua en los tanques, es muy difícil evitar que el agua se mezcle con el combustible en alguna parte del proceso, bien sea por Condensación directa de la humedad del aire durante los cambios bruscos de temperatura (frío-calor), problemas en los cierres en los tanques y en otros casos tuberías de llenado defectuosas, esta agua va decantando en el fondo de los tanques, causando como mínimo una merma en la capacidad de almacenamiento, y obligando a extremar las precauciones para evitar que este agua pueda llegar a los motores, dado su enorme potencial de daño a los mismos. (Octimiza.com, 2018)

Descripción del Problema

La estación Acacías está ubicada en la zona rural del municipio de Acacías, es una estación deshidratadora de crudo, con una capacidad de tratamiento de hasta 70.000 barriles de crudo y 1.053.000 barriles de tratamiento de agua diario, de los cuales actualmente se está reinyectado al suelo un promedio de 221.000 barriles de agua, los cuales se vierten al río Guayuriba cumpliendo con todos los parámetros que exige la normatividad ambiental para vertimientos industriales un promedio de 682.000 barriles, también se recibe agua de producción de otra estación para su tratamiento la cual corresponde a 297.284 Barriles. La estación cuenta con un promedio de 100 trabajadores contratistas de los cuales 4 son tableristas y 6 son operadores de campo encargados de la operación manual, es importante resaltar estos trabajadores se reparten en dos turnos y los días de descanso. A pesar de los controles existentes en la estación se evidencia que el tanque de almacenamiento final del cual sale para despacho, el crudo está llegando con exceso de agua superando el nivel mínimo de BSW establecido que corresponde al 0,8%, lo que incurre en sanciones económicas por el incumpliendo y a ves afecta la calidad del crudo que se envía al cliente

Formulación del problema

¿Cómo optimizar el proceso drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo de la Estación Acacias manteniendo los estándares mínimos del BSW ?

Justificación

La explotación de Hidrocarburos es una de las actividades que aportan a la economía del país, sin embargo, el desarrollo de esta actividad trae consigo una serie de retos como lo es el drenaje de agua de los tanques de almacenamiento de crudo, esta tarea, es importante para garantizar la calidad del crudo y sus derivados juntos con los estándares y %BSW establecidos por Ecopetrol S.A. regidos por las normas API.

Muchas estaciones de almacenamiento y tratamiento de crudo operan sus actividades de forma manual, lo que implica tiempos prolongados dentro del proceso, riesgos ocupacionales, , baja calidad de producto, sanciones entre otros, este tipo de riesgos se asocian a la cantidad de personal disponible para dicha labor, junto con el error humano del desarrollo de la misma actividad, en consecuencias a no cumplir con la calidad del crudo establecido este no puede ser despachado lo que genera demoras al no contar con tanques disponibles para la recepción de crudo y la detención de los pozos productor lo que incurre en perdidas millonarias equivalentes a 3,5 millones de USD por día.

Con el fin de mitigar los riesgos dentro del proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo, proponer una automatización para dicho proceso, seria un elemento clave que permita mejorar y/o conservar los tiempos estándar para el drenado junto con el porcentaje mínimo establecido de BSW que corresponde al 0,8% para la estación Acacias, dentro de dicha propuesta se establece un presupuesto el cual permite observar el la tasa de retorno de inversión y los beneficios tanto económicos como operacionales con respecto al proceso de drenaje manual que tiene hoy la Estación Acacias, a su vez, la automatización proporciona un monitoreo constante de las condiciones del tanque y los procesos de drenaje en tiempo real., lo cual permite una respuesta rápida ante cualquier desviación o problema.

Objetivos

General

Realizar una propuesta de automatización que optimice los procesos de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo de la Estación Acacias.

Específicos

- Describir el proceso actual del sistema de drenaje de los tanques de almacenamiento con el fin de conocer el flujo del proceso.
- Estructurar el modelo de automatización del drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo
- Realizar un análisis económico de la automatización del proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo

Marco de Referencia

Antecedentes

Sanchez (2021) en su tesis *Estudio del proceso de automatización de una celda industrial*, se basa en una celda industrial, su arquitectura, sus elementos y su programación con un sistema SCADA capaz de visualizar el estado de las variables deseadas a través de las pantallas HMI. Tanto el sistema SCADA como las pantallas HMI se han creado a partir del programa Rapid Scada, dando las funciones requeridas para cada variable, junto con las simulaciones correspondientes para cada caso propuesto, con lo cual se logró una celda que cumpliera con todas las especificaciones requeridas en un laboratorio de automatización.

Por otra parte se puede observar el proceso de automatización en otras industrias, como lo describe Romera & Moreno (2021) en su tesis *Automatización de un proceso industrial de la industria farmacéutica*, donde se automatiza el proceso de empaquetado de tres tipos de pastillas diferentes, a través de la implementación de la programación de un autómeta describiendo cada uno de los componentes que lo conforman, junto con los distintos modos de funcionamiento del proceso empleando la guía GEMMA, se desarrolló la programación del autómeta y la elaboración de la interfaz SCADA con su respectivo diseño y confección de interfaz para la realización y control del proceso.

Torrencilla (2020) en su tesis *Estudio de las etapas de automatización de un proceso industrial*, el cual se basa en un sistema de procesos y etapas del Laboratorio de Automatización Industrial, ubicado en el aula: Schneider Electric, de la Escuela Superior de Ingeniería Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa (ESEIAT, UPC), el cual se realizó por fases iniciando con la Automatización, donde se diseñó y programó dos tipos de ciclos, uno Automático y otro Lot, posteriormente la fase Node-RED, crea una capa superior de comunicaciones

implementado a través de una Dashboard, donde los dispositivos actuadores y visualizadores de datos, se almacenan en una base de datos, según los intereses distintos.

El artículo sobre *la Automatización del proceso de secado de producto húmedo, usando un método de control multivariable no paramétrico*, ejecutado por Ortiz & Jaimes (2019) se realiza para un proceso productivo de secado de producto húmedo en un secador a chorro, utilizando controladores PI y desacopladores de tipo simplificado, con esta propuesta se logra la reducción de la cantidad de producto no conforme que se genera en una compañía del sector minero, por la manipulación manual de algunas variables, por la fuerte interacción entre ellas y por el efecto de las perturbaciones en el proceso que generan pérdidas tanto en tiempo como en el producto.

Según el artículo sobre Programación de un controlador lógico difuso en un PLC M241: Aplicación práctica a un túnel de lavado industrial de textil realizado por Gomez et al. (2020), se propone un sistema de dosificación automática de productos químicos en correspondencia al grado de suciedad del tejido para un túnel de lavado industrial de textil. Para ello fue desarrollado un caso práctico de un sistema de control automático difuso que selecciona la receta más eficaz de dosificación. El controlador se sintetiza en dos variantes: una utilizando el asistente matemático conocido como Matlab® y otra empleando un programa en el lenguaje de texto estructurado para controladores lógicos programables. Los resultados se comparan a través de simulaciones obteniendo resultados muy provechosos con respecto a los programas preestablecidos por el usuario.

El trabajo sobre el *Diseño y especificación del sistema de automatización del proceso de fabricación de chocolate de la empresa Industrial Cacaotera del Huila - TOLIMAX S.A.*, realizado por Barco (2020), se realiza la caracterización del proceso y la maquinaria instalada en

la planta, junto con la identificación de las variables a controlar y monitorear dentro del sistema SCADA, Teniendo en cuenta el número de entradas y salidas del sistema se realiza la selección del controlador S7-1200 de la marca Siemens, junto con la implementación de una red Profinet, adicionalmente se determinan los módulos de expansión y el direccionamiento de las señales del sistema, finalmente, se realiza la estimación de los costos de la solución tecnológica de tal forma que le permita a la empresa tomar una decisión sobre la viabilidad del proyecto

De acuerdo con el artículo sobre *Automatización del proceso de producción de una estación de bombeo de clúster: justificación para la selección del controlador*, realizado por Ling et al. (2019) se discute sobre la metodología empleada para seleccionar los medios técnicos de automatización utilizados en una estación de bombeo de clúster, en procesos de la industria del petróleo y se seleccionó el controlador y sus módulos, donde se analiza costos y consumo de energía.

Descomposición Modular de Máquina de Estados Finita Extendida para Control Automático de un Sistema de Relevo Dual de Bombas de Pistón, artículo realizado por Rojas (2022) se construye un modelo modular a partir del modelo monolítico, consistente en una red de dos máquinas de estados finitos extendidas, cada una asociada a una de las bombas. Esta red se implementa para controlar automáticamente el sistema de inyección, gracias a este enfoque se obtuvieron modelos que aportan flexibilidad y legibilidad al sistema, aspectos de gran relevancia en la automatización de laboratorios.

De acuerdo con Guerrero (2019) en su artículo *Implementación de una estrategia de control en cascada en el módulo de nivel de un laboratorio de la Universidad Ricardo Palma* es, se moderniza el módulo de control de nivel del Laboratorio de Control de la Universidad Ricardo Palma, para permitir que los alumnos realicen sus experiencias prácticas utilizando tecnología

actual, y propia de un ambiente laboral en las áreas de instrumentación y automatización industrial.

Según Vasquez et al. (2021) realizan un artículo sobre *Evaluación del uso de sensores remotos para identificar manchas de crudo en áreas costa afuera del Uruguay*, evalúan las distintas técnicas de percepción remota para la detección de oil seeps, donde establece que los sensores activos satelitales de radar de apertura sintética (SAR), presentan mejor desempeño en la detección de crudo que los pasivos, sobre todo en cuerpos de agua, bien sea con fines ambientales o para la prospección de posibles yacimientos petrolíferos.

Avila et al.(2020) en el trabajo realizado *Desarrollo y Simulación de una Propuesta de Automatización para la industria de fabricación de rines de carro*, se presenta un resumen de una propuesta de automatización, basada en un proceso de ensamblaje de llantas de acero para automóviles, las cuales son diseñadas, fabricadas y comercializadas por la empresa COFRE (Colombiana de Frenos), enfocada en diseñar una Fábrica Digital donde se unen tecnologías como PLCs, gemelo digital, implementación de una celda de seguridad para robots y el diseño de un sistema de supervisión SCADA.

El trabajo realizado sobre *Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido* por González y Rodríguez (2018) sobre la automatización del proceso de fabricación de arroz con leche en una planta de productos lácteos , la cual consta de zonas de llenado, cocción, vaciado y una zona de retorno, por lo cual se ha empleado tres PLC's que se comunican mediante comunicación Profibus utilizando el protocolo Maestro-Esclavo, se utilizó un Sistema de Adquisición de Datos (SCADA), para controlar su funcionamiento.

Trabajo realizado por Lázaro (2019) titulado *Sistema de detección y localización de Basura en el suelo* se realizó a Colruyt Group, una cadena de supermercados de Bélgica, la cual

desea automatizar los procesos de limpieza, por ser un proceso tedioso que se realiza manualmente, por ello se creó un sistema que detecte y ubique la basura del suelo en el supermercado para poder recogerla, el cual se puede montar en cualquier plataforma móvil autónoma que use ROS, para ello se ha utilizado el TurtleBot3 como plataforma móvil en la que se ha instalado una cámara RGBD, basada en diferentes espacios de color, comparación de imágenes y la cámara de profundidad.

Cóndor (2019) en su tesis titulada *Automatización de un sistema de refrigeración industrial mediante un PLC, interface HMI y control remoto desde dispositivos móviles*, la empresa Ilusol dedicada a la prestación de servicios eléctricos y de control, pretende dar una solución al sistema de refrigeración industrial de una unidad enfriadora de líquidos usado en la producción de cubos de hielo, para el transporte de camarones, se obtuvo como resultado un sistema de refrigeración automatizado, donde el uso de sensores y transductores, son controlados en todas sus etapas, con facilidades para que el operador configure el proceso de acuerdo a los requerimientos y monitoree el sistema tanto desde la interfaz hombre máquina implementado, como desde un dispositivo móvil que puede ser un celular o Tablet.

De acuerdo al proyecto *Diseño de un sistema automatizado en el área de corte de la línea de producción de sacos de propileno para mejorar la productividad de la empresa PERUSAC E.I.R.L.* realizado por Navarro (2019), donde plantea como propuesta diseñar un sistema automatizado en el software solidworks, esquemas y planos eléctricos del sistema y la programación del PLC Modicom 241, en el software So Machine, para el área de corte de la línea de producción de sacos de polipropileno para mejorar la productividad en un 97,80%.

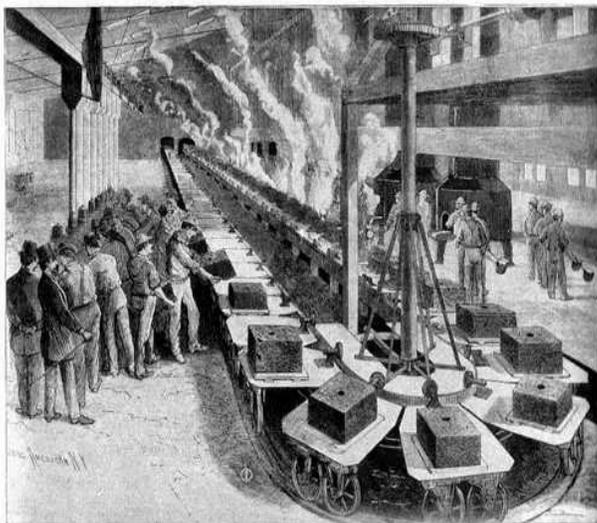
Marco Teórico

Automatización Industrial

La automatización industrial es uno de los campos de ingeniería encargado del diseño, implementación y mantenimiento de sistemas automáticos que permiten controlar y optimizar los procesos industriales. La automatización en los últimos siglos ha traído consigo grandes cambios y aportes a los procesos, partiendo de su origen en la primera revolución Industrial del siglo XVIII, mediante la cual se pudieron obtener avances significativos en la productividad en la producción de bienes (Chandler, 1993).

Durante el siglo XIX y principios del siglo XX la automatización se centraba en el desarrollo de dispositivos mecánicos y eléctricos simples para controlar los procesos de producción como se puede ver en la figura 1

Figura 1
Automatismo a finales del Siglo XIX



Fuente: Adaptado de (Biografía E Historia Universal, Argentina y de la Ciencia, 2015)

En la década de 1960, se introdujo los primeros sistemas de control automático de procesos (APC), esto permitió poder monitorear y controlar de forma automática los procesos químicos y petroquímicos, lo que llevó a mejoras significativas en la eficiencia y la seguridad en la industria química.

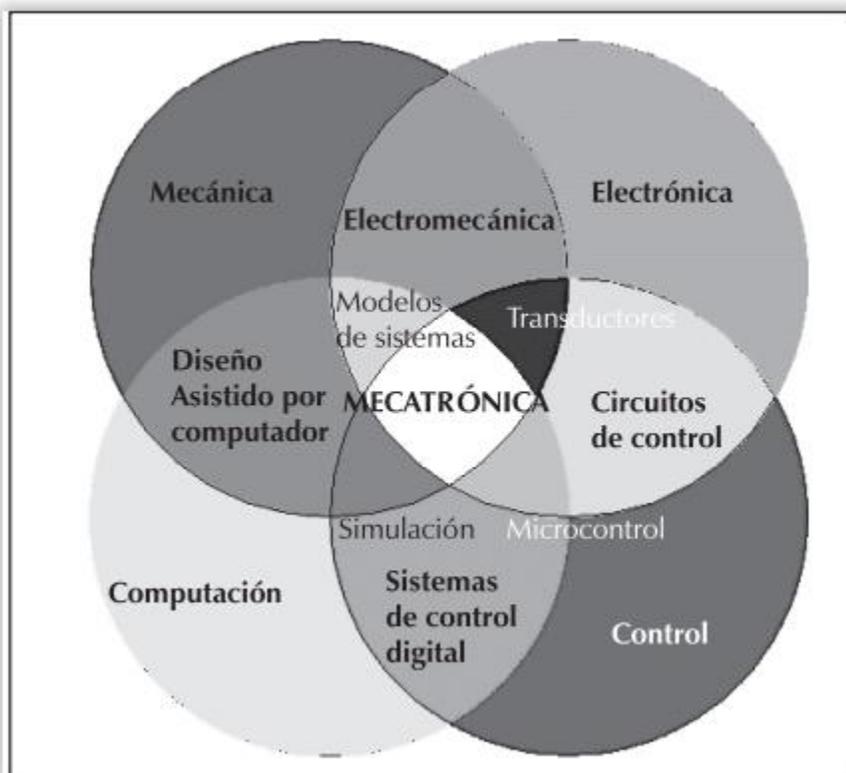
En los años 70 se introdujo nueva tecnología de control de procesos al incursionar en los primeros sistemas de control de distribuciones (DCS), estos sistemas permitían monitorear y controlar de manera remota mediante una red de controladores distribuidos en la planta de producción (Kessler, 2008). En la figura 2 se observa el DCS 1800 de IBM, el cual, tenía entradas y salidas de hardware que recogían señales del proceso en una planta de conversión

Figura 2
DCS 1800 IBM



Fuente: adaptado de

La automatización es una convergencia la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática Figura 3

Figura 3**La automatización: una convergencia de tecnologías**

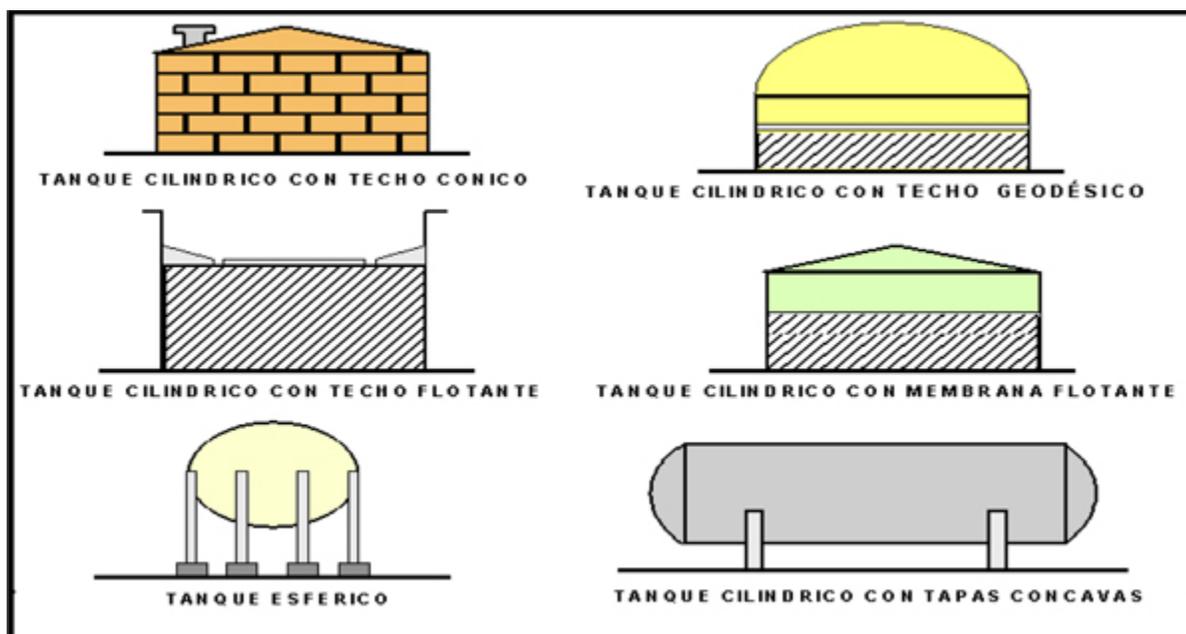
Fuente: Adaptado de

Tanques de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento de Hidrocarburos son estructuras elaboradas generalmente en acero, estos pueden ser cilíndricos verticales, cilíndricos horizontales, geodésicos o esféricos, estos almacenan hidrocarburos líquidos o gaseosos con unas condiciones de temperatura y presión acordes al rango de operación y proceso. Los tanques de almacenamiento se dividen Figura 4 (Ecopetrol SA, 2013)

Figura 4

Tipos de Tanques de Almacenamiento según su forma



Fuente: Adaptado de (Ecopetrol SA, 2013)

Tanque Cilíndrico con techo cónico

Por la forma de construcción, el techo es fijo y tiene forma cónica. Estos tanques no soportan presiones ni vacíos, por lo tanto, están equipados de respiraderos y/o válvulas de presión y vacío. Generalmente posee líneas de espuma contraincendios, y el techo está sostenido por un soporte que o bien llega al fondo del tanque o se apoya sobre las paredes de este.

(Ecopetrol SA, 2013)

Tanques Cilíndricos Con Fondo Y Tapa Cóncavos:

Se usan generalmente para almacenar productos con una presión de vapor relativamente alta, es decir, con gran tendencia a emitir vapores a la temperatura ambiente. (Ecopetrol SA, 2013)

Tanques Cilíndricos Con Techo Flotante:

Este tipo de tanque se construye para que el techo flota sobre la superficie del producto, eliminando el espacio para la formación de gases. Los techos flotantes actualmente son los más eficaces para el servicio corriente ya que se reducen las pérdidas por evaporación, Sin embargo, tienen uso limitado ya que la empaquetadura de caucho del techo tiene un límite de presión de operación. (Ecopetrol SA, 2013).

Tanques Cilíndricos Con Membrana Flotante:

Para minimizar la pérdida por evaporación en tanques de techo cónico se coloca una membrana en la parte interior del tanque, la cual está diseñada y construida para que flote sobre el producto almacenado. Así se disminuye la formación de gases disminuyendo la evaporación del producto (Ecopetrol SA, 2013).

Tanques Esféricos:

se utilizan para productos que tienen una presión de vapor bastante alta entre 25 a 100 PSI.

Tanque Cilíndrico Vertical Con Techo Geodésico:

La forma en la parte superior es ovalada, cuenta con una membrana que se posee sobre el fluido y se mueve con él, disminuyendo las pérdidas por evaporación. Su principal ventaja respecto al techo flotante es que nunca el agua de lluvia ingresa al tanque.

Características de los tanques

Estas construidas generalmente en láminas de acero

- Deben ser calibrados antes de ponerse en servicio para obtener las tablas de aforo, la calibración de los tanques se debe realizar cada 15 años (capítulo 1 mmh).
- Debe tener una compuerta de medición.

- Deben tener sistemas de venteos.
- Deben tener líneas de entrada y salida del producto.
- Deben tener líneas de drenaje.
- Deben tener agitadores dependiendo de la mezcla de producto que se va a almacenar

Diseño de tanques de almacenamiento

El diseño de los tanques depende de las características del fluido las cuales son presión de trabajo, temperatura del fluido, BS&W, viscosidad y totalidad. Teniendo en cuenta estas características el cliente ya solicita las dimensiones para así calcular su capacidad total y operativa. Para el diseño de los tanques se tiene en cuenta:

Diseño de Fondo

El diseño del fondo de los tanques de almacenamiento depende de las siguientes consideraciones: Los cimientos usados para soportar el tanque, el método que se utilizará para desalojar el producto almacenado, el grado de sedimentación de sólidos en suspensión, la corrosión del fondo y el tamaño del tanque. Lo que nos conduce al uso de un fondo plano, donde la resistencia permisible del suelo deberá ser por lo menos de 1,465 2 Kg / cm (3,000 2 lb / pie).
(Inglesa s.f p. 56)

Diseño y cálculo de cuerpo

Cómo considera Inglesa (s.f) el espesor de la pared del cuerpo requerido para resistir la carga hidrostática será mayor que el calculado por condiciones de diseño o por condiciones de prueba hidrostática, las medidas se observan en la tabla 1

Tabla 1*Medidas para Diseño de Tanques*

Diámetro Nominal en Metros	Espesor Mínimo en Milímetros
<15,24	4,76
15,24 ≤ 36,576	6,35
36,576 ≤ 60,96	7,94
>60,96	9,52

Fuente: Adaptado Inglesa s.f

Diseño y cálculo de techos cónicos auto soportado

Cómo considera Inglesa (s.f) Los techos cónicos, auto soportados son empleados en tanques relativamente pequeños. Este consiste en un cono formado de placas soldadas a tope, el cual por su forma física, además de confirmar mediante un análisis de flexión basado en la teoría de placas, es capaz de sostenerse sin ningún elemento estructural y únicamente soportado en su periferia por el perfil de coronamiento. Estos techos son diseñados y calculados para tanques que no excedan de un diámetro de 18,288mm. (60 pies), pero es recomendable fabricar estos en un diámetro máximo de 12,192mm (40 pies), y cualquier dimensión mayor de las mostradas requiere el uso de una estructura capaz de soportar al techo.

Diseño y cálculo de techos tipo domo y sombrilla autosoportados

Los techos tipo domo se caracterizan por ser un casquete esférico el cual está formado por placas soldadas a traslape o a tope. Este tipo de tapas son poco usuales debido a que tienen un proceso de fabricación muy laborioso ya que cada placa y segmento tienen que formarse con el radio de abombado, incrementado de esta manera su costo y complejidad. (Inglesa s.f p.68)

Diseño y cálculo de techos cónicos soportados

Los techos cónicos soportados se usan generalmente para tanques de gran diámetro, los cuales consisten en un cono formado a partir de placas soldadas a traslape, soportadas por una estructura, compuesta de columnas, traveses y largueros. Las traveses formarán polígonos regulares

múltiplos de cinco y en cada arista de estos se colocará una columna. Los polígonos compuestos por traveses se encargarán de soportar los largueros. (Inglesa s.f p.68)

Tiempos y Movimientos

En los procesos industriales es importante poder tener una idea de los tiempos y movimientos generados dentro de una actividad, esto con el fin de minimizar tareas innecesarias, recorridos o distribuciones de planta que limiten el óptimo funcionamiento y la fluidez del proceso.

Marco Conceptual

API: Instituto Americano del Petróleo, organismo encargado de estandarizar y normalizar bajo estrictas especificaciones de control de calidad, diferentes materiales y equipos para la industria petrolera

% BSW: corresponde al contenido de agua libre (no disuelta) y sedimentos (limo, arena) que trae el crudo. (ENAP, 2023)

Despacho: Volumen de producto transferido a otro sistema dentro del mismo negocio.

Emulsión continua de aceite: Es una mezcla de agua y aceite, en la cual el aceite es el componente mayor y el agua está en suspensión.

Emulsión continua de agua: Es una mezcla de agua y aceite, en la cual el agua es el componente mayor y el aceite está en suspensión.

Gravedad API: Método utilizado en la industria petrolera para expresar la densidad de líquidos del petróleo.

MPMS: Manual de Estándares de Medición de Petróleo desarrollado por el API

Sistema de drenaje: Es una estructura diseñada para la eliminación de aguas ya sea de tipo pluvial o residual.

Marco Geográfico

La Estación Acacias se encuentra ubicada en la vereda el Triunfo, jurisdicción rural de la ciudad de Acacias Meta. En la Figura 6 se presenta la ubicación geográfica de la base.

Figura 5
Estación Acacias- Ecopetrol



Nota: Google Maps, 2023

Marco Legal

Tabla 2
Relación de Normatividad aplicada a la Investigación

Tipo, Numero y Fecha	Nombre y entidad que la Expide	Articulo	Impacto en el Proyecto
Ley Ordinaria API 650			Define los conceptos y estructura par el diseño de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.
Ley Ordinaria API 750	American Pretolium Institute API		En este documento se define los riesgos asociados en la fabricación de los tanques de Hidrocarburos
Ley Ordinaria API 752			En el se definen los riesgos que se presentan en las locaciones donde se construyen los tanques de almacenamiento de Hidrocarburos.

Fuente: Elaboración propia

Diseño Metodológico

En los siguientes apartados se definen los métodos y metodologías empleados para el desarrollo del presente trabajo, teniendo en cuenta el cumplimiento y el alcance de los objetivos propuestos.

Tipo y Enfoque de Investigación

La investigación se desarrolló con un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo (elaboración y análisis de encuestas) y cuantitativo (las mediciones), con lo cual se podrá tener una visión amplia, sobre la automatización del proceso de drenaje. (Hernández-Sampieri & Torres Mendoza, 2018)

Se escogió este enfoque mixto ya que por medio de él se puede realizar una mejor comprensión del problema que por separado no se podría dar, por medio de los datos cuantitativos se podrá obtener información más cerrada por la herramienta en este caso la encuesta ya que se evidenciara por medio de puntuación la viabilidad del proyecto, por medio de los datos cualitativos se logrará medir a través de la entrevista semi estructurada obteniendo información más complementaria conociendo nuevas ideas, comportamientos o palabras claves que pueden ayudar al proyecto a tener mayor viabilidad.

Es denominada investigación descriptiva, tiene como finalidad definir, clasificar, catalogar o caracterizar el objeto de estudio, cuando tiene la finalidad de conseguir descripciones generales es de tipo nomotético, y cuando la finalidad es la descripción de objetos específicos es idiográfica. (Webgid, 20017)

Es descriptiva, porque se describieron todas las operaciones que se realizan en el sistema de drenaje, se detalló uno a uno los pasos del diseño, porque se especificó las propiedades de

dicho sistema, teniendo en cuenta las variables que hacen parte del proceso y cómo se relacionan entre sí.

Método de Investigación

El método que se utilizó para la investigación es inductivo – deductivo, ambos métodos con el propósito de obtener conclusiones a partir de teorías ya determinadas ya que el método deductivo se utilizará como estrategia de razonamiento, partiendo desde la observación de un problema en específico y el método inductivo como un razonamiento que inicia de la observación, análisis y estudio de sus procesos. (Calduch Cervera, 2014)

Recolección y Análisis De Datos

Fuentes primarias

Para el desarrollo del proyecto se utilizan los siguientes instrumentos:

Encuesta

Para recopilar información, datos y comentarios por medio de una serie de preguntas específicas. La mayoría de las encuestas se realizan con la intención de hacer suposiciones sobre una población, grupo referencial o muestra representativa.

Entrevista semi estructurada

Para aplicar a los jefes de área y recopilar información relacionada con el proyecto.

Población y Muestra

La población con la cual se va a desarrollar este proyecto pertenece solo al personal operativo directo que se encuentra en la estación Acacias de Ecopetrol S.A.S del sector de hidrocarburos, ubicada en el departamento del Meta del municipio de Acacias descrito en la tabla

Tabla 3
Población de la Investigación

Cargo	Cantidad de empleados
Técnicos tableristas	4
Operarios de campo	6

Fuente: Elaboración Propia.

Fases y Actividades Metodológicas

El proyecto de investigación está encaminado en tres etapas las cuales se describen a continuación:

Etap 1 Describir el proceso actual del sistema de drenaje de los tanques de almacenamiento con el fin de conocer el flujo del proceso.

1. Realizar una descripción del proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo.
2. Identificar las características y componentes técnicos de los tanques de almacenamiento de crudo

Etap 2. Estructurar el modelo de automatización del drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo.

1. Describir las características técnicas para la automatización del proceso de drenaje
2. Diseñar el modelo de automatización del drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo
3. Análisis comparativo de los tiempos del proceso de drenaje actual con el propuesto.

Etapa 3. Realizar un análisis económico de la automatización del proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo

1. Realizar el análisis de inversión
2. Realizar el análisis de ingreso y egresos

Desarrollo del Proyecto

Descripción Del Proceso Actual de Drenaje

Descripción

La planta de separación tiene una producción actual de crudo de 43.000 barriles de aceite aproximadamente al día, la cual cuenta con una serie de tratamientos mecánicos por gravedad de fluidos, a través de unos tanques de surgencia en primera fase donde se separa el agua libre, de ahí pasa a un tanque de compensación que es el que da la cabeza de succión a las bombas de transferencia que envían al tanque de lavado donde con un tiempo de residencia de más o menos 16 horas se logra sacar de un 85% SW que llega al crudo a la entrada de la estación en los tanques de lavado está saliendo con un 0.8% de SW aproximadamente y de ahí pasa a los tanques de almacenamiento con una capacidad de 23.800 barriles cada tanque con función específica, uno está en reposo, otro recibiendo y el último tanque de despacho, el cual corresponde a la etapa final, donde se realiza el último proceso de drenaje. Los tanques dispuestos para la recepción y tratamiento de hidrocarburos son de referencia ATK 7310/11/12, figura

Figura 6

Tanque de almacenamiento ATK 7310/11/12 Estación Acacias Ecopetrol



Fuente: Elaboración Propia

El sistema actual de drenaje de agua de los tanques de almacenamiento se realiza de forma manual, el cual el encargado de realizar esta actividad es un operador, por lo tanto debe desplazarse desde su oficina, hasta la zona de almacenamiento y despacho, la cual se encuentra a una distancia de 600 metros ida y vuelta. También vale la pena resaltar el tiempo que demanda el operador que oscila entre 30 a 40 minutos por tanque de almacenamiento, esto estipulado en condiciones operativas normales del proceso, pues al presentarse problemas en el sistema de tratamiento del crudo, aguas arriba, el número de frecuencias se podrían duplicar, para así poder garantizar los estándares de BSW del crudo para venta o transferencia de custodia que debe ser de 0,8% de BS&W. En la figura podemos ver el Cursograma Analítico del proceso donde se relaciona los tiempos y movimientos dentro de la actividad.

Figura 7
Cursograma Analítico del Proceso

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO													
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __1__					Operar. <input checked="" type="checkbox"/>		Mater. <input type="checkbox"/>		Maqui. <input type="checkbox"/>				
Fecha: 21-11-23 El estudio inicia: Método: Actual: __x__ Propuesto: ____ Proceso: Drenaje manual de tanques de crudo Elaborado por: John Eduar Herran Castillo					RESUMEN					Act.	Pro.	Econ.	
					SÍMBOLO	ACTIVIDAD							
						Operación			2				
						Transporte			2				
						Inspección			1				
						Espera			1				
						Almacenaje			0				
Total de Actividades realizadas					6								
Distancia total en metros					600								
Tiempo min/hombre					27								
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS								
													
1	Desplazamiento operador de oficina hacia tanques de almacenamiento	1	300,0	120,0		X							
2	Apertura de la valvula manual de drenaje del tanque	1	0,0	60,0	X								
3	Inspección del fluido que se esta drenando	1	0,0	60,0			X						
4	Drenaje de agua de los tanques de almacenamiento de crudo	1	0,0	1200,0				X					
5	Cierre de valvula manual de drenaje del tanque	1	0,0	60,0	X								
6	Desplazamiento operador de tanques de almacenamiento hacia oficina	1	300,0	120,0		X							
Tiempo Minutos: 27,0		m	600,0	1.620,0 s									
Observaciones:													

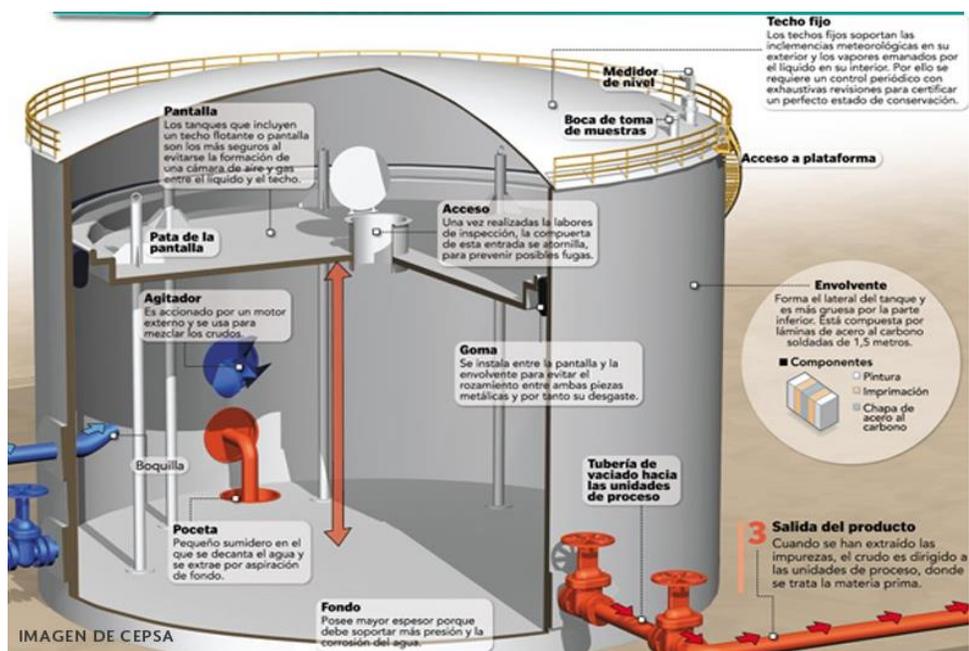
Fuente: Elaboración Propia

Características técnicas de los tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento dispuestos para el tratamiento de crudo tienen ciertas características que permiten el almacenaje y fluido del mismo, como se observa en la figura se puede observar la llegada de crudo de los tanques de lavado a los tanques de almacenamiento

Figura 8

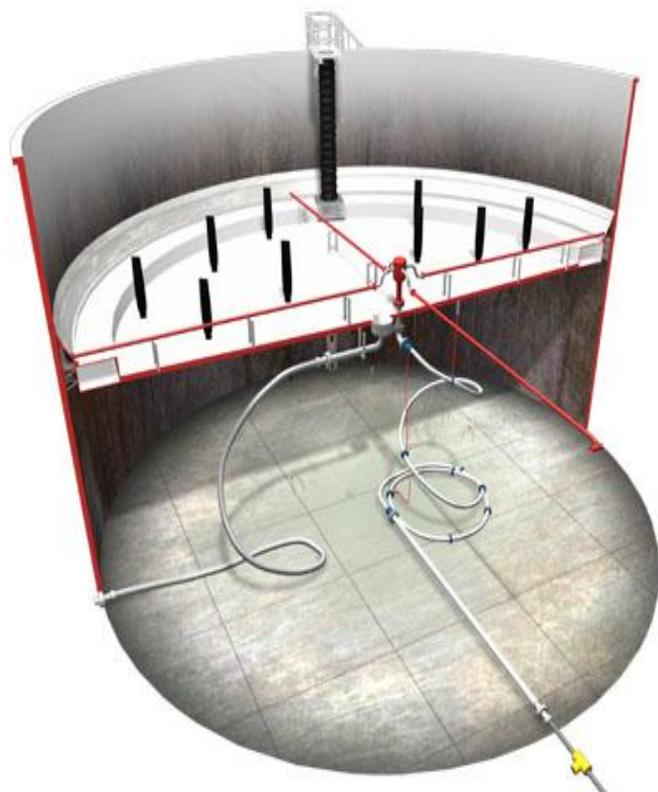
Tanques de almacenamiento de crudo



Fuente: Adaptado de Puerto dos bocas (s.f)

Sistema de drenaje

Los tanques de almacenamiento dentro de su interior tienen un compartimiento en desnivel negativo el cual el agua libre se almacena y se separa del hidrocarburo, este desnivel está conectado a un drenaje de tres pulgadas donde el operador manualmente abre una válvula de compuerta y evacua esa agua libre, hay que tener precaución porque se puede correr el riesgo de que se envíe crudo en vez de agua o se realice un impacto ambiental negativo ya que se puede rebosar esta caja. Figura

Figura 9*Estructura Interna del Drenaje del Tanque*

Fuente: Adaptado de Mesa(s.f)

Modelo de Automatización

Descripción características de automatización

Para la propuesta de automatización del proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo, se tienen diferentes componentes físicos adaptados a los tanques ATK-7310 y unos controles de monitoreo para el mismo, los cuales son:

Detector de Interfaz ID- 200: Estos detectores de Interfaz se utilizan para la medición y el control de la interfaz en todo tipo de procesos de separación de líquido/líquido y vapor/líquido, incluidas las emulsiones y la espuma. (Agar Corporation , 2022), en la figura 10 se puede observar el detector:

Figura 10

Detector De Interfaz ID-200



Fuente: Adaptado de (Agar Corporation , 2022)

Válvula Neumática de Bola:

La válvula de bola neumática es una válvula equipada con un actuador neumático, tiene la velocidad de operación más rápida de 0.05 segundos por segundo, por lo que generalmente se les llama válvulas de bola neumáticas de taponamiento rápido (NTG Industria Valves, 2023), un ejemplo de estas válvulas esta en la figura 11

Figura 11

Válvula Neumática de Bola



Fuente: Adaptado de (NTG Industria Valves, 2023)

Sistema de Control DCS Delta V: Es un sistema lógico automático, que gracias a su configuración algorítmica es capaz de medir las variables y ejecutar tareas autónomas logrando optimizar operaciones críticas y diversas, generando ahorros en los recursos y una efectividad alta al realizar tareas, gracias a su precisión y confiabilidad.

Figura 12

Controladores DCS Delva V



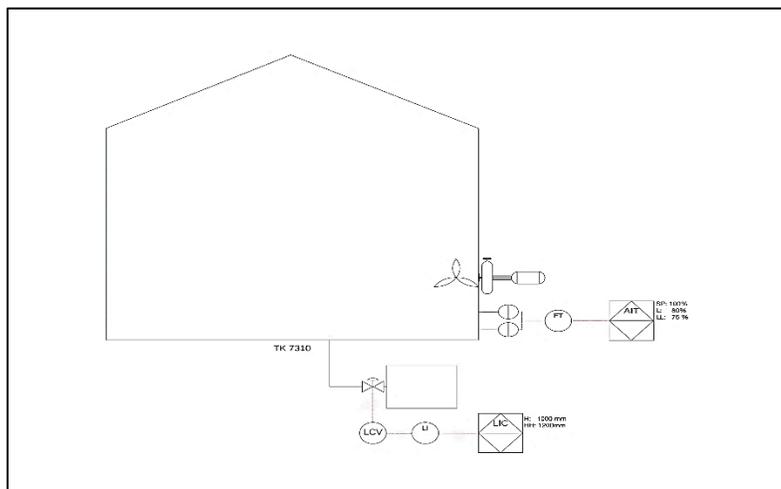
Fuente: Adaptado de

Bosquejo control

Bosquejo de Control y alarmas de la Nueva Tecnología: En las siguientes figuras se muestran los bosquejos gráficos, donde se resaltan la introducción de las capas de protección o alarmas que se serán los límites altos y bajos, por los cuales el DCS los incorporara a su lógica, además se ilustra gráficamente como quedaría montado el sistema ya automatizado en el tanque.

Figura 13

Bosquejo de filosofía de control nueva tecnología en el tanque



Fuente: Elaboración propia.

Con base al bosquejo de control se relacionan las señales del PLC al controlador Delva V en la tabla 4

Tabla 4

Listado De Señales de PLC A Controlador General de Delta V

RESUMEN SEÑALES SOFT		
DESTINO	ESTATUS	S
HMI-	NUEVO	9
HMI-PLC AP-7601G	NUEVO	9
HMI-PLC AP-7601F	NUEVO	9
SUMA	27	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ecopetrol S.A.

En la tabla 5 se listan las señales de instrumentación que van hacia el PLC (Controlador Lógico Programable)

Tabla 5
Listado De Señales De Instrumentación A PLC

GUIA	
Origen / Destino	Por convención, el sentido de las señales se esta tomando desde campo hacia el HMI. Para las señales soft el destino será el HMI en donde deben ser configuradas.
Rango De Medida	Span calibrado del instrumento. El valor inferior se refiere al valor de la variable medida para el cual se produce el valor mínimo de señal, por ejemplo, si la señal es de 4 a 20 mA, entonces el inferior sería el valor de la variable medida para el cual el transmisor produce una salida de 4 mA. El valor superior es el caso análogo, por ejemplo, si la señal es de 4 a 20 mA, el superior seria el valor de la variable medida para el que el transmisor produce una salida de 20 mA.
Tipo De Alarma	UP: Alarma por detección de pendiente hacia arriba. DW: Alarma por detección de pendiente hacia abajo. CH: Alarma por detección de cambio abrupto. DF: Alarma por detección de cambio medido desde una referencia. SP LAZO: Punto de ajuste del lazo de control.
Bloque De Control	ACCIÓN: Indica si la acción del controlador sobre el elemento final de control (válvula) es inversa o directa. SP REMOTO: indica si el punto de ajuste lo pone otro bloque de control y cual es el controlador que pone el punto de ajuste, aplica para lazos en cascada.
Otras Convenciones	
HOLD	Dato pendiente para incluir en revisiones posteriores del documento.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ecopetrol S.A.

Tabla 6
Lista De Alarmas De La Filosofía De Control

	Rango Medida	Alarma

Tag Señal	Descripción	Servicio	P&Id	Tipo De Señal	Tipo Ent/Sal	Inf	Sup	Und Ing	Tipo	Ajuste
ZSO-01	Estado abierto	Estado abierto válvula para drenaje	PID-01	24 Vdc	DI	-	-	-	-	-
ZSC-01	Estado cerrado	Estado cerrado válvula para drenaje	PID-01	24 Vdc	DI	-	-	-	-	-
XV-01	Activación Válvula	Comando de activación válvula drenaje	PID-01	24 Vdc	DO	-	-	-	-	-
AIT-01	Transmisor Indicador de interfaz	Medición de interfaz	PID-01	4-20 mA	AI	0	100	%	LO	80
LIT-01	Transmisor Indicador de nivel	Indicación de nivel tanque	PID-01	4-20 mA	AI	0	1500	mm	HI	1000
LCV-01	Valvula control de nivel	Valvula control de nivel Tanmque	PID-01	4-20 mA	AO	0	100	%	-	-

Fuente: Elaboración Propia a partir de Ecopetrol S.A.

En Figura 14 se presenta una matriz de cauda y efecto de la implantación del sistema automatico del drenaje.

Figura 14

Matriz Causa Y Efecto de Automatización de Drenajes

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> CAUSA EFEECTO </div>					Despliegue en HMI DELTA V		Alarma Audible HMI DELTA V		SERVICIO		ACCIÓN MANUAL REALIZADA POR EL SISTEMA DE CONTROL		ACCIÓN MANUAL REALIZADA POR EL SISTEMA DE CONTROL	
					ABRIR		CERRAR		ABRIR		CERRAR		MOV-01 (valvula drenaje)	
TAG	ESTADO	VALOR (UNIDAD)	SERVICIO	INTERLOCK										
SET DE INTERLOCK														
AIT-01	L	<= 80 %	Alarma por baja interfaz		x	x								
	LL	<= 75%	Interlock por baja baja interfaz	I-01	x	x		x						
LIT-01	HH	>=1200 mm	Interlock por Alto Alto Nivel	I-02	x	x							x	
	H	>=1000 mm	Alarma por Alto Nivel		x	x								
NOTAS:														
1. El LIT de la caja recolectora de drenaje sera conectado directamente al controlador del Delta V														
2. La logica de control del sistema de drenaje, se ejecutara del PLC existente y las señales se llevaran hasta el sistema de control														
3. El AIT enviara señal por cable cuando detecte bajo % de BSW y le dara el comando de cerrado a la valvula neumatica de bola														

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de tiempo

Teniendo los tiempos y movimientos asociados al proceso manual de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo, se propone un cursograma en la automatización con el fin de conocer el ahorro de tiempo y desplazamiento de los operarios en el desarrollo del drenado como se observa en la figura 15

Figura 15

Cursograma Analítico del Proceso de Drenaje Propuesto

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u> 2 </u> De: <u> 2 </u> Diagrama N°: <u> 2 </u>			Operar.	Mater.	Auto	X			
Proceso:		RESUMEN							
Fecha: 21-11-23		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia:			Operación	2	4	100%			
Método: Actual: _____ Propuesto: <u> x </u>			Transporte	2	1	-50%			
Proceso: Drenaje automático de tanques de almacenamiento			Inspección	1	0	-100%			
Elaborado por: John Eduar Herran Castillo			Espera	1	1	0%			
			Terminación de Actividad	0	0	0%			
		Total de Actividades realizadas		6	6	0%			
		Distancia total en metros		600	0	-100%			
		Tiempo min/hombre		27	14	-49%			
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Desplazamiento hacia área de tanques de almacenamiento	1	0,0	0,0		X			
2	Apertura de valvula automática de drenaje del tanque	1	0,0	10,0	X				
3	Inspección del fluido que se esta drenando	1	0,0	10,0				X	
4	Drenaje de agua de los tanques de almacenamiento de crudo	1	0,0	800,0	X				
5	Cierre de valvula automática de drenaje del tanque	1	0,0	10,0	X				
6	Desplazamiento para salir de tanques de almacenamiento	1	0,0	0,0	X				
Tiempo Minutos: 13,8		m	0,0	830,0 s					
Observaciones:									

Fuente Elaboración Propia

Análisis Económico para la automatización

Análisis de Inversión

Con base a los componentes técnicos requeridos para la automatización del proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de crudo se propone un presupuesto de inversión en la tabla 7

Tabla 7

Presupuesto de automatización de Drenaje de un Tanque

Presupuesto de automatización de Drenaje de un Tanque				
Tipo de recurso	Recurso	VALOR		
		Cant	Valor/ Unid	Total
Recursos humanos	Mecánico	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
	Instrumentador	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
	Ingeniero	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Equipos	Válvula FV 3"	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	válvula bola 3" ON OFF	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	Sonda AGAR	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
	3 metros de tubo acero al carbón	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	Flotador industrial	1	\$ 500	\$ 500
Software	Licencia del software	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Transporte	Alquiler de vehículo	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
Papelería y varios	Fotocopias y impresiones	100	\$ 100	\$ 10.000
	Poster	10	\$ 15.000	\$ 150.000
	Empastados	20	\$ 30.000	\$ 600.000
Total				18,385,500

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el presupuesto descrito en la tabla 3 se puede realizar un análisis comparativo de los costos operativos con respecto a los costos de la implementación relacionados en la tabla 8

Tabla 8

Valores Comparativos Entre El Presupuesto Del Drenaje Automático Y El Gasto Operativo Del Drenaje Manual

Valor del proyecto x tanque	Valor mensual por operario	Valor Anual por operario	Diferencia
18,385,500	3.500.000	\$42.000.000	\$ 23.614.500

Como se observa el sueldo del operario es de 3.500.000 mensual y en el año se gastaría 42.000.000 en pagos al operario es decir se tendría un ahorro de \$23.614.500 en el año, la inversión se recuperaría en 6 meses.

Beneficios del proyecto

Por medio de este proyecto se logrará optimizar el drenaje de los tanques de almacenamiento de la estación Acacias y a la vez garantiza la seguridad y calidad del proceso, no requiriendo el recurso humano para esta actividad, logrando ser autónomo y eficaz mediante la visualización en el cuarto de control las variables las cuales se pueden desviar de su función este va a generar un ahorro a largo plazo ya que no depende de un trabajador, cabe aclarar que se deben realizar mantenimientos preventivos para evitar fallas, en el sistema. Esta automatización lograra que el producto sea de mayor calidad y funcionamiento para la estación.

Conclusiones

Los sistemas identificados en la estación de acacias poseen un sistema de drenaje manual el cual demanda recursos humanos, financieros y no es posible garantizar al 100% el desarrollo de la actividad, puesto que se cuenta con el factor del error humano, a su vez, este tipo de falencias o errores causan sanciones económicas y disminución en la calidad y los estándares de la empresa.

Con base al desarrollo de los sistemas de drenaje automatizado en la industria y en otras estaciones de hidrocarburos, los componentes de dichos tanques permiten la ejecución de manera más eficiente y efectiva, reduciendo el error humano y mejorando la calidad de los procesos.

De acuerdo al presupuesto propuesto de la automatización de un solo tanque de drenaje en la estación de Acacias y teniendo en cuenta los costos operativos que el proceso manual que se maneja actualmente, se puede notar un reducción en los costos dentro de esa área, y habría un retorno de inversión en 6 meses y dichos sistema automático sería autosuficiente con mantenimientos preventivos de bajo costo.

Recomendaciones

Evaluar el proceso actual de drenaje manual de los tanques de almacenamiento de Hidrocarburos de la estación de Acacias con respecto a los riesgos presentes y futuros dentro del proceso, con el fin de considerar la implementación de un drenaje de tanque automático

Referencias

- Avila Torres, C., Palacios Triana, S., Suarez Lopez, I., & Barrera Gualdron, E. (2020).
 Desarrollo y Simulación de una Propuesta de Automatización para la industria de
 fabricación de rines de carro. *IX International Congress of Mechatronics Engineering
 and Automation (CIIMA)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CIIMA50553.2020.9290315>
- Barco León, R. A. (2020). *Diseño y especificación del sistema de automatización del proceso de
 fabricación de chocolate de la empresa Industrial Cacaotera del Huila - TOLIMAX S.A.* .
 [Tesis pregrado Universidad Piloto de Colombia].
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9864>
- Biografía E Historia Universal, Argentina y de la Ciencia. (2015). *Historia de la Automatizacion
 - Causas y Evolución*. Biografía E Historia Universal, Argentina y de la Ciencia:
https://historiaybiografias.com/historia_automatizacion/
- Chandler, A. D. (1993). *(The Visible Hand: The Managerial Revolution in American*.
[https://dipiufabc.files.wordpress.com/2015/06/alfred_d-
 _chandler_the_visible_hand_managerial_bookzz-org.pdf](https://dipiufabc.files.wordpress.com/2015/06/alfred_d-_chandler_the_visible_hand_managerial_bookzz-org.pdf)
- Cóndor Chuqui, D. A. (2019). *Automatización de un sistema de refrigeración industrial
 mediante un PLC, interface HMI y control remoto desde dispositivos móviles*. [Tesis de
 Grado Universidad Tecnologica de Israel].
[https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2089/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-
 2019-041.pdf](https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2089/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-041.pdf)
- Ecopetrol SA. (2013). *Manual de Medición de Hidrocarburos y Biocombustibles Capitulo 3
 Medición Estática*. [https://www.ecopetrol.com.co/wps/wcm/connect/b2e99d2d-4839-
 47c0-bc3f-](https://www.ecopetrol.com.co/wps/wcm/connect/b2e99d2d-4839-47c0-bc3f-)

75fd9ba5ba99/Medici%C3%B3n+est%C3%A1tica.pdf?MOD=AJPERES&attachment=true&id=1584051239490

ENAP. (2023). *Glosario* . ENAP.

Gomez Borges, M. I., Acosta Corzo, A. V., & Fundora Curbelo, Y. (2020). Programación de un controlador lógico difuso en un PLC M241: Aplicación práctica a un túnel de lavado industrial de textil. *Revista cuba De Ciencias Informaticas*, 14(3), 105-123.

https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2227-

[18992020000300105](https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2227-18992020000300105)

González Filgueira, G., & Rodríguez Permy, F. J. (2018). Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, 1-17.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6674422>

Guerrero Valenzuela, B. D., Huamaní Navarrete, P., & Palma, R. (2019). Implementación de una estrategia de control en cascada en el módulo de nivel de un laboratorio de la Universidad Ricardo Palma. *onferencia: 17ª Multiconferencia Internacional LACCEI para Ingeniería, Educación y Tecnología: “Industria, Innovación e Infraestructura para Ciudades y Comunidades Sostenibles*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.294>

Hernández-Sampieri, R., & Torres Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investigación Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. McGraw-Hill Interamericana. <https://www-ebooks7-24-com.ezproxy.uan.edu.co/?il=6443>

Lázaro Sánchez, R. (2019). *Sistema de detección y localización de Basura en el suelo* . [Tesis de grado Universidad de Valladolid]. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37390>

- Ling, V. V., Lisienkova, L. N., Deryabin, I. P., Baranova, E. V., & Deryabina, A. I. (2019). Automatización del proceso de producción de una estación. *Revisa Espacios*, 40(34), 11. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n34/a19v40n34p11.pdf>
- Navarro Yovera, J. E. (2019). *Diseño de un sistema automatizado en el área de corte de la línea de producción de sacos de propileno para mejorar la productividad de la empresa PERUSAC E.I.R.L.* [Tesis Pregrado Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2796/TL_NavarroYoveraJavier.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortiz, H. A., & Jaimes, L. E. (2019). Automatización del proceso de secado de producto húmedo, usando un método de control multivariable no paramétrico. *Revista Politecnica*, 15(28), 20-31. <https://doi.org/https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a2>
- Rojas D'Onofrio, J. L. (2022). Descomposición Modular de Máquina de Estados Finita Extendida para Control Automático de un Sistema de Relevo Dual de Bombas de Pistón. *Revista Técnica*, 45(1), 4. <https://link.gale.com/apps/doc/A691485992/AONE?u=anon~176eea89&sid=googleScholar&xid=7a226091>
- Romera, F. J., & Moreno, J. P. (2021). *Automatización de un proceso industrial de la industria farmacéutica.* [Tesis Universidad Politecnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/356298>
- Sanchez, R. M. (2021). *Estudio del proceso de automatización.* [Tesis de Grado - Universidad Politecnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/354669/TFG%20->

%20Rub%C3%A9n%20Mart%C3%ADnez%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Torrencilla, M. M. (2020). *Estudio de las etapas de automatización de un proceso industrial*.

[Tesis Universidad Politecnica de Catalunya].

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/328703/REPORT.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

Urrego, A. (2022). *Cerca de 52% de la inversión petrolera en 2022 se dirigirá al segmento de gas natural*. La Republica: <https://www.larepublica.co/economia/inversion-exploratoria-de-hidrocarburos-para-2022-sera-la-mas-alta-desde-2014-3292224>

Vasquez-Dolande, E., Morales, E., & Achkar, M. (2021). Evaluación del uso de sensores remotos para identificar manchas de crudo en áreas costa afuera del Uruguay. *Boletín de Geología*, 43(2), 185-202.

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/11401/11405>