

INGENIERÍAS CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL CAMPO SACHA SUR-RÍO NAPO CEM

Carlos Mendoza Terán, Dayana Ochoa Fierro, Hugo Ortiz Tulcán, Víctor Proaño Rosero

E-mail: cemendoza1@espe.edu.ec, dcochoa@espe.edu.ec, hortiz@espe.edu.ec, vgproanio@espe.edu.ec.

Resumen— El presente artículo muestra las ingenierías conceptual, básica y de detalle para la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento del campo Sacha Sur, en donde se aborda el desarrollo de la filosofía de operación y control preliminar con las propuestas de automatización, monitoreo y control de los sistemas inmersos en el proceso de obtención de crudo en especificación proporcionando una operación segura, eficiente y confiable de la Estación Sacha Sur.

Palabras Clave— Optimización, sistema, deshidratación, almacenamiento, crudo, estación.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad RÍO NAPO CEM es la empresa delegada para la administración de operaciones del campo Sacha, ésta se encarga de la explotación y producción de los hidrocarburos en dicho campo, a través de la perforación de nuevos pozos petroleros y optimización de facilidades de producción. Hoy en día prácticamente la estación Sacha Sur es operada casi en su totalidad de forma manual [1].

La realización de este proyecto permitirá eliminar en la medida de lo posible la operación manual y permitirá tener el control y seguridad del proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo, esto se logrará a través de un PLC, el mismo que se encargará de llevar el control de toda la instrumentación de campo, teniendo como beneficios principales un mejor desempeño con respecto a la situación actual del sistema y una disminución en la carga de trabajo de los equipos que intervienen en el proceso

II. INGENIERÍA CONCEPTUAL

II-A. Descripción de las instalaciones existentes

La estación Sacha Sur dispone de las siguientes instalaciones: Múltiple de prueba y producción, separadores de prueba y producción, sistema de

deshidratación, sistema de calentamiento, sistema de captación de gas, sistema de almacenamiento, sistema de aire de instrumentos, sistema de venteos y el sistema de inyección de químicos, en la actualidad la operación de estos sistemas es de forma manual con la intervención del personal de la empresa para el control y operación [1].

II-B. Funcionalidad del sistema de deshidratación y almacenamiento

La funcionalidad del sistema de separación primaria se describe en la figura 1, donde se detalla las fases del proceso [2].

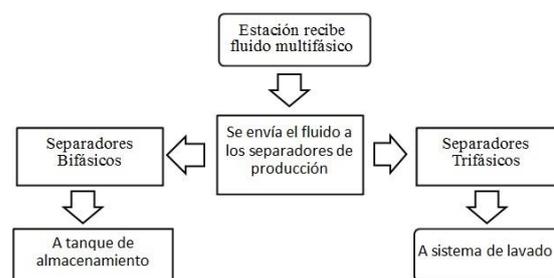


Figura 1. Sistema de deshidratación

La funcionalidad del proceso de deshidratación de crudo se explica en la figura 2, donde se muestra cada fase de este proceso [2].

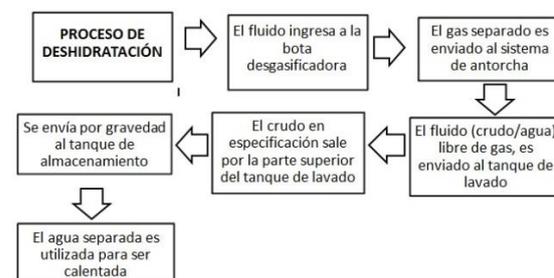


Figura 2. Funcionalidad del proceso de deshidratación

Finalmente la funcionalidad del proceso almacenamiento de petróleo se explica en la figura 3, donde se muestra cada fase de este proceso [2].



Figura 3. Funcionalidad del proceso de almacenamiento

Los principales problemas encontrados en la operación de los sistemas que constituyen el proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo consisten en la operación manual de las instalaciones por parte de los operadores, en el sistema de lavado por ejemplo no es posible mantener un control de temperatura, de nivel y la inyección químicos es de forma manual, se propone entonces que estos procesos sean automatizados. De igual forma el sistema de almacenamiento no dispone de control de nivel y se propone de igual forma automatizar este proceso.

II-C. Filosofía de operación y control preliminar

Se establece los criterios de operación y control para la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento tomando como base las instalaciones y la operación actual del sistema.

El proceso de deshidratación de crudo inicia con el ingreso de fluido multifásico al sistema de separación primaria, que estará constituido por separadores de producción; la corriente de salida del fluido crudo-agua de los separadores será direccionada a un sistema de bombeo con la finalidad de mantener la presión de operación del sistema de separación primaria, evitando disminuciones en la producción de los distintos pozos que alimentan a la Estación Sacha Sur.

El fluido que sale del sistema de bombeo será enviado hacia los calentadores, con la finalidad de incrementar su temperatura y mantener un control de la misma, evitando así la formación de ceras parafínicas durante el proceso de lavado de crudo.

El fluido previamente calentado será enviado hacia la bota del nuevo tanque que conformará el sistema de lavado de crudo, donde se produce la

desgasificación del fluido, junto con la disminución progresiva de la presión.

El fluido desgasificado será enviado al tanque del sistema de lavado, de donde se obtendrá tres corrientes de salida: gas, crudo en especificación y agua. Se tendrá un sistema de inyección de químicos al tanque de lavado que complemente el proceso de deshidratación de crudo. El crudo en especificación será enviado hacia el tanque de surgencia secundario.

Finalmente para ayudar al proceso de deshidratación de crudo es necesario la formación de un colchón de agua en el interior del tanque de lavado. El colchón de agua dentro de este tanque debe mantener un nivel de 8 pies, para lo cual se diseñarán dos sistemas que permitan mantener dicho nivel, el primer sistema estará encargado del ingreso de agua cuando el nivel de colchón sea menor a 8 pies y el segundo sistema permitirá el mantenimiento del nivel de agua, mediante el desalojo del exceso de la misma.

El proceso de almacenamiento consistirá en almacenar el crudo en especificación a través de un tanque el mismo que permitirá el transporte del petróleo hacia Sacha Central. Adicionalmente se tendrá un control del nivel total de llenado en el tanque.

III. INGENIERÍA BÁSICA

III-A. Diseño de la operación automática del Tanque Multipropósito

Para la operación automática del Tanque Multipropósito se detalla la operación de este equipo como Tanque de lavado, y como tanque de almacenamiento de crudo y la propuesta de automatización que se desea realizar. En la figura 4 se muestra la operación como tanque de lavado [3].

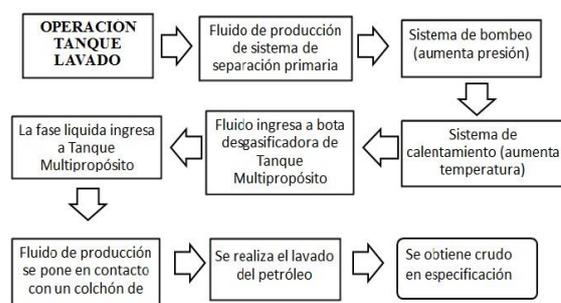


Figura 4. Operación Tanque lavado

En la figura 5 se muestra la propuesta de automatización realizada para esta funcionalidad.

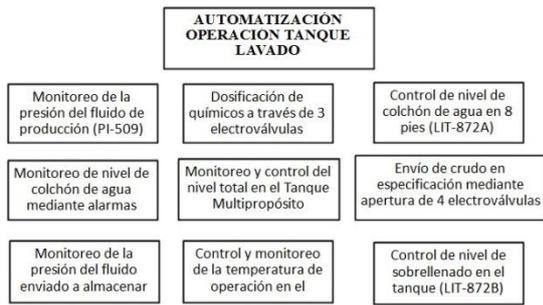


Figura 5. Diseño de la operación automática de Tanque lavado

En la figura 6 se muestra la operación de Tanque Multipropósito como tanque de almacenamiento [3] y en la figura 7 se muestra la propuesta de automatización realizada para esta funcionalidad.

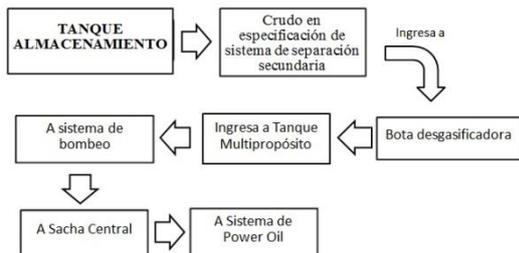


Figura 6. Operación Tanque almacenamiento

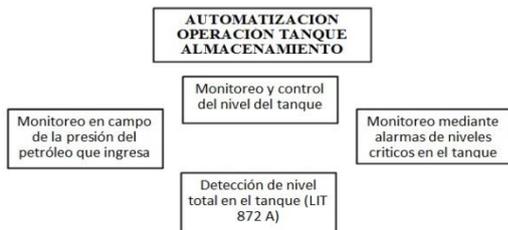


Figura 7. Diseño de la operación automática de Tanque almacenamiento

III-B. Diseño de la operación automática de los sistemas auxiliares principales

Los sistemas auxiliares principales que se tienen en los sistemas de deshidratación y almacenamiento de crudo son los mostrados en la figura 8 [3].

Para el sistema de mantenimiento de nivel de colchón de agua que corresponde a un sistema auxiliar principal se propone la automatización que se muestra en la figura 9. De igual forma para el sistema de formación de colchón de agua se propone la automatización que se muestra en la figura 10.

propone la automatización que se muestra en la figura 10.

En la figura 11 se muestra la automatización que se propone para el sistema de bombeo de fluido. Finalmente en la figura 12 se muestra el sistema de calentamiento de fluido y la automatización que se propone para la operación de este sistema.

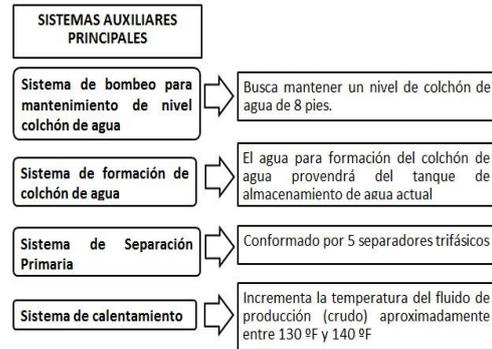


Figura 8. Sistemas auxiliares principales

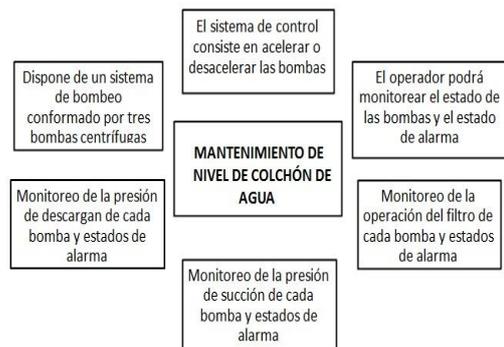


Figura 9. Diseño de la operación automática de mantenimiento de nivel de colchón de agua

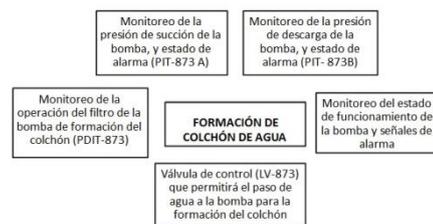


Figura 10. Diseño de la operación automática de formación de colchón de agua

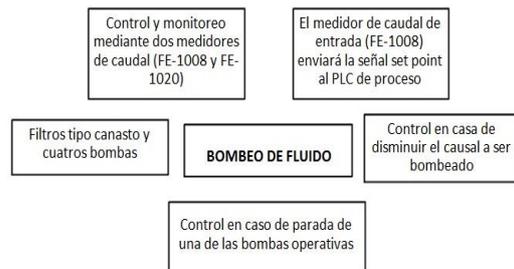


Figura 11. Diseño de la operación automática de sistema de bombeo de fluido

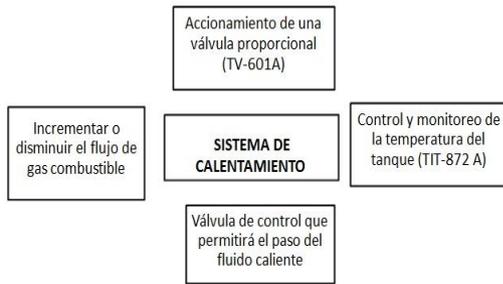


Figura 12. Diseño de la operación automática de sistema de calentamiento

III-C. Diseño de la operación automática de los sistemas auxiliares secundarios

Los sistemas auxiliares secundarios que se tienen en los sistemas de deshidratación y almacenamiento de crudo son los siguientes mostrados en la figura 13 [3].

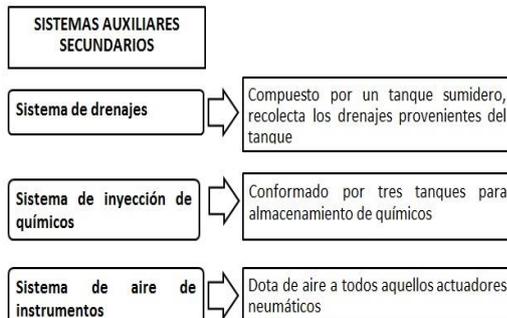


Figura 13. Sistemas auxiliares secundarios

Para el sistema de drenajes se propone la automatización que se muestra en la figura 14.

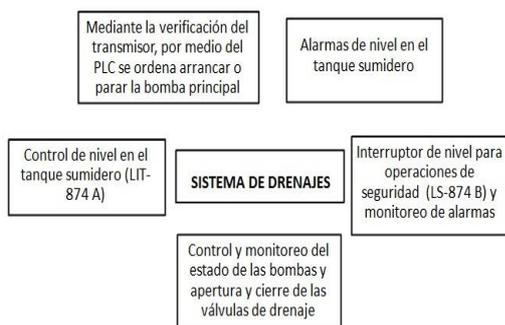


Figura 14. Diseño de la operación automática de sistema de drenajes

Para el sistema de inyección de químicos se propone la automatización que se muestra en la figura 15 [3]. De igual forma en la figura 16 se muestra la automatización que se propone para el sistema de aire de instrumentos.

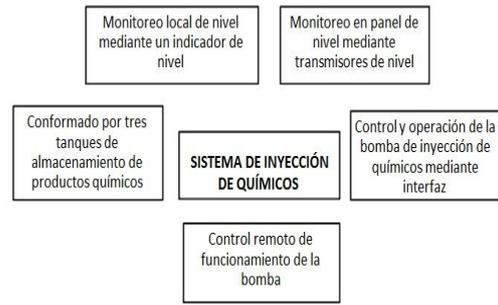


Figura 15. Diseño de la operación automática de sistema de inyección de químicos

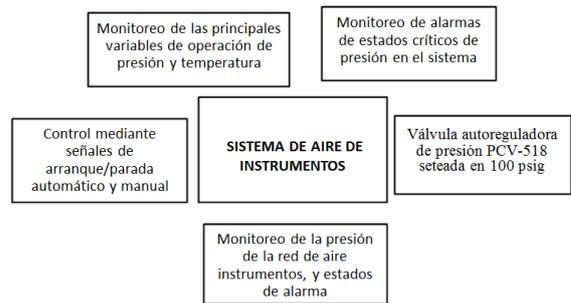


Figura 16. Diseño de la operación automática de sistema de aire de instrumentos

III-D. Monitoreo y control

El sistema de control estará constituido por dos controladores lógicos programables, Control Logix (1756-L73) con sus respectivos módulos de entradas y salidas, su elección se justifica de acuerdo a los requerimientos establecidos de operación y control; es importante mencionar que junto a estos controladores es necesario disponer de un módulo de comunicación Ethernet (ENBT) para poder desarrollar procesos de intercambio de información entre ambos PLC's. El software de control y monitoreo usados son: Archestra, InTouch, MySQL Database, RSLogix 5000, Rslinx.

La arquitectura de monitoreo y control a usar se muestra en la figura 17.

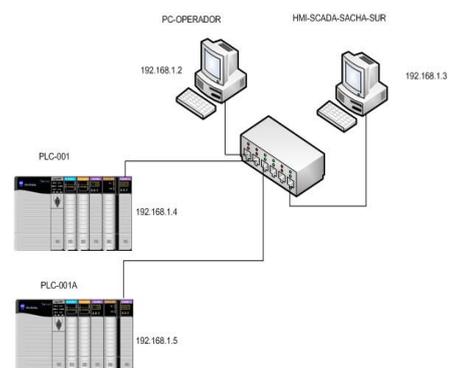


Figura 17. Arquitectura de monitoreo y control

IV. INGENIERÍA DE DETALLE

En la ingeniería de detalle se realizan los planos definitivos de montaje de los sistemas automatizados y la programación y parametrización de los dispositivos de control, finalmente se realiza el desarrollo y configuración del HMI SCADA.

Los diagramas desarrollados en esta ingeniería complementan la información detallada en las ingenierías conceptual y básica. Se han elaborado los siguientes diagramas:

- Diagrama de ubicación de equipos eléctricos: Este esquema muestra el lugar donde se propone sean montados los nuevos equipos eléctricos, que forman parte del sistema de deshidratación y almacenamiento optimizado.

Esta distribución ha sido establecida de acuerdo a la división de zonas peligrosas de la estación.

- Diagrama de ubicación de los controladores lógicos programables

De igual forma este esquema muestra el lugar donde deben ser montados los controladores que intervienen en los sistemas automatizados.

- Diagramas de conexiones de los PLC's de proceso y seguridad

Este esquema muestra la arquitectura de conexión del PLC de seguridad y el PLC de proceso con la instrumentación correspondiente de cada uno, con el objetivo de evitar un comportamiento inesperado de los dispositivos de control.

- Diagramas de panel de control de los PLC's de proceso y seguridad

Este esquema muestra la distribución que deben tener los PLC's en su respectivo panel, y las adecuadas protecciones eléctricas de los mismos

IV-A. Programación y parametrización de los dispositivos de control

Dado que en la puesta en marcha el tiempo es limitado se ha tomado en consideración la información documentada por el Instrumentista Antonio Creus [4], en la figura 18 muestra la tabla usada.

TIPO	% Banda proporcional (Ganancia)	Tiempo integral	Tiempo derivativo
Presión	20 (5)	-	-
Caudal	80-250 (1,25-0,4)	0,5-15	-
Nivel	50-100 (2-1)	-	-
Temperatura	20-50 (5-2)	0,5-15	0,5-3

Figura 18. Tabla de Antonio Creus

Se muestra a continuación las acciones de control desarrolladas para cada uno de los sistemas que se ha propuesto sean automatizados.

1. Control de caudal del bombeo de fluido de producción

Para el control de caudal del bombeo de fluido de producción se utilizará un controlador del tipo PI, se ha usado este tipo de controlador debido a que los lazos de control de caudales líquidos se caracterizan en general por respuestas rápidas (del orden de los segundos), sin tiempo muerto o delay, adicionalmente en un control de flujo cuando las perturbaciones tienden a ser frecuentes pero de pequeña magnitud, normalmente se traducen en ruidos de alta frecuencia que pueden ser producidos por turbulencias, cambios en válvulas, vibraciones en las bombas, etc, siendo estos motivos la razón de ser conveniente utilizar controladores PI (sin acción derivativa), con valores intermedios de Kc para el control de caudal.

2. Control de temperatura del calentamiento de fluido de producción

Para el control de temperatura del sistema de calentamiento de fluido se utilizará un controlador del tipo PID, se usa este tipo de controlador debido a que se pueden dar diferentes dinámicas con este tipo de variable incluyendo delays, la acción integral proporcionará una corrección para compensar las perturbaciones y mantener así la variable controlada en un punto de consigna, mientras que la acción derivativa anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación

3. Control de nivel de formación de colchón de agua en el Tanque Multipropósito

Debido a la naturaleza del proceso en general para el control de nivel de formación de colchón de agua se utilizará un controlador del tipo P, el control para este tipo de variable alcanza con un control

proporcional, con ganancia elevada, pues el propio sistema tiende a amortiguar las oscilaciones.

Puede usarse también la acción integral pero debido a que el sistema permite tolerar pequeños offsets no será necesario. La acción derivativa normalmente no se emplea porque tiende a amplificar los ruidos. Se debe ser conservador con el ajuste para evitar fluctuaciones.

4. Control de nivel para desalojo de colchón de agua en el Tanque Multipropósito

Igual que en el sistema anterior para el control de nivel para el desalojo de colchón de agua se utilizará un controlador del tipo P, por las mismas razones del sistema anterior debido a que el control para este tipo de variable alcanza con un control proporcional, con ganancia elevada, pues el propio sistema tiende a amortiguar las oscilaciones.

5. Control de nivel en sistema de drenaje

En el sistema de control de nivel del Tanque Sumidero se ha usado un control de tipo ON/OFF con histéresis, se ha utilizado este tipo de control ya que en este sistema no se necesita una elevada precisión y a través de este controlador se podrá tener una acción de control sin necesidad de desperdiciar recursos. El control de nivel usado consiste en comparar la entrada de referencia de nivel (set point) con el nivel actual en el Tanque (transmisor de ondas guiadas), en donde si el valor de nivel actual es mayor al nivel de referencia se enviará al actuador (variador de frecuencia) la menor señal de funcionamiento, en caso de que el valor de nivel actual en el Tanque sea menor al nivel de referencia se enviará al actuador la mayor señal de funcionamiento. La bomba es controlada por el actuador de tal forma que se mantenga un nivel deseado evitando derramamiento de fluido por sobrellenado.

6. Control de presión en sistema de aire de instrumentos

En el sistema de control de presión del proceso de aire de instrumentos se ha usado igual que en el sistema de drenaje un control de tipo ON/OFF con histéresis por razones similares dado que este sistema tampoco requiere de una elevada precisión, este control es tanto para el pulmón de aire como para la red de aire instrumentos. El sistema de control para este sistema consiste en comparar la

entrada de referencia de presión (set point) con la presión actual en el sistema (transmisor de presión diferencial), en donde si el valor de nivel actual es mayor al nivel de referencia se enviará al actuador (compresores) la menor señal de funcionamiento, en caso de que el valor de presión actual en el sistema sea menor a la presión de referencia se enviará al actuador la mayor señal de funcionamiento.

La presión en el sistema es controlada por los compresores de tal forma que se mantenga un valor de presión deseado.

IV-B. Desarrollo y configuración del HMI SCADA

Para el desarrollo y configuración del sistema HMI SCADA desarrollados para la optimización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo se ha hecho uso de la norma GEDIS que proporciona información acerca de la arquitectura, texto, navegación que debe tener una pantalla HMI [5], a continuación en la figura 19 se muestra el resultado obtenido para la configuración del sistema HMI SCADA.

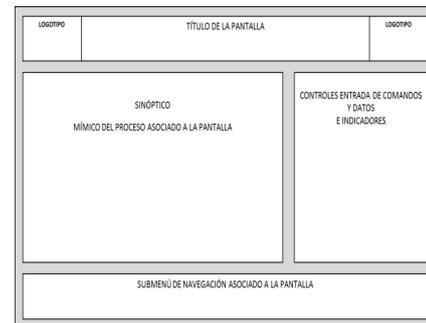


Figura 19. Esquema de pantalla HMI

En la figura 20 se muestra un ejemplo de las pantallas HMI realizadas en este proyecto



Figura 20. HMI del sistema de deshidratación.

Para el proceso de simulación se ha hecho uso del software SoftLogix 5800 que permite emular un PLC virtual, por lo que se tiene como requisitos para el desarrollo de la simulación el uso de dos máquinas virtuales que contengan cada una un PLC

virtual, en donde el controlador que contenga la programación correspondiente al PLC de proceso se le denominará PLC virtual de control y el controlador que contenga la programación correspondiente al PLC de seguridad se le denominará PLC virtual de seguridad.

En la figura 21 se muestra el esquema de los elementos de simulación.



Figura 21. Esquema de simulación.

V. CONCLUSIONES

- El significado de optimización en relación a la mejora de los procesos ha permitido encaminar este trabajo a impulsar la efectividad y eficiencia de los procedimientos realizados en el sistema de deshidratación y almacenamiento del campo Sacha Sur, a través de la innovación garantizando el camino a la competitividad y alcanzando mediante esto los objetivos inicialmente planteados.
- De acuerdo al análisis desarrollado del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo en la estación Sacha Sur, se determinó que la operación y condiciones que se tiene en los diferentes sistemas es desfavorable para un desarrollo normal del proceso, siendo inevitable la producción de fallas en la operación, es así que se logró establecer puntos críticos de funcionamiento y de esta manera fijar las áreas a automatizar.
- A través de la propuesta de automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo, se logró atacar la problemática principal de los sistemas que consiste en la operación manual de los mismos, asegurando una operación segura y confiable de la estación a través de la integración de algoritmos de control, y de la instrumentación adecuada que conlleva un proceso de automatización.
- El desarrollo de un análisis causa y efecto detalla el sistema de seguridad que se tendrá en los nuevos sistemas automatizados, y permite

establecer un manejo seguro de las variables que intervienen en el proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo.

- Mediante un análisis de las variables a controlar en el proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo, se determinó para cada una de ellas la lógica de control que se ajusta a cada comportamiento, debido a que este trabajo no incluye la fase de implementación, se fundamentó este análisis en la literatura de control del Instrumentista Antonio Creus, se logró además establecer que para los procesos que se realizan en la estación Sacha Sur las variables principales a controlar son: caudal, nivel, temperatura y presión.
- Los diagramas P&Id permitieron mostrar mediante una representación gráfica la automatización del proceso de deshidratación y almacenamiento y facilitaron la identificación de la distribución global de los equipos de cada subsistema
- Las simulación de la propuesta de automatización al proceso de deshidratación y almacenamiento de crudo, permitió evaluar la funcionalidad del mismo emulando el ingreso y salida de las variables y señales que intervienen en el sistema, dando excelentes resultados en cuanto a los sistemas de control propuestos para las variables de temperatura, nivel y caudal, y permitiendo tener una imagen visual en lo que se refiere al comportamiento de señales de encendido y apagado de equipos, manejo de alarmas del nuevo sistema automatizado, etc.
- La fase de simulación de la propuesta de automatización del sistema de deshidratación y almacenamiento de crudo demostró que dividir el proceso general de obtención de petróleo en subprocesos permitió determinar un tipo de sistema de control adecuado para cada subsistema, facilitando el control general.

VI. REFERENCIAS

- [1] RÍO NAPO. Informe de Relevamiento del Campo Sacha Sur. 2014.
- [2] RÍO NAPO. Evaluación del tanque lavador y tanque de almacenamiento. 2014.
- [3] RÍO NAPO. Plan de trabajo. 2014.
- [4] A. Creus. Instrumentación Industrial. 1997.
- [5] Granollers & Ponsa. Diseño y Automatización Industrial. 2010.

