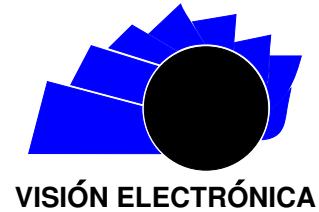




Visión Electrónica

Más que un estado sólido

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/index>



VISIÓN DE CASO

Diseño y construcción de equipo automatizado para separar mezclas

Design and construction of automated equipment for separating mixtures

Javier Eduardo Martínez Baquero^a

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Enviado: Septiembre de 2014

Recibido: Noviembre de 2014

Aceptado: Febrero de 2015

Palabras clave:

Equipo Automatizado

Instrumentación

Mezcla

Controlador

Aguas Oleosas

Separación

RESUMEN

Diversas son las formas de contaminación del medio ambiente, una de ellas es la provocada por mezclas oleosas que son vertidas especialmente a las fuentes hídricas provenientes de actividades económicas como lavado de vehículos, estaciones de servicio, entre otros. En el presente artículo de investigación se desarrolla una forma de mitigar esos efectos contaminantes, mediante el diseño y construcción de un equipo automatizado que realiza la separación de una mezcla de agua-aceite. La separación de la mezcla oleosa se realiza en un separador de placas corrugadas (CPI), y acompañado de un Controlador Lógico Programable (PLC) S7 1200, a través del cual se permite al usuario llevar a cabo el proceso de manera eficiente, gracias al alto porcentaje de separación que se ha logrado con respecto a la mezcla inicial. Se consideran tres etapas metodológicas: la construcción del separador CPI, estableciendo a su vez las variables de interés; el diseño e implementación de la Automatización; y la validación de los resultados mediante pruebas. Se definen 3 variables: nivel, la más importante en el equipo; temperatura y caudal; para cada una de ellas se ha implementado la instrumentación adecuada para la toma de datos que posteriormente se ingresan al PLC. Como resultado principal se encuentra que el proceso es eficiente ya que logra recuperar más del 90% del agua presente en el fluido oleoso inicial, evidenciado por la instrumentación implementada, lo cual permitirá reutilización y posterior ahorro del preciado líquido.



Keywords:

Automated Equipment

Instrumentation

Mixture

Controller

Oily Waters

Separation

ABSTRACT

There are various forms of environmental pollution, one of which is caused by oily mixtures which are particularly discharged into water sources from economic activities such as washing vehicles, service stations, and others. This article research shows a way to mitigate these polluting effects through the design and construction of an automated equipment that performs the separation of a mixture of water-oil. The separation of the oil mixture is carried out in a corrugated plate interceptor (CPI), and accompanied by a Programmable Logic Controller (PLC) S7 1200, through which the user is allowed to perform the process efficiently, thanks to high percentage of separation has been achieved with respect to the

^aIngeniero Electrónico, Universidad de los Llanos (Colombia); Especialista en Instrumentación Electrónica, Universidad Santo Tomás (Colombia); Magister en Tecnología Educativa y Medios Innovadores en la Educación, Universidad Autónoma de Bucaramanga (Colombia). Docente de Planta Universidad de los Llanos, Villavicencio – Meta, Colombia. e-mail: jmartinez@unillanos.edu.co

initial mixture. Then, was divided into three methodological steps , first the CPI separator built, setting turn the variables of interest, second was designed and implemented the Automation and third results were validated by testing. Three variables were defined; level, the most important in the system, also temperature and flow, for each of them has been implemented appropriate instrumentation for data collection subsequently entering the PLC. The main result is that the process is efficient as it manages to recover more than 90% of the water present in the initial oily fluid, this evidenced by the implemented instrumentation , allowing reuse and subsequent saving precious liquid.

1. Introducción

Actualmente, son diversos los factores que están afectando de manera significativa el medio ambiente; en ocasiones por la no implementación de mecanismos que permitan controlarlos, y en otras, por la falta de interés de aquellas personas implicadas en los procesos que inciden en la contaminación. Una forma de contaminación la provocan las aguas oleosas, que fluyen a las afluentes sin ningún tipo de tratamiento, como las que se generan en lavaderos de autos.

A nivel mundial existe una gran preocupación por las problemáticas ambientales y por la creciente generación de residuos, razón por la cual se ha visto un fortalecimiento del marco legal al respecto por parte de las entidades gubernamentales.

Según lo afirma [1], la degradación ambiental es un tema fundamental para el desarrollo de cualquier país, se encuentra ligado de manera inseparable y es causa de problemas asociados a la pobreza, el hambre, la inequidad de género y la salud, entre otros. Por tal razón, la innovación tecnológica puede jugar un papel importante en la transformación de los sistemas de producción, mediante el desarrollo de tecnologías más eficientes y ecológicas, con las cuales se logre minimizar el consumo de recursos, y que permitan también una disminución de los impactos ambientales, como se lleva a cabo en el presente proyecto, mediante el equipo separador de mezclas oleosas.

El presente artículo, describe la investigación que condujo al diseño y construcción de un equipo automatizado que ayuda en buena medida a dar solución a la problemática expuesta, presentando una solución en la cual se observa una eficiencia de aproximadamente el 96%, comprobada a partir de los sensores de nivel ubicados en los recipientes de almacenamiento.

De esta manera, el presente documento producto de la investigación, explica el diseño y la construcción de un equipo automatizado que efectúa la separación de un fluido oleoso (aceite-agua), partiendo de una revisión de conceptos sobre automatización, separadores, estado del arte en el área y luego el separador seleccionado, CPI, el cual ha sido elegido para efectuar el proceso de sepa-

ración de la mezcla, al cual, después de su construcción se le realizan las pruebas respectivas para verificar su correcto funcionamiento y eficiencia. Posteriormente, se detalla la selección e instalación de la instrumentación con la cual se realizará la toma de datos del proceso, teniendo como variable principal el nivel, ya que este dato permitirá conocer la eficiencia del sistema y a partir de los cuales se podrán efectuar los ajustes necesarios; luego se explica el proceso de automatización de la máquina, efectuada con un Controlador Lógico Programable, PLC S7 1200. Este dispositivo permite la acción automática del proceso a través de su programación, tomando las señales provenientes de los sensores instalados en el separador. Finalmente se presentan las conclusiones y trabajos futuros que se esperan tener en este sistema, ya que el proyecto realizado es una primera etapa de un proyecto macro a continuar.

2. Marco de Referencia

2.1. Automatización

Un sistema automatizado está conformado por elementos o instrumentos, lo cuales son utilizados para medir variables físicas, ejercer acciones de control y transmitir señales. En todos los procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes. [2]

El diccionario de la Real Academia Española define la Automática como la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada. [3]

En los últimos años, el término automatización, definido como la aplicación de la automática al control de procesos industriales, ha presentado una rápida evolución debido a que con ella se pueden mejorar las operaciones de un proceso productivo, también por la calidad de los bienes producidos, con lo cual se garantiza a las empresas el logro de sus objetivos.

Los avances tecnológicos generados en los últimos años han abierto una gran cantidad de posibilidades que permiten modificar la estructura rígida de los sistemas

tradicionales por estructuras flexibles que se apoya en las computadoras, transmisión de datos, hardware de adquisición de datos y software.

De esta manera, se busca la posibilidad de utilizar esa tecnología para la solución de problemas que existen en la sociedad, particularmente, en lo que respecta a la separación de aceites en aguas oleosas. La separación efectiva del aceite de algunos fluidos ha sido el gran reto de la industria del petróleo, muchos han sido los métodos, pero han quedado limitados por los costos. [4]

2.2. Separadores

Durante los últimos años, la tecnología ha introducido variantes en el diseño de separadores que conducen a incrementar la capacidad de las unidades, mientras se reduce el tamaño y el peso de los equipos. Para diseñar separadores es necesario tomar en cuenta los diferentes estados en que se pueden encontrar los fluidos y el efecto que sobre estos tengan las distintas fuerzas físicas. [5]

2.3. Descripción Operativa Separador CPI

Los separadores de placas corrugadas separan el agua de los aceites, logrando la recuperación de ambos en gran porcentaje, debido a la ruptura de moléculas en placas coalescentes, el aceite es llevado hacia la superficie para poder ser removido.

Las fases del separador inician con el ingreso al primer compartimiento del fluido oleoso, proveniente del tanque de almacenamiento, al primer compartimiento de la estructura de proceso, luego el fluido oleoso pasa por unas placas corrugadas que tienen la forma de un panal de abejas, en el que por diferencia de densidad se separan del agua las sustancias oleaginosas, que tienden a subir formando una capa flotante en la superficie, luego que el líquido alcanza un nivel establecido se debe activar un filtro cilíndrico el cual tiene movimiento circular generado por un motor, este sería el encargado de recolectar el aceite que está en la superficie, luego lo descarga por la salida lateral que ha sido asignada para este fin y el agua que pasó a través de las placas es enviada a la salida posterior, donde se recogerá para realizar la medición de nivel y así determinar el porcentaje de agua recuperado.

2.4. Estado del Arte

A nivel nacional, este campo ha sido abordado en mayor proporción a nivel industrial, especialmente en el proceso de separación de las fases del petróleo, separando las diferentes fases que éste presenta, como son agua, gas y crudo; la literatura en esta área es escasa.

Por otra parte, en Colombia, se ha conllevado a la construcción de las PTAR (Plantas de Tratamiento

de Aguas Residuales), como la llamada PTAR El Salitre, ubicada en Cundinamarca y que se encarga el tratamiento del agua del río Bogotá o la encontrada en Maní (Casanare), entre otras, de las cuales, igualmente existe poca literatura de resultados.

En Europa, en tanto, sobresale España, donde ha sido abordado este tema de manera recurrente. Sin embargo la instrumentación empleada en estos dispositivos no permite realizar mediciones de los diversos parámetros.

3. Materiales y métodos

3.1. Reconocimiento Separador

Antes de iniciar con la construcción del separador, se hace necesario conocer su funcionamiento: en primer lugar, se da el ingreso de la mezcla, que reduce su velocidad de tal manera que permite que los sólidos se precipiten al fondo mediante la trampa de arena, así las gotas de aceite suspendidas flotan hacia la superficie. Luego, la mezcla ingresa a través de un amortiguador, el cual la distribuye hacia las placas corrugadas; quienes tienen la forma de un panal de abejas, atrapando al aceite libre, para luego llevarlo hacia la superficie, en la medida que el tamaño de la partícula de aceite sea lo suficientemente grande; posteriormente, se descarga por la salida que haya sido asignada y el agua que pasó a través de estas placas es enviada hacia la salida. En la figura 1 se puede apreciar el esquema del separador implementado.

Figura 1. Equipo separador CPI.



Fuente: El Autor.

3.2. Construcción y pruebas

La construcción del sistema y las pruebas respectivas, con respecto a la eficiencia de la separación, permite establecer las características de desempeño del separador. En esta etapa, se dispone de un tanque de almacenamiento

de 250 litros, el cual se encuentra ubicado a una altura de 74cm, del que proviene la mezcla hacia el equipo separador a través de una tubería en PVC de 1/2".

3.3. Descripción de alternativa: selección e Instalación de la Instrumentación

Finalizadas las pruebas y ajustes al equipo separador de mezclas oleosas, se continúa con la selección e instalación de la instrumentación; inicialmente, se hace alusión a las variables que intervienen en el sistema, primero caudal y como variable principal el nivel, ya que ésta es la variable que permite establecer el porcentaje de recuperación de agua y de aceite extraído, comprobando de esta manera la finalidad del proyecto de investigación, y es la de reducir los efectos contaminantes del agua en los vertientes hídricas.

Con respecto a la medición del caudal, se ha establecido como apropiado el sensor **YF-S201**, mostrado en la figura 3, no solo por su costo, sino por sus características, su facilidad de uso y fiabilidad en la señal medida, evidenciado en las pruebas realizadas previamente a su montaje.

Figura 3. Sensor de caudal YF – S201.



Fuente: El Autor.

Este sensor ha sido instalado en la salida del tanque de almacenamiento, entrada del separador, junto con la electroválvula de entrada, como se aprecia en la figura 4, ya que con esta señal se logra establecer el desempeño del sistema según la velocidad del fluido, como se indicó en renglones anteriores, se basa en tubería de 1/2".

Para sensar el nivel, establecido en 4 puntos específicos, se usa el sensor de nivel por ultrasonido, referencia **SRF06**, que presenta una señal de salida de **4-20 mA**, sencilla de acoplar al PLC, el cual basado en estos valores, toma la decisión necesaria en el proceso. La figura 5 muestra uno de los tres sensores instalados.

Figura 4. Sensor de caudal instalado.



Fuente: El Autor.

Figura 5. Sensor de nivel por ultrasonido.



Fuente: El Autor.

Estos 4 sensores se encuentran instalados en los siguientes puntos: el primero, en el tanque de almacenamiento principal, el segundo, en el tanque recolector de aceite, el tercero, en el tanque recolector de agua y el cuarto, en el equipo separador. Con los valores tomados por los sensores se puede establecer la eficiencia de la separación, ya que conocido el volumen inicial de la mezcla, se establece el porcentaje recuperado de agua y de aceite.

3.4. Controlador lógico programable

Para llevar a cabo la Automatización del sistema, se usa el Controlador Lógico Programable, SIMATIC S7 1200, mostrado en la figura 6, que realiza las siguientes tareas:

Figura 6. Controlador lógico programable.



Fuente: El Autor.

1. Establecer, el inicio del proceso, a partir del accionamiento de un pulsador donde se efectúa la apertura de la electroválvula de entrada y la mezcla inicia su recorrido a través del separador CPI.
2. Realizar el cierre de la electroválvula, cuando el sensor de nivel ubicado en el tanque de almacenamiento principal indique el nivel mínimo de la mezcla, establecido en 50 litros.
3. Encender un motor DC, ubicado en el separador, figura 7, para se que inicie el proceso de extracción de aceite hacia el recolector respectivo.

Figura 7. Recolector de aceite.



Fuente: El Autor.

4. Apagar el motor DC, Cuando la extracción de aceite ha finalizado, apaga el motor DC.
5. Recibir las señales de los sensores de nivel ubicados en los recolectores de agua y de aceite, para establecer los porcentajes de separación de la mezcla.
6. En aras de reiniciar el proceso, una vez se finaliza la separación de la mezcla, el PLC enciende una electrobomba de manera que los fluidos separados regresen al tanque de almacenamiento principal, y así iniciar de nuevo el proceso, donde puede modificarse la relación de la mezcla.

4. Pruebas, resultados y discusión

Como prueba inicial, se hacen fluir 200 litros de agua a través del equipo separador, buscando establecer tiempos de llenado, y de esta manera compararlos con una mezcla agua-aceite, la cual contiene una proporción de 195 litros de agua y 5 litros de aceite. La tabla 1, muestra los resultados.

Tabla 1. Datos caudal primera prueba.

Fuente: El Autor

FLUIDO	TIEMPO TOTAL LLENADO	CALCULO CAUDAL
AGUA	40 min	83.33 ml/s
AGUA -- ACEITE	40 min	83.33 ml/s

Allí, se puede observar que los tiempos de llenado no muestran diferencias en los dos fluidos ingresados al sistema, es decir, aunque haya mezcla, los tiempos son iguales.

Una de las desventajas encontradas en la primera prueba se debió al caudal, ya que la velocidad de llenado era muy baja, por tal razón, para aumentar dicha velocidad se optó por posicionar el tanque de almacenamiento principal a una altura mayor, ubicándolo en una base de 117 cm, y se pudo lograr de manera significativa que el tiempo de llenado aumentó en un 45%, como se observa en la tabla 2.

Se han encontrado algunos aspectos importantes en el proceso, principalmente el relacionado con la separación, donde se observó que presentaba algunas deficiencias ya que había paso de aceite hacia la etapa de salida. La figura 2 muestra una imagen del resultado de la primera prueba.

Tabla 2. Datos caudal segunda prueba.

Fuente: El Autor

FLUIDO	TIEMPO TOTAL LLENADO	CALCULO CAUDAL
AGUA	22 min	151.51 ml/s
AGUA -- ACEITE	22 min	151.51 ml/s

Figura 2. Prueba separador CPI.



Fuente: El Autor.

También se lograron establecer porcentajes de separación de la mezcla, con los cuales se concluyó que era necesario realizar ajustes al equipo, entre ellas la ubicación de una barrera en el tercer segmento. además se comprobó que el primer segmento podía ser suprimido, lo cual provocó un cambio de velocidad en el fluido

(mezcla) y mejores resultados en la separación, como se observa en la tabla 3. Como se observa, la disminución en el porcentaje de error con respecto al paso del aceite, reducido considerablemente.

Tabla 3. Resultados separación primera prueba (%).
Fuente: El Autor

ACEITE QUE INGRESA (LITROS)	ERROR EN PASO ACEITE (LITROS)	ERROR %
10	2 litro	20
10	1 litro	10
10	1 litro	6

4.1. Pruebas finales

En la tabla 4 se presenta un resumen de algunas pruebas realizadas en el sistema con el tanque de almacenamiento en 250 litros de mezcla, aclarando que se ha establecido para la operación de este un nivel mínimo 50 litros, es decir que el análisis de separación de cada prueba se realiza tomando como base un volumen de 200 litros, de los cuales la cantidad de aceite presente se indica en la mencionada tabla.

Debido a que cada fluido separado (agua y aceite) es llevado a un recipiente diferente, es allí donde se realiza la medición del nivel de cada uno de ellos, logrando establecer el volumen y por lo tanto el porcentaje de separación de acuerdo a las señales entregadas por los sensores de nivel ubicados en cada uno de los recipientes.

Nótese la cantidad de aceite aplicado en cada una de las pruebas y el aceite que se logra separar.

Tabla 4. Pruebas equipo automatizado.
Fuente: El Autor

PRUEBA	1	2	3
TIEMPO PROCESO SEPARACIÓN (MIN)	22.	22.	23.
TIEMPO EXTRACCIÓN ACEITE (MIN)	6.	10.	24.
NIVEL DE AGUA RECUPERADO (LITROS)	191.	190.	190.
NIVEL DE ACEITE APLICADO (LITROS)	1.	2.	5.
NIVEL DE ACEITE RECUPERADO (LITROS)	0.85	1.8	4.8
% ERROR SEPARACIÓN ACEITE	0.15	0.1	0.04

5. Conclusiones

- La implementación de este equipo permitirá la recuperación de gran cantidad de aceite usado, el cual se genera diariamente en diferentes procesos y que

se vierte directamente por los sistemas de alcantarillado, con la contaminación de los medios naturales que conlleva.

- La implementación del equipo separador de mezclas oleosas podría traer grandes beneficios para el impacto medio ambiental, gracias a que se logró establecer, en la recopilación de información inicial, que muchas empresas son las que producen residuos de aguas oleosas, sin embargo, muy pocas realizan un tratamiento adecuado de estas, desperdiciando enormes cantidades de agua y generando un deterioro del ecosistema .
- El proyecto de investigación que aquí se presenta es una primera fase de un trabajo global, debido a que a partir de estos resultados se continuará mejorando el sistema, incluyendo otro tipo de variables, además de la posibilidad de mejorar el proceso de separación sometiendo el fluido oleoso a cambios de temperatura.
- Analizando los resultados de las pruebas, se observa que el proceso es eficiente y que se alcanza a recuperar más del 90% del agua oleosa, que permitirá su reutilización y posterior ahorro del preciado líquido, sumado a la posibilidad de conocer los datos de pH al final del proceso, ya que una siguiente etapa abordará la posibilidad de controlar esta variable, para aumentar las posibilidades de uso del agua recuperada.
- La medición de nivel, con sensores de ultrasonido, fue bastante buena, logrando valores cuyo error es menor del 2%.
- El equipo separador de mezclas oleosas no solo contribuye a la conservación del medio ambiente, sino también al área académica siendo una herramienta de práctica en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería (FCBI) de la Universidad de los Llanos.
- Diversos son los métodos existentes para realizar la separación de mezclas, sin embargo, para el caso del presente proyecto de investigación se han logrado resultados importantes con el separador de placas corrugadas (CPI), permitiendo recuperar más del 90% del agua contenida en la mezcla inicial.
- El Controlador Lógico Programable, SIMATIC S7 1200, asegura óptimos resultados en la comunicación con los sensores del sistema.
- La realización de esta investigación, y el producto obtenido, permite pensar en futuros desarrollos en

el campo de la Instrumentación y la Automatización, poco abordado en los proyectos de investigación de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de los Llanos.

- Este equipo automatizado, además, es una alternativa tecnológica que promueve la enseñanza de la instrumentación industrial en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de los Llanos.

5.1. Trabajos futuros

- Implementar sensores para otro tipo de variables al proceso, por ejemplo pH.
- Realizar, a partir de variaciones en la temperatura de la mezcla, pruebas que conlleven a mejores resultados de separación en el equipo.
- Implementar un HMI, para todas las variables del proceso.
- Construir un sistema SCADA, monitoreando y buscando el mejoramiento del desempeño del sistema.

Referencias

- [1] Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014. Más empleo menos pobreza. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación.
- [2] C. Antonio. Instrumentación Industrial. 8va Edición. México. Alfaomega Grupo Editor, S.A. 2011. Pp 195-220
- [3] R, Piedrafito Moreno. Ingeniería de la Automatización Industrial. México. Alfaomega, 2010. 2da Edición ampliada y actualizada. pp 59-80.
- [4] Behin, J. A. (2007). Influence of water level on oil-water separation by residence time distribution curves investigations. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería, junio 2013. [En línea]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586608003092>.
- [5] Escamilla, C. (2010). Tesis de Grado. Modelación Física de un separador agua-aceite. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias, julio 2013. [En línea]. Disponible en http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params//id/51955590.html.
- [6] A. Morales Sánchez. Instrumentación Básica de Procesos Industriales. México. International Society of Automation (ISA). 2007. pp 20-40.
- [7] L, Chávez. (2012). Evaluación del Sistema de tratamiento de aguas oleosas residuales. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/163987262/EVALUACION-DEL-SSITEMA-DE-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-OLEOSAS-RESIDUALES>
- [8] J.A. Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y Principios de diseño. Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2010. pp 223-253.
- [9] J. Acedo Sánchez. Instrumentación y Control Básico de Procesos. España. Ediciones Diaz de Santos. 2006. pp 227-243.
- [10] J. Perez Cruz y M. Pineda Sánchez. Automatización de Maniobras Industriales. México. Alfaomega. pp 43-163
- [11] D. Gonzalez. Automatización y Control. Prácticas de Laboratorio. México. Mc Graw Hill. 2004. pp 53-98
- [12] M. Pérez. Autómatas Programables y Sistema de Automatización. México. Alfaomega. 2010. pp 30-60