

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Diseño integrado – mecánico y de sistemas de control – de separadores  
para flujos trifásicos en la industria petrolera**

**Diego José Medina Guevara**

*Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero*

*Mecánico*

Quito, Junio de 2009

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Diseño integrado – mecánico y de sistemas de control – de separadores para flujos trifásicos en la industria petrolera**

**Diego José Medina Guevara**

Lucia Quintero, Ph.D

Director de Tesis

---

Víctor Guerrero, Ph.D

Miembro del comité de Tesis

---

Laurent Sass, Ph.D

Miembro del comité de Tesis

---

Ing. Fernando Romo P., M.Sc.

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

---

Quito, Junio 2009

© Derechos de autor

Diego José Medina Guevara

2009

### **Agradecimientos**

A mis padres, mi hermana y mi hermano quienes fueron las personas que con su infinito apoyo y confianza me dieron la motivación necesaria para lograr esta gran meta. A mis profesores quienes supieron darnos la guía necesaria para sobrellevar todos obstáculos y lograr los objetivos. A mis amigos y colegas quienes supieron estar ahí en los momentos adecuados para apoyarnos. Y para todas las personas que estuvieron en el momento adecuado brindando su apoyo en todos estos años universitarios.

## Resumen

Tras el desarrollo tecnológico de la industria a nivel mundial es necesaria implementación de sistemas automatizados, que a pesar de su costo representan inversiones que pueden generar un mayor porcentaje de ganancia a las empresas. En el ámbito petrolero, la automatización en sus procesos es un negocio muy rentable e incrementa su eficiencia en sus procesos, tal es el caso de PDVSA en Venezuela y Petrobras en Colombia. A nivel nacional uno de los equipos más utilizados en la producción de petróleo son los separadores de crudo, y el objetivo de este trabajo es su diseño integrado, es decir mecánico y de control.

Antes de empezar un diseño, se debe tener clara la idea del funcionamiento de una facilidad de producción, de la cual un separador trifásico forma parte. Además se debe determinar los procesos que involucrados en la producción de petróleo y así poder tener un concepto claro y conciso sobre lo que es una facilidad de producción.

Tras entender como está estructurada una facilidad, se procede a investigar las propiedades que posee el fluido que va a entrar al tanque basado en la mecánica de fluidos, con lo cual se debe llegar a entender el comportamiento del petróleo en condiciones turbulentas y no turbulentas. De esta manera se procede a definir las variables críticas que se relacionan con los procesos dentro del separador, tales como presión, temperatura, caudal y nivel.

El siguiente paso es la investigación de los tipos de separadores que se utilizan en la industria petrolera, donde existen 2 tipos, bifásicos y trifásicos. Los separadores bifásicos solo tiene dos fases de separación, líquida y gas. Pero los separadores trifásicos separan el crudo en tres fases; agua, gas y crudo. La separación de estos tres elementos está basado en función de sus densidades, por lo que es posible, después de cierto tiempo, evidenciar dentro del tanque las diferentes capas de gas, crudo y agua. Y según las características que posea el fluido de entrada se determinan las dimensiones óptimas para realizar una separación adecuada.

Tras obtener las dimensiones básicas del separador se procede a entender y aplicar la norma ASME Sección VII para tanques sometidos a presión. Dentro de esta norma está establecido que los tanques presurizados deben tener ciertos parámetros que deben ser estrictamente aplicados por seguridad, pues en caso contrario pueden ocurrir graves accidentes. La norma garantiza que el tanque cumple con las especificaciones de diseño, es decir espesor de la placa del cuerpo de tanque y de las tapas, soldaduras y entre otros elementos necesarios en el tanque. Con esto finaliza la etapa del diseño mecánico, por lo que a continuación se realiza el diseño del sistema de control.

Para implementar un sistema de control primero hay que definir lo que es instrumentación, su calibración y selección de los elementos de seguridad y control necesarios para implementar un sistema adecuado de control. Dentro de los elementos de control se ubican alarmas contra fuego, sistemas de aspersión para controlar incendios y otros elementos adicionales. En la parte de sensores hay que ser un poco más estricto debido a que las condiciones de operación del tanque no son comunes por la presión interna a la que está sometida. Es necesario elegir sensores de temperatura, presión, presión y nivel adecuados y que cumplan los requerimientos del diseñador para operar en conjunto con el tanque.

Finalmente, la implementación de un sistema de monitoreo desde una central que no necesariamente esté en lugar donde opere el equipo, lo que brindaría mayores facilidades de control del separador. El sistema de control debe ser amigable con el usuario que lo opera para que sea fácil la interpretación de los procesos internos del tanque y el análisis de los datos que se reciben de los sensores para tomar decisiones oportunas.

## Abstract

Consequently with the technological development of the industry at a global level, it is necessary the implementation of automated systems. Even though the automated systems are quite costly, they represent an investment that could generate a great percentage of profit for the businesses and industry because it raises the efficiency level of the productive processes.

In oil industry, the use of automation tools is a very important and great challenge. At a domestic level, one of the most utilized equipment in petroleum production are the crude oil separators. The main objective of this engineering work is its integrated mechanical design, and control as well.

Rather than starting a design, the idea of a production facility must be well understood. In addition, the processes involved in petroleum production should be determined. Hence, acquire a clear and concise concept regarding a production facility.

Subsequent to the understanding how a production facility is structured, the properties of the fluid that will go into the tank are investigated based on the fluid mechanics. This will help to understand the petroleum's behavior in turbulent and non-turbulent conditions. The critical variables (pressure, temperature, caudal and level) that are related to the processes inside the separator are defined too.

The next step is the investigation of the types of separators being used in the petroleum industry. There are two types: biphasic and threephase. The biphasic separators only have two separation phases, liquid and gas phases. On the other hand, the threephase separators separate the crude oil in three different phases: water, gas and oil. The separations of these three elements depend of its densities. Thus it is possible that after a certain time, the different layers could be observed: gas, oil and water. Depending on the characteristics of the input fluid, the optimal dimensions to perform an adequate separation are determined.

Once the basic separator's dimensions are obtained, the norm ASME section VII for tanks subject to pressure, is applied. Within this norm it is established that the pressurized tanks should have certain parameters, which must be strictly applied for security, otherwise, serious accidents might occur. The norm warranties that the tank fulfills the requirements of the design. That is, thickness of the body of the tank, tank heads thickness and form, welding, and other necessary elements of the tank. This finalizes the mechanical design stage, followed by the design of the control system.

In order to implement a control system, the instrumentation, calibration, elements of security selection, and control, must be defined. This will facilitate an adequate control system. Within the control elements, there have to be fire alarms, aspersion systems and other additional elements. With the sensors, there must be more caution since the tank's operation conditions are not common to the internal pressure to which is subject. It is necessary to choose sensors of temperature, pressure and adequate level that avail the requirements of the designer to operate in conjunction with the tank.

Finally, with the implementation of a monitoring system, there will be a greater control of the separator. Also, the control system must be user friendly so that the internal processes of the tank and the analysis of the data that are received by the sensors are easily interpreted.

## Índice de contenido índice

Capítulo 1.....	1
1.1 <i>Introducción</i> .....	1
1.2 <i>Motivación</i> .....	2
Capítulo 2.....	5
2.1 <i>Conceptualización de facilidad de producción</i> .....	5
2.2 <i>Equipos de una planta de producción de petróleo</i> .....	5
2.3 <i>Tipos de procesos involucrados en la producción de petróleo</i> .....	7
Capítulo 3.....	8
3.1 <i>Mecánica de fluidos</i> .....	8
3.2 <i>Propiedades de los fluidos</i> .....	8
3.3 <i>Identificación de variables críticas</i> .....	8
3.3.1    Definiciones básicas de sistemas de control automático.....	8
3.4 <i>Variables principales a controlar en la producción de petróleo y gas</i> .....	8
3.5 <i>Gravedad específica y densidad</i> .....	9
3.6 <i>Viscosidad</i> .....	10
3.7 <i>Cálculo de flasheo (flash)</i> .....	14
3.8 <i>Características de la corriente del flujo</i> .....	15
Capítulo 4.....	18
4.1 <i>Separadores trifásicos y bifásicos</i> .....	18
4.2 <i>Factores que afectan la separación</i> .....	19
4.3 <i>Separación bifásica</i> .....	19
4.3.1    Descripción de los equipos.....	19
4.4 <i>Separadores horizontales vs. verticales</i> .....	21
4.5 <i>Elementos internos de los tanques</i> .....	21
4.5.1    Difusores internos (Inlet diverters).....	21
4.5.2    Platos antiespuma (Defoaming Plates).....	22
4.5.3    Vortex Breaker.....	22
4.5.4    Extractores de vapor (Mist Extractor).....	23
4.6 <i>Potenciales problemas de operación</i> .....	25
4.6.1    Crudos espumosos (Foamy Crudes).....	25
4.6.2    Parafina (Paraffin).....	25
4.6.3    Arenas.....	25





ERROR: syntaxerror  
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

-mark-  
/sfnts