

**ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN
EN SEPARADORES TRIFÁSICOS**

MARÍA FERNANDA DUEÑAS CORNEJO

CARMEN CECILIA OLAYA ARGUELLO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

BUCARAMANGA

2011

**ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN
EN SEPARADORES TRIFÁSICOS**

MARÍA FERNANDA DUEÑAS CORNEJO

CARMEN CECILIA OLAYA ARGUELLO

**MONOGRAFÍA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE ESPECIALISTA EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN
INDUSTRIAL**

Director

Ing. JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

BUCARAMANGA

2011

A Dios por la vida y por mi familia.
A mis padres Fernando y Luz Marina
y mi hermana Daniela por su amor
incondicional.
A Oscar Eduardo por su amor y
apoyo.

María Fernanda

A Dios por los dones recibidos.
A mi familia por su amor y apoyo.

Carmen Cecilia

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Juan Carlos Villamizar Rincón por creer en nosotras, por sus enseñanzas y por su apoyo incondicional.

A la Especialización en Control e Instrumentación Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana por su gran aporte a nuestra formación profesional.

Y a todos aquellos que pusieron un granito de arena para que este proyecto fuera posible.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
1. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	5
1.1 PLANTEAMIENTO	5
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 SEPARADOR TRIFÁSICO	9
2.2 EQUIPOS SUPERFICIE	9
2.3 PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA .	9
3. SEPARADORES DE ENSAYO Y/O TRIFÁSICOS	14
3.1 FUNCIONES DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO:	15
3.2 TIPOS DE SEPARADORES TRIFÁSICOS:	16
4. INSTRUMENTACIÓN BÁSICA DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO ..	27
RECOMENDACIONES	34
CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de un Separador Trifásico	7
Figura 2. Yacimiento de petrolero y sistema de perforación [4]	11
Figura 3. Sísmica en campo [5].....	11
Figura 4. Requerimientos mínimos para que un separador trifásico trabaje en forma eficiente.	17
Figura 5. Separador Horizontal Ubicado en la Estación Castilla II – Ecopetrol - Superintendencia Apiay – Chichimene. Meta.	18
Figura 6. Separador Horizontal	19
Figura 7. P&ID separador Vertical.....	20
Figura 8. Separador Vertical [7]	21
Figura 9. Separador Esférico[7]	22
Figura 10. P&ID separador Esférico.....	23
Figura 11. Separadores en Paralelo [7]	24
Figura 12. Separadores en Paralelo	24
Figura 13. Separadores en Serie	25
Figura 14. Instrumento de Medición de Nivel de Interface [8]	29
Figura 15. Principio de medición del Transmisor de Nivel Tipo Radar de Onda Guiada. [9]	30
Figura 16. Indicador de Nivel Local tipo Magnético Ubicado en la batería 4 de Capo Rubiales.	32
Figura 17. P&ID Separador Trifásico	33
Figura 18. Ejemplo de un enderezador de flujo	34
Figura 19. Caja de Chicanas [10].....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Boquillas de un separador trifásico.....	8
Tabla 2. Ventajas y Desventajas de un Separador Trifásico Horizontal	19

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN EN SEPARADORES TRIFÁSICOS

AUTOR(ES): MARÍA FERNANDA DUEÑAS CORNEJO
CARMEN CECILIA OLAYA ARGUELLO

FACULTAD: Especialización en Control e Instrumentación Electrónica

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

RESUMEN

Durante el proceso de exploración y posteriormente en la fase de producción de hidrocarburos, el crudo se encuentra mezclado con gas y agua. En la industria Petroquímica, es importante la separación de dichas sustancias, esta separación se realiza en separadores trifásicos. Durante el desarrollo de la monografía, se realiza una introducción a los conceptos básicos del proceso de exploración y producción del petróleo, posteriormente se induce al lector en los equipos de superficies, instrumentación y su importancia en los procesos de producción de crudo. Se tratan temas que no solo se refieren al estudio de equipos de superficie, sino que también se estudian los aspectos de selección de elementos para la medición y registro de las variables involucradas en el proceso de producción del crudo (presión, nivel), finalmente, se desarrolla un P&ID general para un separador trifásico haciendo algunas recomendaciones sobre los tipos de instrumentos y su respectivo principio de funcionamiento.

PALABRAS CLAVES: Instrumentación, Separadores Trifásicos, Crudo, Industria Petrolera.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITLE: STATE OF THE ART OF THE IMPLEMENTATION THE INSTRUMENTATION IN THREE-PHASE SEPARATOR.

AUTHOR(S): MARÍA FERNANDA DUEÑAS CORNEJO
CARMEN CECILIA OLAYA ARGUELLO

FACULTY: Specialization in Control and Electronic Instrumentation.

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

ABSTRACT

During the scanning process and subsequently in the production phase of oil, crude mixed with gas and water. In the petrochemical industry, it is important the separation of these substances, this separation is done in three-phase separators.

During the development of this monograph, is done an introduction to the basics concepts the process of oil exploration and production, and then induces the reader to the surface facilities, instrumentation and its importance in the process of oil production. Issues are addressed not only refer to the study of surface facilities, but also explores the aspects of selecting items for measuring and recording of variables involved in the oil production process (pressure, level) finally develops a general P&ID for a three-phase separator doing some recommendation about classes of instruments and their respective operating principle.

Keyword: Instrumentation, Three-Phase Separation, Oil, Oil Industry.

INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de exploración y posteriormente en la fase de producción de hidrocarburos, el crudo se encuentra mezclado con gas y agua. En la industria Petroquímica, es importante la separación de dichas sustancias, esta separación se realiza en separadores de ensayo o separadores trifásicos.

Durante el desarrollo de la monografía, se realizará una introducción a los conceptos básicos del proceso de exploración y producción del petróleo, posteriormente se inducirá al lector en los equipos de superficies, instrumentación y su importancia en los procesos de producción de crudo.

Se tratará temas que no solo se refieren al estudio de equipos de superficie, sino que también se estudiarán los aspectos de selección de elementos para la medición y registro de las variables involucradas en el proceso de producción del crudo (presión, nivel, temperatura y flujo), finalmente, se desarrollará un P&ID general para un separador de ensayo.

1. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO

En la industria petrolera se requiere un amplio conocimiento de los diferentes procesos necesarios para la manipulación del producto desde los inicios de su explotación. El producto de un pozo petrolero se encuentra mezclado con elementos como gas y agua, lo cual lleva a que se deba hacer una evaluación de productividad para determinar las formas más efectivas de realizar correctamente la explotación.

Al aplicar un sistema de instrumentación en la separación de las fases del crudo, se puede obtener la información concreta para que el pozo petrolero tenga un mejor tiempo de producción, optimizando los procesos de automatización de la operación. El ingeniero especialista en Instrumentación y Control Industrial que desea enfocarse en el sector de los hidrocarburos, específicamente en el área de instrumentación en campo, debe tener un conocimiento sólido y fuerte en los separadores trifásicos, equipos comúnmente utilizados en esta industria; de manera que pueda proporcionar soluciones estructuradas al área de producción y explotación y de esta manera su intervención en el sector será de gran importancia.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con esta monografía se busca cubrir la necesidad de información que existe en el medio petrolero sobre los separadores trifásicos y la instrumentación utilizada en ellos para una separación de las fases presentes en el producto extraído en un pozo petrolero (crudo – gas – agua). Del éxito y calidad de la separación de dichos elementos, depende en gran proporción la producción y posterior refinamiento del petróleo, ya que en el momento de la explotación se debe contar con sistemas de separación y almacenamiento para su posterior transporte a los diferentes sitios donde sea tratado el petróleo.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar una investigación sobre los separadores trifásicos, su uso en la industria petrolera y sus principales características.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la instrumentación requerida para la medición en un separador trifásico.
- Conocer la instrumentación más implementada en los separadores trifásicos.

2. MARCO TEÓRICO

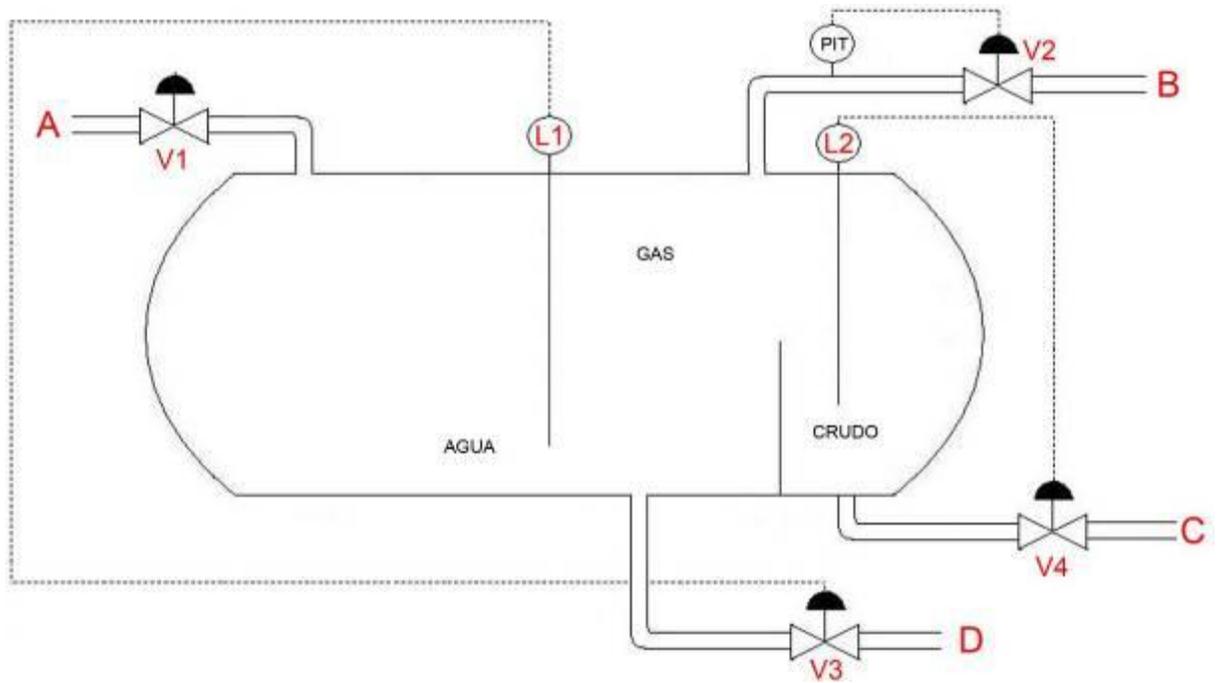


Figura 1. Modelo de un Separador Trifásico

En la *Figura 1* se muestra un diagrama de un separador trifásico donde se puede observar la ubicación de cada una de las boquillas, las cuales tienen un destino específico, así:

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN
A	1	ENTRADA DE FLUIDOS
B	1	SALIDA DE GAS

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN
C	1	SALIDA DE FASE LIVIANA (CRUDO)
D	1	SALIDA DE FASE PESADA (AGUA)
L1/L2	2	CONEXIÓN TRANSMISOR DE NIVEL
V1	1	VÁLVULA DE AISLAMIENTO (MANUAL)
V2/V3/V4	3	VÁLVULAS DE CONTROL

Tabla 1. Boquillas de un separador trifásico

El funcionamiento básico de un Separador Trifásico consiste en separar las 3 fases del crudo: Crudo, agua y gas. Una vez se encuentren los 3 elementos dentro del equipo, se procede a hacer su separación. La mezcla de los 3 elementos es heterogénea, de acuerdo a la densidad y propiedades de cada uno, el agua queda en la parte inferior de la mezcla, seguida de la fase de crudo y finalizando con la capa de gas, este último se separa por volatilidad, mientras que la mezcla de crudo y agua hay que dejarla reposar hasta que el elemento más pesado (agua) descienda y de esta manera es posible su extracción mediante el método físico de la decantación o sencillamente por acción de la gravedad.

A continuación, se hace una breve introducción de conceptos básicos de los diferentes temas a tratar en el desarrollo de esta monografía, con el fin de darle al lector una idea general de lo planteado.

2.1 SEPARADOR TRIFÁSICO

Un separador trifásico es un recipiente horizontal, vertical o esférico, el cual cuenta con varios componentes en su interior para facilitar la separación de crudo, gas y agua. Existen también varias boquillas para las conexiones de carga y descarga del producto y para todos los instrumentos del recipiente. Estas boquillas están destinadas a la conexión de instrumentos tales como: Indicador de nivel, Transmisor de nivel de crudo, Transmisor de interface de crudo-agua, válvulas de presión, entre otros. [1]

2.2 EQUIPOS SUPERFICIE

Los equipos de superficie en la Industria Petrolera comprenden el manejo del petróleo en el momento de su exploración: procesos, equipos y materiales requeridos en superficie para la recolección, separación y tratamiento del mismo, así como la caracterización y medición de cada una de las corrientes provenientes de los pozos productores: crudo, gas o agua e impurezas. [2]

2.3 PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA

La industria petrolera es un complejo que comprende aspectos de las ingenierías de petróleos, química, eléctrica, mecánica, electrónica y ciencias como la geología para los procesos de búsqueda de crudo, producción y posterior refinación.

Esta industria incluye procesos de exploración, extracción, refinado. Transporte y mercadeo de productos del petróleo. Las fases de la industria del petróleo son:

- "Upstream": Exploración y producción.
- "Midstream": Transporte, procesos y almacenamiento.
- "Downstream": Refinado, venta y distribución. [3]

A continuación, se describe brevemente en términos generales lo que comprende el proceso de E&P (Exploración & Producción) de petróleo, para poder entender la necesidad de utilizar separadores de ensayos y su respectiva instrumentación.

2.3.1 Exploración:

Al hablar de exploración, se habla de la búsqueda de crudo, dicho elemento se encuentra almacenado en una estructura geológica. Las estructuras se encuentran aisladas por capas de roca impermeable que cubre la roca reservorio. Actualmente el análisis de búsqueda de yacimientos es realizado mediante procesos de sísmica (2D y 3D). La sísmica estudia la reflexión y refracción de las ondas sonoras a través de la corteza terrestre y arrojan datos sobre la estructura e interrelación de las distintas capas geológicas subterráneas. El funcionamiento de esta técnica se basa en la producción de vibraciones sísmicas de frecuencia determinada llamadas ondas de corte con el objetivo de atravesar las capas de la corteza con el fin determinar la estructura de las capas subterráneas. Con una red de geófonos se mide el tiempo de regreso de las ondas y determinan el tipo de roca que han atravesado de acuerdo al tiempo de retardo de cada onda.

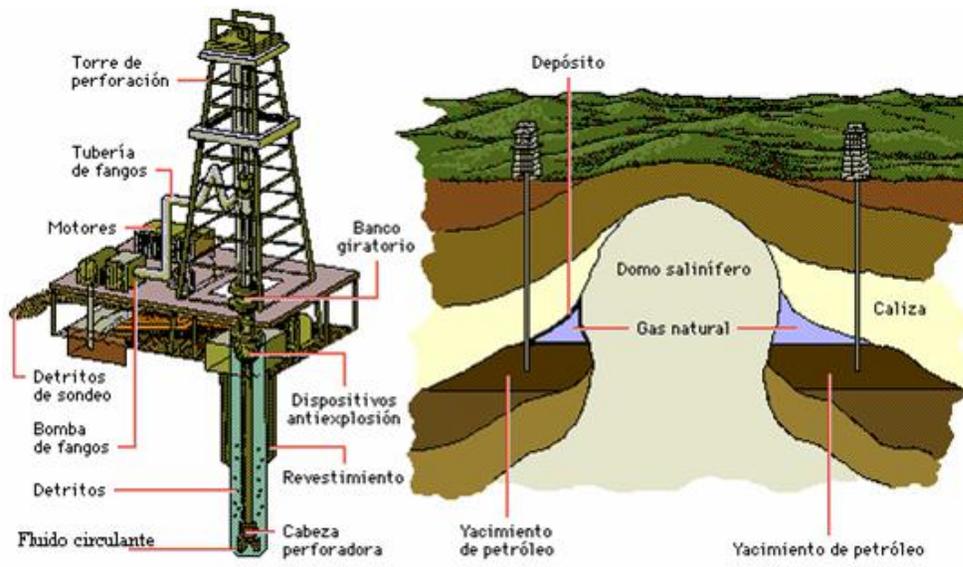


Figura 2. Yacimiento de petrolero y sistema de perforación [4]

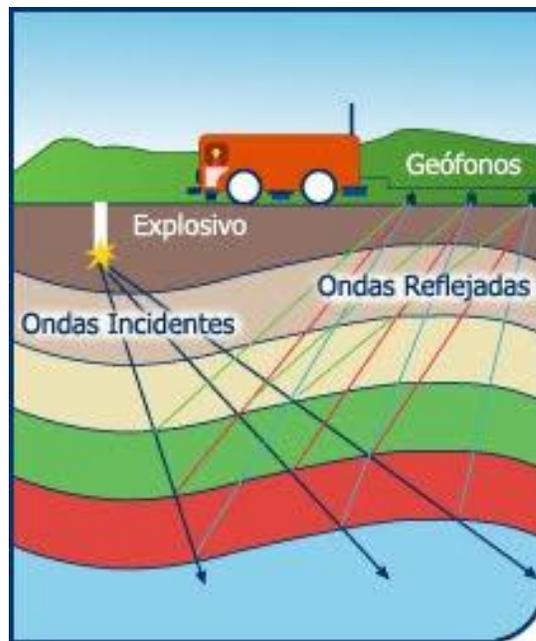


Figura 3. Sísmica en campo [5]

2.3.2 Perforación

A pesar de que las técnicas de sísmica (2D y 3D) permiten una visión de la estructura del subsuelo, no existe ningún análisis con el que se pueda determinar con absoluta certeza la existencia de crudo; la forma práctica es basarse en los estudios sísmicos y perforar con base en dichos estudios. Para el proceso de perforación se utiliza el método rotatorio, que consta de una torre y tubería que se van entrelazando (mediante roscas) a medida que la perforación avanza. La torre sostiene la sarta de perforación que está formada por una serie de tubos acoplados. Esta sarta gira al estar unida al banco giratorio situado en la mesa de la torre. La potencia de giro puede oscilar entre 200 HP hasta 2000 HP dependiendo del equipo de perforación. La broca de perforación llamada barrena se halla ubicada en el extremo de la sarta de perforación.

Durante el proceso de perforación se inyecta un líquido (lodo de perforación) por el interior de los tubos a altas presiones, dicho líquido es expulsado por unos orificios que tiene la barrena y regresa a la superficie por el espacio existente entre las paredes del pozo y la tubería de perforación. Esta operación es realizada para enfriar, lubricar la barrena, y retirar pedazos de roca que puedan estar en el trayecto como consecuencia de la perforación. El lodo también ayuda a evitar que las paredes del pozo se derrumben a lo largo de grandes zonas. La presión a la que es inyectado el lodo de perforación evita que el petróleo y el gas se escapen cuando llegan a ser liberados por la barrena en el interior del pozo mientras la perforación va ejecutándose con lo que se logra mantener bajo control el pozo hasta el momento de completarlo.

2.3.3 Producción

Con la producción se busca extraer el fluido del yacimiento a la superficie y separarlo en sus tres fases: petróleo, gas y agua. El petróleo y el gas son tratados para comercialización y el agua entra a un proceso de preparación para su manejo. Dentro de los elementos básicos de un sistema de producción se encuentran:

- El Pozo.
- Líneas de flujo.
- Manifold.
- Separadores y equipo de procesamiento.
- Instrumental de medición.
- Depósitos de almacenamiento.

3. SEPARADORES DE ENSAYO Y/O TRIFÁSICOS

Un separador de ensayo y/o trifásico es un tanque con una serie de elementos que permiten la separación del crudo de producción de otros elementos que lo acompañan en el yacimiento (agua, gas).

Durante el proceso de separación intervienen variables como:

- **Presión:** Se expresa en relación de la fuerza sobre área. La presión puede medirse en valores diferenciales o absolutos:

Presión Absoluta: Se mide respecto al cero absoluto.

Presión Atmosférica: Es la presión ejercida por la atmósfera terrestre. (760mmHg al nivel del mar)

Presión relativa: Diferencia entre la Presión Absoluta y la Presión Atmosférica.

Presión Diferencial: Diferencia entre dos presiones.

Presión de vacío: Es la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta.

La presión se puede medir mediante instrumentos mecánicos, electromecánicos, neumáticos y electrónicos.

- **Nivel:** Es una variable muy importante para la industria petrolera. Los instrumentos para la medición del nivel varían según su aplicación y dificultad. En la selección de un instrumento para la medición de nivel, intervienen factores como:

Rango de Medición.

Naturaleza del fluido a medir.

Condiciones de operación.

Los instrumentos de nivel se dividen en medidores de nivel de líquidos y medidores de nivel de sólidos.

- **Temperatura:** Esta variable es una de las más importantes en la industria. Es una propiedad física que se refiere a las nociones de calor o ausencia del mismo. Para medir la temperatura, se utilizan instrumentos como: Termómetros de vidrio, bimetálicos, termopares, termómetros ultrasónicos, de cristal.

3.1 FUNCIONES DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO:

Las funciones básicas de un separador trifásico son:

- Realizar una primera separación de la mezcla del pozo en producción.
- Refina el proceso de separación mediante la recolección de partículas líquidas
- Se encarga de purgar (liberar) el gas que queda en la parte líquida.
- Drena por separado cada una de las fases (crudo, agua, gas)

Para que un separador trifásico trabaje de una forma eficiente debe cumplir con lo siguiente:

- Manejar el flujo de la mezcla proveniente del pozo antes de iniciarse el proceso de separación.

- La turbulencia que se ocasiona por el gas existente en la mezcla debe ser minimizada.
- Debe tener controles de presión.
- La presión debe ser aliviada (mediante válvulas).
- Debe tener elementos indicadores en montaje (manómetros, termómetros, controles e indicadores de nivel). Ver **Figura 4**.

3.2 TIPOS DE SEPARADORES TRIFÁSICOS:

Se pueden clasificar los separadores en cuanto a forma o geometría y en cuanto a la forma especial de separación de fases. En cuanto a la forma se pueden clasificar en horizontales, verticales y esféricos.

Además en cuanto a la forma de separación pueden ser de separación por gravedad, centrifugación, choque, expansión, absorción, fricción y combinación de los anteriores. De otro lado ya para funciones específicas de trabajo se les conoce a veces con el nombre de separador de prueba, separador trifásico (3 fases: agua, petróleo y gas) o bifásico (2 fases: petróleo y gas o agua y petróleo), etc. [6]

3.2.1 Tipos de separadores según diseño geométrico:

Este tipo de clasificación se basa en la forma geométrica del separador.

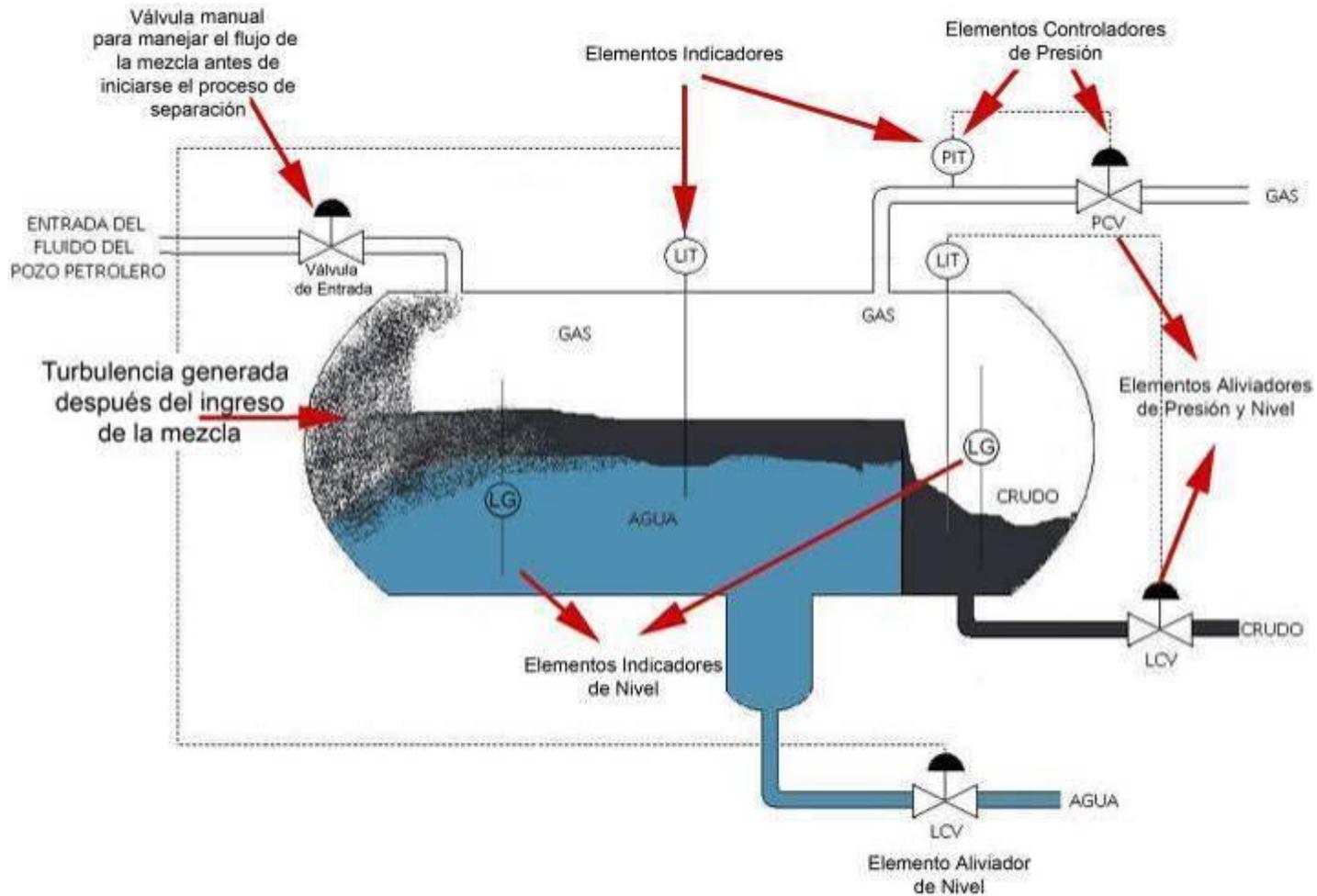


Figura 4. Requerimientos mínimos para que un separador trifásico trabaje en forma eficiente.

➤ Separadores Horizontales

Los separadores horizontales (ver *Figura 6*), se caracterizan como su nombre lo indica, por la ubicación horizontal del tanque de separación.



Figura 5. Separador Horizontal Ubicado en la Estación Castilla II – Ecopetrol
- Superintendencia Apiay – Chichimene. Meta.

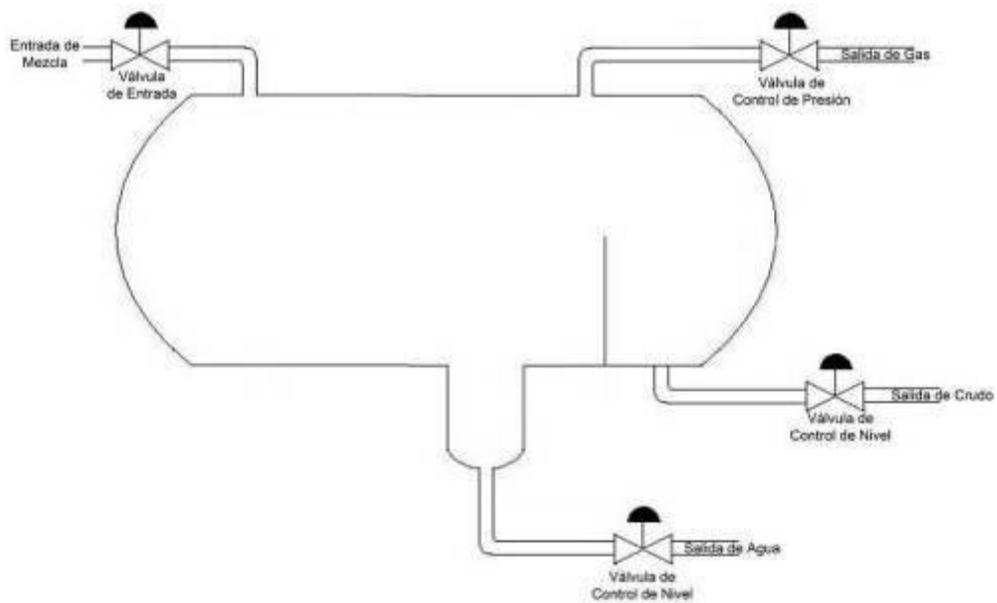


Figura 6. Separador Horizontal

VENTAJAS DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO HORIZONTAL	DESVENTAJAS DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO HORIZONTAL
<ul style="list-style-type: none"> • Tienen una mayor capacidad de manejo de gases. • Son más económicos. • De fácil instalación. • Permite el manejo de aceite con alto contenido de espuma. Para esto, donde queda la interface gas-líquido, se instalan placas rompedoras de espuma. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se recomiendan para pozos donde el crudo tenga materiales solidos como arena o lodo, debido a que su limpieza es difícil. • El control de nivel de líquido es más crítico que en los separadores verticales.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de un Separador Trifásico Horizontal

➤ Separadores verticales

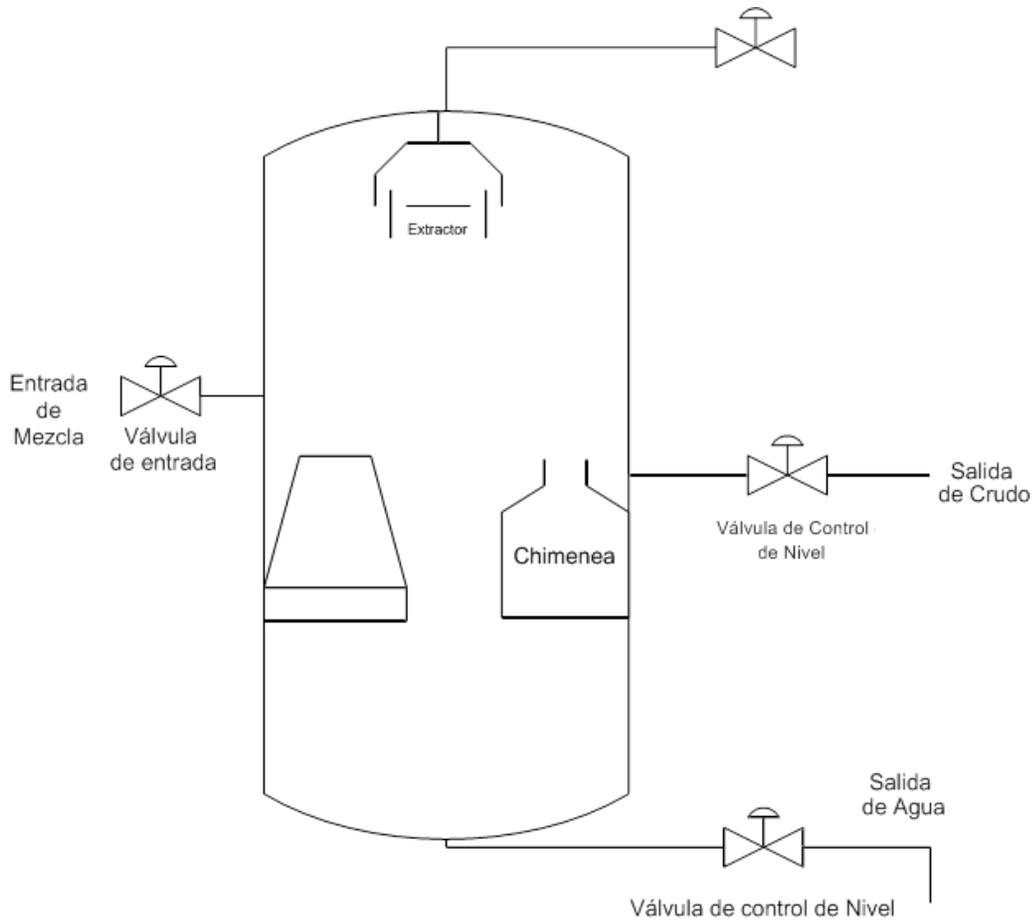


Figura 7. P&ID separador Vertical

VENTAJAS DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO VERTICAL:

- El mantenimiento relacionado a limpieza es fácil.
- El manejo del control de nivel de líquido no es crítico, ya que se puede emplear un flotador vertical, permitiendo así un nivel sea más sensible a los cambios.

Debido a su estructura geométrica, el líquido se puede desplazar en forma moderada, su uso es difundido en pozos con bombeo neumático ya que se puede manejar los baches (fluctuaciones en el bombeo) que entran al separador.

DESVENTAJAS DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO VERTICAL

- Son costosos.
- Su instalación es bastante compleja.
- Se necesita un diámetro mayor que el de los horizontales para manejar la misma cantidad de gas.



Figura 8. *Separador Vertical* [7]

➤ Separadores Esféricos

Su estructura geométrica corresponde a una esfera. Sus principales características son:

- Son económicos en comparación con sus homólogos (horizontales o verticales).
- Su diseño es compacto, por lo que su uso es difundido en plataformas costa afuera.
- De fácil limpieza.
- Tienen un espacio de separación muy limitado.



Figura 9. Separador Esférico [7]

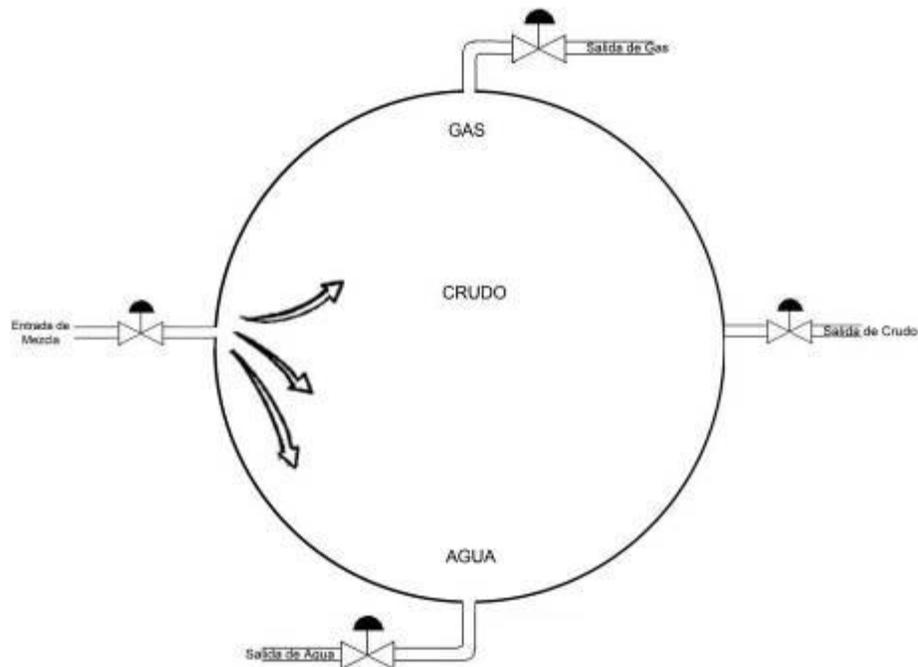


Figura 10. P&ID separador Esférico

3.2.2 Separadores según su ubicación en la operación

Esta clasificación se basa en la ubicación del separador en el proceso de producción, ya sea en serie, paralelo, a la entrada, etc

➤ Separadores de entrada

Este tipo de separadores se encuentran ubicados a la entrada de la planta, de tal manera que reciben los fluidos en su condición original: cruda; es por eso que en este caso existe la posibilidad de recibir impurezas. [7]

➤ Separadores en paralelo

En este tipo de separadores, la separación se realiza de forma simultánea.



Figura 11. Separadores en Paralelo [7]

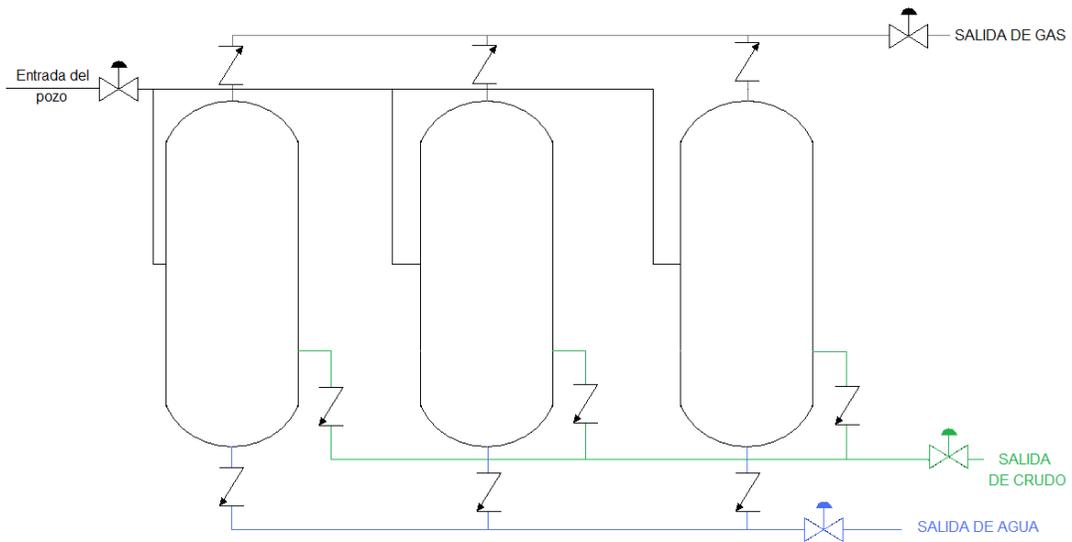


Figura 12. Separadores en Paralelo

➤ Separadores en serie

En los separadores en serie el proceso de separación depende de cuantos separadores contiguos se tenga uno tras de otro. [7]

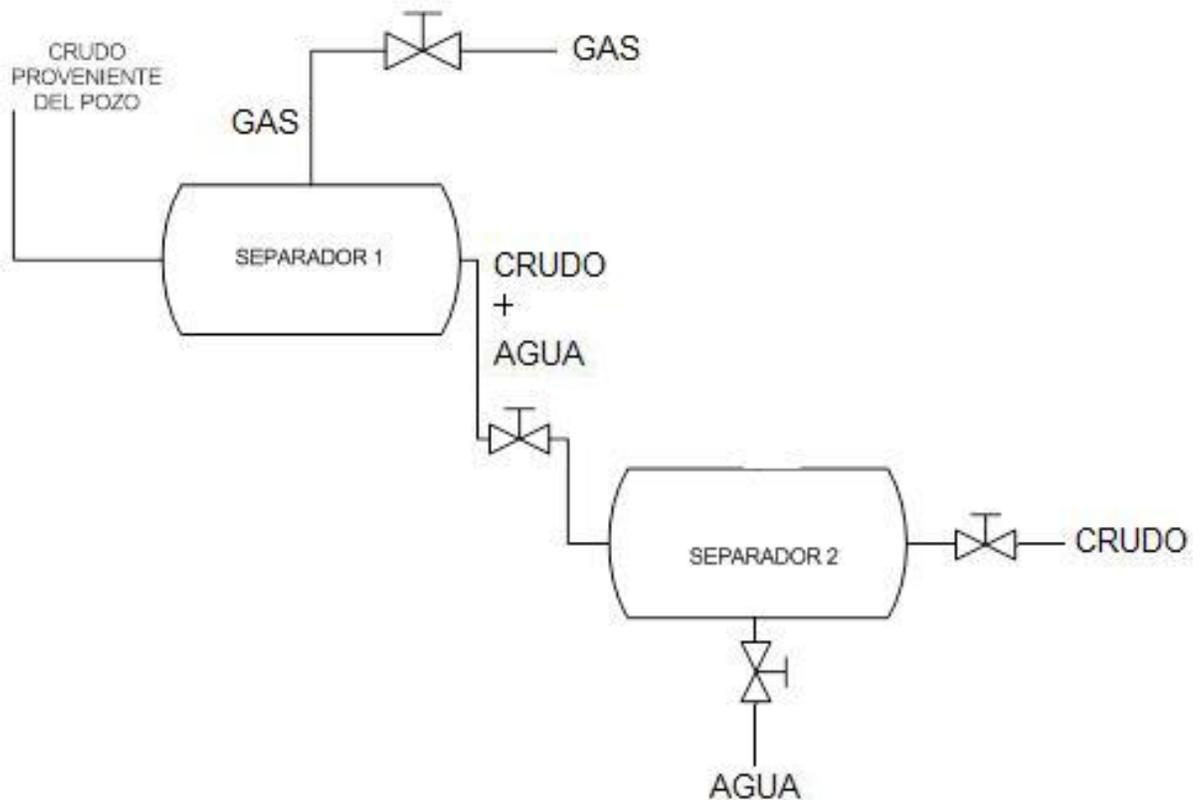


Figura 13. Separadores en Serie

3.2.3 Separadores Según el medio de separación:

Según la forma como se realice la separación, se encuentran los siguientes separadores, entre otros:

➤ Separador por gravedad

Este tipo de separador consta de un tanque con una zona de separación y un colector abierto destinado a recoger la fase líquida cuando ésta es separada de las sustancias menos densas con las cuales se encuentra mezclada.

➤ Separadores tipo centrífuga

Utilizando este tipo de separador, se elimina el 98% de las partículas de tamaño reducido. Es decir, se utiliza para separar partículas sólidas y líquidas de la fase gaseosa. Por la carencia de partes móviles en este tipo de separador, se minimizan las fallas mecánicas.

La fuerza centrífuga que es aplicada a la mezcla (proveniente del pozo) puede ser mayor que la fuerza de gravedad.

4. INSTRUMENTACIÓN BÁSICA DE UN SEPARADOR TRIFÁSICO

La instrumentación básica que se recomienda para que funcione correctamente un separador trifásico es la siguiente:

- 1 Transmisores de Nivel tipo radar de onda guiada, para la “cámara de crudo”.
- 1 Transmisor de nivel de interface, para la cámara donde se encuentra el agua-crudo.
- 1 Transmisor de Presión en la salida de la fase gaseosa.
- 1 Válvula de control de nivel, salida de crudo.
- 1 Válvula de control de nivel, salida de agua.
- 1 Válvula de control de presión, salida de gas.
- 1 Válvula de seguridad de presión.
- 1 Transmisor indicador de temperatura.
- Indicadores locales de nivel.

En la *Figura 17* se puede observar el P&ID de un separador trifásico con su instrumentación básica, la cual se explica a continuación:

El orden de separación de las fases es la siguiente:

1. Al ser el agua el producto más denso de los 3, es la primera en lograr su separación, asentándose en el fondo del separador.
2. Seguido del agua, se retira o separa el crudo, este se separa de la misma manera que lo hace el agua pero en el otro lado del separador (después de una división interna que tiene el separador).

3. Por ser la fase más liviana, el gas se retira por la parte superior del separador.

INGRESO DEL FLUIDO AL SEPARADOR TRIFÁSICO:

El ingreso de la mezcla al separador se realiza mediante una boquilla instalada en la parte superior de este, al ser una emulsión agua-crudo-gas se hace bastante pesado y el movimiento de las partículas estimulan la separación generando un flujo turbulento.

MEZCLA AGUA-CRUDO:

Internamente el Separador trifásico cuenta con una pequeña división. Una vez la mezcla ingrese al separador, el agua como es más pesada que el crudo se asentará en la parte inferior del separador, quedando el crudo sobre ella. El agua no debe sobrepasar la barrera o división interna del separador, ya que al otro lado de la división debe caer por acción de la gravedad el crudo. Para evitar que el agua ingrese a la “cámara” (lado derecho del separador en la *Figura 17*) se instala un transmisor de nivel de interface (ver *Figura 14*), este instrumento consta de una sonda capacitiva que censa el punto donde se encuentra la mezcla agua-crudo y mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes de la vasija. Este transmisor hace control con una válvula de cuerpo tipo mariposa y actuador electro neumático instalada en la tubería de salida de agua. De esta manera se controla el nivel de agua para que no llegue hasta la parte más alta de la división interna del separador.

Por otro lado, a medida que el nivel de agua va aumentando, el crudo estará cada vez más arriba en el separador, sobrepasando la división interna de este y ubicándose en la “cámara del lado derecho del separador”, allí el

drenaje del crudo se hace de la misma manera que el del agua, hay un Transmisor Indicador de Nivel tipo radar de onda guiada, este instrumento opera con base en un principio denominado reflectometría en el dominio del tiempo TDR y consta de una sonda cuya longitud se calcula en relación al diámetro de la vasija, este tipo de sensor es ideal para aplicaciones de alta viscosidad ya que no tiene partes móviles como flotadores. Este transmisor es ideal para aplicaciones de alta viscosidad ya que no tiene partes móviles como flotadores. Los pulsos de energía de alta frecuencia son emitidos a través de su sonda, la cual se encuentra sumergida en el fluido del proceso. Cuando un pulso de radar alcanza el fluido, la energía es reflejada de regreso al transmisor. La diferencia de tiempo entre el transmisor y el pulso reflejado es convertida en una distancia a partir de la cual se calcula el nivel. (Ver *Figura 15*). Este LIT hace control con una válvula con las mismas características a la ubicada en la salida de agua y cuyo diámetro está sujeto al diseño de la tubería.

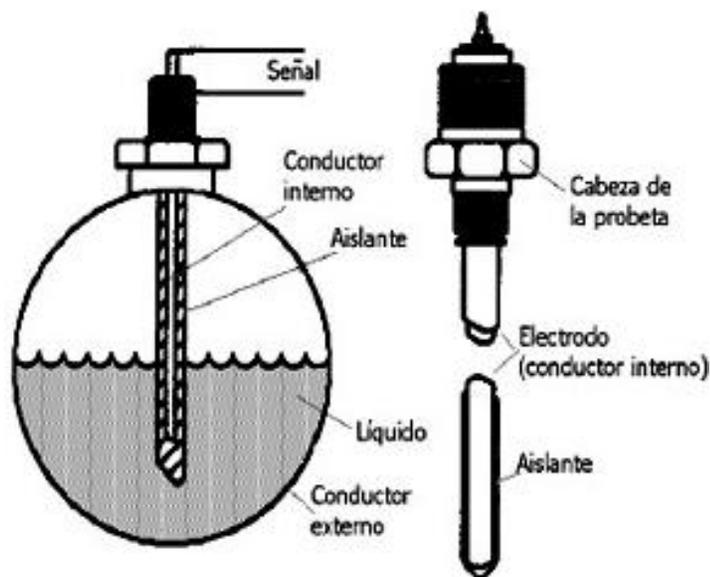


Figura 14. Instrumento de Medición de Nivel de Interface [8]

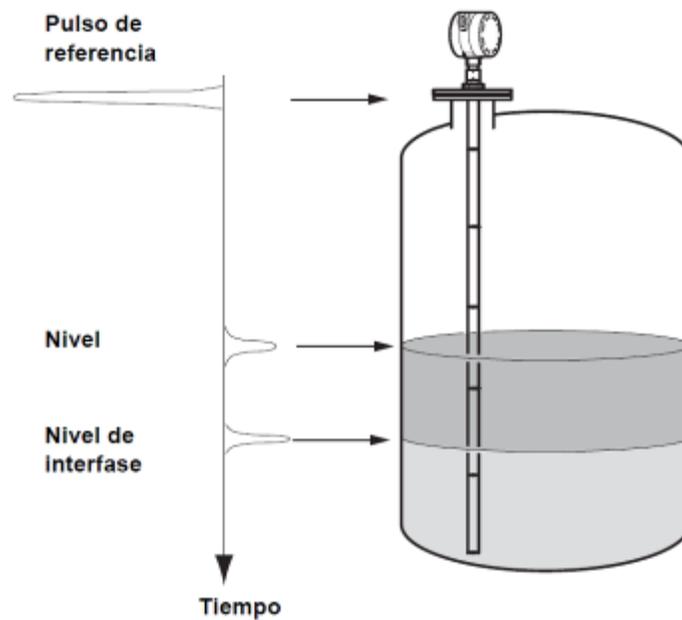


Figura 15. Principio de medición del Transmisor de Nivel Tipo Radar de Onda Guiada. [9]

MEZCLA GAS-AGUA/CRUDO:

La separación del gas se hace través del control de presión del mismo. Para esto se debe ubicar en la tubería de salida del gas y aguas arriba de una válvula de control de presión, un Transmisor Indicador de Presión, la función de la válvula de control (PCV) es mantener una presión constante dentro del separador, es por esto que si la presión dentro del separador supera la presión requerida o asignada en el controlador, la PCV se abre y deja pasar el gas con el fin de bajar la presión dentro del recipiente.

En una boquilla adicional se debe instalar una válvula de seguridad de presión (PSV) con el fin de liberar presión de gas sobrante en caso de una falla en el control de la presión, esta válvula debe tener un setpoint superior al establecido para apertura y cierre de la PCV pero inferior a la presión límite de explosión de la vasija.

Adicional a esto se debe instalar un transmisor indicador de temperatura en la línea de salida de agua, esta variable no se usa para hacer control sobre el proceso de separación pero si para una etapa posterior. El sensor de este transmisor es RTD PT100 siendo la más utilizada para estas aplicaciones industriales ya que brinda un margen alto de medición, mayor linealidad y las mediciones son más exactas y proporciona mayor repetitividad siendo estas últimas condiciones muy importantes en la medición de temperatura.

La alimentación de los transmisores debe ser de 24Vdc y el protocolo de comunicación HART o FOUNDATION FIELDBUS, depende del controlador.

En la cámara de agua y en la de crudo se instalan 2 indicadores de nivel tipo magnético (Indicadores Locales) cuya longitud depende del diámetro de la vasija, con el fin de tener una indicación local de los niveles. Este indicador posee un tubo guía (imán cilíndrico), dentro del cual se desplaza un flotador magnético. Sobre la pared exterior del tubo se encuentran “paletitas” magnéticas de color rojo y blanco. Al desplazarle el flotador acompañando el nivel del líquido, la fuerza magnética de los imanes que contiene hacen girar 180° dichas “paletitas”, de esta manera las que se encuentran bajo el nivel del líquido muestran su cara color rojo y las que están por encima muestran su cara color blanco. Este Instrumento presenta una indicación de forma directa y clara para el Operador de la Planta. (Ver Figura 16.)



Figura 16. *Indicador de Nivel Local tipo Magnético Ubicado en la batería 4 de Capo Rubiales.*

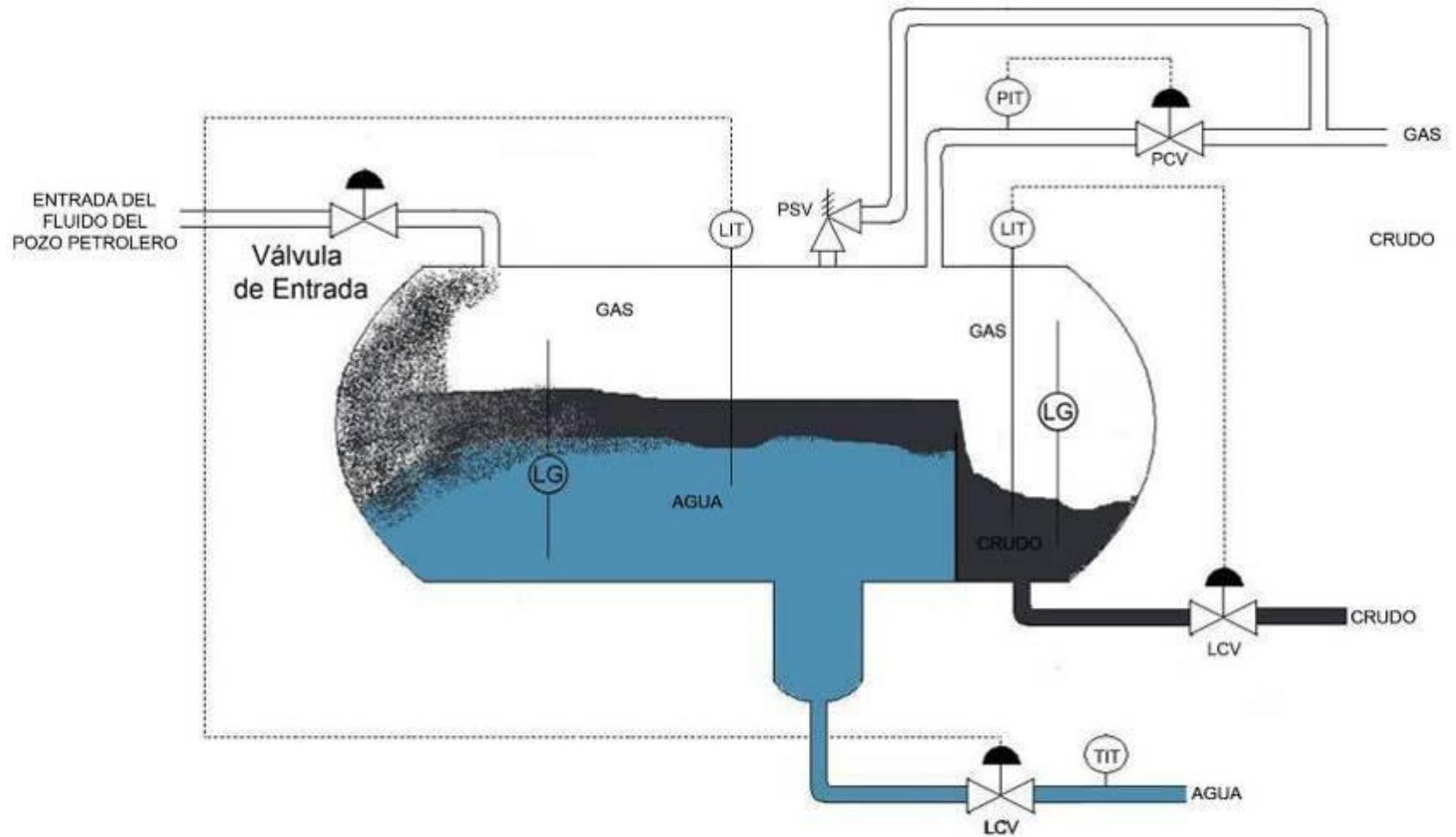


Figura 17. P&ID Separador Trifásico

RECOMENDACIONES

1. Si se desea minimizar la turbulencia existente al momento del ingreso de la mezcla al separador, se recomienda utilizar un enderezador de flujo a la entrada. El enderezador de flujo es un accesorio netamente mecánico que contiene unos ángulos internos soldados en forma de "V" y se instala como parte de la tubería de entrada con el fin de volver el flujo laminar.

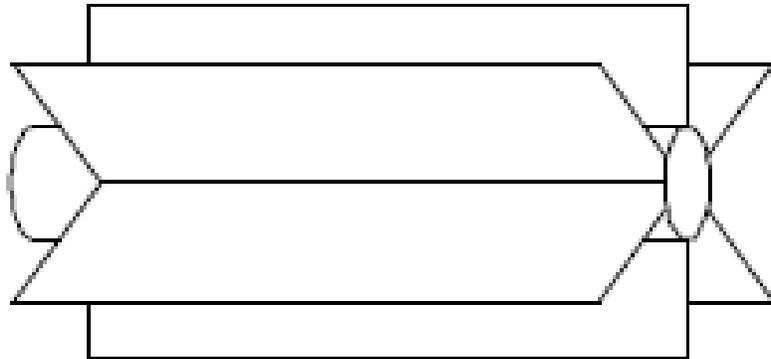


Figura 18. Ejemplo de un enderezador de flujo

2. Si se quiere hacer una optimización de recursos existente, se puede contemplar la opción de incorporar un transmisor indicador de nivel magnetostrictivo en la cámara de crudo con el fin de controlar el nivel y tener indicación local en un solo equipo. Este instrumento se recomienda en aplicaciones donde el crudo es ligero ya que consta de un flotador magnético que se mueve a través de una varilla y a su paso mueve unas pequeñas platinas indicando localmente el nivel.

3. En la fase gaseosa pueden ir suspendidas algunas gotas de líquido, con el fin de desprender estas gotas, se puede optar por ubicar una caja de chicanas en la parte superior del separador trifásico antes de la salida de gas; en la caja de chicanas, se produce una separación o remoción de partículas líquidas, ya que consta de unas placas metálicas donde las partículas chocan y quedan retenidas, de esta manera se asegura que sea únicamente gas lo que salga del separador por esa boquilla.

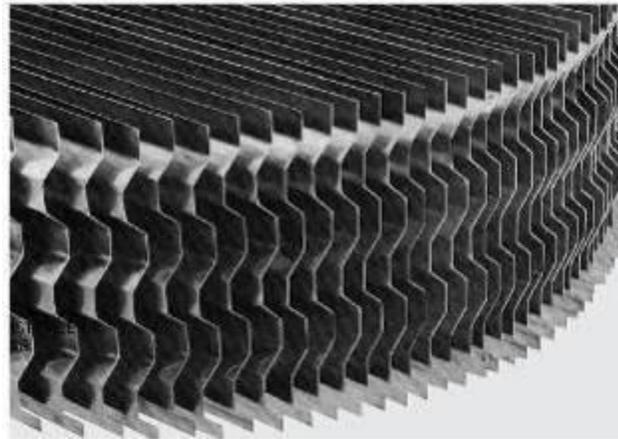


Figura 19. Caja de Chicanas [10]

CONCLUSIONES

1. El uso de los separadores trifásicos ayuda a determinar los niveles de agua, petróleo y gas extraídos del pozo, lo que facilita establecer las necesidades de las estaciones petroleras.
2. Resulta importante contar con un separador trifásico en un sistema de batería, ya que al separar las 3 fases, se facilita su transporte según la utilización que se le dará a cada una de ellas y se entrega un producto limpio, tratado y por lo tanto de mejor calidad.
3. Al hacer uso del separador trifásico se minimiza la contaminación del medio ambiente ya que una vez separada el agua pasa a un sistema de tratamiento de agua residual, se almacena en una piscina y es llevada a un sistema de vertimiento.
4. Después de hacer una investigación sobre los separadores trifásicos, se aplicaron los conocimientos adquiridos en el curso de la especialización respecto a la instrumentación adecuada en estos separadores, con el fin de que su funcionamiento sea más eficiente.

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- [1] OLAVE PLATA, Sergio Ivan.; RANGEL AVENDAÑO, José Luis. Instrumentación Técnica en Ingeniería de Petróleos. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Petróleos.

- [2] URL: <http://www.petrogroupcompany.com/archivos/292746197459.pdf>. Mayo de 2011.

- [3] URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Industria_petrolera. Mayo de 2011.

- [4] URL: <http://www.fedglp.org/taiwan-defendera-derecho-a-explorar-petroleo-en-venezuela>. Mayo de 2011.

- [5] <http://cobaltexploration.com/esp-services-seismic-exploration.html>. Mayo de 2011.

- [6] *Separadores de Gas Y Tanques de Almacenamiento. Universidad Industrial de Santander.*

- [7] URL: http://pipeisometric.com/tipos_de_separadores.html. Mayo de 2011.

- [8] URL: <http://www.sapiens.itgo.com/documents/doc61.htm>. Mayo de 2011.

[9] <http://www.emersonprocess.com/rosemount/document/pds/00813-0109-4811.pdf>. Mayo de 2011.

[10] URL:<http://www.flargent.com/ProductDetail-SP.php?ProdId=19&CatId=15>. Mayo de 2011.

HERNANDEZ TREJOS, Edelberto. Separadores de Gas y Tanques de Almacenamiento. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Petróleos.

GERMANIER, María Laura.; VILABOA, Emilce. Instrumentación en Separadores de Ensayo. Oil Production.

CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. Ed. Alfa Omega 6ª Edición.

CREUS, Antonio. Instrumentos Industriales, Su ajuste y Calibración. Ed. Alfa Omega. 3ª Edición.

CAPELO, Pablo. Diseño e Implementación de la HMI del Separador de Prueba Wellcomp para el Monitoreo de Pozos Petroleros. Escuela politécnica Nacional. Marzo 2010.