



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

RECIPIENTES A PRESIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA

REALIZADO POR:

Mariana Carolina Pandolfi Cordero

Ángel Salvador Olivieri Suarez

Roque Cruz Rodríguez Ponte

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar
al título de**

INGENIERO DE PETRÓLEO

MATURÍN, NOVIEMBRE DE 2011



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

RECIPIENTES A PRESIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA

REALIZADO POR:

Mariana Carolina Pandolfi Cordero C.I:19.875.643

Ángel Salvador Olivieri Suarez C.I:17.068.793

Roque Cruz Rodriguez Ponte C.I:16.027.266

REVISADO POR:

Msc. Rubén Vega

Tutor Académico

MATURÍN, NOVIEMBRE DE 2011



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

RECIPIENTES A PRESIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA

REALIZADO POR:

**Mariana Carolina Pandolfi Cordero
Ángel Salvador Olivieri Suarez
Roque Cruz Rodriguez Ponte**

APROBADO POR:



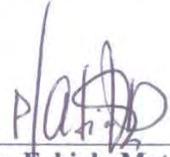
Ing. Tomas Marín

Jurado Principal



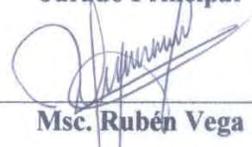
Ing. Fernando Pino

Jurado Principal



Ing. Fabiola Mottola

Jurado Principal



Msc. Rubén Vega

Asesor Académico

MATURÍN, NOVIEMBRE DE 2011

RESOLUCIÓN

DE ACUERDO CON EL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO, ÉSTOS SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo especial de grado primeramente ha **Jehová mi Dios** que siempre ha estado a mi lado aun y cuando estuve en el mundo, cuidaste de mi, en lo bueno y en lo malo, en lo poco y en lo mucho, tu siempre Seños estuviste allí por medio de tu hijo nuestro Señor Jesucristo y del Espíritu Santo, porque según como dice la palabra **“De modo que si alguno esta en Cristo, nueva criatura es; y las cosas viejas pasaron; he aquí todas son hechas nuevas” 2 Corintios 5: 17**, hoy puedo par testimonio de esto.

También dedico eso a lo familia, a mis padres **María y Jesús** por todo su amor, comprensión y paciencia, quienes siempre confiaron en mí y me han dado todo cuanto han podido, a mi hermana **Romaira** quien es una bendición en mi vida y me ha regalado una sobrina hermosa, hermano de crianza, **Antonio** y su familia con quien hoy comparto esta meta. Hago una especial mención a mis tíos fallecidos **Luisa y Julio** a quienes llevo en mi corazón por ser dos personas especiales y de quienes aprendí tantas cosas desde niño pero sé que hoy están con el Señor disfrutando de la vida eterna.

También para el resto de mi familia a quienes amo a mis jóvenes Guerreros de Zion y a todos mis amigos en especial a los del C. F. Petróleo UDO, que más que un club de futbol es una familia formadora de líderes, esto es para todos ustedes muchachos sigan adelante.

Y para todos aquellos a quienes de forma directa o indirecta ayudaron no solo a mi formación académica sino personal les estaré eternamente agradecido. **“LA SALVACIÓN ESTA EN CRISTO”**.

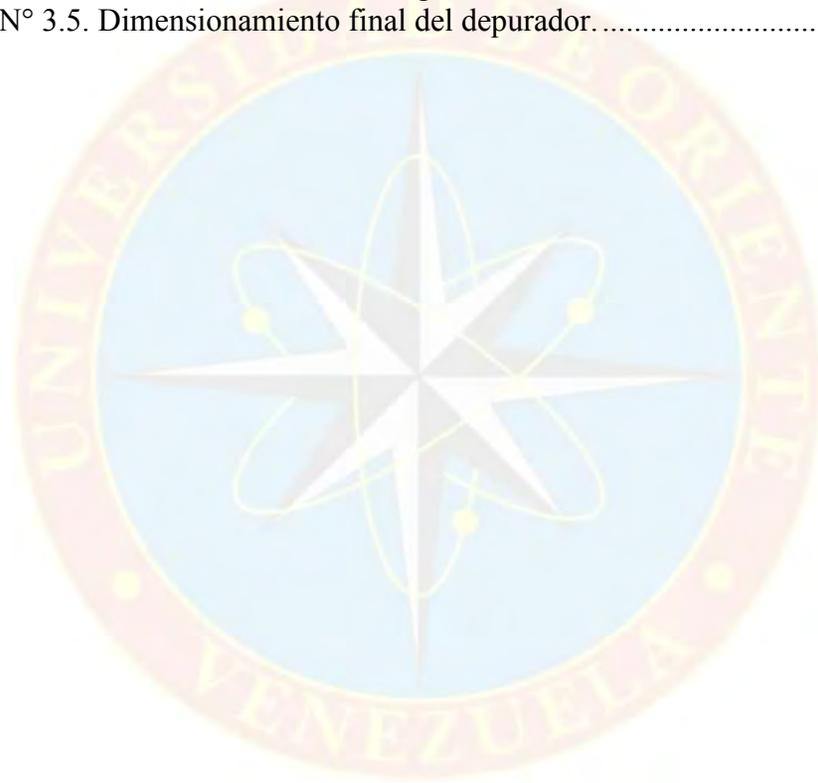
ÍNDICE

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
EL PROBLEMA	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVO GENERAL	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 JUSTIFICACION	3
CAPITULO II	4
MARCO TEORICO	4
2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 BASES TEÓRICAS	4
2.2.1 Definición de gas natural	4
2.2.2 Componentes del gas natural	5
2.2.3 Clasificación del gas natural	6
2.2.3.1 Gas asociado.....	6
2.2.3.2 Gas no asociado.....	7
2.2.3.3 Gas húmedo.....	7
2.2.3.4 Gas seco	7
2.2.3.5 Gas dulce.....	8
2.2.3.6 Gas ácido.....	8
2.3 RECIPIENTE A PRESIÓN (DR. PABLO RODRÍGUEZ, PP 4-10).....	8
2.3.1 Definición de recipiente a presión	8
2.3.2 Tipos de recipientes	9
2.3.2.1 Por su uso	9
2.3.2.2 Por su forma.....	9
2.3.2.3 Por su geometría.....	10
2.3.2.4 Clasificación de los recipientes según el número de fase a separar	11
2.3.2.5 Clasificación de los recipientes según los procesos de separación	11
CAPITULO III	18
3.1 ESTABLECIMIENTO DE LOS PRINCIPIOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN.....	18
3.1.2 Absorción	18
3.1.3 Adsorción	19
3.1.4 Cantidad de movimiento	20
3.1.5 Asentamiento por gravedad	21

3.1.6 Coalescencia.....	21
3.2 CONOCIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN	22
3.2.1 Materiales para recipientes a presión.....	24
3.2.2 Propiedades que deben tener los materiales para satisfacer las condiciones de servicio	28
3.2.2.1 Propiedades mecánicas.....	28
3.2.2.2 Propiedades físicas.....	28
3.2.2.3 Propiedades químicas.....	28
3.2.2.4 Soldabilidad	29
3.2.2.5 Esfuerzos admisibles.....	29
3.3 ANALISIS DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS EN UN PROCESO DE DEPURACIÓN	31
3.3.1 Caudal de petróleo y Gas	33
3.3.3 Temperatura de operación.....	33
3.3.6 Tiempo de retención.....	35
3.4 DISEÑO CONCEPTUAL A TRAVÉS DE DATOS SUMINISTRADOS UN DEPURADOR DE ACUERDO A LAS NECESIDADES INDUSTRIALES	36
CAPITULO VI.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA.....	55
HOJAS DE METADATOS.....	56

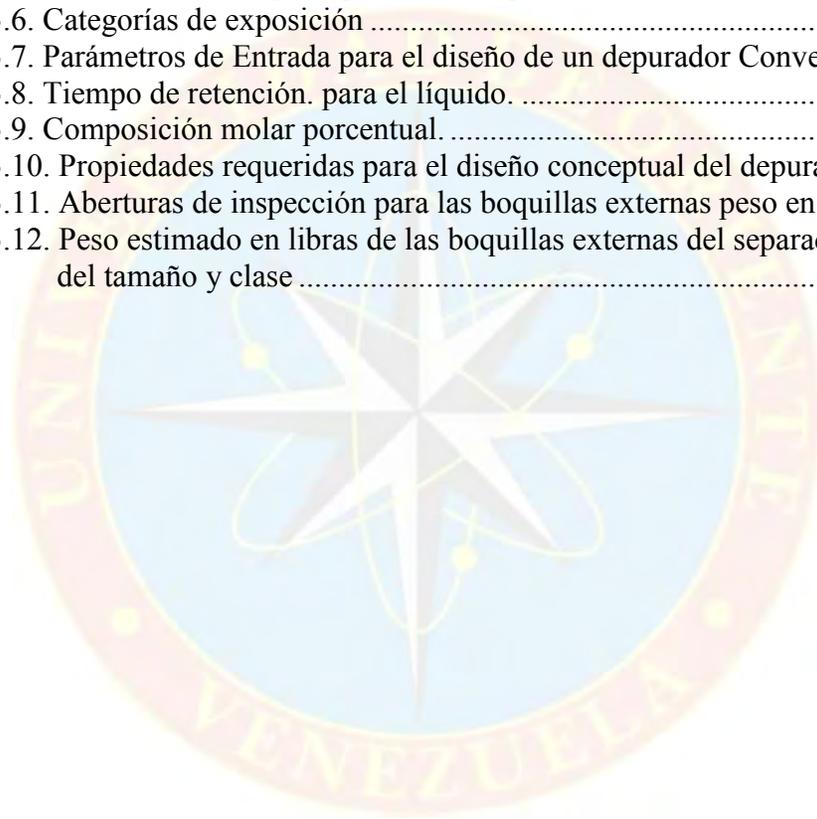
LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.1. Separadores tipo filtro.....	14
Figura N° 2.2. Sistema de fraccionamiento.....	16
Figura N° 2.3. Separados tipo goteo en línea.....	16
Figura N° 3.1: Proceso de Coalescencia.....	21
Figura N°3.2. Presión de operación máxima.....	34
Figura N° 3.3. Separador de petróleo y gas.....	44
Figura N° 3.4. Dimensionamiento del tope.....	45
Figura N° 3.5. Dimensionamiento final del depurador.....	53



LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1 COMPONENTES DEL GAS NATURAL.....	6
Tabla 3.1. Aceros recomendables para diferentes temperaturas.....	23
Tabla 3.2. Especificaciones de los acero al carbón.....	24
Tabla 3.3. Características químicas por grados para el SA-283.....	26
Tabla 3.4. Características Mecánicas para el SA-283.....	26
Tabla 3.5. Resistencia al desgaste por abrasión para el SA-283.....	27
Tabla 3.6. Categorías de exposición.....	30
Tabla 3.7. Parámetros de Entrada para el diseño de un depurador Convencionales:..	32
Tabla 3.8. Tiempo de retención. para el líquido.....	35
Tabla 3.9. Composición molar porcentual.....	38
Tabla 3.10. Propiedades requeridas para el diseño conceptual del depurador.....	39
Tabla 3.11. Aberturas de inspección para las boquillas externas peso en lbm.....	49
Tabla 3.12. Peso estimado en libras de las boquillas externas del separador en función del tamaño y clase.....	49





UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

RECIPIENTES A PRESIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA

AUTORES

Br. Mariana Carolina Pandolfi Cordero.

Br. Ángel Salvador Olivieri Sánchez.

Br. Roque Cruz Rodriguez Ponte.

ASESOR ACADÉMICO:

Ing. Ruben Vega

Fecha: Noviembre de 2011

RESUMEN

En la industria los recipientes a presión constituyen una gran importancia, estos se utilizan con el objeto de aprovechar sus capacidades, es decir, sus volúmenes, para almacenar, procesar o transportar fluidos, bien sea en su estado líquido o gaseoso, para su uso posterior. En la industria del gas natural usualmente se trabaja con recipientes a presión que son diseñados basados en normas y códigos, sin embargo el diseñador debe considerar otros factores que afecten la integridad y seguridad tanto de los recipientes como del personal que labora en la planta. Este informe se realizará mediante una investigación de tipo documental sobre el uso de los recipientes en la industria, el principio de funcionamiento de los mismos y establecer criterios de diseños con la finalidad de evaluar cada uno de los parámetros que comprendan el diseño de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Un recipiente a presión es definido como un contenedor con un diferencial de presión entre el interior y exterior del mismo. La presión interna es usualmente más alta que la externa, excepto algunas situaciones aisladas. Estos son ampliamente usados en la industria del gas, química, petrolera, petroquímica y nuclear. Los mismos se utilizan para el transporte, producción, manipulación, almacenamiento y procesos de transformación de líquidos y gases. Los recipientes a presión también son utilizados en la separación del gas, petróleo y agua, siendo éste uno de los primeros y más importantes procesos que se desarrollan en la industria petrolera, la eficiencia de los recipientes es de vital importancia, y de ello dependerá la gran mayoría de los otros procesos que necesariamente hay que realizar, tanto para el gas natural, como para el petróleo.

La separación puede delimitar las posibles pérdidas de un caudal de hidrocarburos, tanto al inicio como al final de la operación. Cabe destacar que, la separación física del fluido, se sustenta en tres grandes principios, que son la cantidad de movimiento, el asentamiento por gravedad y la coalescencia. En la industria del gas natural usualmente se trabaja con recipientes a presión que son diseñados basados en normas y códigos. Un diseño incorrecto puede traer como consecuencia una reducción en la capacidad de operación de la totalidad de las instalaciones asociadas con la unidad de separación, y otras unidades que dependen de la eficiencia del proceso de separación. En la actualidad el diseño de recipientes se fundamenta casi en su totalidad en los modelos de simulación. El principal objetivo de este trabajo es encausar al futuro profesional de las áreas de gas, a tener una clara expectativa del manejo y diseño de los recipientes a presión.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gran parte de la actividad económica mundial está relacionada con el consumo de hidrocarburos, en los últimos años ha aumentado considerablemente la demanda a nivel mundial del gas natural. Dicho gas debe cumplir con ciertos estándares para su venta, de allí la importancia de todos los procesos que se llevan a cabo en superficie, en especial el proceso de separación de las fases, el cual se realiza mediante el uso de los recipientes a presión.

Los mencionados equipos se utilizan para disgregar la mezcla de hidrocarburos de sus componentes básicos petróleo y gas, además de aislarlo de otros componentes indeseables como la arena y el agua, igualmente reciben el fluido, y debido principalmente al cambio de velocidad y a la acción de la gravedad, ocurre la separación de fases.

Este seminario se enfoca en fomentar la investigación académica, recopilar la bibliografía existente y así poder mostrar la importancia los recipientes a presión, ya que la explotación de los hidrocarburos ofrece beneficios económicos, sociales y ambientales.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Analizar el uso de los recipientes a presión en la industria petrolera.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los principios del funcionamiento de los recipientes a presión.
- Conocer los criterios de diseño de los recipientes a presión.

- Analizar los parámetros utilizados en un proceso de depuración.
- Diseñar conceptualmente través de datos suministrados un depurador de acuerdo a las necesidades industriales

1.4 JUSTIFICACION

Los recipientes a presión forman parte de los distintos procesos de la industria del gas, es decir que abarca separación, depuración y hasta almacenamiento. Un buen diseño de un proceso de depuración garantiza no sólo la eficiencia de él, sinó, el buen desenvolvimiento de aguas abajo tales como compresión, fraccionamiento, almacenamiento. Así mismo, con el diseño se debe garantizar no sólo una operación segura, sinó también los daños al entorno (ambiente), como a los humanos, esto debido a las presiones a las cuales trabaja.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

Bonillo, A. (2008). **“Elaboración de una hoja de cálculo para el diseño básico de recipientes sometidos a presión”**. En este estudio se elaboró una hoja de cálculo para el diseño básico de recipientes sometidos a presión, considerando recipientes horizontales y verticales con diferentes tipos de cabezales: planos, poliféricos, semielípticos, semiesféricos y cónicos. El procedimiento de cómputo estuvo basado en la sección VIII, división 1 del código ASME, la hoja de cálculo fue validada mediante la verificación del diseño de recipientes horizontales y verticales ya existentes.

Maestre, R (2005). **“Rutinas de mantenimiento basados en la criticidad de los recipientes a presión y tanques apertados del campo San Joaquín - Distrito Gas Anaco”**. En la investigación se elaboró rutinas de mantenimiento para los recipientes a presión y tanques apertados más críticos de las estaciones y plantas compresoras del campo San Joaquín mediante la aplicación de la Metodología de "Inspección Basada en Riesgo". Clasificó el riesgo en niveles de Bajo, Medio, Medio Alto y Alto, permitiendo precisar la mejor estrategia para las frecuencias de inspección y actividades de mantenimiento.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Definición de gas natural

El gas natural es una mezcla homogénea, en proporciones variables de hidrocarburos parafínicos, denominados Alcanos, los cuales responden a la fórmula

$(C_N H_{2N+N})$. El gas natural arrastra desde los yacimientos componentes indeseables como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) y agua en fase gaseosa, por lo que se dice que el gas que se recibe es un gas húmedo o ácido.

Por su origen, el gas natural se clasifica en asociado y no asociado. El gas asociado es aquel que se encuentra en contacto y/o disuelto en el petróleo del yacimiento. El gas no asociado, por el contrario, es aquel que se encuentra en yacimientos que no contienen crudo, a las condiciones de presión y temperatura originales. El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros, compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos, pentanos. Otros componentes tales como el dióxido de carbono, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural.

El gas natural no es ni corrosivo, ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía

2.2.2 Componentes del gas natural

La composición real de un determinado gas se obtiene y aprecia por medio de análisis cualitativos y cuantitativos. Estos análisis enumeran los componentes presentes y el porcentaje de cada uno de ellos en la composición total y además de los hidrocarburos presentes, por análisis se detecta la presencia o no de otras sustancias.

La siguiente tabla presenta los componentes que a menudo son encontrados en la composición del gas natural

TABLA 2.1 COMPONENTES DEL GAS NATURAL.

Componente	Fórmula Química	Estado Físico	Composición %
Metano (C ₁)	CH ₄	Gaseoso	55,00-98,00
Etano (C ₂)	C ₂ H ₆	Gaseoso	0,10-20,00
Propano (C ₃)	C ₃ H ₈	Gaseoso	0,05-12,00
n-Butano (nC ₄)	C ₄ H ₁₀	Gaseoso	0,01-0,80
IsoButano (iC ₄)	C ₄ H ₁₀	Gaseoso	0,01-0,80
n-Pentano (nC ₅)	C ₅ H ₁₂	Líquido	0,01-0,80
i-Pentano (iC ₅)	C ₅ H ₁₂	Líquido	0,01-0,80
n-Hexano (nC ₆)	C ₆ H ₁₄	Líquido	0,01-0,50
n-Heptano (nC ₇)	C ₇ H ₁₄	Líquido	0,01-0,40
Nitrógeno	N ₂	Gaseoso	0,10-5,00
Dióxido Carbónico	CO ₂	Gaseoso	0,20-30,00
Oxígeno	O ₂	Gaseoso	0,09-30,00
Sulfuro de Hidróg	H ₂ S	Gaseoso	Trazas-28,00
Helio	He	Gaseoso	Trazas-4,00

Fuente: Características y propiedades del Gas Natural y Sus orígenes

En el cuadro 2.1 se puede observar que en el gas natural existen hidrocarburos, que pueden encontrarse en estado gaseoso y/o vapor, mientras que otros están totalmente en estado líquido.

2.2.3 Clasificación del gas natural

El gas natural recibe varias denominaciones de acuerdo a las condiciones en que se encuentren en el yacimiento, la proporción de sus componentes, esa clasificación es la siguiente

2.2.3.1 Gas asociado

Este es un gas natural que se ha extraído de los yacimientos junto con el petróleo, partiendo del postulado que donde hay petróleo, hay gas. Más del 90% de

las reservas de gas natural del país es de gas asociado. Se considera que en los yacimientos se forman capas de gas.

2.2.3.2 Gas no asociado

Este es un gas que solo está unido con agua en yacimientos de gas seco. En los yacimientos de gas seco la mezcla de hidrocarburos permanece en fase gaseosa a condiciones de yacimiento y superficie. Sin embargo, en algunas oportunidades se forma una pequeña cantidad de líquidos, la cual no es superior a diez barriles normales de hidrocarburos líquido por millón de pies cúbicos normales de gas (10 BN/ MM PCN). El gas está compuesto principalmente por metano (C_1), compuesto que alcanza una concentración porcentual mayor a 90%, con pequeñas cantidades de pentanos y compuestos más pesados ($C_5^+ < 1\%$). La obtención de líquidos del gas producido solo se alcanza a temperaturas criogénicas.

2.2.3.3 Gas húmedo

Es aquel del cual se puede obtener cantidades apreciables de hidrocarburos líquidos, C_3^+ de aproximadamente, 3 GPM (galones por 100 pies cúbicos en condiciones normales). No tiene ninguna relación con el contenido de vapor de agua que pueda contener el gas.

2.2.3.4 Gas seco

Este es un gas natural del cual se han separado el GLP (gases licuados del petróleo) y la gasolina natural. El gas seco, está constituido fundamentalmente de metano y etano. Por lo general se inyecta a los yacimientos, o se usa en la generación de hidrógeno (H_2). La composición fundamental alcanza valores de un 85-90% en

metano, debido a su composición se puede utilizar directamente como Combustible, para lo cual es necesario mantener una presión de yacimiento, parámetro que varíen de acuerdo a la localización del gas en el subsuelo. En los yacimientos de gas seco. La mezcla de hidrocarburos permanece en fase gaseosa a condiciones de yacimientos y de superficie, y la producción de líquidos solo se alcanza a temperaturas criogénicas.

2.2.3.5 Gas dulce

Es aquel que contiene cantidades de sulfuro de hidrógeno (H_2S), menores a 4 ppm,v. La GPSA (Gas Processors Suppliers Association.1987), define un gas apto para ser transportado por tuberías como aquel que contiene menos de 4 ppm, de H_2S ; menos del 3% de CO_2 y 6 a 7 libras de agua por millón de pies cúbicos en condiciones normales (PCN), este tipo de gas puede variar sus condiciones según la zona en donde se encuentre.

2.2.3.6 Gas ácido

Es aquel gas que contiene cantidades apreciables de sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y otros componentes ácidos (COS , CS_2 , mercaptanos, etc.) razón por la cual se vuelven corrosivo en presencia de agua.

2.3 RECIPIENTE A PRESIÓN (DR. PABLO RODRÍGUEZ, PP 4-10)

2.3.1 Definición de recipiente a presión

En la Industria Petrolera y Petroquímica, un recipiente se define como un equipo en el cual se puede almacenar o procesar: Crudos, Gasolina, Lubricantes, Residuales, LPG, LGN, Agua, Químicos y otras sustancias.

2.3.2 Tipos de recipientes

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipientes son llamados en general tanques. Los diferentes tipos de recipientes que existen, se clasifican de la siguiente manera:

2.3.2.1 Por su uso

Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de procesos. Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores.

2.3.2.2 Por su forma

Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso.

Los esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna, esta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión sin embargo la fabricación de estos es mucho más costosa a comparación de los recipientes cilíndricos.

2.3.2.3 Por su geometría

Los tipos más comunes de recipientes pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría como:

- **Recipientes abiertos:** los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos.
- **Recipientes cerrados:** fluidos combustibles, tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o soda cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.
- **Tanques cilíndricos de fondo plano:** el diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada. En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.
- **Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas:** son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica, cabeza estándar común y toricoidal. Para propósitos especiales de placas planas son usadas para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son raramente usadas en recipientes grandes.

- **Recipientes esféricos:** el almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 psi (70.31 - 1757.75 kg/cm²) y de 10 hasta 200 psi (0.7031 - 14.06 kg/cm²) para los recipientes menores. Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión, el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación. A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.

2.3.2.4 Clasificación de los recipientes según el número de fase a separar

En función del número de fases que separa; se les llama separadores bifásicos (cuando separan dos fases, como petróleo y gas o agua y petróleo). Siempre se deberá especificar las fases que entran en juego. Se conoce como separadores trifásicos a los que se diseñan para separar tres fases (agua, petróleo y gas) y tetrafásicos, aquellos en los cuales se ha previsto, adicionalmente, una sección para la separación de la espuma que suele formarse en algunos tipos de fluidos.

2.3.2.5 Clasificación de los recipientes según los procesos de separación

- **Separadores convencionales**

Un separador convencional es un envase que se usa para separar un mezcla de componentes en una o dos corrientes, líquida y otra gaseosa. Generalmente las corrientes líquidas contienen muy poco gas y la corriente muy poco líquido.

Ejemplo de separadores convencionales son los separadores gas-líquido (bifásicos) y los gas-crudo-agua (trifásicos) que se usan en la industria petrolera.

- **Depuradores**

Los depuradores son separadores que no poseen:

- a) Capacidad para hacer una separación gas-líquido cuando los volúmenes de líquido pueden ser apreciables.
- b) Tamaño suficiente para que el asentamiento por fuerzas gravitacionales sea óptimo.

La función básica de un depurador es remover pequeñas cantidades de líquido de una mezcla predominantemente gaseosa. Su diseño se fundamenta en la primera sección de separación donde predominan elementos de impacto para remover partículas líquidas. El líquido puede estar íntimamente mezclado en el gas o en forma libre. Los valores de la constante K usados en el diseño de los depuradores para determinar la velocidad crítica son aproximadamente 2(3 mayores que los usados para un separador. Así por ejemplo $K = 0.167$ para un separador, se debe usar $K = 0.279$ para usar depurador.

- **Separadores tipo filtro**

Esta clase de separadores se usa mucho para remover partículas líquidas antes de que el gas sea succionado por los compresores (ver figura N° 2.1).

Un separador tipo filtro generalmente posee 2 compartimientos. El primero de ello contiene unos filtros coalescentes. Cuando el gas fluye a través de estos filtros,

las partículas líquidas coalescentes forman partículas de mayor diámetro. Cuando estas partículas alcanzan diámetros apreciables son empujados a un segundo compartimiento por el flujo de gas.

El segundo compartimiento generalmente posee extractores de neblina que puede ser de:

- a) Mallas metálicas
- b) Mallas plásticas
- c) Anillos colocados en forma concéntricas
- d) Láminas colocadas en forma de zig-zag y
- e) Otras

En este segundo compartimiento son removidas las gotas de mayor diámetro. En algunos casos la remoción puede ser aproximadamente 100 % por partículas mayores de 2 micrones y cerca de 98 % para las partículas entre 0.5 y 2 micrones.

Algunos separadores tipo filtro poseen un tubo o barril conectado al separador y el cual permite el almacenaje del líquido removido o la acumulación para casos de flujo inestable (flujo en oleaje).

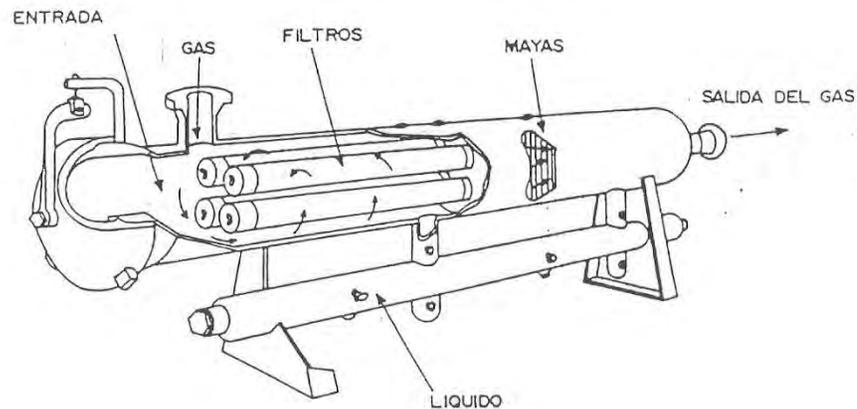


Figura N° 2.1. Separadores tipo filtro.

Fuente: Módulo ingeniería de gas nivel I.

- **Separadores de liberación instantánea**

Esta clase de separadores consiste en un envase que se utiliza para separar gases que se liberan de un líquido sometido a un proceso de liberación instantánea. Generalmente parte del líquido se volatiliza al experimentar una disminución de presión en el separador.

- **Separadores tipo pulmón (simples o múltiples)**

Este envase puede recibir apreciable cantidad de líquido en forma irregular (flujo tipo oleaje). Generalmente se instalan en sistemas de recolección de gas o en sistemas de flujo bifásico. Este tipo de separador puede consistir en un envase de gran tamaño que permita la acumulación del líquido o también puede construirse en forma de múltiple con varios tubos.

- **Tratadores térmicos**

Es un tipo de separador trifásico (crudo-gas-agua) que además posee en su interior facilidades para filtrar y calentar los fluidos. Normalmente, trabaja a presiones bajas y se usa en el tratamiento de crudos livianos y medianos, Este tipo de equipo es común en los campos petroleros de CORPOVEN, S.A. en el área de Anaco.

- **Torres de destilación**

Permite separar un fluido en varios componentes de composiciones deseadas. Para ello se utilizan procesos de equilibrio térmico basados en las constantes de equilibrio líquido-vapor. Las torres de destilación generalmente poseen una serie de platos y en los cuales se establecen flujos en dos direcciones: el gas en ascensos y líquido en descenso.

Usualmente, las operaciones de una torre de destilación se optimizan mediante la instalación de equipos adicionales, tales como: condensadores, rehervidores, separadores de reflujo, equipo de bombeo y equipo de control. En la figura N° 2-2 se muestra un esquema de una torre de destilación.

- **Goteo en línea**

Este tipo de separadores normalmente se usa en línea con relaciones gas~líquido muy altas. Su objetivo fundamental es remover el líquido libre y no necesariamente todo el líquido contenido en la corriente gaseosa, como puede ser por ejemplo, el líquido que fluye atrapado en el gas. Por lo tanto, los envases de goteo en línea permiten la acumulación y separación de líquido libre. (ver figura N° 2-3).

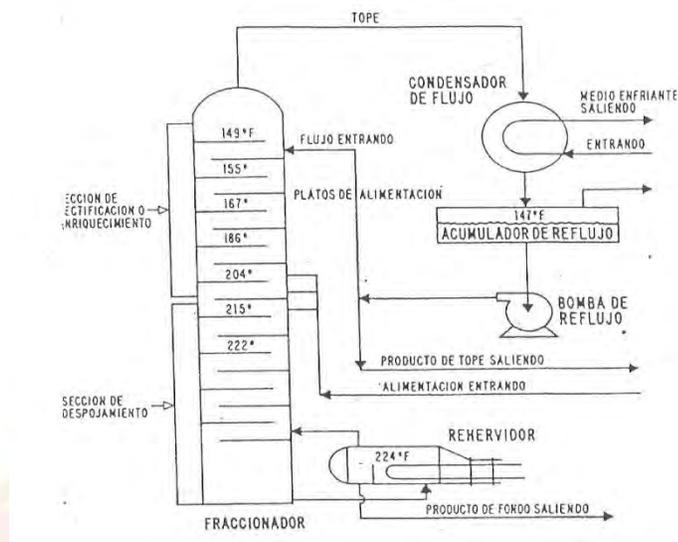


Figura N° 2.2. Sistema de fraccionamiento.

Fuente: Módulo ingeniería de gas nivel I.

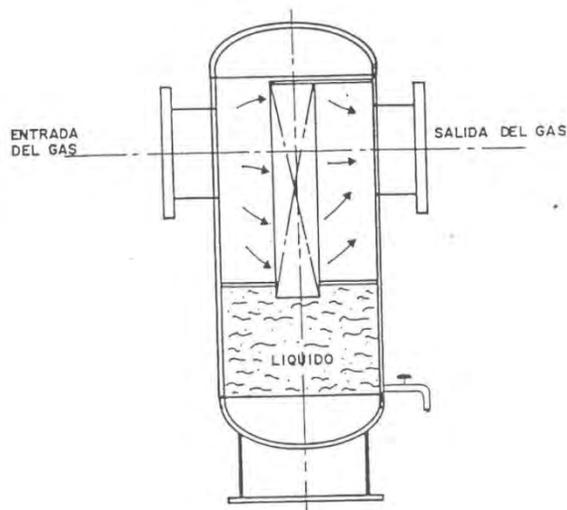


Figura N° 2.3. Separados tipo goteo en línea.

Fuente: Módulo ingeniería de gas nivel I.

- **Separadores líquido-líquido**

Estos envases se usan para separar dos líquidos inmiscibles. Un separador líquido-líquido opera de una manera similar a un separador líquido-gas. Sin embargo, los separadores líquido-líquido son diseñados para velocidades mucho más bajas que las usadas en el diseño de los separadores gas-líquido. Esto se debe fundamentalmente a que la diferencia en densidad entre los dos líquidos es mucho menor que entre un gas y un líquido. Por esta razón, la separación líquido-líquido:

- a) Es más difícil
- b) Necesita de mayor tiempo de retención y
- c) Requiere de envases de mayor tamaño, si la comparamos con la separación gas-líquido

CAPITULO III

3.1 ESTABLECIMIENTO DE LOS PRINCIPIOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN

Los principios de los funcionamientos de los recipientes a presión son los siguientes:

3.1.1 Fuerza centrífuga: El recipiente centrífugo funciona mediante el efecto de la fuerza centrífuga. El agua contaminada con sólidos e hidrocarburos/aceites se inyecta tangencialmente a lo largo de la circunferencia del estanque cilindro-cónico para permitir la separación de las partículas pesadas. Las partículas que pueden precipitar sedimentan al fondo del estanque, desde aquí son drenadas a un filtro de bolsa de fácil reemplazo.

3.1.2 Absorción

El proceso de absorción se define como la retención de gases o vapores por líquidos de una sustancia por otra, también se define como los líquidos que son capaces de retener de manera selectiva otro componente, como por ejemplo, el glicol que absorbe el agua natural o las soluciones de aminas, cuando capturan el dióxido de carbono y/o sulfuro de hidrógeno del gas natural. El proceso de absorción es gran utilidad, en la industria del gas natural, el mismo consiste en remover el vapor de agua de la corriente de gas natural, por medio de un contacto líquido. Los glicoles y el metanol son los líquidos de mayor uso en la deshidratación del gas natural. El líquido que sirve como superficie absorbente debe cumplir con una serie de condiciones:

- 1.- Alta afinidad con el agua, y ser de bajo costo.

- 2.-Poseer estabilidad hacia los componentes del gas y bajo perfil corrosivo.
- 3.-Estabilidad para regeneración.
- 4.- Viscosidad baja o moderada.
- 5.- Baja presión de vapor a la temperatura de contacto.
- 6.- Baja solubilidad con las fracciones líquidas del gas natural.
- 7.- Baja tendencia a la formación de emulsiones y producción de espumas.

Los glicoles y el metano son los líquidos de mayor uso en la deshidratación del gas natural. El metanol, como agente deshidratante es de alto costo, por lo que su uso tiene unas ciertas limitaciones, y se selecciona por lo general en los casos siguientes. Instalaciones temporales y es deseable aplazar las decisiones relativas en los equipos permanentes del manejo de gas. Las condiciones operacionales a las cuales puede ocurrir la formación de hidratos son de alta inestabilidad.

3.1.3 Adsorción

Es un proceso que ocurre cuando un gas o un líquido se acumulan en la superficie de un sólido o de un líquido, formando una película de las moléculas o de los átomos (adsorbate). La adsorción está presente en muchos sistemas físicos, biológicos, y químicos naturales, y es ampliamente utilizada en usos industriales. La adsorción es una consecuencia de energía superficial, en la adsorción, todos los requisitos de vinculación sean iónicos, covalentes o metálico del componente átomos del material son llenados por otros átomos en el material. Sin embargo, los átomos en la superficie del adsorbente no son rodeados enteramente por otros átomos del adsorbente y por lo tanto no pueden atraer los adsorbates. La naturaleza exacta de la vinculación depende de los detalles de la especie implicada.

El términos generales, se puede señalar que el proceso de adsorción ocurre, cuando un gas o un vapor se encuentran en contacto con una superficie sólida, y parte de este se adhiere al sólido. Esta fracción de gas o vapor que se une al sólido entra dentro de este o permanece en su superficie. A este proceso se le llama adsorción, este es un proceso exotérmico en el que se produce una disminución de la entropía del sistema. En forma simple, la adsorción es la atracción y adhesión de moléculas gaseosas y/o líquidas sobre la superficie de un sólido y sus cavidades interiores. La cantidad de adsorción depende tanto de la naturaleza específica del adsorbente como del material adsorbido. Dado que la adsorción es un proceso de superficie, los buenos adsorbentes son aquellos que presentan grandes superficies por unidad de masa y tienen grandes fuerzas atractivas

La adsorción se describe generalmente con isothermas, es decir, la cantidad de adsorbate en el adsorbente en función de su presión, si corresponde a un gas o de la concentración si es un líquido en la temperatura constante. La cantidad fijada por adsorción es normalizada casi siempre por la masa del adsorbente para permitir la comparación de diversos materiales.

3.1.4 Cantidad de movimiento

Las fases fluidas con diferentes densidades tienen diferentes cantidades de movimiento. Si una corriente bifásica cambia de dirección bruscamente, la cantidad de movimiento se incrementa y no permite que las partículas de la fase pesada se muevan tan rápido como las fases livianas las partículas de la fase ligera, este fenómeno provoca la separación de los fluidos petroleros

3.1.5 Asentamiento por gravedad

Las gotas de líquido se separan de la fase gaseosa si la fuerza gravitacional actuante sobre éstas es mayor que la fuerza de arrastre del gas fluyendo alrededor de la gota.

3.1.6 Coalescencia

Las gotas muy pequeñas no pueden ser separadas por gravedad. Estas se unen, por medio del proceso de coalescencia, para formar gotas mayores, las cuales se acercan lo suficiente como para superar las tensiones superficiales individuales y poder de esta forma separarse por gravedad. Este proceso ocurre fundamentalmente con las moléculas de agua en fase líquida, y es desde luego una forma de separación ya que al alcanzar las moléculas un tamaño suficiente, son separadas por gravedad, que está relacionado con el tamaño de las moléculas. En la figura 4 se presenta en forma esquemática un proceso de coalescencia.

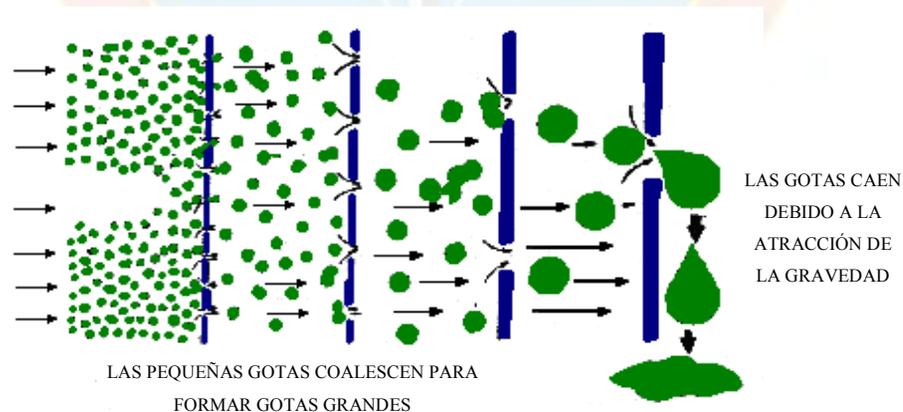


Figura N° 3.1: Proceso de Coalescencia

Fuente: Proceso de separación del gas natural.

Este movimiento casi siempre ocurre, solo con las moléculas de agua, por lo tanto es aplicable en la separación Petróleo- Agua, luego las gotas de agua al obtener un tamaño suficiente caen al fondo del separador por gravedad.

El proceso de coalescencia se inicia al ocurrir choques entre gotas con fuerza suficientes para romper la película interfacial. Una vez en contacto físico, el proceso se completa por fuerzas superficiales. Sistemas de coalescencia en los separadores obligan al gas a fluir por un camino tortuoso. La cantidad de movimiento de las gotas les causa choques entre gotas, formando gotas de mayor tamaño. Estas gotas de mayor tamaño pueden separarse del gas por gravedad. Las redes de alambres o mallas son típicos sistemas de coalescencia usados en los separadores bifásicos.

3.2 CONOCIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN

De acuerdo al código ASME sección VIII división I, en esta parte del código se establecen los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación e inspección y para obtener la certificación autorizada de la ASME para los recipientes a presión.

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos, operación.

Así pues es necesaria una explicación más amplia acerca del criterio de la selección de los materiales que pueden aplicarse a los recipientes como:

Aceros al carbón

Es el más disponible y económico de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

Aceros de baja aleación

Como su nombre lo indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbón. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón.

En la tabla 3.1 se puede observar los aceros recomendados para los rangos de temperatura más usuales.

Tabla 3.1. Aceros recomendables para diferentes temperaturas.

Temperatura en °C	Temperatura en °F	Material Para Cascaron	Cabezas y Plantillas de refuerzo
-67 a -46.1	-90 a -51	SA-203 B*	SA-203 A
-45.6 a -40.5	-50 a -41	SA-516-65	SA-203 B
-40 a 15.6	-40 a +60	SA-516-70+	SA-516-65
15.6 a 343	+60 a 650	SA-285-C	SA-515-70
344 a 412.8	-651 a +775	SA-515-70	

Fuente: Proceso, equipamiento y diseño

Aceros de alta aleación

Comúnmente llamados aceros inoxidable. Su costo en general es mayor que para los dos anteriores. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan alta resistencia a la corrosión.

Materiales no ferrosos

El propósito de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias corrosivos para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura.

3.2.1 Materiales para recipientes a presión

Los materiales que se utilizarán en los recipientes a presión deben ser seleccionados de acuerdo a las especificaciones de los materiales y al código aprobado. Este requisito no es normalmente un problema, ya que existen catálogos de tablas de materiales aceptables. A continuación en la tabla 3.2 se especifican una serie de materiales para realizar el diseño de recipientes a presión:

Tabla 3.2. Especificaciones de los acero al carbón.

Materiales y especificación		Comp. Nominal	P. Numero	Spec min-Tención	Notas	Rangos de temperatura de los metales en F										
Numero	Grado					-20 a 650	700	750	800	850	900	1000	1050	1100	1150	1200
	plate steels															
	carbon steels															
SA-7	.....	.....	1	60	(1)(3)	12,65	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SA-113	C	.....	1	48	(1)(3)	11,05 0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SA-283	A	.....	1	45	(1)(3)	10,35	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SA-283	B	.....	1	50	(1)(3)	11,5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SA-283	C	.....	1	55	(1)(3)	12,65	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SA-283	D	.....	1	60	(1)(3)	12,65	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
SA-285	C	.....	1	55	(2)(4)	13,75	13,25	12,05	10,2	8350	6500	.....	.....	.....	.....	.....
SA-212	B C- Mn-si	.....	1	70	.....	17,5	16,6	14,75	12	9250	6500	4500	2500	.....	.....	.....

Fuente: Proceso, equipamiento y diseño

Los valores mostrados en la tabla 3.2 corresponden a los aceros al carbón y de baja aleación, son usualmente usados donde las condiciones de servicio lo permitan por los bajos costos y la gran utilidad de estos aceros. Los recipientes a presión pueden ser fabricados de placas de acero conociendo las especificaciones de SA-7, SA-113 C y SA-283 A, B, C, y D, con las siguientes consideraciones:

- 1.- Los recipientes no contengan líquidos ó gases letales.
- 2.- La temperatura de operación está entre -20 y 650°F.
- 3.- El espesor de la placa no exceda de 5/8pulg
- 4.- El acero sea manufacturado por horno eléctrico u horno abierto.
- 5.- El material no sea usado para calderas.

Uno de los aceros más usados en los propósitos generales en la construcción de recipientes a presión es el SA-283 C. Estos aceros tienen una buena ductilidad, fusión de soldadura y fácilmente maquinables. Este es también uno de los aceros más económicos apropiados para recipientes a presión; sin embargo, su uso es limitado a recipientes con espesores de placas que no excedan de 5/8 pulgadas, para recipientes con espesores mayores a 5/8 pulgadas el acero SA-285 C es muy usado.

En el caso de presiones altas o diámetros largos de recipientes, un acero de alta resistencia puede ser usado el acero SA-212 B , es conveniente para semejantes aplicaciones y requiere un espesor de cascarón de solamente de 790% que el requerido por el SA-285 C. Este acero es también fácilmente fabricado pero es más costoso que otros aceros.

El acero SA-283 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas sobre 650°F; el SA-285 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas que excedan

de 900°F, y el SA-212 tiene muchos esfuerzos permisibles bajos en las temperaturas más altas, por lo que el acero para temperaturas entre 650 y 1000°F.

Tabla 3.3. Características químicas por grados para el SA-283.

Características químicas Elementos	Composición		
	Grados		
	A	B	C
Carbona max A:	0-17	0.22	0.28
Manganeso max.			
Colada	0.90	0.90	0.90
Analisis de producto	0.98	0.98	0.98
fosforo max. A	0.035	0.035	0.035
Azufre max.A	0.040	0.0	0.0

Fuente: Proceso, equipamiento y diseño

Tabla 3.4. Características Mecánicas para el SA-283

Características Mecánicas									
	Grado A			Grado B			Grado C		
	Ksi		(Mpa)	Ksi		(Mpa)	Ksi		(Mpa)
Tensión de rotura	45 - 65		(310 - 450)	50 - 30		(348 - 485)	55 - 75		(380 - 515)
Tensión de fluencia	24		165	27		185	30		205
Elongación de 8" (200 mm.) min %		27			25			23	
Elongación de 2" (50 mm.) min %		30			28			27	

Fuente: Proceso, equipamiento y diseño

Tabla 3.5. Resistencia al desgaste por abrasión para el SA-283.

CHAPAS: RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN			
Especificaciones	AA200	AA400	AA500
Dureza (BHN)	200 - 250		
Carbono	0.42 - 0.50	1.20	1.30
Manganeso	0.60 - 0.90	1.60	1.60
Fosforo (Max)	0.04	0.030	0.030
Azufre (max)	0.05	0.030	0.030
Silicio	-	0.55	0.55
Cromo	-	0.40	0.80
Otros	-	Pueden agregarse elementos adicionales para mejorar la resistencia a la abrasión	Pueden agregarse elementos adicionales para mejorar la resistencia a la abrasión
Rango de medida	3/16pulg - 1pulg Whidths (72" y 96pulg)	3/16pulg - 1pulg Whidths (72pulg y 96pulg) y 96pulg - 120pulg)	1/4pulg - 1.1/2pulg Whidths (72pulg y 96pulg) y 96pulg)

Fuente: Proceso, equipamiento y diseño

El acero SA-204, el cual contiene 0.4 a 0.6% de molibdeno es satisfactorio y tiene buenas cualidades. Para temperaturas de servicio bajas (-50 a -150°F) un acero niquelado tal como un SA-203 puede ser usado. Los esfuerzos permisibles para estos aceros no están especificados por temperaturas bajas de -20°F. Normalmente el fabricante hace pruebas de impacto para determinar la aplicación del acero y fracturas a bajas temperaturas.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica para la selección de estos.

Así pues realizaremos un breve análisis de la filosofía a que sigue la ASME, para seleccionar sus materiales y por consiguiente para especificarlos como adecuados en la construcción de los recipientes a presión.

3.2.2 Propiedades que deben tener los materiales para satisfacer las condiciones de servicio

3.2.2.1 Propiedades mecánicas

Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia, por cierto de alargamiento alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

3.2.2.2 Propiedades físicas

En este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficiente de dilatación térmica.

3.2.2.3 Propiedades químicas

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

- a. Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.

- b. Sobre diseño en las dimensiones. Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pegados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.
- c. Mantenimiento preventivo. Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
- d. Paros debido a la corrosión de equipos. Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción.
- e. Contaminación o pérdida del producto. Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.

3.2.2.4 Soldabilidad

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuando más elementos contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

3.2.2.5 Esfuerzos admisibles

Son los grados de exactitud con los cuales las cargas pueden ser estimadas, la confiabilidad de los esfuerzos estimados para estas cargas, la uniformidad del

material, el peligro a la falla ocurre y en otras consideraciones como esfuerzos locales con concentración de esfuerzos, fatiga y corrosión.

Para materiales que sean sometidos a temperaturas inferiores al rango de termofluencia los esfuerzos admisibles se pueden considerar con el 25% de la resistencia a la tensión o el 62.5% de la resistencia a la cedencia a la temperatura de operación. Los materiales usados para anclaje en el rango de temperatura de -20 a 400°F (-28.88 a 204.44°C) se considera que es un 20% de la resistencia a la cedencia.

El porcentaje de resistencia a la cedencia usando como esfuerzo admisible es controlado por un número de factores tales como la exactitud con la cual la carga de confiabilidad de los esfuerzos con frecuencia se usa un esfuerzo admisible para aceros estructurales.

Tabla 3.6. Categorías de exposición

Zona	Características
A	Para grandes ciudades donde por lo menos el 50% de los edificios excede a 70 pies de altura.
B	Aéreas urbanas suburbanas y boscosas.
C	Para terreno abierto como terracerías donde cualquier obstrucción sea menor a 30 pies.
D	Para áreas costeras, planas, incluye aquellas áreas localizadas como mínimo a 10 veces la altura de la estructura.

Fuente: Diseños de separadores horizontales y verticales

3.3 ANALISIS DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS EN UN PROCESO DE DEPURACIÓN

Los parámetros utilizados en un depurador son esencialmente los mismos de un separador, en ambos casos es preciso tener muy claro el uso que se le dará al recipiente así como su ubicación, esto es muy importante, ya que de ello dependerá la eficiencia en cuanto al diseño y las dimensiones que tendrá el recipiente. Los parámetros a considerar son los siguientes:

- Caudal de petróleo (g_o) en MBNPD
- Caudal de Gas (g_G) en MMPCND
- Presión de Operación (P_{OP}) en lpca
- Temperatura de Operación (T_{OP}) en F
- Gravedad Específica del Gas al aire (γ_G) adimensional
- Gravedad API
- Factor de Compresibilidad (Z) Adimensional
- Tiempo de Retención (t_r) en minutos
- Constante Universal de los Gases (R) = $10,73(lpca)(pie^3) // lbmol)(R)$

Cada uno de estos parámetros depende uno del otro, es por ello que sus cálculos deben ser precisos y exactos, para poder lograr un funcionamiento eficiente, capaz de cumplir con estándares operacionales del mismo y con las exigencias de la empresa, garantizando así resultados confiables. Toda esta información es de gran importancia para lograr un diseño eficiente, que cumpla con estándares estables del proceso, con una alta precisión y exactitud.

En la actualidad se utilizan los modelos de simulación para el diseño de los separadores. También es muy importante tener en cuenta, que el comportamiento de una gota de fluido en estado líquido, estará en función del tipo de recipiente a utilizar. Es decir, que una gota líquida en un depurador de posición vertical tendrá un comportamiento diferente de posición horizontal. En el depurador vertical, la resultante de la sumatoria de las fuerzas poseen una dirección vertical, mientras que en uno horizontal la resultante de las fuerza tendrá una dirección inclinada. Esta diferencia, trae como consecuencia que la velocidad del gas en un depurador horizontal alcance valores mayores, que los que se obtendrían en uno vertical. En el caso de los parámetros de entrada, los mismos se presentan en la tabla N° 3.8.

Tabla 3.7. Parámetros de Entrada para el diseño de un depurador Convencionales:

Norma PDVSA	Unidades	Rango Límite
Caudal de petróleo	MBND	1,5-250
Caudal de Gas	MMPCND	1,5-900
Presión de Operación	Lpca	25-1500
Temperatura de operación	F	100-200
Gravedad Específica del gas al aire	Adimensional	0,10-1,2
Gravedad API	Grados	24-40
Factor de Compresibilidad	Adimensional	0,25-0,98
Tiempo de Retención	Minutos	1,5-5,0
Constante de los gases	lpca x pie ³ /lbmolxR	10,73

Fuente: Diseños de separadores horizontales y verticales

Los valores de los parámetros mostrados en la tabla 3.3 se encuentran en el sistema británico de unidades. Los rangos de trabajo de cada uno de los parámetros fueron establecidos en base a las condiciones operacionales del área de trabajo de la

empresa muchos de estos datos pueden ser obtenidos a través de mediciones con equipos especializados o través de correlaciones.

A continuación se desarrollan los distintos parámetros a considerar en un proceso de depuración:

3.3.1 Caudal de petróleo y Gas

3.3.2 Factor de compresibilidad (Z): El Factor de Compresibilidad (Z), por ejemplo puede ser obtenido de dos formas, la primera a través de pruebas experimentales y la segunda a partir de correlaciones, el valor de Z en condiciones de operación se recomienda seleccionar un equipo más adecuado de tal forma que los resultados obtenidos en el proceso de separación sean coincidentes, con los mismos determinados en el campo.

3.3.3 Temperatura de operación

Es la temperatura de fluido del proceso prevista para la operación normal.

3.3.3.1 Temperatura de operación máxima: Es la temperatura más alta del fluido del proceso prevista para las desviaciones esperadas de la operación normal. Esto incluye arranque, despresurización, parada, operaciones alternadas, requerimientos de control, flexibilidad operacional y perturbaciones del proceso. La definición de esta temperatura debe ser considerada individualmente, evaluando las causas que la determinan, y cualquiera que sea el caso determinante, se debe establecer en los documentos de diseño.

3.3.3.2 Temperatura de operación mínima: Es la temperatura más baja del fluido del proceso prevista para las desviaciones esperadas de la operación normal. Esto

incluye arranque, despresurización, parada, operaciones alternadas, requerimientos de control, flexibilidad operacional y perturbaciones del proceso. La condición causante de la mínima temperatura de operación debe ser establecida en los documentos de diseño.

3.3.4 Presión de operación: Es la presión a la cual los equipos o tuberías están normalmente expuestos durante la operación de los mismos.

3.3.4.1 Presión de operación máxima: Es la máxima presión prevista en el sistema debida a desviaciones de la operación normal. Esto incluye arranques, paradas, operaciones alternadas, requerimientos de control, flexibilidad de operación y perturbaciones del proceso. La máxima presión de operación debe ser al menos 5% mayor que la presión de operación.

3.3.4.2 Presión de operación mínima: La presión de operación mínima es la presión sub-atmosférica más baja que puede tener el sistema, basada en las condiciones esperadas de la operación, incluyendo arranque y parada. Los recipientes sometidos a condiciones de presión sub-atmosférica, deben ser diseñados para vacío total.

Para recipientes no llenos de líquido: En el caso de recipientes conteniendo vapor y líquido, si no están normalmente llenos de líquido, la presión de operación establecerá la presión de diseño:

Presión de operación máxima (POM)	Presión de diseño
Bajo 1700 kPa (247 psig)	POM + 170 kPa
Entre 1700 y 4000 kPa (247 y 580 psig)	110 % de POM
Entre 4000 y 8000 kPa (580 y 1,160 psig)	POM + 400 kPa
Sobre 80 Barg (1,160 psig)	105 % de POM

Figura N°3.2. Presión de operación máxima.

Fuente: Módulo de gas nivel I

Para equipos operando por debajo de 100 kPa (15 psig), se debe considerar el punto relacionado con la presión mínima de diseño.

3.3.5 Gravedad específica del gas al aire: La gravedad específica de un gas es su densidad relativa al aire. La gravedad específica del aire es igual a 1.0

3.3.6 Tiempo de retención

El tiempo de retención es un parámetro que depende de la gravedad API. En el Cuadro 4 se presentan los valores utilizados en el diseño. La normativa de PDVSA recomienda la selección del tiempo de residencia del petróleo, con base en la gravedad API del fluido. Así, un petróleo mayor de 40° API deberá tener un tiempo de residencia de 1.5 minutos. Para fluidos entre 25° API y 40° API se recomienda reservar entre 3.0 5.0 y minutos para petróleos pesados y/o espumosos y por último para crudo con °API < 25 se debe dejar en un tiempo mayor de 5 minutos.

Tabla 3.8. Tiempo de retención. para el líquido.

Gravedad API	Tiempo de Retención (minutos)
Entre 24 y 40	3
≥ 40	1,5
< 25	5

Fuente: Diseños de separadores horizontales y verticales

3.3.7 Constante de los gases: la Constante Universal de los Gases

$$(R) = 10,73(\text{lpca})(\text{pie}^3) // \text{lbmol})(R)$$

3.3.8 Composición del fluido que se va a separar: La mayoría de los diseñadores no analiza el fluido antes del diseño, sino que simplemente parte de un determinado

volumen, sin embargo para un correcto diseño se debe manejar en forma clara el concepto de equilibrio de fases, separación instantánea, ya que será la única manera, en que se pueda manejar la cantidad de líquido y gas a separar bajo las condiciones de presión y temperatura de operación. Para la determinación de la constante de equilibrio líquido- vapor, se recomienda la utilización de las ecuaciones de estado cúbicas, y se debe tener en cuenta que de las tres raíces que se obtienen en la ecuación, el mayor valor debe de corresponder al volumen molar del componente en la fase de vapor, mientras que el valor menor será para el volumen específico en fase líquida.

3.3.9 Velocidad crítica del gas dentro de la unidad: El cálculo de la velocidad del gas dentro del separador es uno de los factores que con mayor énfasis influye en la respuesta. La elección del valor de la constante k y la determinación de la velocidad dentro del recipiente son las decisiones más importantes al hacer la selección todo está en íntima conexión con el diseño interno separador y debe corresponderse con la máxima velocidad garantizada para que la separación se produzca con eficiencia.

Muchos fabricantes compiten favorablemente bajando el tamaño del separador al incrementar la velocidad del gas. Esto, por lógica, afecta el volumen disponible para almacenar los líquidos en la parte inferior del separador.

3.4 DISEÑO CONCEPTUAL A TRAVÉS DE DATOS SUMINISTRADOS UN DEPURADOR DE ACUERDO A LAS NECESIDADES INDUSTRIALES

En el Diseño Conceptual se utilizan las Propiedades y los Flujos del Líquido y del Gas, y las Presiones y Temperatura de Diseño para obtener el dimensionamiento primario del envase a presión, así como también la selección de las boquillas de entrada y salida del líquido y del gas.

En este caso se ha seleccionado como ejemplo de diseño de un **DEPURADOR DE GAS** a ser instalado en la succión de una unidad compresora de gas. La función básica del depurador de gas seleccionado para este ejemplo es la de minimizar la presencia ó arrastre de líquido dentro de una unidad compresora, por lo cual debe ser instalado en la succión de un compresor. El diseño comprende el dimensionamiento del depurador, según las condiciones de operación establecidas:

- **Máxima presión de operación = 270 psig**
- **Temperatura de operación = 86°F**

Todo esto basado en los estándares internacionales del código ASME sección VIII división 1, y las normas PDVSA y se incluyen las etapas de:

Establecidas la presión y temperatura de diseño, y conociendo las tasas de fluido a manejar, se procede a la realización del Diseño Conceptual. Mediante este diseño, se logra el dimensionamiento del envase a presión y sus, respectivos accesorios, tales como boquillas de entrada y salida, y el sistema de soporte del envase a presión.

Condiciones para realizar el diseño conceptual de un depurador de gas:

- a.- Condiciones de operación (datos)
- Máxima presión de operación: 270 Psig.
 - Temperatura de operación: 86°F

b.- Características de los fluidos.

En la tabla se muestra la composición molar de los fluidos que salen del depurador y las cuales fueron obtenidas mediante análisis cromatográficos.

Tabla 3.9. Composición molar porcentual.

Componente	Gas	Líquido
C1	69,3	0,62
C2	12,09	0,58
C3	7,51	1,26
i C4	1,18	0,49
n C4	2,7	1,6
i C5	0,8	1,26
n C5	0,96	1,88
C6	0,91	5,87
C7+	0,68	29,08
H2O	1,79	57,33
HO2	0,87	0,02
H2S	0,01	-
N2	0,66	0
SG	0,83	0,686

Fuente: Recipiente a Presión

Para el diseño de un separador se necesitan los siguientes datos de entrada:

Tabla 3.10. Propiedades requeridas para el diseño conceptual del depurador.

Máxima presión de operación	270 psig
Temperatura de operación	86 °F
Flujo volumétrico de gas	17 MMPCED (60 °F y 14,7 psia)
Densidad de gas	0,2527 lbm/ pie ³
Densidad de liquido	44,3227 lbm/ pie ³
Densidad de la mezcla gas-liquido	0,2693 lbm/ pie ³
Factor de compresibilidad (Z)	0,9797
Peso molecular del gas (M _{wg})	24,01 lbm/ lbmol
Flujo de liquido	253,71 barriles/día

Fuente: Recipiente a Presión

1) Flujo volumétrico que recibe el compresor

$$Q_{sc} = 17 \text{Mmscfd}$$

Condiciones estándar: 60° F Y 14.7 Psia.

2) Flujo de gas expresado a condiciones operacionales.

$$Q_{op} = Q_{sc} \cdot \frac{P_{sp}}{P_{op}} \cdot \frac{T_{op}}{P_{op}} \cdot Z$$

$$P_{sc} = 14,7 \text{ Psia}$$

$$T_{sc} = 60^\circ\text{F} + 460 = 520 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$P_{op} = 270 \text{ Psig} + 14,7 = 284,7 \text{ Psia}$$

$$T_{op} = 86 \text{ }^\circ\text{F} + 460 = 5460\text{R}$$

$$Q_{op} = 17 \times 10^6 \times \frac{14,7}{284,7} \times \frac{546}{520} \times 0,9797 = 0,90 \times 10^6 \frac{\text{pie}^3}{\text{día}}$$

3) Flujo volumétrico de diseño (gas)

Obteniendo el flujo volumétrico de operación podemos calcular el flujo volumétrico de Diseño que es el flujo de operación mas un incremento de un 20 %, sustituyendo:

$$Q_{dg} = 1,2 \times 0,90 \times 10^6 \frac{\text{pie}^3}{\text{día}} = 1,08 \times 10^6 \frac{\text{pie}^3}{\text{día}} = 12,5 \frac{\text{pie}^3}{\text{día}}$$

4) Flujo másico de diseño

$$m_g = 2636 \times M_{wg} \times \frac{Q_g}{24}$$

Donde: 2636 es un factor de conversión que corresponde a 2636 lbmol por cada millón de pies' a condiciones estándar (Se utiliza factores de conversión)

Horas por día (24)

M_{wg} = Peso molecular del gas = 24.01 lbm/mol

Q_{sc} = Flujo volumétrico de gas (a condiciones estándar) = 17 Mmscfd

$$M_g = 2636 \times 24.01 \times (1,2 \times 17) / 24 = 53.796,81 \text{ lbmlhr}$$

5) Líquido

Flujo de líquido = 253.71 Barriles/día (tabla W 5. pag13)

$$Q = \frac{\left(253,71 \frac{\text{barriles}}{\text{día}}\right) \left(42 \frac{\text{galones}}{\text{barril}}\right)}{\left(24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}\right) \left(60 \frac{\text{minutos}}{\text{horas}}\right)} = 7,4 \frac{\text{galones}}{\text{minuto}}$$

$\rho_L = 44,3227 \text{ lbm/pie}$ (tabla 5, pag 13)

6) Flujo volumétrico de diseño

$$Q_{dl} = 1,2 \times Q_{opl} = 1,2 \times 7,4 = 8,88 \text{Gpm} \times 0,1336 \frac{\text{pie}^3/\text{min}}{\text{GPM}}$$

$$Q_{dl} = 1,19 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

7) Flujo másico de diseño

$$m_l = \rho_l \times Q_{dl} = 44,3227 \text{ lbml pie}^3 \times 1,19 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{1 \text{ hora}}$$

$$m_l = 3.165,35 \frac{\text{lbml}}{\text{hora}}$$

8) Dimensionamiento preliminar del recipiente.

Selección de la posición normal del recipiente de acuerdo con la norma PDVSA N° MDP- 03- S- 03. De acuerdo con esta norma, se recomienda, utilizar el depurador en posición vertical en la succión del compresor.

9) Cálculo de la velocidad crítica del gas

Si excedemos esta velocidad, la rata de arrastre de líquido sería muy alta y perjudicaría al compresor. PDVSA 90616.1.027. Por esta razón, el proceso de depuración se debe realizar a velocidades del gas menores que la velocidad crítica del gas.

La ecuación para determinar la velocidad crítica es la siguiente:

$$V_e = K \sqrt{\frac{(p_L - p_g)}{p_g}} \left(\frac{\text{pie}}{\text{seg}} \right)$$

10) Determinación del factor K

Para poder obtener el factor K se debe calcular primero la relación:

$$\frac{\text{ml}}{\text{mg}} = \frac{3.165,35}{53.796,81} = 0,0588$$

como:

$$\text{ml/mg} < 0,1 \text{ se tiene que } K = 0,35$$

$$\text{ml} = \text{Wl}, \text{mg} = \text{Wg}$$

sustituyendo en la ecuación anterior

$$V_c = 0,35 \times \sqrt{(44,3327 - 0,2527) / 0,2527} \left(\frac{\text{pie}}{\text{seg}} \right) = 4,62 \frac{\text{pie}}{\text{seg}}$$

11) Cálculo del área transversal del depurador

$$A = \left(\frac{Q_{dg}}{V_c} \right) = \frac{12,5 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg}}}{4,62 \frac{\text{pie}}{\text{seg}}} = 2,70 \text{ pie}^2$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

Por lo tanto

$$D^2 = \frac{4A}{\pi} = \frac{(4)(2,70 \text{ pie}^2)}{\pi}$$

$$D = 1,85 \text{ pie} = 22,25 \text{ pulgadas}$$

Comparamos este diámetro con los diámetros comerciales existentes en el mercado de donde resulta que el diámetro disponible para el depurador es

Dstd= 24 pulg. Según norma API 12J (El valor del diámetro comercial de 24 pulgadas corresponde al más cercano superior con respecto al diámetro de diseño de 22,25 pulgadas)

12) Cálculo del volumen de retención de líquido

VRL = tR x QDL, donde tR es el tiempo de retención y para este tipo de depurador es de 10 min, según PDVSA MOP - 03 - S - 03

$$\text{Por lo tanto, VRL} = \left(1,19 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}} \right) 10\text{min} = 11,9 \text{ pie}^3$$

13) Cálculo de la altura de líquido en el depurador (Hliq)

$$H_{liq} = \frac{VRL}{A} = \frac{11,9 \text{ pie}^3}{3,14 \text{ pie}^2} = 3,79 \text{ pie}$$

NOTA: El área utilizada en este caso se determino con el diámetro comercial seleccionado, es decir, Dstd = 24 pulgadas

Como la altura es mayor que la mínima que la mínima recomendada de 2 pies, mantenemos el valor, calculado de 3.79 pies.

14) Cálculo de la altura del depurador (HS)

$$\mathbf{HS = Cm + Hm + Cm + Nod + Ho + Hliq}$$

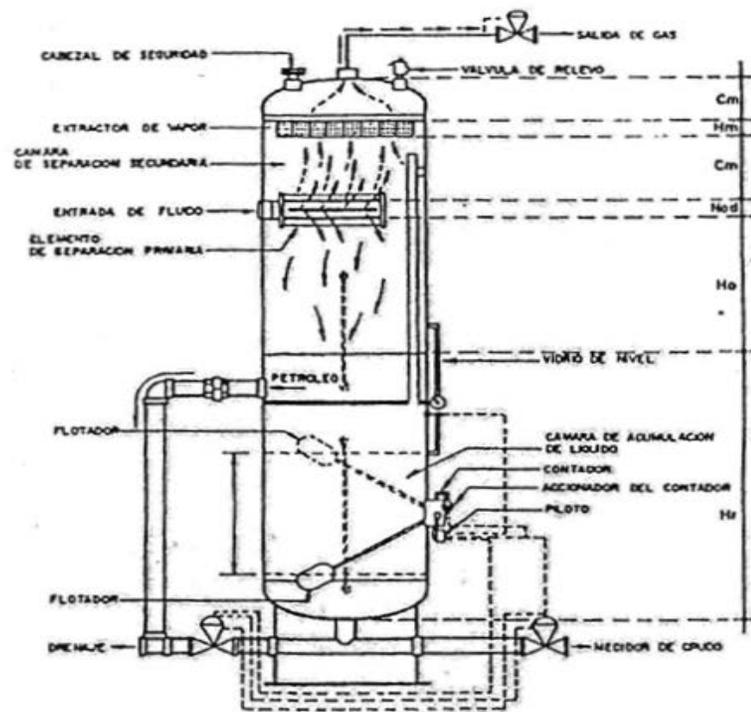


Figura N° 3.3. Separador de petróleo y gas.

Fuente: Módulo ingeniería de gas nivel I.

Donde:

$$Cm = (Dstd - Nod) / 2$$

Hm = Espesor de la malla (Demister)

Nod = Diámetro comercial de la boquilla de entrada

Ho = Altura entre el tope del liquido y la parte inferior de la boquilla de entrada

Hliq = Altura de liquido

Como se puede observar lo primero que debemos calcular es el diámetro comercial de la boquilla de entrada del depurador.

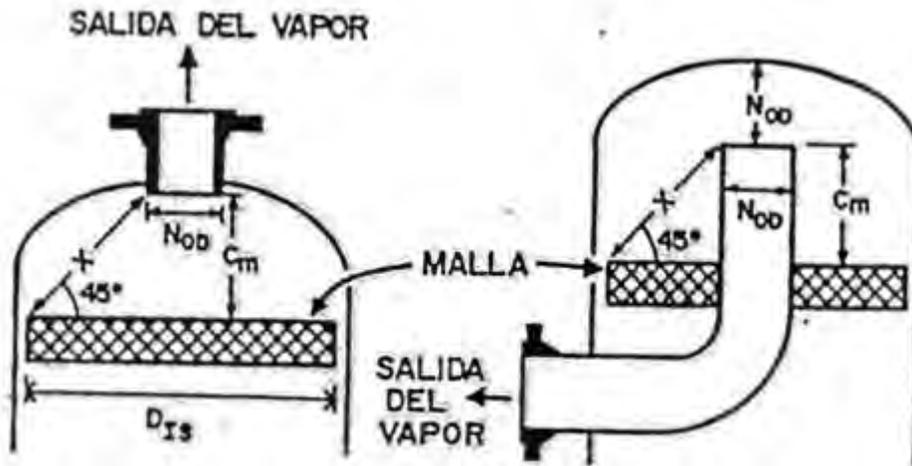


Figura N° 3.4. Dimensionamiento del tope.

Fuente: Módulo ingeniería de gas nivel I.

15) Selección de boquillas

En este tema se estudia la metodología para la selección de Boquillas, tanto de entrada y salida del líquido como del gas. Boquillas Tubo utilizado para hacer penetrar, a gran velocidad y en forma de chorro un gas o un líquido en otro fluido.

Tipos de boquillas:

- Boquillas tipo venturi con inserto de carburo de tungsteno: Para trabajos de alto volumen.
- Boquillas tipo venturi con inserto de carburo de silicio: De mayor duración y menor peso.
- Boquillas tipo venturi con inserto de carburo de soro: La boquilla más duradera y ligera del mercado.

- Boquillas tipo venturi de alta producción: Nos brindan un incremento del 15% en la producción en comparación de cualquier boquilla venturi normal.
- Boquillas para sopleteo húmedo: Empleadas para disminuir de manera significativa la generación de polvo consecuencia del sandblasteo.
- Boquillas rectas: para trabajos de medio y bajo volumen.
- Boquillas de cerámica: son las boquillas de menor costo.
- Insertos de carburo de silicio, carburo de tungsteno y carburo de boro.
- Boquillas en ángulo (de 45 y 90 grados).
- Boquillas de carburo de tungsteno cortas.
- Boquillas tipo venturi cortas.
- Boquillas tipo rectas largas.
- Boquillas tipo rectas cortas.
- Doble venturi (para mayor área de limpieza y velocidad).
- Diferentes tipos de boquillas para pistolas.
- Boquillas rebordeadas.

Nota: En un buen diseño de un sistema de canal caliente, es sumamente importante definir correctamente el tipo de boquillas a usar, de ello dependerá en gran parte su buen funcionamiento.

16) Cálculo del diámetro de la boquilla de entrada.

El espesor de la pared del cuello de la boquilla o de otra conexión, con margen con corrosión, pero no deberá ser menor que el valor mayor de lo siguiente: El

espesor calculado para las cargas aplicables sobre el cuello de la boquilla (presión, reacción de la tubería, etc.)

El valor menor de lo siguiente:

- El espesor de la cabeza o casco (donde está conectada la boquilla) necesario para soportar la presión interna ($E=1$) más el margen por corrosión, pero para recipientes soldados en ningún caso deberá ser menor que $1/16"$ $E=0.80$, si el registro está en un recipiente que no va a ser radiografiado.
- El espesor mínimo de la pared del tubo estándar más el margen por corrosión. El espesor mínimo de un tubo (ANSI B 36. 10-1979) es el espesor nominal de pared menos 12.5% de tolerancia permitida.

Según las normas de diseño de procesos de PDVSA. La velocidad en la boquilla de entrada se debe determinar con la siguiente ecuación:

$$V_{boq} = \frac{80}{\rho m}$$

Donde:

$$V_{boq} \leq 30 \text{ pielseg (ver diseño conceptual)}$$

Sustituyendo:

$$V_{boq} = \frac{80}{0,2693} = 154,16 \frac{\text{pie}}{\text{seg}}$$

Como $V_{boq} > 30 \text{ pie/seg}$ se tomara como

$$V_{boq} = 30 \text{ p/s}$$

$$V_{boq} = 30 \text{ pie/seg}$$

Para la mezcla se tiene $m = m_i + m_g$

Donde:

$$m = 3.165,35 \text{ lbm/hr} + 53.796,81 \text{ lbm/hr} = 56.962,16 \text{ lbm/hr}$$

$$Q_m = \frac{m}{\rho_m} = \frac{56.962,16 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}}}{0,2693 \frac{\text{lbm}}{\text{pie}^3}} = 211.519,3 \frac{\text{pie}^3}{\text{hr}} = 58,75 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg}}$$

donde ρ_m se determino con el Hysim

conocemos que $Q = V \times A$. Por lo tanto $A = QN$

$$A_{boq} = Q_m / V_{boq}$$

$$A_{boq} = \frac{58,75 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg}}}{30 \frac{\text{pie}}{\text{seg}}} = 1,95 \text{ pie}^2$$

conociendo el área de la boquilla, podemos calcular su diámetro

$$Nod = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \times 12$$

$$Nod = \sqrt{\frac{4 \times 1,95 \text{ pie}^2}{\pi}} \times 12 = 18,90 \text{ pulg}$$

Este no es un diámetro comercial por lo cual escogemos el inmediato superior y el cual es:

Nod = 20 pulg 1,67 pie

Tabla 3.11. Aberturas de inspección para las boquillas externas peso en Ibm

ANSI CLASE	16"
150	525
300	830
400	990
600	1325

Fuente: Recipiente a Presión

Tabla 3.12. Peso estimado en libras de las boquillas externas del separador en función del tamaño y clase

ANSI CLASE	Tamaño de la boquilla (pulg)										
	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
150	10	30	45	65	100	140	185	240	320	345	410
300	15	30	55	95	130	170	245	325	440	565	670
400	20	40	70	100	150	205	295	370	490	580	705
500	20	40	75	120	180	270	300	485	675	825	1020

Fuente: Recipiente a Presión

Para obtener Cm, sustituimos en:

$$Cm = \frac{Dstd - Nod}{2} = \frac{24 - 20}{2} = 2 \text{ pulgadas} = 0,16 \text{ pies}$$

Para el extractar de niebla (Demister), se recomienda una espesor de 6 pulgadas según norma PDVSA MDP - 03 -S - 03

Por lo tanto,

$$Hm = 6 \text{ pulg (0,5 pie)}$$

Como recomendación de diseño la altura mínima desde la entrada al separador y el nivel más alto de líquido debe ser de 2 pies, es decir,

$$H_o = 2 \text{ pies}$$

Sustituyendo en la ecuación 1:

$$HS = C_m + H_m + C_m + Nod + H_o + H_{liq}$$

$$HS = 2 \times (0,16) + 0,5 + 1,67 + 2 + 3,79 = 8.28 \text{ pies}$$

$$HS = 8.28 \text{ pies}$$

La altura comercial de un depurador cuya altura de diseño es de 8.28 pies es de 10 pies

$$HS = 10 \text{ pies}$$

17) Calculo de la relación HS/D del depurador

$$\frac{HS}{D} = \frac{10}{2} = 5$$

Esta relación debe ser mayor de dos 2 Según la norma API12J, y preferiblemente debe estar en el rango comprendido entre 3 y 4. Por esta razón, como la relación $L/D = 5$, nos vemos obligado a utilizar otro diámetro (mayor) para el depurador. Seleccionando 36 pulg (Dstd). Se obtiene un nuevo valor del volumen de retención del líquido:

$$H_{liq} = (VRUA) = \frac{11,9\text{pie}}{7,06\text{pie}^2} = 1,68 \text{ pies.}$$

Como H_{liq} es menor de 2 pies debemos usar un valor de $H_{liq} = 2$ pies, (ver página No. 43).

$$C_m = \frac{D_{std} - Nod}{2} = \frac{36 - 20}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ pulg} = 0,66 \text{ pies}$$

sustituyendo de nuevo en la ecuación (1), obtenemos la nueva altura del depurador.

$$HS = 2 \times (0,66) + 0,5 + 1,67 + 2 + 2 = 7.49 \text{ pies}$$

La altura comercial correspondiente es $HS=L=7,5$ pies Verificamos de nuevo la relación $L/D = 7,5/3 = 2,50$ la cual podemos aceptar por ser un valor por ser un valor mayor de 2 y como indica la API 12J y menor de 4.

18) Cálculo de la boquilla de salida del gas

Según la Norma PDVSA MID N° 906.16.1.027 Y MDP - 03 - S - 03, la velocidad del gas a la salida debe estar entre 60 y 90 pies/seg. Seleccionando:

$$V_{\text{gas}} = \text{Velocidad promedio} = \frac{60 + 90}{2} = 75 \frac{\text{pies}}{\text{seg}}$$

$$\text{Conocemos que } Q = V \times A, \text{ donde: } A = \frac{Q}{V}$$

$$A_{\text{gas}} = Q_{\text{dg}}/V_{\text{GAS}} = \frac{12,5 \text{ pie}^3}{175 \text{ pies/seg}} = 0,16 \text{ pie}^2$$

$$D_{\text{gas}} = \sqrt{\frac{4 \times A_{\text{GAS}}}{\pi}} \times 12 = \sqrt{\frac{4 \times 0,16}{\pi}} \times 12 = 5,41 \text{ pulg}$$

Diámetro comercial de la boquilla de salida de gas = 6 pulg. $\emptyset = 6$ pulg

19) Cálculo de la boquilla de salida de líquido

Según la norma PDVSA 906.16.1.027. La velocidad del líquido debe ser menor o igual a 3 pies/seg.

Usando:

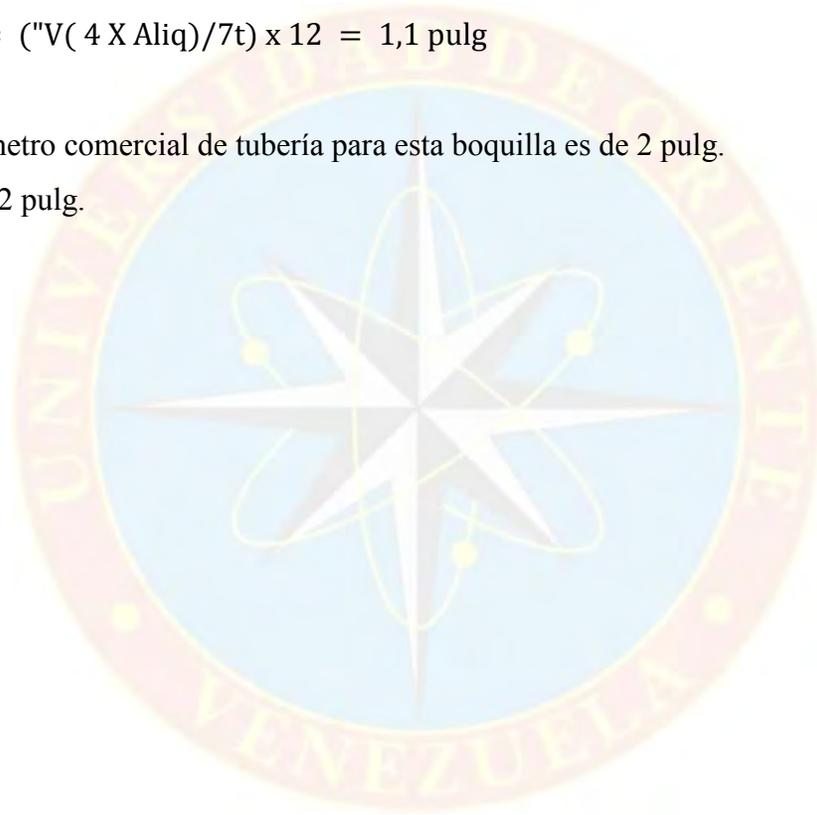
$$V_{liq} = 3 \frac{\text{pies}}{\text{seg}} \times \left(6 \frac{\text{sen}}{\text{min}}\right) = 180 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

$$A_{liq} = \frac{Q_{dl}}{V_{liq}} = \frac{1,19 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}}{80 \frac{\text{pie}}{\text{min}}} = 0,00661 \text{ pie}^2$$

$$D_{liq} = \left(\frac{4 \times A_{liq}}{\pi}\right)^{0,5} \times 12 = 1,1 \text{ pulg}$$

El diámetro comercial de tubería para esta boquilla es de 2 pulg.

$$D_{liq} = 2 \text{ pulg.}$$



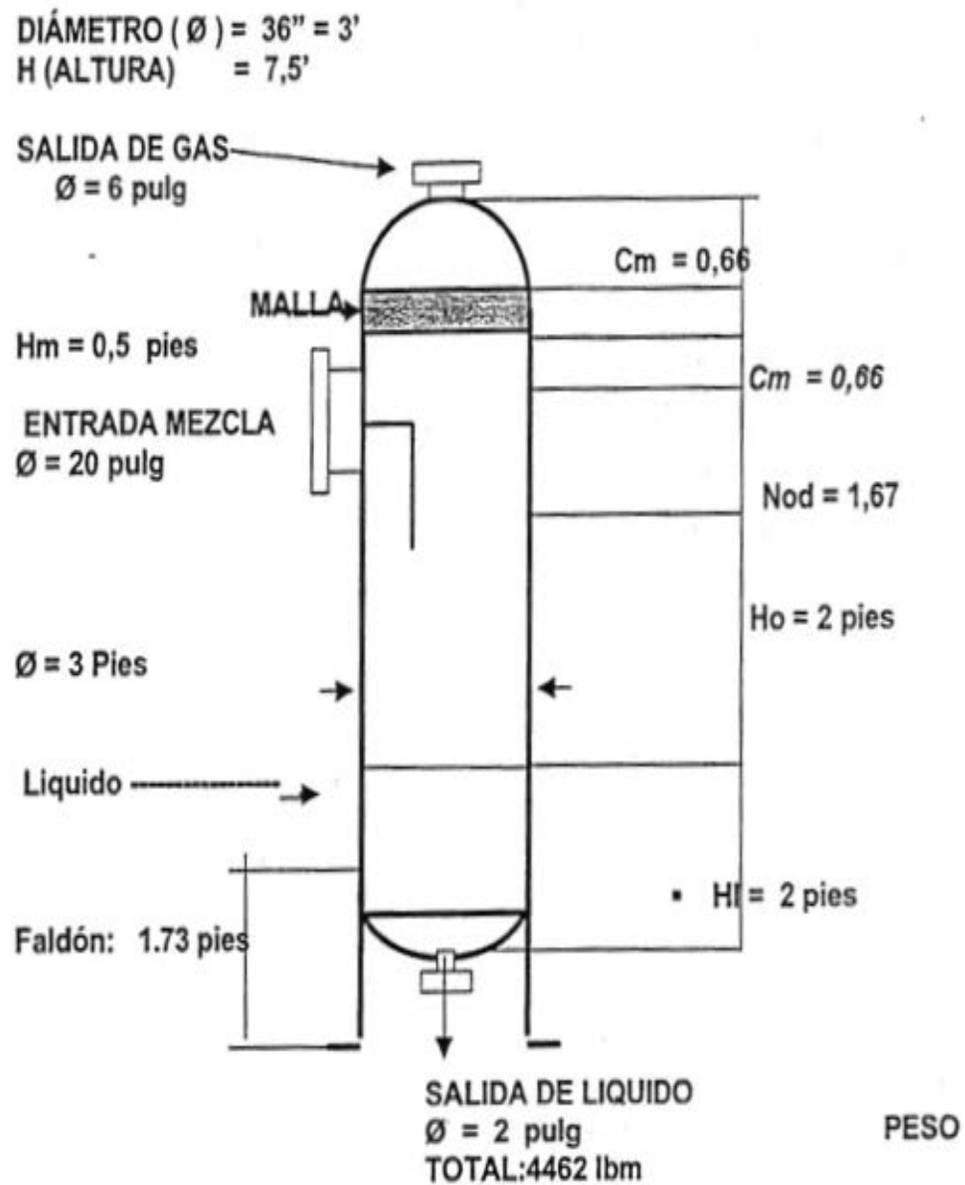


Figura N° 3.5. Dimensionamiento final del depurador.

Fuente: Módulo ingeniería de gas nivel I.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La principal función de los recipientes a presión en los procesos de la industria petrolera es la separación de las fases.
2. El principio en el cual se fundamenta mayormente el diseño de recipientes a presión como depuradores, es el asentamiento por gravedad, el cual permite el arrastre de las gotas de líquido produciéndose así la separación de las fases.
3. Además de los factores de diseño presentes en las normas, la selección de un recipiente a presión dependerá del costo y requerimiento de seguridad.
4. Existen diversas normas para el diseño de recipientes a presión, no obstante el código ASME es el que mejor estandariza y define los criterios generales para el diseño y construcción de los recipientes.
5. El diseño correcto de un depurador depende principalmente de los parámetros de entrada, presión, temperatura de operación, y características de los fluidos que definirán la eficiencia del diseño y la dimensionalidad del mismo.

RECOMENDACIONES

1. En el diseño de un recipiente a presión se debe tomar en los costos de construcción, mantenimiento del mismo.
2. Se recomienda elaborar un procedimiento de trabajo seguro para realizar cualquier tipo de prueba para certificar recipientes a presión.
3. Siempre el principal criterio que debe prevalecer durante el diseño de recipientes a presión, es la seguridad del mismo.

BIBLIOGRAFIA

Pablo R. (2004). **“Ingeniería de gas III”**. Ingenieros especialistas GASDYN. Caracas, Venezuela.

Ingeniería de gas PDVSA. (1996). **“Módulo ingeniería de gas nivel I”**.

Ingeniería de gas PDVSA. (1996). **“Ingeniería de gas, nivel I”**.

Manual de diseño de procesos PDVSA. (1995). **“MDP-03-S-01 Principios Básicos”**.

Manual de diseño de procesos PDVSA. (2005). **“MDP-03-S-03 Separadores Líquido-Vapor”**.

Normas Técnicas de PDVSA. (1996). **“Manual de Diseño de Procesos. Flujo de Fluidos”**.

Dr. Fernando P. (1999). **“Proceso de Separación de Petróleo y Gas”**. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela.

Dr. Fernando P. (1999). **“Características y propiedades del Gas Natural y Sus orígenes”**. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela.

Grosso M. (2007). **“Proceso de Depuración y Separación Gas- Petróleo”**. Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela.

Manual de diseño de procesos PDVSA. (1995). **“Proceso, equipamiento y diseño”**.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Recipientes a presión en la industria petrolera
Subtítulo	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MARIANA C., PANDOLFI C.	CVLAC	CI: 19.875.643
	e-mail	pandolfimariana@gmail.com
	e-mail	Marianapandolfi37@hotmail.com
ÁNGEL S., OLIVIERI S.	CVLAC	C.I. 17.068.793
	e-mail	cunuri@hotmail.com
	e-mail	Angelolivieri_@hotmail.com
ROQUE C., RODRIGUEZ P.	CVLAC	C.I. 16.027.266
	e-mail	roquerodriguez1983@gmail.com
	e-mail	roque_crp@hotmail.com

Palabras o frases claves:

Recipientes
Código ASME sección VIII división I
Criterios de diseño
Principios del funcionamiento
Criterios de diseño
Parámetros
Diseñar conceptualmente

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología (Ciencia Aplicadas)	Ingeniería de Petróleo

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

Resumen (Abstract):

En la industria los recipientes a presión constituyen una gran importancia, estos se utilizan con el objeto de aprovechar sus capacidades, es decir, sus volúmenes, para almacenar, procesar o transportar fluidos, bien sea en su estado líquido o gaseoso, para su uso posterior. En la industria del gas natural usualmente se trabaja con recipientes a presión que son diseñados basados en normas y códigos, sin embargo el diseñador debe considerar otros factores que afecten la integridad y seguridad tanto de los recipientes como del personal que labora en la planta. Este informe se realizará mediante una investigación de tipo documental sobre el uso de los recipientes en la industria, el principio de funcionamiento de los mismos y establecer criterios de diseños con la finalidad de evaluar cada uno de los parámetros que comprendan el diseño de los mismos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
PINO, FERNANDO	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 9.299.078
	e-mail	fpino44@hotmail.com
	e-mail	fpino44@gmail.com
MARÍN, TOMAS	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 11.538.773
	e-mail	tmarin@hotmail.com
	e-mail	
MOTTOLA. FABIOLA	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 8.290.936
	e-mail	fabiolamottola@gmail.com
	e-mail	fabiolamottola@hotmail.com
VEGA M., RUBÉN D.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 10.100.632
	e-mail	rvega@udo.edu.ve
	e-mail	rvega41@hotmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2011	11	08

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa

Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
HOJAS METADATOS MARIANA ANGEL Y ROQUE.doc

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2
3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero de Petróleo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Contaduría, Ingeniero de Petróleo Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Ingeniería de Petróleo (Ciencias Aplicadas)

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de Metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago, a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNDELA
Secretario

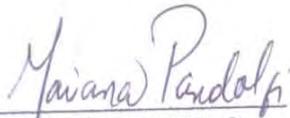


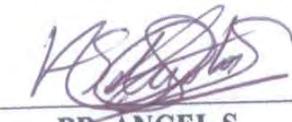
C.C.: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

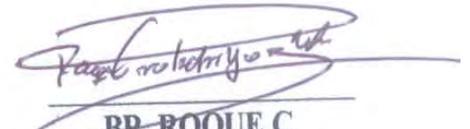
JABC/YOC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6
Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y sólo podrán ser utilizados para otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”


**BR. MARIANA C.
PANDOLFI C.
AUTOR**


**BR. ANGEL S.
OLIVIERI S.
AUTOR**


**BR. ROQUE C.
RODRIGUEZ P.
AUTOR**


**MSC. RUBÉN D. VEGA M.
TUTOR**