Diagnóstico y Rediseño de las Facilidades de Separación en el área Auca

Ivan Molina[1] , Marcial Sánchez[2] , Héctor Román[3]

[1]Tesista de Ingeniería en Petróleo. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – Escuela Superior Politécnica del Litoral. imolina@espol.edu.ec

[2]Tesista de Ingeniería en Petróleo. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – Escuela Superior Politécnica del Litoral. mesanche@espol.edu.ec

[3]Director de Tesis. Ingeniero en Petróleo. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – Escuela Superior Politécnica del Litoral 1985. Profesor de ESPOL desde 1997. hroman@espol.edu.ec

Campus Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral, 09-01-5863, Guayaquil-Ecuador

Resumen

El presente trabajo de Tesis de Grado, explica las condiciones actuales de operación de los separadores de prueba, producción y botas de gas existentes en las estaciones de producción del área.

El Diagnóstico del estado operacional de separadores y botas de gas se detalla mediante la evaluación de la eficiencia de los recipientes cuantitativa y cualitativamente, por presión de vapor, por diagrama de fases, y con cálculos de hoja electrónica. Se explica el rediseño de los separadores y botas de gas, presentando en ambos dos propuestas.

Finalmente, se presenta un análisis costo beneficio del rediseño de las facilidades de separación, considerando el beneficio de disminuir consumo de químicos, frente al costo de invertir en la fabricación de nuevos separadores y botas de gas o la modificación de éstos, para luego analizar cual es la mejor propuesta y elegir una de ellas.

Abstract

The present work of Degree Thesis contains current operation conditions of test, production separators and gas boots at area production stations.

The diagnosis of the operational states of separators and gas boots is explained by the evaluation of vessels efficiency in quantitative and qualitatively way, in

according to vapour pressure, phases diagram and excel calculus. Separators and gas boots redesign is explained presenting for both, two options.

Lastly, benefit/cost analysis of separation facilities redesign is presented, considering the profit to diminish chemical products consumption against to invest in either, new separators and gas boot manufacture or modification of them, and therefore, to analyse how is the best option and chose one of them.

1. INTRODUCCION

El área Auca produce alrededor de 42000 barriles diarios de crudo, un volumen considerable de petróleo. Sin embargo los problemas operativos del área Auca, presentados tanto en separadores como en botas de gas en las estaciones de producción ocasionan pérdidas en la producción, citando por ejemplo el funcionamiento de los separadores de prueba y de producción como bifásicos, cuando originalmente fueron diseñados como trifásicos; además del funcionamiento inadecuado de ciertos dispositivos internos.

Las botas de gas, en cambio, muestran ciertos aspectos en su dimensión con carácter de subdimensionamiento como en la estación Auca Sur, y sobredimensionamiento como en las estaciones Yulebra y Yuca, previos a tomar en cuenta para una separación óptima del hidrocarburo.

La metodología utilizada para diagnosticar las condiciones actuales de separadores y botas de gas se centra en la eficiencia de estos recipientes, midiendo la eficiencia por prueba de presión de vapor y estimando el porcentaje de líquido en una muestra de gas según los diagramas de fases del fluido tratado por los separadores. Finalmente, se calcula el tiempo de residencia en separadores y botas de gas.

Como hipótesis central se plantea demostrar la rentabilidad de rediseñar algunos separadores y botas de gas, de acuerdo al tipo de sistema de levantamiento artificial; bifásicos para separadores que procesan fluido proveniente de pozos producidos por el sistema power oil, y trifásicos para separadores que procesan fluido proveniente de pozos por el sistema de bombeo eléctrico sumergible, frente a la posibilidad de dosificar con menor cantidad de químico demulsificante en la entrada a los separadores trifásicos.

2. CONTENIDO

2.1. Descripción de Facilidades de Producción

Estas facilidades empiezan en el manifold, donde convergen todos los pozos de un campo de producción, luego el flujo multifásico de hidrocarburos se dirige a los separadores, los cuales funcionan actualmente como bifásicos, solo separan el gas que es transportado por la parte superior del separador hacia scrubbers para drenar el condensado del gas y finalmente es llevado a los generadores de energía o a los mecheros para quemarse.

Desde los separadores la mezcla de agua – petróleo es llevada hasta la bota de gas, donde ciertos dispositivos internos aún separan gas hasta llevarlo a los mecheros. Luego, como una mezcla de líquido ingresa al tanque de lavado, donde con ayuda de agitación mecánica, incremento de temperatura y aprovechando la diferencia de densidades el agua se separa del petróleo. El petróleo es llevado al tanque de surgencia y luego desaloja un crudo con características de cierto BSW al tanque de oleoducto.

No obstante, el diagnóstico y el rediseño se centran en las facilidades de separación: separadores y botas de gas de las 5 estaciones de producción del área Auca – Auca Central, Auca Sur, Yuca, Yulebra y Cononaco – sin considerar las miniestaciones de producción.

2.2. Diagnóstico de las condiciones operativas actuales de las facilidades de separación

Para diagnosticar las condiciones de funcionamiento de las facilidades de separación se realizó inicialmente una inspección visual de un separador de prueba antes de ser reparado en Proyectos Especiales, el cual presentaba ciertos dispositivos internos desgastados y fuera de las normas API para separadores, como los deflectores, baffles y extractores de nieblas. Además de evidenciar parafina en la parte interna de las boquillas de salida de líquido, corroídas también por la presencia de agua de formación.

Fig. 1 BOQUILLA DE SALIDA DE UN SEPARADOR

2.3. Eficiencia de Facilidades de Separación por Prueba de Presión de Vapor

La eficiencia de 3 separadores y 1 bota de gas fueron determinados por un equipo llamado bala toma muestras, el cual mide la presión de vapor a la entrada y a la salida del recipiente a una temperatura que se aproxima a 100ºF, determinado la eficiencia con la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \frac{Pventrada - Pvsalida}{Pventrada} * 100\%$$

Arrojando como resultado eficiencias de 62, 76, 76 y 69 expresados en porcentajes, y tomando como referencia que una buena eficiencia en un recipiente de presión es considerada con un valor de 80%.

2.4. Evaluación de Separadores y Botas de gas

El parámetro más importante por el cual se puede evaluar un separador o una bota de gas es mediante su tiempo de residencia. El tiempo de residencia es tiempo en el cual una gota de líquido ingresa al recipiente, permite la liberación de gas y luego es descargada a través de la salida del separador.

El tiempo de residencia se calcula como el cociente entre el volumen retenido de líquido, y la capacidad teórica de los recipientes, y para una bota de gas considerada como un separador bifásico debe ser de 5 minutos. Los valores de tiempo de residencia de botas de gas son mostrados en la tabla I.

Estación	Capac. (b/d)	Dimens. (ft x pulg)	Caudal Líquido (b/d)	Fracción Llenado (%)	Tiempo Reten. (min)
A Central	60000	56’x72”	17004	70	**5**
A Sur	80000	54’x72”	46539	70	**3**
Yuca	35000	66’x74”	11933	70	**10**
Yulebra	20000	54’x74”	4983	70	**15**
Cononaco	**35000**	**59’x72”**	**23714**	**70**	**9**

Tabla I. Tiempo de residencia en botas de gas

2.4. Rediseño de las facilidades de Separación

Los separadores y botas de gas fueron rediseñados tomando en cuenta que en las estaciones de producción de Auca Central y Auca Sur existe un sistema levantamiento artificial por medio de Power Oil.

Por otro lado, las estaciones: Yuca, Yulebra y Cononaco, trabajan por medio del sistema de levantamiento artificial de Bombeo eléctrico sumergible, el cual aporta cantidades apreciables de agua libre y un alto BSW, además las emulsiones provenientes de los pozos no son consideradas estables por lo general, sería conveniente utilizar separadores trifásicos.

Es así como se propuso rediseñar separadores bifásicos modificando sus dimensiones en recipientes para convertirlos en trifásicos sin exceder la esbeltez permitida por la norma API, o diseñar nuevos separadores trifásicos. En botas de gas en cambio, se propuso diseñar una nueva bota de gas para Auca Sur con ingreso interno de líquido o con ingreso externo de líquido.

TIEMPO DE RETENCION 15 minutos							
DIMENSIONES		CAUDALES		DIAM. PARTICULAS		TIEMPO RETENCION	
O.D	84 [Pulg]	**OIL**	2125 [Bbl/d]	**Oil en Agua**	110 Micras	**OIL**	17.1 Minutos
Ls/s	26 [Ft]	**AGUA**	3814 [Bbl/d]	**Agua en Oil**	495 Micras	**AGUA**	14.8 Minutos
L/D	3.71	**GAS**	2 [MMscf/d]	**Liquido en gas**	140 Micras	**H. liq.**	42 [Pulg]

Tabla II. Rediseño de separador producción #1 Yuca

TIEMPO DE RETENCION 15 minutos							
DIMENSIONES		CAUDALES		DIAM. PARTICULAS		TIEMPO RETENCION	
O.D	84 [Pulg]	**OIL**	3977 [Bbl/d]	**Oil en Agua**	125 Micras	**OIL**	14.8 Minutos
Ls/s	34 [Ft]	**AGUA**	4404 [Bbl/d]	**Agua en Oil**	499 Micras	**AGUA**	14.1 Minutos
L/D	4.86	**GAS**	2 [MMscf/d]	**Liquido en gas**	140 Micras	**H. liq. [Pulg]**	42

Tabla III. Rediseño de separador producción #2 Yuca

TIEMPO DE RETENCION 16 minutos								
	DIMENSIONES		CAUDALES		DIAM. PARTICULAS		TIEMPO RETENC.	
CORRIDA # 1	O.D	102 [Pulg]	OIL	6102 [Bbl/d]	Oil en Agua	125 Micras	OIL	19.1 Minutos
	Ls/s	42 [Ft]	AGUA	8218 [Bbl/d]	Agua en Oil	499 Micras	AGUA	15.9 Minutos
	L/D	4.94	GAS	2 [MMscf/d]	Liq. en gas	140 Micras	H. liq. [Pulg]	61.2
CORRIDA # 2	O.D	108 [Pulg]	OIL	6102 [Bbl/d]	Oil en Agua	125 Micras	OIL	20.3 Minutos
	Ls/s	38 [Ft]	AGUA	8218 [Bbl/d]	Agua en Oil	499 Micras	AGUA	16.8 Minutos
	L/D	4.22	GAS	2 [MMscf/d]	Liq. en gas	140 Micras	H. liq. [Pulg]	64.8
CORRIDA # 3	O.D	114 [Pulg]	OIL	6102 [Bbl/d]	Oil en Agua	125 Micras	OIL	21.37 Minutos
	Ls/s	34 [Ft]	AGUA	8218 [Bbl/d]	Agua en Oil	499 Micras	AGUA	17.8 Minutos
	L/D	3.58	GAS	2 [MMscf/d]	Liq. en gas	140 Micras	H. liq. [Pulg]	68.4
CORRIDA # 4	O.D	120 [Pulg]	OIL	6102 [Bbl/d]	Oil en Agua	125 Micras	OIL	22.5 Minutos
	Ls/s	32 [Ft]	AGUA	8218 [Bbl/d]	Agua en Oil	499 Micras	AGUA	18.7 Minutos
	L/D	3.22	GAS	2 [MMscf/d]	Liq. en gas	140 Micras	H. liq. [Pulg]	72

Tabla IV. Diseño de separador producción trifásico Yuca

En las tablas II y III, se detalla las dimensiones que deben tener separadores bifásicos para ser rediseñados a trifásicos. En la tabla IV, se muestra un diseño de separador de producción trifásico para la estación de producción Yuca.

2.5. Análisis Costo Beneficio del Rediseño de Facilidades de Separación

Los costos del rediseño de los separadores utilizando los separadores actuales para luego convertirlos a bifásicos arrojan un costo total de US$ 501535.33 y los costos generados del diseño de nuevos separadores de producción trifásicos en Yuca, Yulebra y Cononaco son de US$ 896394.97.

Mientras que en botas de gas, el diseño de una nueva bota de gas para Auca Sur ya sea por ingreso interno o externo de líquido, tiene un costo de US$ 59023.77

En este análisis se amortizan los costos del rediseño de los separadores utilizando los recipientes actuales, y diseño de bota de gas con ingreso externo de líquido de US$ 594550.84 frente al ahorro anual de químico demulsificante de US$ 117347.5, estimados al precio de US$ 10 el galón de demulsificante.

Costo total de propuesta = Costo. separadores + Costo botas de gas

= 535257.07 + 59023.77 = US$ 594550.84

El tiempo en el cual se amortizarán los costos es:

$$n = -\frac{\log(1-\frac{iv}{R})}{\log(1+i)} = -\frac{\log(1-\frac{0.12*594550.84}{117347.5})}{\log(1.12)} = 8.3 años$$

3. CONCLUSIONES

- Los separadores de Auca Central y Auca Sur son rediseñados como bifásicos por tener pozos en su mayoría de bombeo hidráulico de calidad mediana de gravedad API, implicando menor BSW y agua libre. Los separadores deben ser rediseñados como trifásicos en Yuca, Yulebra y Cononaco, donde se tiene bombeo eléctrico sumergible, ocasionando un alto BSW y agua libre, con un bajo GOR y además con el aporte de pozos de calidad pesada de gravedad API.
- La estación Auca Sur, es la que maneja mayor volumen de fluido (46540 bbl/d), siendo necesario aumentar la capacidad de sus separadores de producción # 2 y # 3, además de construir una bota de gas de 44”x58’, debido a que el sistema power oil demanda cada vez mayor cantidad de petróleo inyectado.
- Se hace mayor énfasis en el rediseño de separadores que en el de botas de gas, puesto que un separador en óptimas condiciones, haría innecesaria la utilización de una bota de gas, considerando también que la bota de gas debe reemplazar a los separadores en las peores condiciones de operación.
- Una vez implantado el rediseño en los campos Yuca, Yulebra y Cononaco, el volumen de agua que ingresa al tanque de lavado disminuirá, provocando un tiempo de residencia mayor, necesario para mantener el colchón de agua al mismo nivel de 8 ft; mejorando el grado de separación de petróleo del agua.

- Se escoge la alternativa de rediseño de los separadores utilizando los recipientes actuales y diseño de bota de gas con ingreso externo de líquido, en función del tiempo de amortización de la deuda que para este caso es de 8,3 años.
- Al rediseñar los recipientes actuales para convertirlos en recipientes trifásicos en los campos Yuca y Yulebra, se tomó como consideración una distribución de pozos con respecto al BSW y al agua libre que manejarían sus separadores.

4. REFERENCIAS

1. PALMA NADINO, "Determinación de la Eficiencia de Separadores por Presión de Vapor" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997)
2. MARTÍNEZ MARCÍAS J., "Diseño Conceptual de separadores", Ingeniería de Gas, Principios y Aplicaciones, Zulia, Venezuela
3. BENALCÁZAR EDUARDO y FIERRO O. LUIS, "Separadores de Producción: Características Generales y Selección", Revista I+D Innovación, Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Petroecuador, Pag 84, Quito, Diciembre 2001
4. CAMPBELL J.M., "Gas Conditioning and Processing", Volume 1, Chapter 8, Pag 124, 1978
5. EXXON, "Oil and Gas Facilities Engineering Separator Design", Exxon Company, Chapter 2, 1984
6. PAZMIÑO URQUIZO JORGE, "Sistema para diseñar Instalaciones Superficiales de Producción", Tomo II, Editorial Continental, Tercera Edición, Pag 199 – 263, 1993
7. ASME, "Reglas para la Construcción de Recipientes a Presión", ASME Sección VIII, División 1, Edición 92
8. GÓMEZ DOLORES, SOTO NIXON, VOCAL MABEL, "Diseño de una Estación de Producción" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1998)
9. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, "Especificación para Separadores de Gas y Petróleo", Especificación API 12J, Séptima Edición, 1989
10. www. jmcampbell.com
11. SMITH, "Separators", Smith Industries, Inc., Columbus Texas
12. BERMEO OSWALD, "Optimización de los sistemas de Separación" (Tesis, Escuela Politécnica Nacional, 1998)

ING. HÉCTOR ROMÁN FRANCO
DIRECTOR DE TESIS