

Rescate, Habilitación, y Puesta en Marcha del Filtro Prensa de Alta Presión y Alta Temperatura (HPHT Filter Press) para el Laboratorio de Petróleos de la FICT-ESPOL

Carlos Francisco Núñez Garcés
Ing. Daniel Tapia Falconi
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
carlos_francisco83@hotmail.com
dtapia@espol.edu.ec

Resumen

Los Filtros Prensas son utilizados para probar y evaluar las propiedades de filtración de los fluidos de perforación, corridas de cemento, y fluidos de fractura. Los Filtros Prensa de Alta Presión y Alta Temperatura proveen un medio eficiente para evaluar estas propiedades a una presión y una temperatura alta, simulando las condiciones de yacimiento.

Esta tesis tiene como objetivo el rescate, la habilitación, y la puesta en marcha del Filtro Prensa de Alta Presión y Alta Temperatura (HPHT) para el Laboratorio de Petróleos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, y además, ilustrar al lector sobre un completo y correcto uso del equipo. Este documento presenta referencias sobre la descripción general del equipo, su clasificación, su importancia y características generales.

A lo largo del texto se muestra también las condiciones iniciales en que fue encontrado el equipo, detallando así sus partes fundamentales y sus componentes, aquellos que han demostrado tener daños de algún tipo. La tesis detalla los procedimientos de mejoras al filtro prensa, acondicionamientos y análisis realizados, junto con las pruebas de laboratorio obtenidas para asegurar un óptimo rendimiento de la herramienta.

Palabras Claves: Filtro Prensa HPHT, diseño, mejoras habilitación, construcción.

Abstract

Filter Presses are commonly used to test and evaluate the filtration properties of drilling fluids, cement slurries, and treatment of fluids to formation cores. HPHT Filter Presses provide an efficient mean to evaluate these properties under high temperature and high pressure, simulating bottom hole conditions.

The objective of this document is to rescue, habilitate, and run the HPHT Filter Press for the Petroleum Laboratory at the Department of Earth Science Engineering at the Escuela Superior Politécnica del Litoral, and furthermore, illustrate the reader about a complete and correct use of the equipment. This document presents references about the device general description, classification, importance and general characteristics.

Through the pages of this document it is shown the initial conditions in which the device was found in the first place, giving accurate detail of the fundamental parts and its components.

This thesis details the procedures of improvement to the HPHT Filter Press, conditioning and detailed analysis, along with the lab testing performed to proof its efficiency.

1. Introducción

Cuando empezó a realizarse las primeras perforaciones con el fin de extraer petróleo, ya tenían el conocimiento base de la perforación, en la cual consistía de utilizar agua como fluido de perforación para suavizar la roca y que sea más fácil de perforar. No fue hasta mediados del siglo 19 cuando, en busca de un yacimiento petrolífero, se llegó a un acuífero que debido a su presión, salió de la roca en forma de emulsión y precipitó todos los pequeños ripios hacia arriba. Así se estableció el primer concepto de un fluido dinámico de perforación.

Fue cuestión de tiempo para que se adaptaran nuevas tuberías y se adapte un nuevo BHA que se ajustara al nuevo proceso. Luego el fluido de perforación fue evolucionando poco a poco, cuando el agua ya no pudo precipitar ripios más pesados. Posteriormente se empezó a utilizar arcilla junto con el agua formando un “lodo”, el cual dio excelentes resultados al limpiar el pozo, dejándolo libre de sedimentos.

Con el pasar de los años toda la industria había evolucionado a la par con los inconvenientes que se les presentaban mientras perforaban. Hasta cierta profundidad, el lodo agua-arcilla servía, pero pasada esa profundidad establecida, la formación sufría varios inconvenientes, desde insignificantes hasta catastróficos. La formación de derrumbaba, el lodo se filtraba en las formaciones contaminándolo todo, no limpiaba bien el hueco, no enfriaba la broca correctamente, eran entre tantos, los problemas más comunes.

Todo esto llevó a realizar nuevas pruebas en el lodo para ver de qué manera se aumentaba su viscosidad, su fuerza, su elasticidad, para que pueda evitar estos problemas, y así empezaron a aumentarles químicos al lodo en base agua – arcilla, químicos que le den características necesarias al lodo para que solucionen los debidos inconvenientes.

Partiendo de este nuevo concepto, industrias que ya en ese entonces eran especializadas en fluidos de perforación, se vieron en la necesidad de crear instrumentos de laboratorio que corran las pruebas con los diversos químicos pero a menor escala, para así estudiar las reacciones y poder saber si estaban a la altura de las características a las que se quería llegar.

El problema fundamental era como saber el comportamiento del lodo más los nuevos químicos a una profundidad tal, en donde las presiones y las temperaturas del yacimiento fueran muchos mayores a las que acostumbraban trabajar. Ya para ese

entonces existían filtros prensa de baja y alta presión, los cuales simulaban una presión mucho mayor a la de 1 atm., pero aun así, no se podía simular la temperatura de formación. Hubieron otras alternativas, calentar las muestras de lodo primero en un horno a una temperatura que simulara la deseada, y luego introducir la muestra en los filtros prensa de alta presión para poder simular todo el proceso completo. En vista a estos inconvenientes, nació la idea de crear un instrumento que pueda simular la presión y temperatura de un yacimiento para poder ver como actuaba el fluido de perforación junto con los químicos y así tener pruebas más exactas para aplicarlas al pozo y tener mejores resultados de producción. Sin este equipo no se sabría como actuaría el fluido a esa profundidad y no se podría extraer el crudo sin causar daños tanto en la formación como en los equipos.

2. Descripción general del equipo

Un filtro prensa es una celda presurizada, en donde se coloca un fluido con el fin de evaluar las características de filtración del mismo mientras esté estático o en movimiento (para simular circulación) en la celda de prueba. Este filtro prensa de Alta Presión y Alta Temperatura, es capaz de simular presión y temperatura de yacimientos, y así ver el proceso del fluido a esas características, ver su comportamiento y de esta manera poder realizar una evaluación más exacta sobre lo que se quiere dictaminar.

Un filtro prensa consiste de un cuerpo cilíndrico llamado también cámara, en donde se introducirá una celda de acero con el fluido a examinar. Un medio para sellar el cilindro, que servirá también como base para insertar el dispositivo que generará la presión al sistema, un termostato para regular la temperatura, un orificio para incrustar un termómetro con el fin de controlar la temperatura, un tubo de ensayo para recolectar la pérdida de filtrado y finalmente un soporte o base que sostendrá todo el sistema.

Ya que este equipo fue diseñado para trabajos en laboratorios de campo, las capsulas de presión Dióxido de Carbono son las más utilizadas; el Nitrógeno es utilizado comúnmente para el equipo de 500 ml debido a su volumen, pues necesita más gas para conducir la prueba. Todo esto se gradúa cuando se establecen los parámetros del tipo de prueba que se vaya a realizar.

La temperatura se ajusta mediante una perilla adjunta al termostato. La temperatura en la celda se mide insertando un termómetro en un pequeño orificio al costado. La temperatura se gradúa en una escala del 1 al 10 para que luego que el termostato haya sido ajustado usando el termómetro, la temperatura deseada

pueda repetirse calibrando la perilla en el mismo número. La celda utilizada en este equipo tiene una capacidad nominal de 175 ml (capacidad exacta de 173.3 ml) para almacenar el fluido a estudiar.

Dentro de la celda se colocan filtros de papel y filtros de aluminio con el fin de dejar pasar el fluido y sostener la costra de lodo que se formara. La tapa de la celda contiene aislantes de presión, y la tapa de la cámara consta con aislantes mucho más fuertes para prevenir la despresurización del sistema.

3. Importancia de un Filtro Prensa HPHT

Un Filtro Prensa HPHT es de suma importancia para el Laboratorio de Petróleos de la FICT, pues, los estudiantes de la carrera realizan las prácticas de fluidos cada semestre, con el fin de capacitarse con los diferentes equipos y con los cálculos de las diferentes propiedades de los fluidos de perforación. En dicho laboratorio, las pruebas de volúmenes de filtrado y revoques, se la realiza utilizando el Filtro Prensa API, que se basa en realizar una prueba de lodo a diferentes presiones pero a una temperatura constante, una temperatura de ambiente. El Filtro Prensa API no tiene la capacidad de inducir calor para variar la temperatura del fluido.

Cuando se realiza una prueba de filtrado con el Filtro Prensa API, el estudiante tiene una idea un tanto clara sobre cómo reaccionaría el lodo al entrar en contacto con las formaciones permeables, pero no del todo clara, ya que la temperatura influye mucho en la variación de las propiedades del fluido. Sabiendo que los pozos perforados en el Ecuador alcanzan normalmente los 10000 pies de profundidad, es completamente lógico suponer que la temperatura de ambiente no se mantendrá constante durante la perforación.

Con la habilitación y puesta en marcha del Filtro Prensa HPHT, el estudiante, al momento de hacer la práctica con el equipo, podrá realizar las pruebas simulando no solo presiones de yacimiento, sino también las altas temperaturas del yacimiento. De esta manera, podrá obtener datos más reales y cercanos a la realidad, el revoque obtenido será un revoque mucho más parecido al revoque en condiciones reales de campo.

Es necesario que el estudiante de la carrera de Ingeniería en Petróleos cuente con un equipo como este en el Laboratorio, así tendrá un aprendizaje mucho más preciso con respecto al comportamiento del fluido y sus propiedades tomando en cuenta su variación con la presión y temperatura; la simulación de las condiciones de yacimiento es muy necesaria

para que el estudiante comprenda al 100% la parte fundamental y más importante de la perforación de pozos petroleros, el comportamiento del lodo a altas presiones y a altas temperaturas.

Se realizó unas preguntas en forma de encuesta a varios ingenieros de la industria petrolera especializados en el área de fluidos de perforación, así como a varios estudiantes de la institución, con el fin de observar las diferentes opiniones sobre la importancia del Filtro Prensa HPHT.

Las preguntas fueron las siguientes:

1. Ha escuchado hablar sobre el filtro prensa HPHT?
2. Cuenta su empresa/institución con uno de estos equipos?
3. Cree usted que este equipo es de mucha utilidad?
4. Este equipo tiene más aplicaciones importantes, además de la ya conocida?
5. Está de acuerdo con que este equipo es primordial para simular las condiciones de un yacimiento para los lodos?
6. Cree que es necesario este equipo en laboratorios de campo?
7. Piensa que este equipo debería de ser habilitado en los laboratorios de las universidades en donde se dicten clases afines, para así capacitar al estudiante desde una edad temprana?
8. Cree usted que este equipo es un equipo eficiente?
9. Recomendaría este equipo?
10. Conoce usted alguna otra forma realizar las pruebas de filtrado a alta presión y alta temperatura?

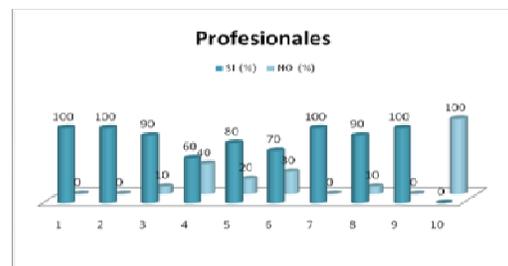
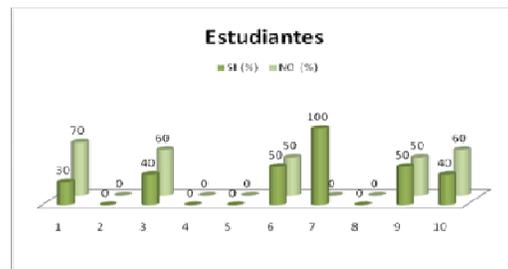


Figura 1 y 2. Graficos de la encuesta realizada a los estudiantes y a los profesionales de la industria.

4. Aplicación de un Filtro Prensa HPHT

El fundamento del Filtro Prensa HPHT es principalmente llevar un control del filtrado del fluido de perforación en las formaciones. Las propiedades de filtración de un fluido de formación son una medida de la habilidad que tienen los componentes sólidos del lodo de formar una costra de lodo o mud cake, ya sea delgada y de una permeabilidad baja, o en su defecto una costra de lodo gruesa. Mientras más baja sea la permeabilidad, la costra será más delgada y de esta manera menor será el volumen de filtración de los lodos, dependiendo claro está, de las especificaciones en las concentraciones de los sólidos que se hayan establecido en el diseño principal.

Esta propiedad es independiente de la cantidad de material coloidal en el lodo. Se ha demostrado en el campo que el uso de suficiente contenido coloidal en un lodo minimiza las dificultades de perforación; mientras que un lodo con una concentración coloidal baja pero con una alta concentración de sólidos inertes, deposita una costra de lodo gruesa en las paredes del hueco. Como ya se conoce, una costra de lodo gruesa restringe el paso de herramientas y permite una cantidad excesiva de filtración hacia la formación, además de una causa potencial de cavitación.

La falta de las propiedades necesarias en el lodo podría llevar a problemas al momento de correr el casing, crear un atascamiento en la tubería, derrumbes en el pozo, pérdidas de circulación, dificultad en la terminación del pozo, dificultad en la interpretación de registros eléctricos en el pozo, disminución de la producción del pozo, entre otros inconvenientes.

Lo que el HPHT Filter Press realiza, son pruebas para determinar el tipo de revoque correcto y evitar todos los problemas que puedan causar un daño irreversible al pozo, todo esto mientras se lo lleva (al fluido de perforación) a una alta presión y temperatura para así poder simular las condiciones del pozo, tener un resultado más preciso y llegar a soluciones más reales.

5. Condiciones iniciales del equipo

Las celdas poseen un área de filtro de 22.58 cm². Pueden ser operadas hasta presiones de 900psi (6205 kPa) junto con la unidad de Presión de CO₂ fácilmente adjunta. Las presiones de hasta 1200 psi (8274 kPa) en la celda y 750 psi (5171 kPa) son obtenidas con la ayuda de una contra-presión (back pressure receiver) con manifolds y con el regulador

de nitrógeno montado. Estas manifolds están provistas con válvulas de escape seguras a 1200 psi, para la celda, y 750 psi para el receptor de contra-presión.

Este filtro prensa puede ser operado a temperaturas hasta 300 grados F sin la necesidad de utilizar el receptor de contra-presión.

Para temperaturas por encima de 300 grados F, este receptor debe ser usado para prevenir la ebullición del filtrado. Posee también una fuente de presión de CO₂ por separado, para proveer los 100 psi estándares en la presión posterior. También se usa presiones o volúmenes posteriores más altos. El receptor de contra-presión o back pressure receiver puede conectarse a un manifold de nitrógeno también para presurizar hasta 750 psi de presión.

La celda o capsula del HPHT Filter Press esta encasillada en un termostato de aluminio durante el proceso. La cámara de calor encierra completamente el área de filtro. Esto asegura la filtración a la temperatura deseada. Las celdas de 175 ml pueden ser operadas hasta 350 F, mientras las celdas de 500 ml pueden ser operadas hasta 500 F.

Al insertar el termómetro en el orificio del heating jacket o en orificio de la celda, la temperatura es ajustada por medio de una perilla en el termostato. El dial tiene una referencia de escala del 1 al 10. Después de determinar la temperatura deseada, se puede repetir colocando la perilla del termostato en la misma referencia.

Para operaciones por encima de 375 F, el papel filtro debe ser respaldado con un filtro de fibra de vidrio. Otra alternativa es un filtro de acero inoxidable, o también el uso de celdas adaptadas para acoplar un filtro de disco de cerámica.

El consumo de energía de la celda de 175 ml (cell heating jacket) es de 400 watts, y de la celda de 500 ml (cell heating jacket) es de 800 watts.

Las celdas estándar para el filtro prensa están hechas de acero inoxidable.

Las celdas poseen válvulas en la parte superior e inferior para que puedan ser cerradas en el momento del aumento o disminución de la temperatura. Este diseño permite un control más seguro en la prueba para que así las propiedades de la filtración de la misma muestra sean determinadas.

6. Descripción de las partes con daño

El receptor de filtrado no se encontró entre las partes, y es muy necesario para prueba; pues está presurizado para evitar la vaporización del filtrado calentado. Esta presión debe ser más alta que la

laboratorios de la institución, y tomando en cuenta que los cartuchos de CO₂ (o Nitrógeno en el caso que se requiera) no son económicos, se tomo en consideración la idea de adaptar una válvula para poder ensamblar las bombonas de gas del laboratorio y así disponer de todo el gas que sea necesario sin preocuparse por el costo general de los cartuchos; pues esta bombona es recargada por la institución para beneficios académicos y es mucho más económico que los cartuchos portátiles de gas.

La bombona es adaptada al equipo cambiando el sistema de presión de los cartuchos para fabricar una segunda entrada de presión. De esta manera, poder utilizar ambos sistemas, tanto los cartuchos como la bombona. La entrada de presión mediante el cartucho permanecerá cerrada y solo se habilitará la entrada de presión de la bombona, así el estudiante podrá hacer uso del instrumento las veces que sean necesario sin la posibilidad de quedarse sin gas para aumentar la presión.

Con respecto a los accesorios del equipo, se crearon partes nuevas tales como mallas de filtrado con los diferentes diámetros requeridos, y se adquirió nuevos O-Rings de las especificaciones necesarias para poder poner así en funcionamiento el equipo completo. No hubo partes recicladas además de la camisa de calentamiento que pudieran ser rehabilitadas o acondicionadas durante todo este proceso.



Figura 4. Filtro Prensa HPHT.

8. Pruebas de laboratorio utilizando el Filtro Prensa HPHT

Al momento de preparar las muestras del fluido para llevar a cabo las pruebas en el laboratorio, se necesita establecer una relación entre las medidas de campo, y las medidas de laboratorio, ya que todas las pruebas de laboratorio se realizan a escala.

Así entonces, definimos como relación de medidas para el fluido de perforación, lo siguiente:

- 1 barril = 350 cc.

- 1 libra = 1 gr.

De esta manera de entiende que al referirse a una concentración en libras por cada barril, se está hablando en función de gramos por cada 350 cc.

Las arcillas que se utilizarán para esta prueba son las siguientes:

1. Arcilla de Wyoming para las muestras que llamaremos Lodo A. Esta arcilla es un tipo de arcilla no densificada utilizada comúnmente en toda la Industria Petrolera por los Ingenieros de Fluidos.
2. Arcilla natural para las muestras que llamaremos Lodo B. Esta arcilla es una arcilla natural común y corriente, conseguida de una cantera sin mayor preparación química.

Estas estarán compuestas de los siguientes materiales:

- Agua
- Arcilla
- Hidróxido de Sodio (Soda Caustica)
- Sulfato de Bario (Barita)
- Carboximetil Celulosa de Sodio (CMC)
- Lignito

Para empezar, es necesario determinar el rendimiento del lodo que vamos a utilizar, para esto se efectuarán pruebas con los siguientes equipos:

- Balanza de lodo
- Viscosímetro FANN
- Embudo Marsh
- Filtro Prensa API
- Retorta

Ya con estas pruebas realizadas, se procede a correr las pruebas con el Filtro Prensa de Alta Presión y Alta Temperatura (HPHT Filter Press). La manera en que vamos a realizar las pruebas con este equipo será la siguiente:

Se dividen las pruebas en tres (3) grupos, el primer grupo tendrá una presión constante y una variación en la temperatura; mientras que el segundo grupo, tendrá una temperatura constante y una variación en la presión. El tercer grupo será solo una prueba estándar a 300 F y 500 psi.

Tabla 1. Valores de las propiedades de los fluidos.

LODO A		LODO B	
Densidad	10	Densidad	10.4
pH	9	pH	9.3
cP	9	cP	8
Yield Point	17	Yield Point	16
V embudo	52	V embudo	58
% solidos	13	% solidos	5
Geles	5.3	Geles	5.0
Vf	5.5	Vf	6

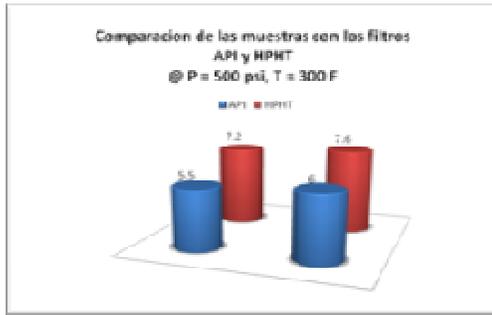


Figura 5. Comparación de los volúmenes de filtrado con el Filtro Prensa API y con el Filtro Prensa HPHT

9. Conclusiones

La encuesta realizada a los profesionales de la Industria y a los estudiantes de la institución contribuyó dos puntos importantes. Primero, que todos los profesionales entrevistados se refirieron positivamente con respecto a la importancia y el aprendizaje del uso de este Filtro Prensa de Alta Presión y Alta Temperatura; y segundo, que un gran número de estudiantes entrevistados no conocen el equipo.

Es por esto que se concluye que es necesario habilitar un equipo como lo es el Filtro Prensa HPHT, para poder inculcar nuevas enseñanzas y aprendizaje fundamental en lo que respecta a la Ciencia de Lodos, como se la conoce en la Industria.

Para todas las pruebas realizadas en esta tesis, al momento de preparar la mezcla de fluido de perforación, fue necesario agregar a las muestras cantidades específicas de Sulfato de Bario, mejor conocido como Barita; así como Carboximetil Celulosa (CMC), que contribuye con la disminución de la pérdida de filtrado; Hidróxido de Sodio (Soda Caustica), para volver la mezcla alcalina bajando su pH con el fin de que cuando se le agregue Lignito, pueda hacer reacción en el fluido, ya que el Lignito no trabaja bien con soluciones acidas.

El filtrado HPHT (500 psi – 300 F) es mayor que el filtrado API (100 psi – 75 F), esto se debe a que los datos obtenidos con el Filtro Prensa HPHT son funciones directas de la presión y la temperatura.

Los datos obtenidos con el Filtro Prensa HPHT son datos congruentes, que tienen mucha relación con las propiedades típicas de los fluidos de perforación (de acuerdo al Manual de Ingeniería de Fluidos de Perforación de MISWACO) bajo las mismas condiciones que la muestra en cuestión.

12. Referencias

- [1] American Petroleum Institute. 1990. API Recommended Practice Standard Procedure for field Testing Water-based Drilling Fluids. API RP 13B-1.
- [2] Tesis de Grado: “El Tanino como Aditivo para el Control de Filtración y Viscosidad” – Xavier Ernesto Vargas Gutiérrez. 1985.
- [3] Tesis de Grado: “Estudio Experimental de la Variación de la Viscosidad y Filtración de un Fluido de Perforación utilizando el Mangle como Aditivo” – Roberto Franco Escalante. 1976.
- [4] Tesis de Grado: “Efectos de la Presión y Temperatura en el Volumen de Filtrado” – Arley Benalcazar Cobo. 1990.
- [5] Tesis de Grado: “Variación de las propiedades de un Fluido de Perforación al someterse a Altas Presiones y temperaturas en condiciones Estáticas” – Hinestroza, M. y Tomey, G. Tesis Universidad de Zulia.
- [6] http://www.phoenixtrading.no/no/produktomrader/mud_and_cement/drilling_fluids/filter_presses/
- [7] <http://expotechusa.com/Catalogs/OFITE/Instrucciones/Spanish/170-00.pdf>
- [8] Manual de Ingeniería de Fluidos de Perforación de MISWACO